



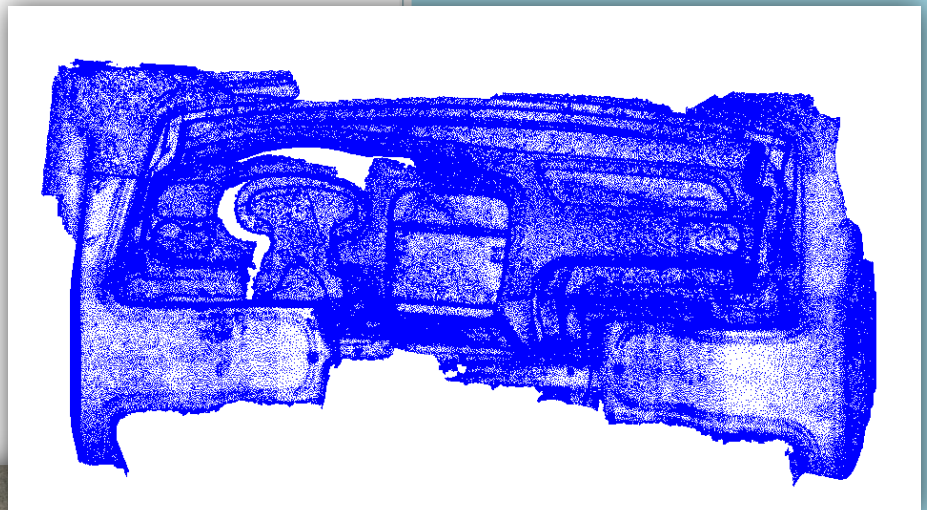
Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO  
Ingeniería Mecánica

# Reconstrucción de superficies a partir de nubes de puntos en CATIA V5



Autor:

**Daniel Esteban López**

Tutor:

**Juan Manuel Sanz Arranz**

Valladolid, Septiembre 2015







**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Reconstrucción de superficies a partir de  
nubes de puntos en CATIA V5**

**Autor:**

**Esteban López, Daniel**

**Tutor:**

**Sanz Arranz, Juan Manuel  
Dpto. de CMelM/Expresión Gráfica  
en la Ingeniería**

**Valladolid, Septiembre de 2015.**



## **Resumen**

La ingeniería inversa permite generar un modelo CAD 3D a partir de una nube de puntos resultante de un escaneo de piezas suministrado por escáneres 3D. Este proceso parte de una etapa de adquisición, en la que se trabaja de forma manual con los equipos de captura. Le sigue una etapa de registro de todas las vistas parciales adquiridas en un sistema de referencia común. A continuación es necesario integrar todas esas vistas parciales en una única malla. Debido a la multitud de parámetros que intervienen en las etapas anteriores, siempre se incluye una etapa final de procesado que tratará de eliminar errores o pulir los resultados obtenidos. El procesado puede incluir una gran variedad de operaciones. Finalmente, a partir de las mallas se pueden generar superficies, generalmente de tipo NURBS. Estas superficies se cosen y se generan modelos sólidos, los cuáles pueden ser leídos por todos los sistemas CAD.



## Agradecimientos

*Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutor Dr. D. Juan Manuel Sanz Arranz tanto por el tiempo dedicado como por sus consejos e indicaciones en el desarrollo de este trabajo.*

*Del mismo modo, hago extensiva mi gratitud a José Luis y Sara de la empresa A3D Ingeniería por su colaboración en la elaboración del caso práctico. Sin ellos, no hubiera sido posible su realización.*

*Finalmente, no me puedo olvidar de mi familia y amigos, por su cariño y apoyo incondicional.*





# ÍNDICE





---

**Índice**


---

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Contexto .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Objetivos .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3. Estructura del documento .....</b>	<b>6</b>
<b>2. INGENIERÍA INVERSA Y RECONSTRUCCIÓN 3D.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1. Ingeniería inversa.....</b>	<b>9</b>
2.1.1. Definición .....	9
2.1.2. Objetivo .....	10
2.1.3. Historia de la Ingeniería Inversa.....	10
2.1.4. Aplicaciones de la Ingeniería Inversa .....	11
2.1.5. Proceso de un nuevo producto .....	12
<b>2.2. Reconstrucción y modelado 3D .....</b>	<b>14</b>
<b>3. DIGITIZED SHAPE EDITOR .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1. Acceso al espacio de trabajo de Digitized Shape Editor (DSE) .....</b>	<b>28</b>
<b>3.2. Interfaz de usuario de Digitized Shape Editor (DSE) .....</b>	<b>31</b>
<b>3.3. Terminología de Digitized Shape Editor (DSE) .....</b>	<b>36</b>
<b>3.4. Cloud Import y Cloud Export .....</b>	<b>39</b>
3.4.1. Importación de la nube de puntos ( <i>Import</i> ).....	39
3.4.2. Exportación de nubes de puntos o mallas ( <i>Export</i> ) .....	47
<b>3.5. Edición de la nube de puntos (<i>Cloud Edition</i>) .....</b>	<b>54</b>
3.5.1. Eliminación de puntos ( <i>Remove</i> ).....	54
3.5.2. Activación de una porción de la nube de puntos ( <i>Activate</i> ) .....	63
3.5.3. Filtrado de puntos ( <i>Filter</i> ).....	66
3.5.4. Protección de líneas características ( <i>Protect</i> ) .....	73
<b>3.6. Cloud Reposit.....</b>	<b>75</b>
3.6.1. Alineación usando el compás ( <i>Aligning using the Compass</i> ) .....	75
3.6.2. Alinear con el mejor ajuste ( <i>Align by Best Fit</i> ) .....	82
3.6.3. Alineación de nubes con restricciones ( <i>Aligning with Constraints</i> ) .....	89
3.6.4. Alinear con RPS ( <i>Aligning with RPS</i> ) .....	101
3.6.5. Alineación de nubes usando esferas ( <i>Aligning using Spheres</i> ) .....	109

3.6.6. Alineación de nubes usando una transformación previa ( <i>Align with Previous Transformation</i> ) .....	114
<b>3.7. Mesh .....</b>	<b>116</b>
3.7.1. Creación de una malla ( <i>Mesh Creation</i> ) .....	116
3.7.2. Desplazamiento de una malla ( <i>Mesh Offset</i> ) .....	123
3.7.3. Creación de un desplazamiento ( <i>Rough Offset</i> ).....	125
3.7.4. Voltar los bordes ( <i>Flip Edges</i> ).....	129
3.7.5. Suavizado de una malla ( <i>Mesh Smoothing</i> ) .....	131
3.7.6. Limpieza de una malla ( <i>Mesh Cleaner</i> ) .....	135
3.7.7. Rellenar agujeros en mallas ( <i>Fill Holes</i> ).....	147
3.7.8. Creación de triángulos interactivamente ( <i>Interactive Triangle Creation</i> ) .....	151
3.7.9. Simplificar una malla ( <i>Decimate</i> ) .....	154
3.7.10. Optimización de mallas ( <i>Optimize</i> ) .....	158
<b>3.8. Cloud Operations .....</b>	<b>160</b>
3.8.1. Fusión de nubes de puntos ( <i>Merge Clouds</i> ).....	160
3.8.2. Fusión de mallas ( <i>Merge meshes</i> ) .....	162
3.8.3. Extracción de datos de una nube de puntos ( <i>Extract Data</i> ) .....	164
3.8.4. Desmontaje de datos de una nube de puntos ( <i>Disassemble Data</i> ) .....	169
3.8.5. División de mallas ( <i>Split</i> ) .....	171
3.8.6. Recorte o división de una malla ( <i>Trim/Split</i> ).....	173
3.8.7. Proyectar una malla en un plano ( <i>Projection on Plane</i> ).....	185
3.8.8. Creación de Nubes/Puntos ( <i>Cloud/Points</i> ).....	187
<b>3.9. Scan Creation .....</b>	<b>190</b>
3.9.1. Proyección de curvas ( <i>Curve Projection</i> ) .....	190
3.9.2. Creación de secciones planas ( <i>Planar Sections</i> ).....	195
3.9.3. Creación de secciones planas automáticas ( <i>XYZ Automatic Planar Sections</i> ) .....	205
3.9.4. Creación de escaneos ( <i>Scan on Cloud</i> ).....	209
3.9.5. Creación de bordes libres ( <i>Free Edges</i> ) .....	210
3.9.6. Discretizar curvas ( <i>Discretize Curves</i> ).....	213
3.9.7. Edición de escaneos ( <i>Scan Edition</i> ) .....	222
<b>3.10. Mesh Edition (Edición de una malla) .....</b>	<b>229</b>
3.10.1. Añadir puntos ( <i>Add point</i> ).....	229
3.10.2. Mover puntos ( <i>Move point</i> ) .....	231
3.10.3. Eliminar elementos ( <i>Remove element</i> ) .....	234

---

3.10.4. Colapsar elementos ( <i>Collapse element</i> ).....	235
3.10.5. Voltar las aristas ( <i>Flip edge</i> ) .....	238
<b>3.11. Curve Creation .....</b>	<b>239</b>
3.11.1. Crear curvas 3D asociativas ( <i>3D curve</i> ) .....	239
3.11.2. Crear una curva en una malla ( <i>Curve On Mesh</i> ).....	247
3.11.3. Crear curvas de los escaneos ( <i>Curve from Scan</i> ).....	249
<b>3.12. Cloud Analysis .....</b>	<b>253</b>
3.12.1. Visualización de información ( <i>Information</i> ).....	253
3.12.2. Realizar un análisis de desviaciones ( <i>Deviation Analysis</i> ) .....	254
<b>3.13. Cloud Transformations .....</b>	<b>264</b>
3.13.1. Traslaciones ( <i>Translate</i> ) .....	264
3.13.2. Rotaciones ( <i>Rotate</i> ).....	269
3.13.3. Simetrías ( <i>Symmetry</i> ) .....	276
3.13.4. Escalado ( <i>Scaling</i> ).....	279
3.13.5. Transformaciones por afinidad ( <i>Affinity</i> ) .....	282
3.13.6. Transformación de elementos de un eje a otro ( <i>Axis To Axis</i> ).....	285
<b>3.14. WireFrame .....</b>	<b>289</b>
3.14.1. Creación de puntos ( <i>Point</i> ).....	289
3.14.2. Creación de líneas ( <i>Line</i> ) .....	301
3.14.3. Creación de planos ( <i>Plane</i> ).....	316
3.14.4. Creación de círculos ( <i>Circle</i> ) .....	328
<b>4. QUICK SURFACE RECONSTRUCTION .....</b>	<b>345</b>
<b>4.1. Acceso al espacio de trabajo de Quick Surface Reconstruction (QSR) .....</b>	<b>347</b>
<b>4.2. Interfaz de usuario de Quick Surface Reconstruction (QSR).....</b>	<b>348</b>
<b>4.3. Cloud Edition.....</b>	<b>351</b>
4.3.1. Activación de una parte de una nube de puntos o malla ( <i>Activate</i> ).....	351
<b>4.4. Scan Creation .....</b>	<b>351</b>
4.4.1. Proyección de curvas ( <i>Curve Projection</i> ) .....	351
4.4.2. Creación de secciones planas ( <i>Planar Sections</i> ).....	351
4.4.3. Creación de secciones planas automáticas ( <i>XYZ Automatic Planar Sections</i> ) .....	351
4.4.4. Creación de bordes libres ( <i>Free Edges</i> ) .....	351
<b>4.5. Curve Creation .....</b>	<b>351</b>
4.5.1. Crear curvas 3D asociativas ( <i>3D Curve</i> ).....	351

---

4.5.2. Crear una curva en una malla ( <i>Curve on Mesh</i> ) .....	352
4.5.3. Crear curvas a partir de escaneos ( <i>Curve from Scan</i> ).....	352
4.5.4. Crear un boceto a partir de escaneos ( <i>Sketch from Scan</i> ) .....	352
4.5.5. Creación de intersecciones ( <i>Intersection</i> ) .....	358
4.5.6. Creación de proyecciones ( <i>Projection</i> ).....	362
<b>4.6. Domain Creation .....</b>	<b>365</b>
4.6.1. Creación de un contorno limpio ( <i>Clean Contour</i> ) .....	365
4.6.2. Creación de una red de curvas ( <i>Curves Network</i> ) .....	375
<b>4.7. Surface Creation.....</b>	<b>387</b>
4.7.1. Recuperación de superficies básicas ( <i>Basic Surface Recognition</i> ) .....	387
4.7.2. Creación de superficies con Power Fit ( <i>Power Fit</i> ).....	392
4.7.3. Creación de superficies de múltiples secciones ( <i>Multi-sections Surface</i> ).....	401
4.7.4. Creación de una red de superficies ( <i>Surfaces Network</i> ) .....	420
4.7.5. Creación de una superficie automáticamente a partir de una malla ( <i>Automatic Surface</i> ) .....	428
<b>4.8. Operations .....</b>	<b>437</b>
4.8.1. Unión de superficies o curvas ( <i>Join</i> ).....	437
4.8.2. Dividir geometría ( <i>Split</i> ) .....	449
4.8.3. Recortar geometría ( <i>Trim</i> ).....	468
4.8.4. Extrapolación de superficies ( <i>Extrapolate</i> ) .....	480
4.8.5. Partir curvas en diferentes partes ( <i>Curves Slice</i> ).....	489
4.8.6. Ajuste de nodos ( <i>Adjust Nodes</i> ) .....	495
4.8.7. División de un contorno limpio ( <i>Split Clean Contour</i> ) .....	502
4.8.8. Creación de redondeos ( <i>Edge Fillet</i> ) .....	509
<b>4.9. Transformations.....</b>	<b>514</b>
4.9.1. Traslaciones ( <i>Translate</i> ) .....	514
4.9.2. Rotaciones ( <i>Rotate</i> ).....	514
4.9.3. Simetrías ( <i>Symmetry</i> ) .....	514
4.9.4. Escalado ( <i>Scaling</i> ) .....	514
4.9.5. Transformaciones por afinidad ( <i>Affinity</i> ) .....	514
4.9.6. Transformación de elementos de un eje a otro ( <i>Axis To Axis</i> ).....	514
<b>4.10. Segmentation.....</b>	<b>514</b>
4.10.1. Definición de áreas por segmentación de curvatura ( <i>Segmentation by Curvature</i> ) .....	514
4.10.2. Definición de áreas por segmentación de la pendiente ( <i>Segmentation by Slope</i> ).....	524

---

<b>4.11. Cloud Analysis</b> .....	<b>529</b>
4.11.1. Visualización de información ( <i>Information</i> ) .....	529
4.11.2. Realizar un análisis de desviaciones ( <i>Deviation Analysis</i> ) .....	529
4.11.3. Creación de un mapeo de curvatura ( <i>Curvature Mapping</i> ) .....	529
4.11.4. Realización de un análisis de curvatura ( <i>Porcupine Curvature Analysis</i> ) .....	532
4.11.5. Verificación de conexiones ( <i>Connect Checker Analysis</i> ) .....	552
<b>4.12. Cloud Deviation Check</b> .....	<b>560</b>
4.12.1. Creación de conjuntos de anotación y anotaciones ( <i>Annotation Set y Annotation</i> ) .....	560
4.12.2. Comprobación de tolerancias geométricas y dimensionales ( <i>Geometric Tolerances Checker</i> ) .....	567
4.12.3. Creación de informes de desviación ( <i>Deviation Report</i> ) .....	575
<b>4.13. Wireframe</b> .....	<b>584</b>
4.13.1. Creación de puntos ( <i>Point</i> ) .....	584
4.13.2. Creación de líneas ( <i>Line</i> ) .....	584
4.13.3. Creación de planos ( <i>Plane</i> ) .....	585
4.13.4. Creación de círculos ( <i>Circle</i> ) .....	585
<b>5. CASO PRÁCTICO</b> .....	<b>589</b>
<b>5.1. Generación de las nubes de puntos</b> .....	<b>591</b>
<b>5.2. Tratamiento y triangulación de las nubes de puntos</b> .....	<b>593</b>
5.2.1. Eliminación de puntos erróneos .....	593
5.2.2. Generación de las mallas triangulares .....	593
<b>5.3. Tratamiento de las mallas</b> .....	<b>596</b>
5.3.1. Zonas a tratar .....	596
5.3.2. Chequeo de las mallas .....	598
5.3.3. Corrección de errores en el mallado .....	599
5.3.4. Simplificación del mallado .....	605
5.3.5. Tratamiento de zonas escasamente definidas .....	606
5.3.6. Operaciones de mejora del mallado .....	609
<b>5.4. Generación de los contornos</b> .....	<b>612</b>
5.4.1. Contorno de la pieza de la zona de la guantera .....	612
5.4.2. Contorno de la pieza de la zona del volante .....	617
<b>5.5. Generación de los modelos sólidos</b> .....	<b>627</b>

---

5.6.1. Modelo sólido de la pieza de la zona de la guantera .....	627
5.6.2. Modelo sólido de la pieza de la zona del volante .....	629
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>635</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>639</b>
<b>6. ANEXO: ESCANEEO 3D.....</b>	<b>645</b>
<b>13.1. Técnicas de escaneo 3D .....</b>	<b>647</b>
13.1.1. Escáneres de contacto .....	648
13.1.2. Escáneres sin contacto .....	649
<b>13.2. Factores a considerar previamente en cualquier proceso de escaneo 3D .....</b>	<b>654</b>



# **1. INTRODUCCIÓN**





## 1. INTRODUCCIÓN

---

### 1.1. Contexto

Prácticamente desde los inicios de su historia, el hombre, haciendo uso de su inteligencia, ha tratado de representar el entorno que le rodea para los fines más diversos: expresión artística, representaciones religiosas, esquemas de fabricación, planificación bélica, transmisión y almacenamiento de conocimientos o ideas, etc. Para tales representaciones, ha empleado multitud de técnicas a lo largo de la historia, tales como: pintura, escultura, dibujo, maquetas, etc. En una posible distribución cronográfica de esas técnicas, saltaría a la vista la inflexión que supuso la irrupción de los ordenadores en el siglo XX, lo que da lugar a una revolución en los métodos de representación y modelado existentes hasta el momento.

Los ordenadores se han convertido en una herramienta, actualmente imprescindible, en el campo de la representación y modelado, principalmente en lo relativo a la fabricación y construcción, en donde, permiten un estudio más preciso y detallado, así como una simulación del comportamiento en diversos escenarios, de la entidad que se desea fabricar o construir.

Además, la posibilidad de creación de mundos virtuales, recreados en un ordenador, en donde experimentar, estudiar, recrear, divertirse, suponen un potencial de infinitas posibilidades.

Ahondando aún más en las aplicaciones relacionadas con la fabricación, el modelado CAD y la fabricación asistida CAD/CAM ha permitido un cambio cuantitativo y cualitativo colosal en la producción industrial. Y además, se han añadido posibilidades muy interesantes tales como la ingeniería inversa, lo que permite, partiendo de un objeto fabricado o real, volver hacia atrás en su esquema de fabricación hasta llegar al concepto, la idea, el modelo inicial, el cual puede ser inyectado de nuevo en la cadena de producción, con las mismas características o con características mejoradas.

Los métodos para la representación o modelado de objetos reales por ordenador, han ido evolucionando a lo largo del tiempo. Así, inicialmente solo se podían introducir en el ordenador, de forma relativamente manual, las medidas tomadas en el mundo real, mediante los métodos de medición existentes. Las técnicas que supusieron un gran cambio fueron las que aplicaban una serie de sensores específicos que permitían capturar la realidad y enviarlas de forma automática al ordenador, tales como los escáneres 3D. El uso de esas técnicas se ha extendido a multitud y variados campos como: fabricación, ingeniería inversa, reconocimiento, conservación del patrimonio, bases de datos de objetos, creación de mundos virtuales con elementos reales, efectos especiales, etc.

La reconstrucción completa de una superficie 3D a partir de la información adquirida con un escáner 3D puede dividirse en varias etapas. Una primera etapa de registro de las diferentes vistas parciales, en la que se calcula un sistema de referencia común para todas ellas. La siguiente etapa es la integración de las vistas parciales con el fin de obtener una única representación matemática de la superficie. Aún con todo esto, pueden existir problemas de oclusión y reflectancia que pueden causar huecos en la reconstrucción, dejando un modelo incompleto de la superficie. También, los datos escaneados están siempre contaminados con ruido, debido a las limitaciones en el proceso físico de medición. El ruido puede presentarse como valores atípicos o en forma de pequeñas desviaciones de los puntos muestreados a

partir de la superficie real. En la siguiente etapa se procesará la superficie 3D obtenida. Este procesado puede incluir operaciones de suavizado, remallado, detección y eliminación de elementos erróneos, rellenado de huecos, etc.

Los métodos de reconstrucción 3D, son utilizados para convertir una nube de puntos en una representación de superficie. Desafortunadamente, muchos de estos métodos no describen analíticamente el modelo, ya que sólo se utilizan representaciones que aproximan la superficie, como las mallas triangulares.

El diseño geométrico asistido por ordenador (CAD) y los sistemas de manufactura asistidos por ordenador (CAM), se usan en numerosas industrias para diseñar y crear objetos físicos a partir de modelos digitales. Sin embargo, el problema inverso de inferir una descripción digital a partir de un objeto físico existente ha recibido menos atención. Nos referimos a este problema como ingeniería inversa. Hay varias propiedades de un objeto 3D que pueden ser recuperadas, tales como: su forma, color y propiedades del material. Este trabajo cubre el problema de recuperar la forma 3D, también denominada reconstrucción de la superficie.

## 1.2. Objetivos

El objetivo principal del trabajo es la elaboración de dos manuales correspondientes a los módulos *Digitized Shape Editor* y *Quick Surface Reconstruction* del programa CATIA V5, para mostrar las distintas opciones que ofrecen estos dos módulos utilizados en los procesos de ingeniería inversa.

Para poner en práctica lo desarrollado en los manuales de ambos comandos y profundizar aún más en el tema, se ha decidido también realizar un ejemplo de aplicación real. El objetivo de este caso práctico es modificar la cuba de un molde que sirve para fabricar el salpicadero de los vehículos modelo Volkswagen Polo (figura 1.1). Para ello hay que diseñar dos piezas, que van a ir posteriormente ensambladas a la cuba. Estas piezas evitan que en las zonas donde van a ir colocadas entre material, ya que tras el proceso todo el material que haya entrado en estas zonas y haya formado la piel del salpicadero, se elimina. De este modo se consiguen reducir los costes de fabricación del salpicadero.



Figura 1.1: Cuba a modificar

### **1.3. Estructura del documento**

Primeramente se realizará una introducción que servirá para presentar el tema sobre el que va a tratar el trabajo. A continuación se tratará el proceso de ingeniería inversa y las tareas de reconstrucción y modelado 3D asociadas a ella, para posteriormente mostrar a través de unos manuales las diferentes operaciones que se pueden hacer con los comandos de los módulos *Digitized Shape Editor* y *Quick Surface Reconstruction* de CATIA V5 utilizados en los procesos de ingeniería inversa.

Para finalizar, se desarrolla un caso de aplicación real basado en la modificación de una cuba que sirve para fabricación de salpicaderos de los vehículos modelo Volkswagen Polo.





## **2. INGENIERÍA INVERSA**



## 2. INGENIERÍA INVERSA Y RECONSTRUCCIÓN 3D

### 2.1. Ingeniería inversa

#### 2.1.1. Definición

La Ingeniería Inversa (*Reverse Engineering*) es el proceso de descubrir los principios tecnológicos de un objeto, herramienta, dispositivo o sistema, mediante el razonamiento abductivo (haciendo conjeturas/hipótesis explicativas) de su estructura, función y operación. Dicho de otra manera, se trata de tomar algo (un dispositivo mecánico o electrónico, un software de computadora, un modelo digital, etc.) para analizar su funcionamiento en detalle, con el objetivo de crear un dispositivo, modelación paramétrica o programa que haga la misma tarea o una similar sin copiar los detalles del original (Arbeláez 2012).

Más concretamente, la ingeniería inversa permite obtener la base de fabricación, programación, instalación o concepción de cualquier objeto, software o proceso.

En este caso, es preciso centrar la atención en la obtención de las formas de objetos físicos, lo cual es aplicable en sectores tales como la industria, la medicina, la conservación de arte y patrimonio, el diseño o la animación 3D. Según esta premisa, la ingeniería inversa es la obtención de la base de fabricación (generalmente un archivo CAD 3D), de cualquier objeto, pieza, herramienta o utillaje. A través de esta tecnología se puede llegar a obtener un modelo para análisis, fabricación o archivo.

En la actualidad, existen diversas tecnologías similares para realizar este proceso, aunque la base fundamental de ellas es la misma en todos los casos: obtener datos del objeto sobre el que se quiere realizar la ingeniería inversa, y poderlos manipular y tratar hasta ser capaces de reproducir dicho objeto mediante la tecnología de fabricación más adecuada en cada caso (Ingeniería inversa 2009).

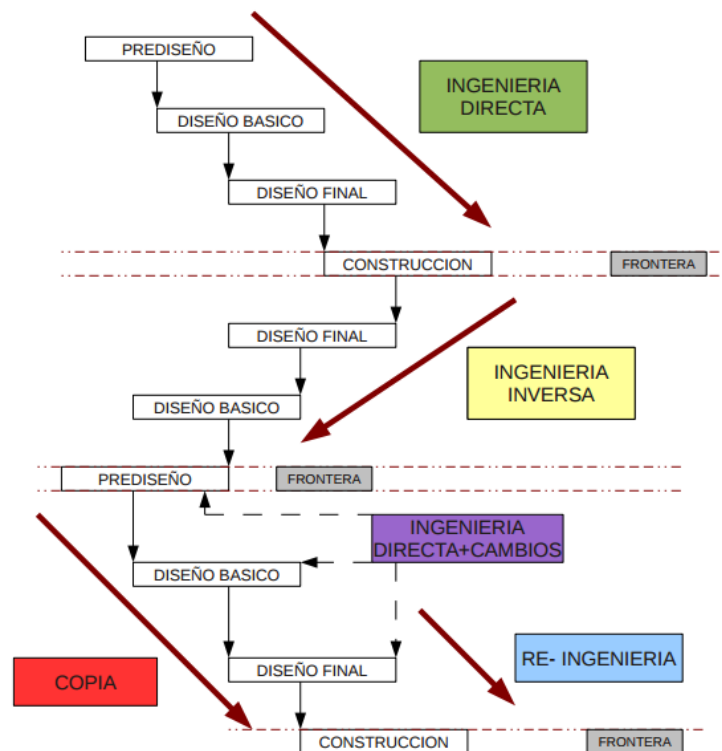


Figura 2.1: Procesos que siguen la ingeniería directa, inversa, reingeniería y copia formal ([https://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa\\_inversa](https://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_inversa)).

### **2.1.2. Objetivo**

Las tareas habituales de la ingeniería implican seguir el sentido de lo específico (concreto) a lo general (abstracto), pero la ingeniería inversa indica que las labores deben realizarse siguiendo el sentido opuesto, de lo general (abstracto) a lo específico (concreto), algo poco común para los ingenieros, que implica invertir el modo de pensamiento y que, sin duda es un gran ejercicio de pensamiento además de que es una habilidad de mucha importancia hoy en día.

La ingeniería inversa persigue el objetivo de obtener la mayor cantidad de información técnica de un producto, del cual no se tiene la más mínima información técnica de su diseño, construcción y funcionamiento, con el fin de determinar de qué está hecho, qué lo hace funcionar y cómo fue fabricado, de modo que se debe partir de un todo para comprender cada pieza del sistema, para lo cual se deben tomar notas muy detalladas.

La ingeniería inversa no es un método de solución sino más bien de aprendizaje, como implica analizar un objeto hasta el punto de comprender cada uno de sus componentes y sus funciones. Entonces la cantidad de conocimientos obtenida será grande, pero solo se ha aprendido. Para solucionar el problema se deberá aplicar lo aprendido y comenzar de cero nuevamente ya que lo que se busca es obtener un producto que haga lo mismo pero que sea nuevo, que no aplique los mismos principios de funcionamiento del producto analizado, es decir, la ingeniería inversa se debe utilizar solamente para conocer un producto, con el fin de mejorar dicho producto o de hacer uno que haga lo mismo pero de otro modo.

En lo que a captación de formas se refiere, el principal objetivo de la ingeniería inversa es el obtener un archivo CAD 3D del objeto o pieza de muestra, para con él poder fabricar de nuevo dicha pieza, o analizar o estudiar dicha pieza para su mejora o para el diseño de una pieza de características similares (Ingeniería inversa 2009).

### **2.1.3. Historia de la Ingeniería Inversa**

La ingeniería inversa es tan antigua como la ingeniería. Se puede pensar en dos tribus rivales que se enfrentan en una guerra, pero una de ellas posee una tecnología más avanzada que la otra. Al final de cada batalla, los miembros de la tribu que se encuentra en desventaja tecnológica, seguro que juntaban todos los artefactos de guerra arrebatados al rival, con el objeto de estudiar la manera en que fueron desarrollados y con la idea de crear otros que, al menos sean equivalentes en características, si no mejores.

También se puede ver la presencia de la ingeniería inversa a partir del surgimiento del comercio: cuando un producto desconocido en una cierta latitud llegaba proveniente de otra, ese producto sin duda era estudiado, tratando de desentrañar los secretos de su construcción, con la idea de crear uno idéntico o perfeccionado.

Pero el verdadero crecimiento de la ingeniería inversa ocurre como consecuencia natural de la Revolución Industrial: en esta época de fuerte expansión tecnológica, cada inventor no podía perder de vista los desarrollos creados por sus colegas, estudiarlos en profundidad y tratar de encontrar la manera en que éstos funcionaban. En este periodo, sin duda, la ingeniería inversa



tuvo un auge increíble, lo que dio pie, en buena medida, al nacimiento y desarrollo de las leyes de patentes, los derechos reservados, el copyright y demás esquemas de protección a la propiedad intelectual.

Otro momento de gran impacto para la ingeniería inversa fue la Segunda Guerra Mundial, cuando alguno de los dos bandos (Aliados y Potencias del Eje) capturaba maquinaria o equipo del otro bando, entonces se disponían a conocer hasta el más mínimo detalle de la tecnología del enemigo con el objetivo de encontrar defectos o puntos débiles que les brindaran cierta ventaja.

En la actualidad, las leyes y reglamentos de casi todos los países prohíben la mayoría de las prácticas de ingeniería inversa, por considerar que atentan contra la propiedad intelectual. Sin embargo, hay países ampliamente conocidos por practicarla, como es el caso de Japón, que ha desarrollado toda una industria y una tecnología florecientes, a partir de la ingeniería inversa que después de la Segunda Guerra Mundial ha practicado a cuanto producto extranjero de calidad ha caído en sus manos.

De hecho, es bien conocida la anécdota de que durante las décadas de los sesenta y setenta, se prohibía a los japoneses que asistían a ferias industriales en Estados Unidos y Europa, llevar consigo cámaras de fotos y de vídeo, para evitar que un año después de su visita liberaran tecnologías equivalentes, pero con un mayor grado de perfección y un costo mucho menor. Sin embargo, los ingenieros japoneses reemplazaron sus cámaras fotográficas por papel y lápiz, elaborando croquis y dibujos detallados de lo que veían (Álvarez 2011).

A pesar de todas estas prohibiciones y restricciones, es obvio que la ingeniería inversa es una práctica común en las industrias que desarrollan tecnología.

A medida que el CAD se ha vuelto más popular, la ingeniería inversa se ha convertido en un método viable para crear modelos virtuales en 3D de un objeto físico para uso en CAD, CAM, CAE y otros software 3D, por ejemplo de Animación 3D e Inspección. Esto involucra entonces al proceso de ingeniería inversa la medición de un objeto lo más preciso posible, su procesamiento y posterior reconstrucción en un software como un modelo 3D (Arbeláez 2012).

Hoy en día (principios del siglo XXI), los productos más comúnmente sometidos a ingeniería inversa son programas de computadoras, componentes electrónicos y elementos industriales (Cano 2013).

#### **2.1.4. Aplicaciones de la Ingeniería Inversa**

La ingeniería inversa tiene muchas aplicaciones en el mundo actual y es aplicada por todo tipo de empresas, de todos los ámbitos tecnológicos (industria militar, automovilística, aeronáutica, naval, etc.). Algunos de los usos principales son (Yasno 2011):

- Análisis de producto (cómo funciona, componentes, costos, patentes).

- Reducción del tiempo de diseño de un producto y del coste de los cambios de diseño de dicho producto.
- Recuperar y/o actualizar documentación perdida u obsoleta para crear o recrear nuevos productos: la ingeniería inversa se puede aplicar cuando la documentación de un sistema para el diseño, la producción, operación o mantenimiento tiene deficiencias y los diseñadores originales no están disponibles para mejorarla (modelos obsoletos o ausencia de datos del modelo).
- Control de calidad mediante una evaluación de conformidad entre el modelo real (archivo digitalizado de la pieza ya fabricada) y el modelo CAD teórico de la pieza. El resultado es un informe dimensional de la totalidad de la pieza, de toda la superficie. Además indicando puntos XYZ concretos, con sus desviaciones respecto al CAD teórico y si está o no dentro de tolerancia, se puede obtener un análisis gráfico por gama de colores, en el cual es mucho más fácil determinar deformaciones, imperfecciones, etc.
- Reconstrucción y/o modelado de superficies complejas (tipo A).
- Modelado CAD 3D (paramétrico/ no paramétrico).
- Estudios de estilos (forma, dimensión, funcionalidad, etc.).
- Prototipado rápido.
- Inspección y fabricación general (fabricación plástica, fabricación de acero, fabricación de equipamiento pesado, etc.).

### **2.1.5. Proceso de un nuevo producto**

El proceso de diseño de producto, realizado para crear nuevos productos, es un concepto muy amplio que comienza con la generación y desarrollo de nuevas ideas y conduce a la fabricación de nuevos productos.

En la industria, el proceso de gestión del ciclo de vida de un nuevo producto desde su inicio, hasta la ingeniería de diseño y la fabricación, es denominado gestión del ciclo de vida del producto (PLM). La ingeniería inversa está presente en todos los procesos de ingeniería involucrados en el PLM (Creaform 2014).

En el diseño de producto, el objetivo principal reside en convertir un problema en un objeto o en una solución, y el primer paso para la resolución de un problema es analizarlo y plantear una serie de conceptos. Estos conceptos pueden ser dibujados, modelados a mano o modelados digitalmente (Martínez 2013).

Conviene resaltar la diferencia que hay a la hora de diseñar un nuevo producto siguiendo el método de la ingeniería tradicional y el de la ingeniería inversa:

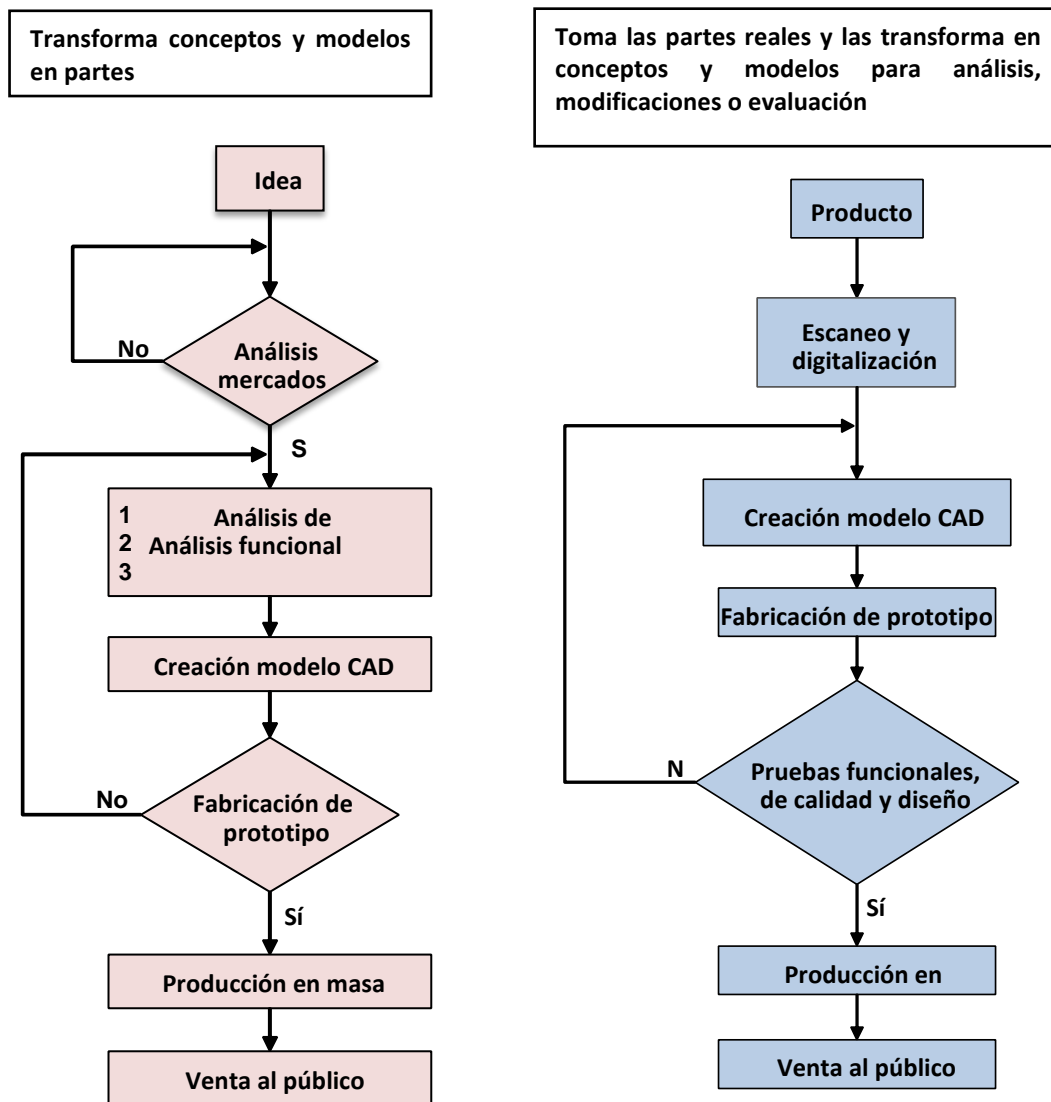


Figura 2.2: Diseño de producto tradicional vs diseño de producto por ingeniería inversa (Yasno, 2011).

La ingeniería inversa permite generar un modelo CAD 3D a partir de una nube de puntos resultante de un escaneo de estructuras o piezas suministrado por escáneres o digitalizadores 3D.

Más concretamente, los pasos a dar en el proceso de diseño de un nuevo producto mediante ingeniería inversa son (*Ingeniería Inversa*):

- Digitalizado de la pieza a reproducir en CAD 3D. Este proceso puede realizarse mediante escáneres láser 3D, escáneres de luz blanca, fotogrametría, digitalizado mediante palpado en bancada tridimensional, etc.
- Tratamiento de la nube de puntos obtenida, mediante software de manipulación de este tipo de archivos. Con ello se acaba obteniendo un archivo de malla de triángulos, generalmente en formato STL.

- Creación de superficies CAD 3D. El proceso más frecuente es realizar secciones estratégicas del archivo STL para, en base a ellas, modelar las nuevas superficies. Las secciones de los archivos STL se realizan en un software específico de ingeniería inversa, mientras que las superficies CAD 3D se modelan en un software CAD 3D convencional.
- Comparación y análisis de desviaciones del CAD 3D obtenido contra el archivo STL de malla de triángulos. Este paso puede realizarse de toda la pieza o de zonas parciales que se hayan modelado para poder determinar si se está dentro de tolerancia o no. Se realiza en un software específico de ingeniería inversa.
- Cierre de las superficies y conversión a sólido paramétrico si fuera necesario para su posterior inserción en un ensamblaje (*assembly*) o manipulación en un software de sólidos paramétricos.

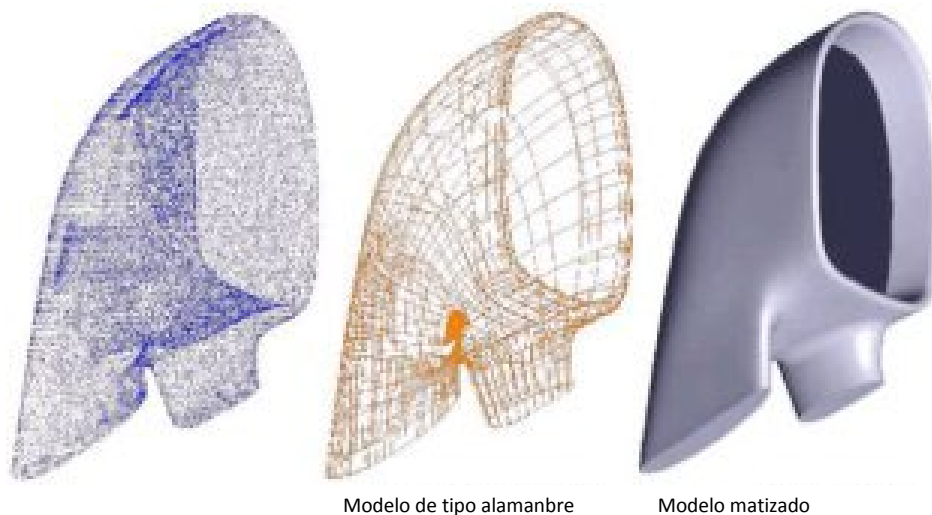


Figura 2.3: Modelo CAD 3D de un retrovisor a partir de una nube de puntos.

Hay que destacar que para realizar el CAD 3D de cualquier pieza, es necesario conocer cuál será la función de dicha pieza y sus detalles técnicos a tener en cuenta (desmoldeos, proceso de fabricación, etc.).

## 2.2. Reconstrucción y modelado 3D

La reconstrucción 3D es el proceso mediante el cual, objetos reales son reproducidos en la memoria de un computador, representando algunas de sus características físicas (dimensiones, volumen y forma). Existen una variedad de métodos de reconstrucción, cuyo objetivo principal es obtener un algoritmo que sea capaz de realizar la conexión del conjunto de puntos representativos del objeto en forma de elementos de superficie, ya sean triángulos, cuadrados o cualquier otra forma geométrica.

El problema de la representación y reconstrucción de formas tridimensionales ha recibido una enorme atención en las dos últimas décadas. El interés surge debido a que la teoría de formas podría tener aplicaciones en una amplia variedad de campos: diseño, automatización de manufactura, mapeo de terrenos, conducción de vehículos, arqueología, fabricación, simulación virtual, medicina, restauración de obras de arte, vigilancia, robots inteligentes, entre otros. Pero además de cualquier aplicación práctica, el problema tiene mucho interés matemático y científico (Branch 2007).

La reconstrucción completa de una superficie 3D a partir de información adquirida con un escáner 3D no es una tarea trivial, cuenta con una variedad de etapas. En general, el proceso de reconstrucción tridimensional involucra las siguientes etapas: adquisición, registro, integración y procesado o ajuste, siendo la última etapa la que proporciona el modelo computacional del objeto representado.



Figura 2.4: Etapas del proceso de reconstrucción 3D (Branch 2007).

Por lo tanto, para capturar un objeto completo se ha de realizar un muestreo de un conjunto de puntos discretos de su superficie. Como resultado, se obtiene un volumen de datos que debe ser eficientemente tratado con determinados algoritmos para generar un modelo 3D con suficiente precisión.

### Adquisición

La etapa de adquisición consiste en escanear la superficie del objeto a reconstruir. Por razones obvias, cuando se adquiere la superficie de un objeto se dispone de una sola vista parcial. Para obtener la superficie completa, habrá que adquirir varias vistas parciales, con lo que se concluye que la etapa de adquisición consiste en el escaneo de la superficie del objeto en un número determinado de vistas.

Por tanto, el primer paso se realiza mediante el equipo de escaneo seleccionado, que variará en función del objetivo a escanear, pieza de detalle, edificio, entorno, etc. En líneas generales, la selección se realiza en base a la pieza u objeto y al uso del resultado.

El hardware para la digitalización 3D ha evolucionado considerablemente en los últimos años, aumentando la velocidad y precisión de digitalización y disminuyendo los costes, lo que ha provocado que se haya extendido el uso de escáneres 3D debido también a su relativa independencia de la geometría adquirida y al corto tiempo de adquisición. En el mercado se encuentran disponibles diferentes tipos de escáneres 3D cada uno de ellos con unas características específicas.

## Registro

Generalmente una sola imagen no es suficiente para representar un objeto o una escena completa, así que múltiples imágenes deben ser adquiridas y registradas para formar un simple conjunto de puntos.

Con lo cual, cuando se digitaliza un objeto, se obtienen varias vistas parciales del mismo, cada una de ellas con su sistema de coordenadas propio. El registro de múltiples imágenes solapadas consiste en alinear las diferentes vistas parciales y calcular un sistema de referencia común para todas ellas. Este proceso se puede hacer con el software del escáner 3D, bien de forma manual o de forma automática. Esto puede crear datos redundantes, los cuales pueden integrarse en un conjunto de puntos menos denso.

Esta etapa de registro es de gran importancia en los procesos de segmentación y reconocimiento de objetos (Pérez 2011).

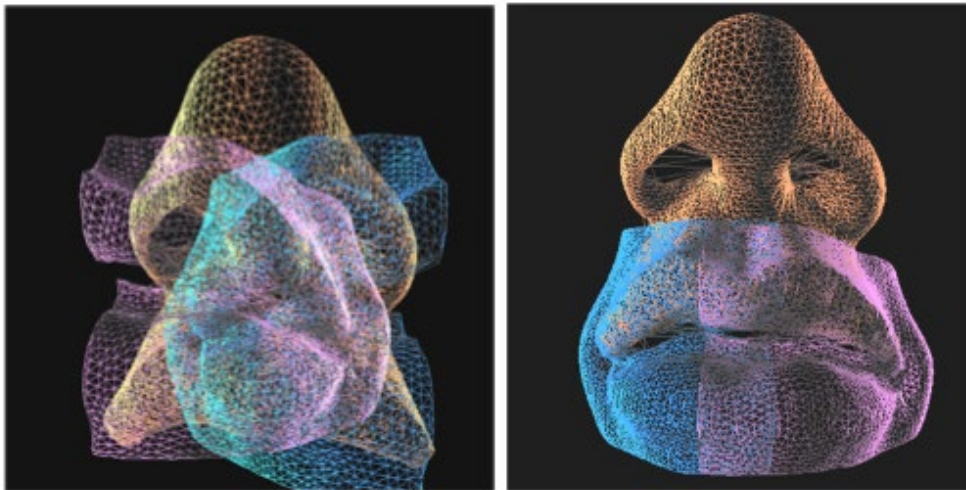


Figura 2.5: Imágenes sin registrar (a la izquierda) e imágenes registradas (a la derecha) (Maldonado 2011).

## Integración

La integración es una etapa del proceso de reconstrucción 3D que consiste en obtener una única representación suave y continua de toda la superficie del objeto, sin distinguir entre las vistas parciales. Una vez se han registrado las diferentes imágenes utilizadas para el proceso de reconstrucción, se tiene un conjunto de datos en el espacio 3D cuya conectividad y relación aún no está muy bien definida, debido a que los datos registrados en la etapa previa generan superficies parciales que poseen huecos, intersecciones poligonales y falsos bordes, entre otros (Branch 2007).

Por tanto, la etapa de integración tiene como objetivos:

- Disminuir los datos redundantes, es decir, el proceso busca eliminar toda la información redundante presente en aquellos casos en que se realiza un gran número de tomas del objeto en regiones con poca variación en su superficie.
- Generar datos en regiones con ausencia de información.

Se debe lograr llevar los datos a una representación única que defina de manera precisa la geometría del objeto, es decir, en esta etapa se lleva a cabo la definición matemática de la superficie que mejor se aproxime al conjunto de vistas parciales, convenientemente registradas.



Figura 2.6: Anomalías topológicas sobre la superficie. Huecos generados por oclusión (a la izquierda). Anomalía causada por redundancia de datos (a la derecha) (Branch 2007).

Existen muchos métodos que se pueden emplear para modelar los datos muestreados de una superficie. El tipo de datos que producen los escáneres 3D tras el muestreo del entorno son las nubes de puntos.

Una nube de puntos es un conjunto de puntos definidos por sus coordenadas en un sistema de coordenadas tridimensional. Estas coordenadas, por lo general cartesianas X, Y y Z, representan la superficie externa de un objeto. Se presenta en forma de archivo de texto. Los formatos más comunes son: \*.TXT, \*.XYZ, \*.IGES, \*.PTS, etc.

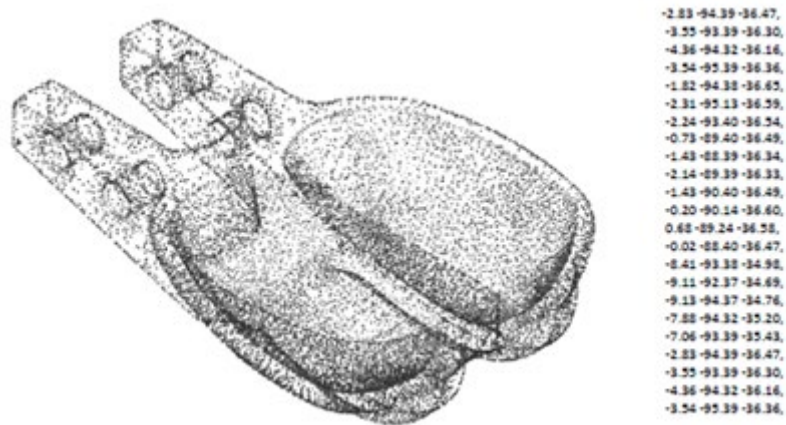


Figura 2.7: Nube de puntos de una pala de una turbina Pelton (Arbeláez 2012).

Las nubes de puntos son de gran utilidad en metrología e inspección de piezas, en donde los puntos muestreados son comparados con el diseño CAD de la pieza para detectar imperfecciones en el proceso de fabricación. Otra de sus aplicaciones es la representación de información volumétrica en imágenes médicas. Además, pueden ser utilizadas directamente para la medición y la visualización en el mundo de la arquitectura y la construcción. No obstante, la mayoría de las aplicaciones utilizan modelos 3D poligonales, modelos de superficies NURBS, o modelos CAD basados en las características (modelos sólidos).

Como es evidente, las nubes de puntos no ofrecen una representación de la superficie de los objetos para el estudio de la misma (curvatura, colisiones, etc.) o para una visualización más realista (por ejemplo, con aplicación de textura), es decir, las nubes de puntos no tienen información topológica, por lo que deben ser procesadas y modeladas a formatos de mejor uso como lo son las mallas poligonales.

Una malla poligonal es una representación poligonal de una forma (una superficie curva es modelada a partir de muchas superficies planas pequeñas). El proceso de convertir una nube de puntos en un modelo poligonal 3D se llama reconstrucción. La reconstrucción de modelos poligonales implica encontrar y conectar los puntos adyacentes mediante líneas rectas con el fin de crear una superficie continua.

Los modelos poligonales, también llamados modelos de malla, son útiles para la visualización o para algunas aplicaciones CAM, pero son, en general, "pesados" (archivos de datos muy grandes) y son relativamente difíciles de editar en este formato.

Las mallas poligonales se caracterizan fundamentalmente por dos propiedades:

- *Propiedades geométricas*: relacionadas con las coordenadas de los vértices, o lo que es lo mismo, con la posición de éstos en el espacio 3D.
- *Propiedades topológicas*: referidas a la relación existente entre los vértices o nodos de la malla.



En función del tipo de polígono que se utilice en estas mallas, y por ello, en base a sus propiedades topológicas, las mallas pueden ser triangulares, cuadrangulares o hexagonales. El tipo de mallas que se utilizará en este trabajo son las mallas triangulares. Las mallas triangulares son las más utilizadas por dos razones: es el tipo de polígono más simple (por lo que permiten la implementación de algoritmos muy eficientes) y permiten calcular los vectores normales a las superficies necesarios para la simulación del proceso de reflexión de la luz sobre éstas. Esta segunda propiedad es empleada en aplicaciones relacionadas con gráficas por ordenador (Pérez 2011).

Una malla triangular  $M$  consiste en un componente geométrico y otro topológico en el que la superficie viene representada por un conjunto de vértices

$$V = \{v_1, \dots, v_V\} \quad \text{Ec. 2.1}$$

y un conjunto de caras triangulares que los conectan

$$T = \{t_1, \dots, t_m\}, \quad t_i \in V \times V \times V \quad \text{Ec. 2.2}$$

en donde cada triángulo especifica los vértices que lo forman. La conectividad de la malla también viene definida en términos de las aristas

$$A = \{a_1, \dots, a_k\}, \quad a_i \in V \times V \quad \text{Ec. 2.3}$$

Por tanto, la superficie está formada por una red de triángulos cuyos vértices son los puntos de la nube de puntos y cuya conectividad viene definida por la 3-tupla de elementos  $\{V, A, T\}$ . Se puede decir que la malla triangular es un grafo en el que se establece una relación de conectividad entre los vértices mediante las aristas (figura 2.8).

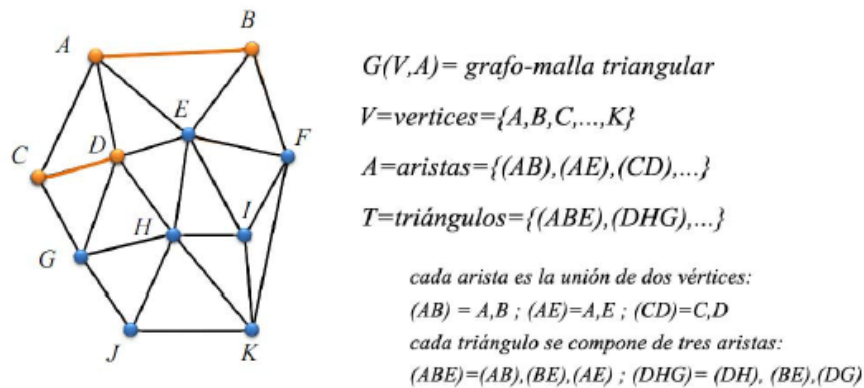


Figura 2.8: Entidades que componen la malla triangular e interconexión entre ellas (Pérez 2011).

Los triángulos están formados por la conexión de tres vértices vecinos en el grafo mediante las respectivas tres aristas. Una malla triangular representa por tanto una superficie lineal continua definida a tramos. El error de aproximación de una malla triangular a una superficie es inversamente proporcional al número de caras. Debido a esto, para conseguir una gran aproximación a la superficie, habrá que adaptar la densidad de vértices a la curvatura de la superficie, de forma que las zonas planas tengan una baja densidad mientras que en las zonas de detalle la densidad será muy alta.

Una caracterización topológica importante de una superficie es si es o no una variedad bidimensional (superficies *2-manifold*), es decir, si no existen puntos singulares donde la superficie se interseque consigo misma o se abra en varias hojas (figura 2.9) se dice que es una variedad bidimensional, en caso contrario se dice que no lo es (*non-manifold*).

Por tanto, una malla triangular se considera una variedad bidimensional si no posee aristas *non-manifold*, vértices *non-manifold*, ni autointersecciones. Las mallas que no son una variedad bidimensional (mallas *non-manifold*) son fuente de problemas para la mayoría de los algoritmos, ya que las relaciones de vecindad no quedan bien definidas en el entorno de la configuración sin variedad bidimensional.

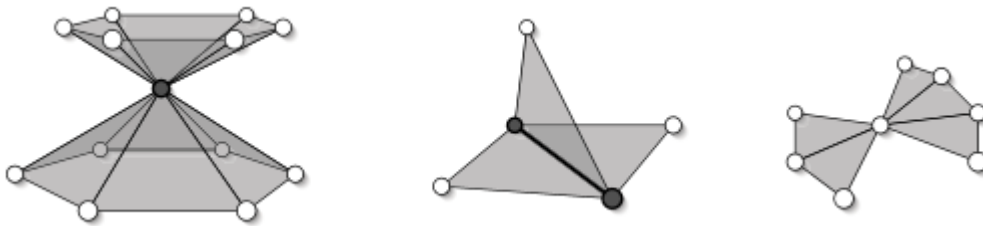


Figura 2.9: Dos partes de la malla confluyen en un vértice *non-manifold* (a la izquierda). Una arista *non-manifold* tiene más de dos caras incidentes (en el centro). La configuración de la derecha, aunque da lugar también a una variedad no bidimensional, es más habitual en muchas mallas (Botsch *et al.* 2006).

Además, el hecho de que una malla triangular sea cerrada implica una continuidad en toda esa red de triángulos que modelan la superficie. Esto se traduce, teniendo en cuenta la forma de construcción de la malla triangular, en que todas las aristas pertenecen únicamente a dos triángulos contiguos de la malla. De esta forma, se deduce que, para toda malla triangular cerrada y que sea una variedad bidimensional, se cumplen las siguientes propiedades, referidas cada una de ellas a uno de los elementos de la 3-tupla  $V, A$  y  $T$ :

- 1) Conectividad de los vértices: todos los vértices de la malla están conectados con al menos otros tres vértices vecinos, o lo que es lo mismo, tienen al menos tres aristas incidentes.
- 2) Pertenencia de aristas a triángulos: todas las aristas están compartidas únicamente por dos triángulos, que se dice que son contiguos.
- 3) Conexión de los triángulos: cualquier par de triángulos de la red tienen o una arista en común o ninguna.

Dado que entre los elementos de la 3-tupla existe una relación de conectividad, el enunciado de cada una de esas propiedades viene implícito en las otras propiedades.

Los formatos más comunes para mallas triangulares son: \*.STL, \*.OBJ, \*.IGES, \*.VRL, etc.

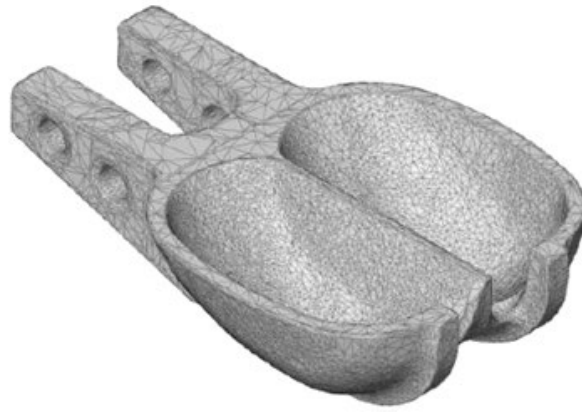


Figura 2.10: Malla poligonal de una pala de una turbina Pelton (Arbeláez 2012)

### **Procesado**

Las técnicas de creación de mallas pueden producir superficies demasiado densas y pobremente formadas, por lo que generalmente, se aplican técnicas de simplificación de mallas para mejorar el modelo. En esta etapa, se incluyen operaciones tales como el suavizado, el remallado, la detección y eliminación de elementos erróneos, el relleno de huecos, etc.

Por tanto, hasta este punto se ha modelado el objeto 3D a partir de la integración de varias vistas parciales del objeto real, obtenidas mediante un escáner 3D. El modelo que se ha obtenido no es del todo fiel al objeto real debido a que se producen diversos errores en cada una de las etapas del proceso de modelado. Hay que tener en cuenta que para que sea de utilidad en la práctica, un modelo poligonal tiene que satisfacer determinados criterios según la aplicación a que vayan destinados (Pérez 2011).

En esta etapa se procesará la malla poligonal bien de forma manual o bien mediante la aplicación de algoritmos automáticos con el objetivo de corregir los diferentes errores que puede contener, para que, de esta manera, satisfaga los requerimientos deseados. A continuación se enumeran algunos de los errores que se presentan habitualmente (Ju 2009):

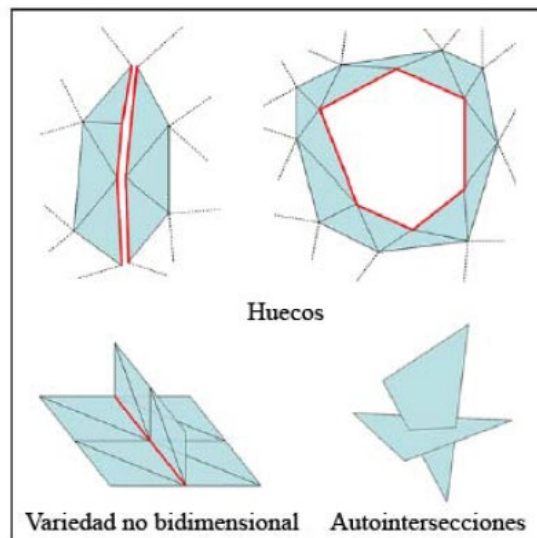


Figura 2.11: Diversos tipos de errores en mallas poligonales (Ju 2009).

- Autointersecciones entre polígonos que pueden producirse tras el proceso de registro e integración, o bien tras la aplicación de alguna operación de procesado.
- Normales erróneas, que se refiere a la existencia de algún cambio en la dirección de las normales, que sea inconsistente con la dirección de las mismas en el resto de la superficie.

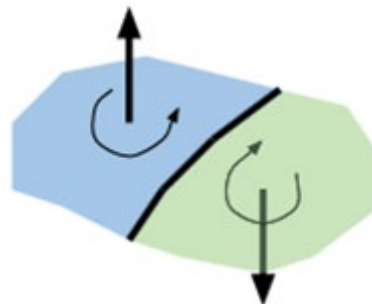


Figura 2.12: Normales erróneas (Botsch 2006).

- Triángulos duplicados, que son triángulos que comparten los mismos tres vértices.
- Elementos que no son variedad bidimensional (elementos *non-manifold*): lo que da lugar a que la malla no sea una variedad bidimensional, tales como aristas que son compartidas por más de dos polígonos.
- Huecos que producen que la malla poligonal tenga agujeros que no presenta la superficie real del objeto. Los huecos aparecen en la malla debido a diversas razones tales como: la falta de información geométrica debido a oclusiones o sombras en la superficie del objeto, limitaciones en el posicionamiento del equipo de captura, superficies de baja reflectancia, errores en las etapas de registro e integración (por ejemplo, algún triángulo que falte por definir), etc. Se trata de una tarea que no es trivial, ya que pueden presentarse infinidad de casos de aparición de huecos y, por tanto, no existe una solución que sea general.
- Triángulos aislados, es decir, triángulos pertenecientes a pequeñas áreas conectadas a la malla.

- Zonas desconectadas, es decir, la malla está compuesta de varias zonas desconectadas.
- Picos o, lo que es lo mismo, caras triangulares que sobresalen de la superficie, con una longitud de arista muy superior a la media, debido principalmente al ruido de los datos de entrada.

Es habitual que las mallas obtenidas en el proceso de reconstrucción no presenten solo un tipo de estos errores sino una combinación de ellos. En la figura 2.11 pueden verse algunos de los errores que se acaban de enumerar. De todos los errores descritos, la aparición de huecos es crítica a la hora de conseguir que una malla sea hermética o, lo que es lo mismo, que exista una conexión entre todos los polígonos de forma que esté totalmente cerrada (independientemente de las características topológicas del objeto).

Este tipo de mallas son de especial interés para multitud de aplicaciones tales como: sistemas de prototipado rápido, sistemas de metrología, modelos 3D para aplicaciones de visión por ordenador o para graficas por ordenador, etc.

Finalmente a partir de las mallas triangulares se pueden generar superficies que, por lo general son de tipo NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline). Estas superficies cubren la malla en forma de parches tomando su forma, es decir, el siguiente nivel de sofisticación en la modelización implica el uso de un conjunto de pequeñas superficies curvas que unidas entre sí modelan la forma del objeto.

Estas superficies tienen la ventaja de ser más ligeras y más fácilmente manipulables cuando se exportan a CAD. Los modelos de superficie son algo más modificables, pero sólo en un sentido escultórico de empujar y tirar para deformar la superficie. Esta representación se presta bien al modelado de formas orgánicas o artísticas.

De allí las superficies se cosen y se generan modelos sólidos, los cuáles pueden ser leídos por todos los sistemas CAD. Los formatos más comunes para superficies y sólidos son: \*.IGES, \*.STEP, \*.SAT, \*.x\_t, etc.



Figura 2.13: Modelo sólido y modelo CAD 3D de una pala de una turbina Pelton (Arbeláez, 2012)

Desde el punto de vista de la ingeniería y la fabricación, la representación fundamental de una forma digitalizada es el modelo CAD, totalmente editable. En CAD, una esfera está descrita por parámetros que son fácilmente editables mediante el cambio de un valor (por ejemplo, el centro de la esfera o su radio).

Estos modelos CAD no describen simplemente el envoltorio o la forma del objeto, sino que también incorporan la "intención del diseño", es decir, las características fundamentales y su relación con otras funciones.

Existen multitud de enfoques que pueden ser empleados para llegar al modelo CAD, algunos exportan las superficies NURBS tal cual y dejan que sea el diseñador el que complete el modelo en CAD (por ejemplo, Geomagic, ImageWare, Rhino), otros utilizan el análisis de los datos para crear un modelo editable basado en las características que se importa en CAD con el árbol de características intacto, produciendo un modelo completo y nativo de CAD, recogiendo tanto la forma como la finalidad del diseño (Geomagic, Rapidform). Mientras que otras aplicaciones de CAD son lo suficientemente robustas como para manipular modelos de un número limitado de puntos o polígonos dentro del entorno CAD (por ejemplo, Catia).

Por tanto, el proceso general puede resumirse a una captura de datos mediante el equipo de escaneo, transformación de estas capturas en puntos mediante el software específico del escáner, reconstrucción y modelado mediante otros softwares específicos de trabajo sobre la superficie y finalización mediante un archivo digital con el volumen de la pieza completo.



## **3. MANUAL DIGITIZED SHAPE EDITOR (DSE)**





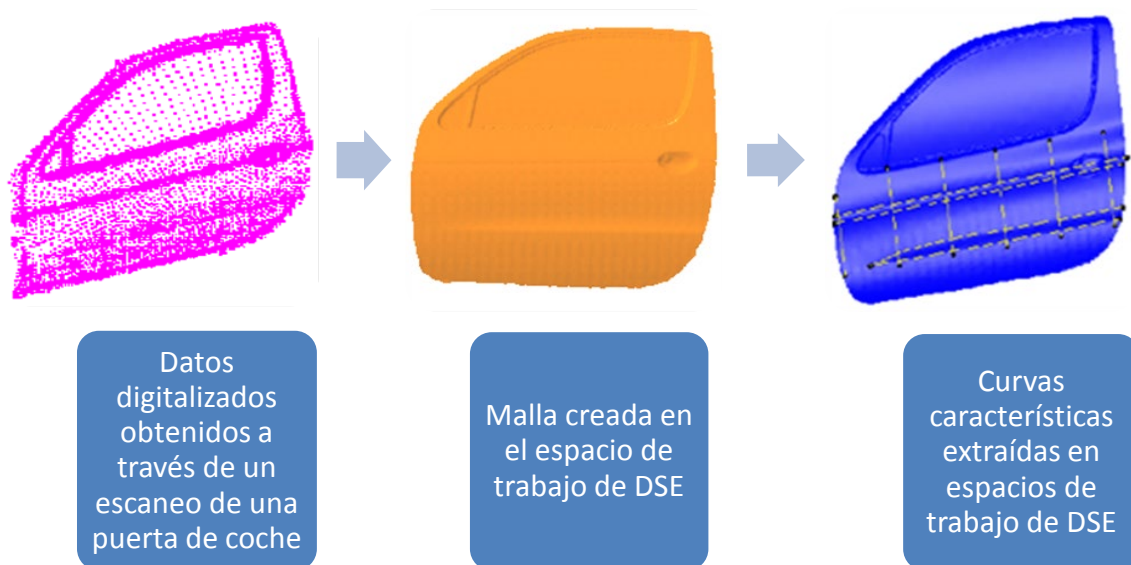
### 3. DIGITIZED SHAPE EDITOR

Catia *Digitized Shape Editor (DSE)* se utiliza en las etapas iniciales de la ingeniería inversa. En la ingeniería inversa, la geometría del objeto físico existente es capturada generalmente por escáner. El resultado se obtiene en forma de datos digitalizados. *Digitized Shape Editor (DSE)* permite diversas operaciones sobre estos datos digitalizados.

Con *Digitized Shape Editor (DSE)* se pueden importar diversas formas de datos digitalizados como mallas (*meshes*), rejillas (*grids*), escaneos (*scans*) y nubes de puntos (*clouds of points*), y crear mallas y extraer curvas características.

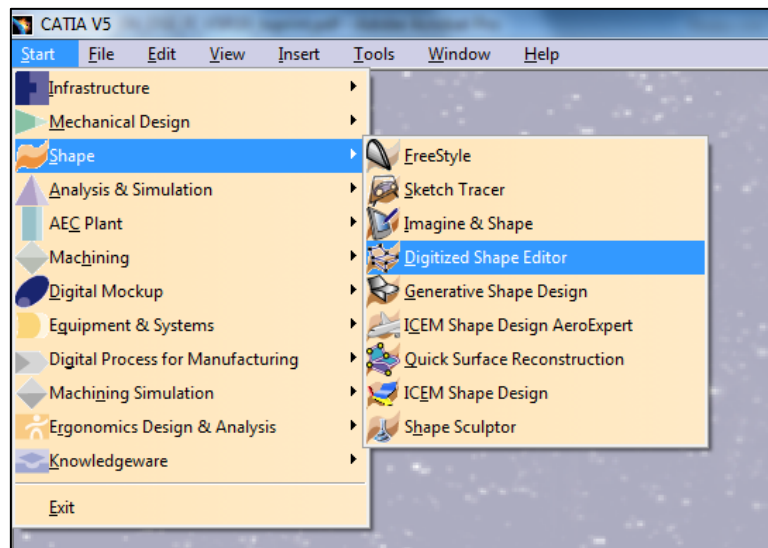
Los datos digitalizados extraídos pueden utilizarse además para:

- El diseño de las piezas en otros módulos de trabajo como pueden ser *FreeStyle (FS)*, *Generative Shape Design (GSD)* o *Quick Surface Reconstruction (QSR)*.
- Mecanizado utilizando la malla creada en *Digitized Shape Editor (DSE)*.

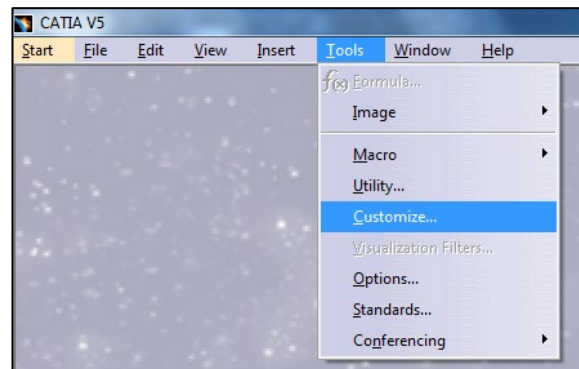


### 3.1. Acceso al espacio de trabajo de Digitized Shape Editor (DSE)

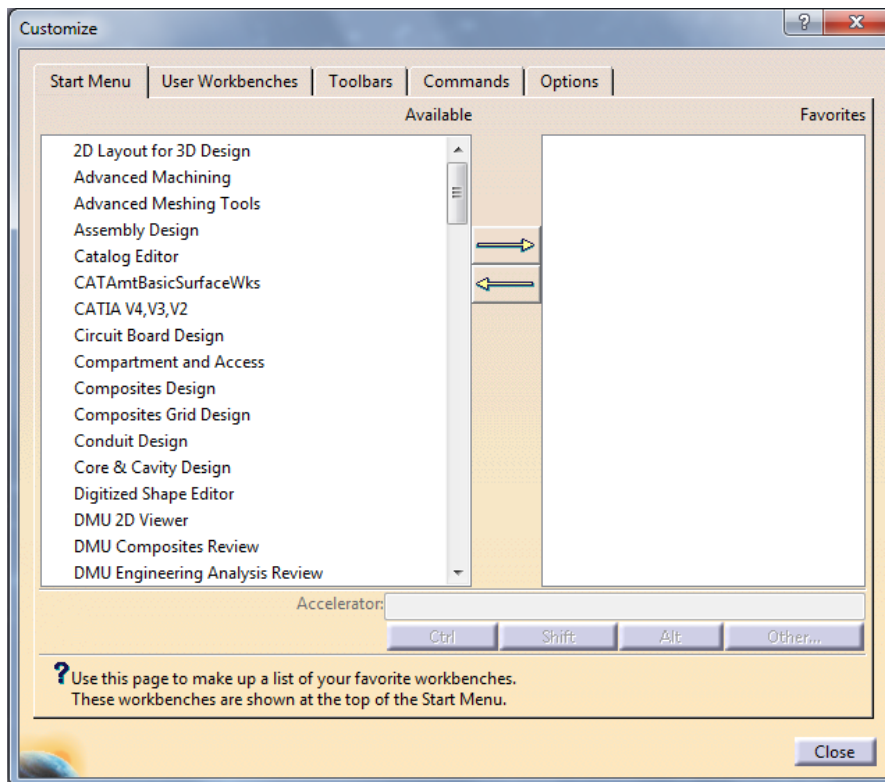
Para acceder al espacio de trabajo de *Digitized Shape Editor*, se inicia una sesión de CATIA y a continuación se selecciona: *Start* → *Shape* → *Digitized Shape Editor*



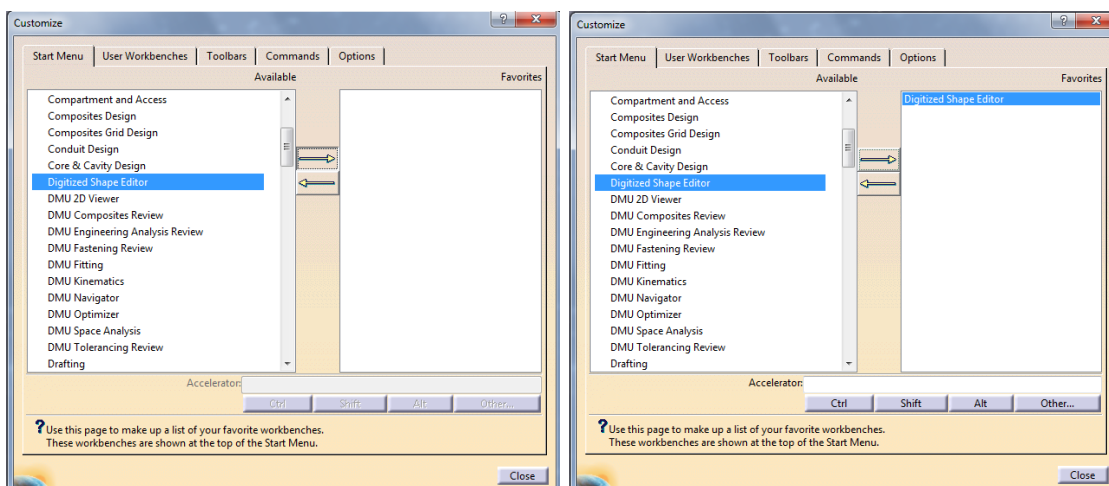
Otra forma de acceder es hacer el módulo *Digitized Shape Editor* como uno de los favoritos. Para ello se selecciona *Tools* → *Customize*



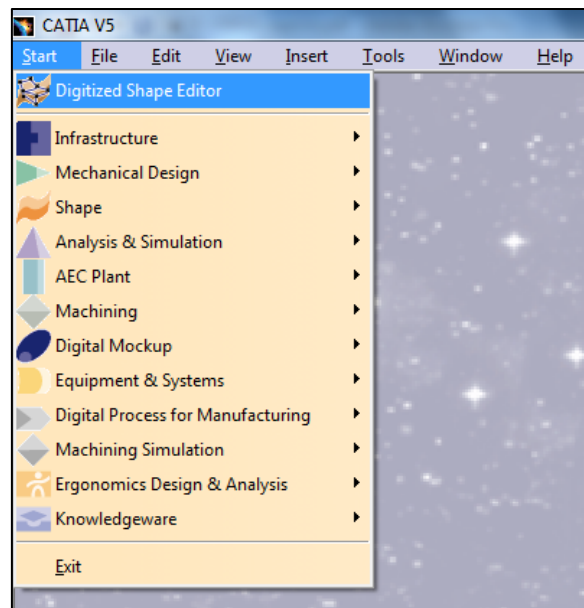
Aparecerá la siguiente ventana de trabajo:



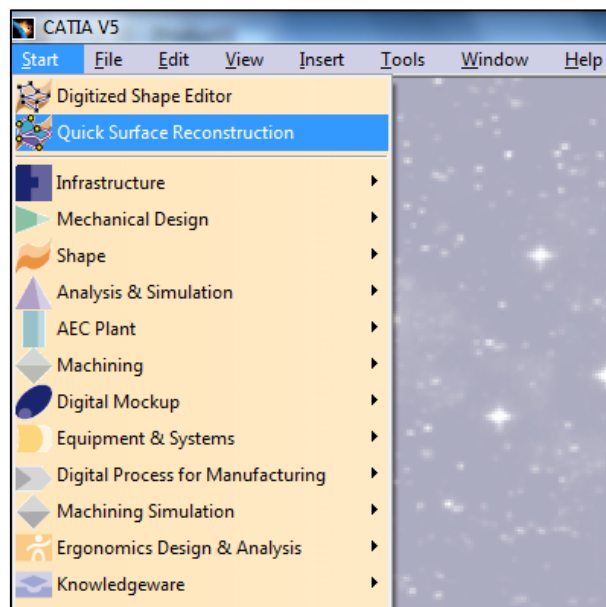
Como se puede observar, dicha ventana posee diferentes pestañas. La pestaña que se necesita modificar en este caso es la de *Start Menu*. El contenido de esta pestaña se refleja en dos grandes ventanas, en la de la izquierda aparecen todos los módulos disponibles de CATIA y en la de la derecha aparecerán los módulos que el usuario quiera que sean sus módulos favoritos. En este caso se quiere hacer el módulo *DSE* como favorito. Para ello sobre la ventana de la izquierda se selecciona el módulo *Digitized Shape Editor* y se hace clic sobre la flecha superior que hay entre medias de las dos ventanas para hacer dicho módulo favorito. Como verán el módulo *DSE* aparece ahora también en la ventana de la derecha que es la de favoritos.



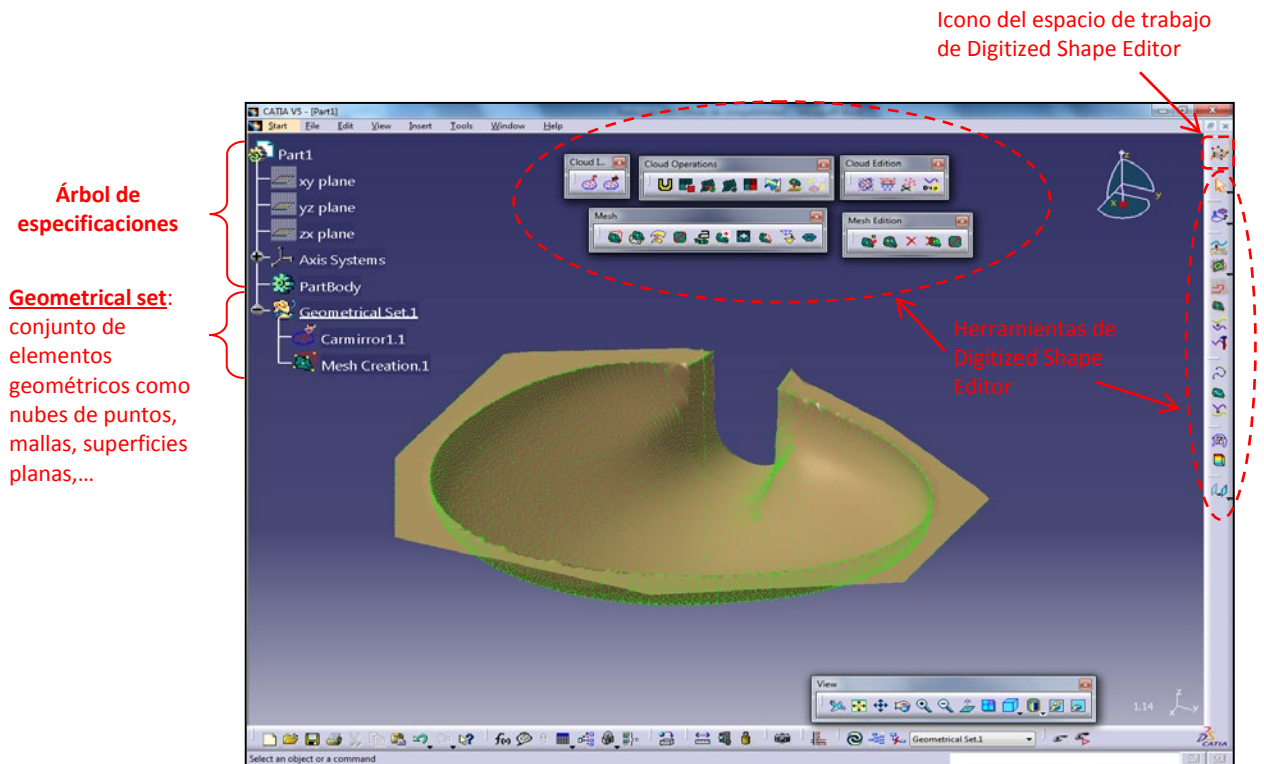
Se cierra la ventana haciendo clic sobre *Close* y a continuación se puede ir a *Start* y comprobar que ya está *Digitized Shape Editor* como módulo favorito. Así cada vez que se quiera abrir dicho módulo se puede ir directamente sobre él sin necesidad de pasar primero por *Shape*.

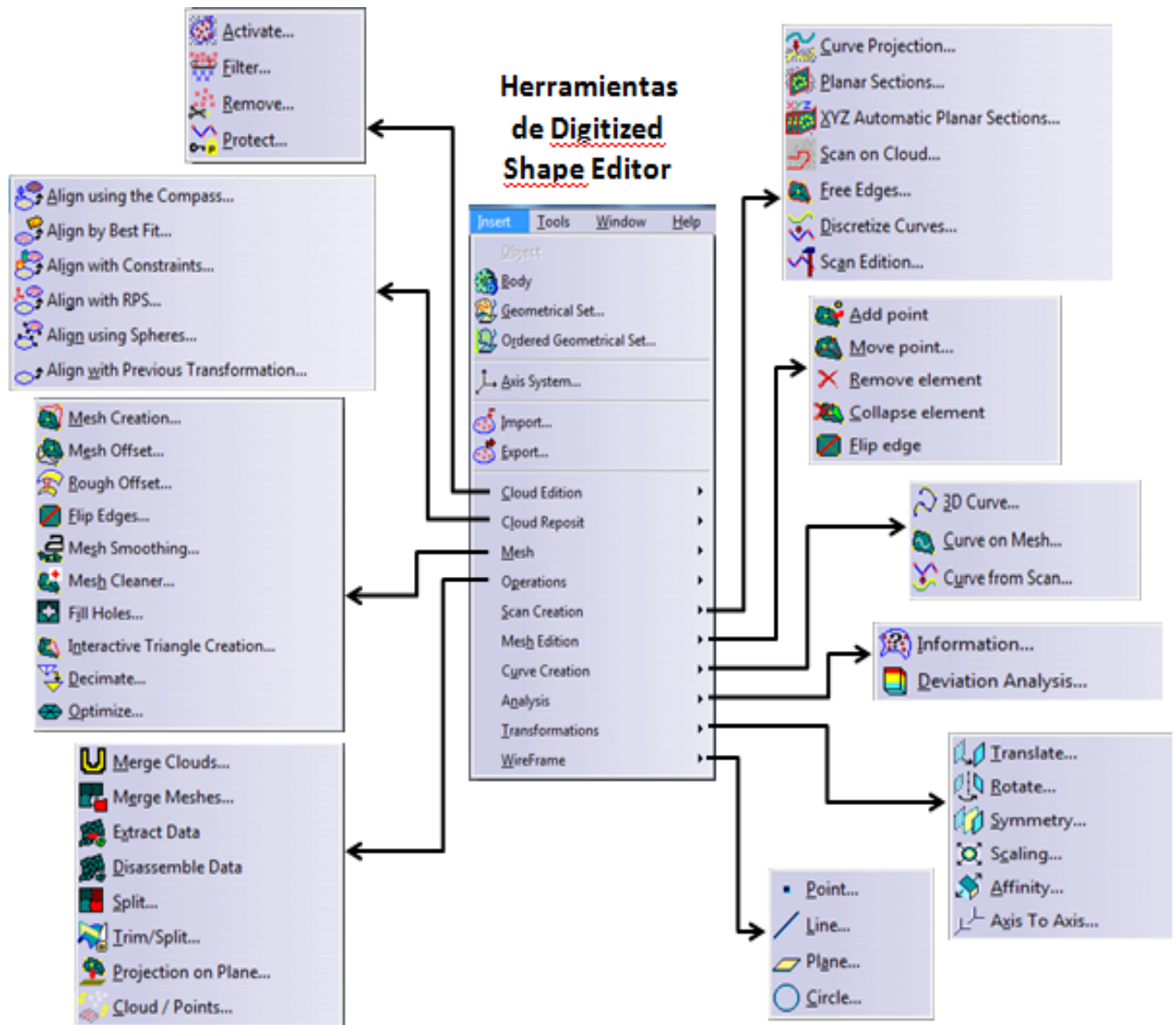


Se haría el mismo proceso para el módulo *Quick Surface Reconstruction* que se tratará más adelante:



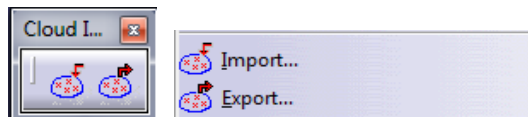
### 3.2. Interfaz de usuario de Digitized Shape Editor (DSE)



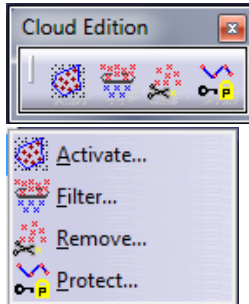


Todas estas herramientas se encuentran a su vez agrupadas en diferentes barras de herramientas:

- Barra de herramientas *Cloud Import and Cloud Export*:



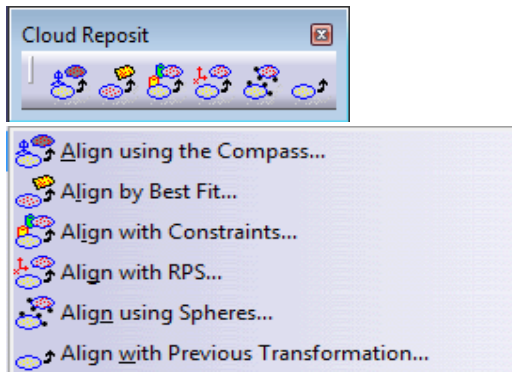
- Barra de herramientas *Cloud Edition*:



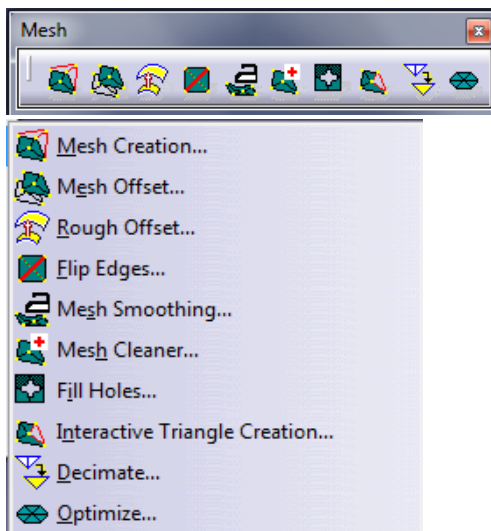
- Barra de herramientas *Cloud Reposit*:



A su vez esta barra de herramientas tiene una sub-barra de herramientas:

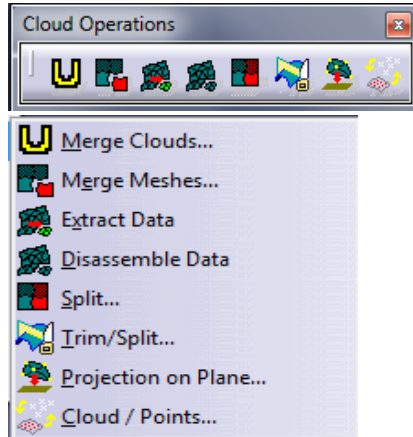


- Barra de herramientas *Mesh*:

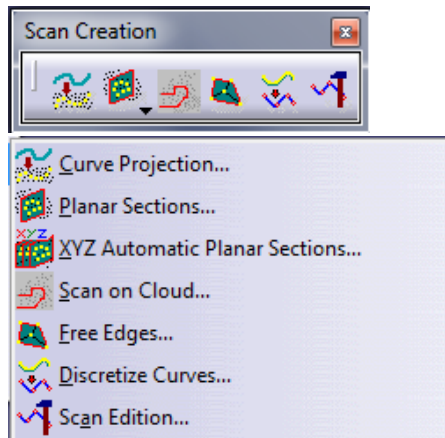




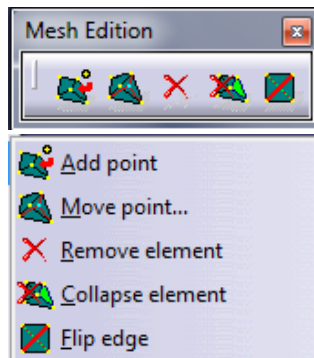
- Barra de herramientas Operations:



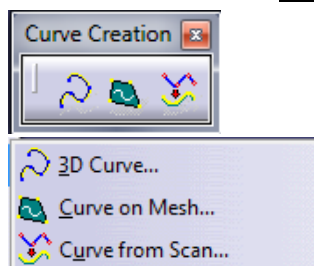
- Barra de herramientas Scan Creation:



- Barra de herramientas Mesh Edition:

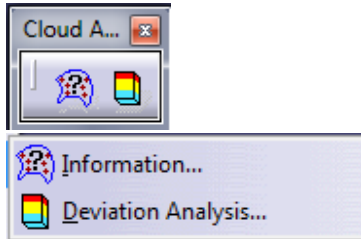


- Barra de herramientas Curve Creation:





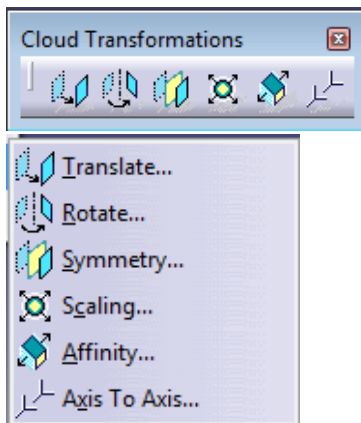
- Barra de herramientas Analysis:



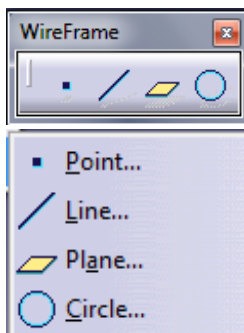
- Barra de herramientas Transformations:



A su vez esta barra de herramientas tiene una sub-barra de herramientas:



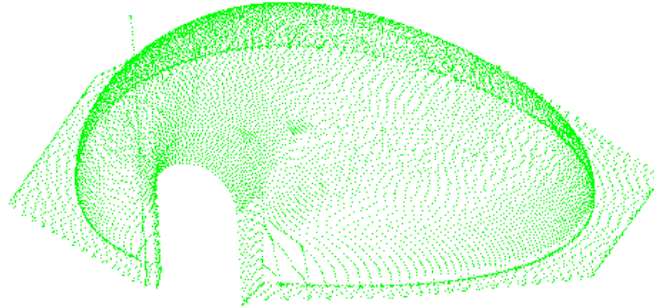
- Barra de herramientas Wireframe:



### 3.3. Terminología de Digitized Shape Editor (DSE)

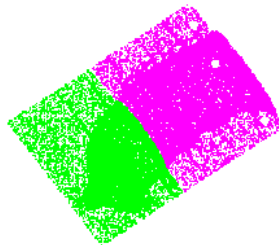
- Cloud of points (Nube de puntos): Una nube de puntos se define como un conjunto de puntos en el espacio 3D. Puede consistir en un solo punto o varios millones de puntos. Estos puntos suelen ser el resultado de una digitalización. El término nube de puntos se refiere a varias representaciones:

- Representación como un conjunto de puntos.

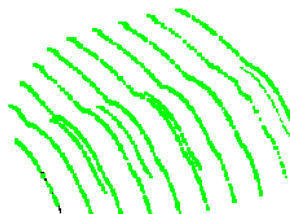


- Representación como un conjunto de líneas de puntos o escaneos.
- Representación como un conjunto de rejillas.
- Representación como una malla.

- Cell (Celda): Una nube de puntos puede consistir en varias sub-nubes que se llaman celdas. Por ejemplo, la nube de puntos representada a continuación está formada por dos celdas:

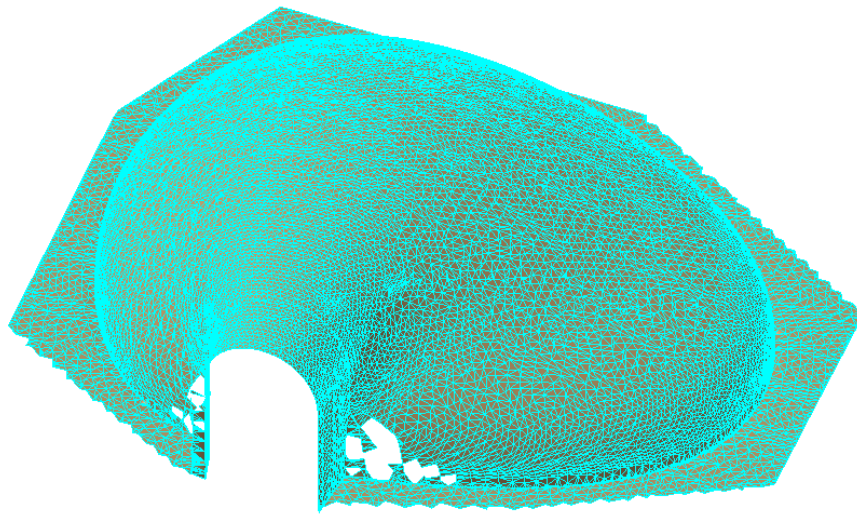


- Scan (Escaneo): Un escaneo es una serie de puntos ordenados. A menudo representa curvas a través de la serie de puntos. Una nube de puntos se puede organizar de escaneos consecutivos, que son puntos en planos paralelos.



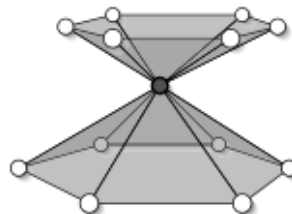
- Mesh (Malla): Una malla consiste en un conjunto de caras poligonales (triángulos) que representan la superficie de un modelo 3D. Se calcula una triangulación para describir las relaciones de máxima distancia de todos los puntos.

Además una malla se puede utilizar para comprobar la calidad de los puntos.



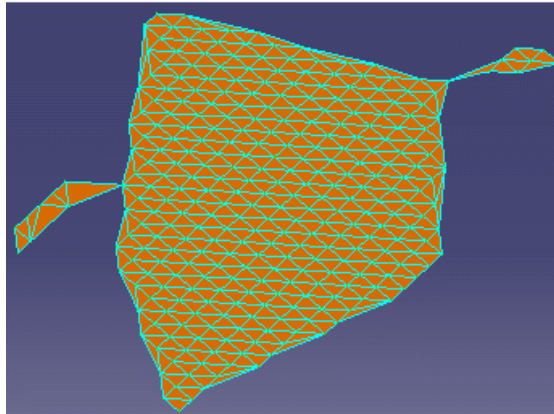
Una malla puede presentar algunas irregularidades tales como:

- Triángulos corruptos, es decir, triángulos que tienen dos veces el mismo vértice.
- Triángulos duplicados, es decir, triángulos que comparten los mismos tres vértices.
- Bordes *non-manifold*, es decir, bordes compartidos por más de dos triángulos.
- Vértices *non-manifold*, es decir, vértices compartidos por dos o más conchas conectadas, tal y como se observa en la siguiente figura.

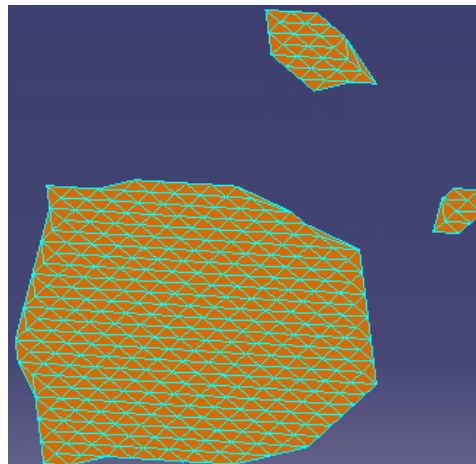


Una malla también puede presentar algunos problemas estructurales tales como:

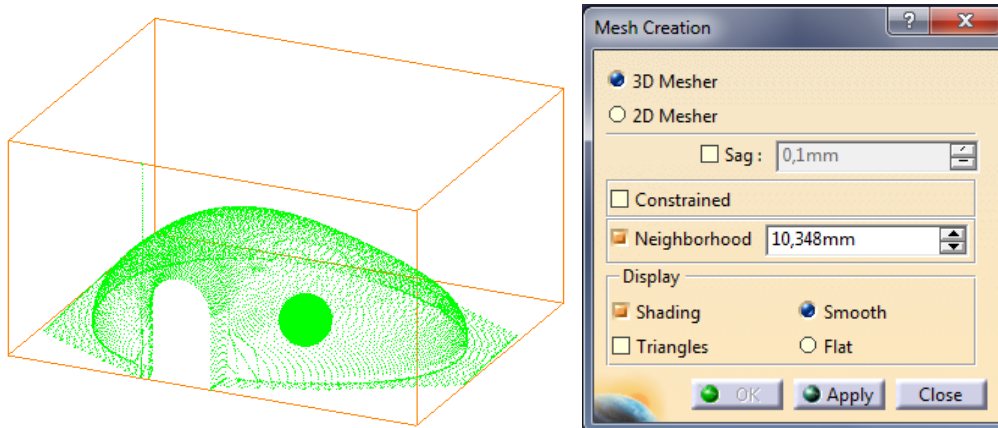
- Problemas de orientación, es decir, todos los triángulos no están orientados en la misma dirección.
- Triángulos aislados, es decir, triángulos pertenecientes a pequeñas áreas conectadas a la malla.



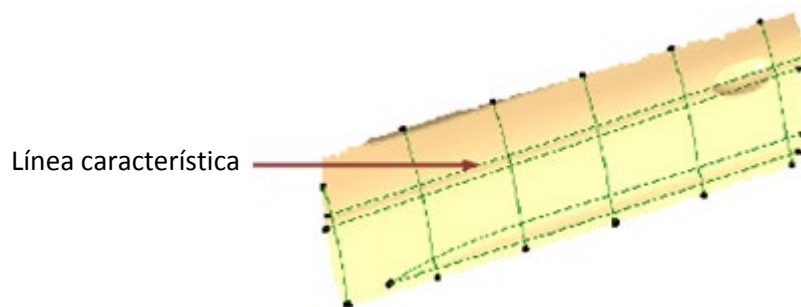
- Zonas desconectadas, es decir, la malla está compuesta de varias zonas desconectadas.



- Triángulos con bordes largos.
- Neighborhood (Distancia máxima entre puntos vecinos): Muchas funciones en *Digitized Shape Editor* operan sobre los puntos en el espacio, independientemente de la organización de los datos en la nube. En estas funciones, se puede especificar una distancia máxima entre puntos vecinos (*Neighborhood*) que será considerada alrededor de un punto para la operación. Cuanto mayor sea el valor de dicha distancia máxima, más puntos serán considerados, se formarán más triángulos y posiblemente la operación se hará más lenta. En estas funciones, se propone un valor de *Neighborhood* por defecto.



- Working distance (Distancia de trabajo): Es la distancia más allá de la cual los elementos no se tendrán en cuenta para un cálculo, para un cómputo.
- Characteristic lines (Líneas características): son líneas específicas o particulares correspondientes por ejemplo a las variaciones de curvatura (filetes de inicio/final) o bordes afilados.




### 3.4. Cloud Import y Cloud Export

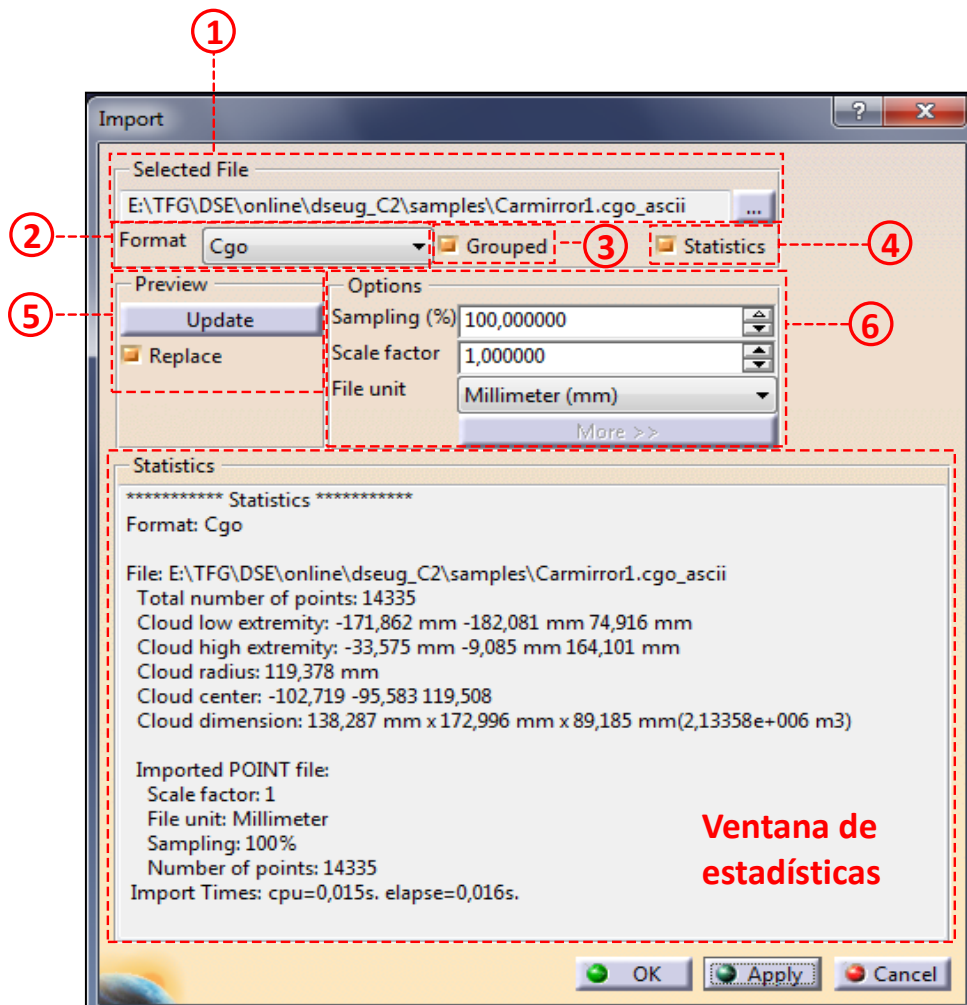
#### 3.4.1. Importación de la nube de puntos (*Import*)

Este comando muestra cómo importar un archivo que describe una nube de puntos o una malla.


Utilice los archivos *Carmirror1.cgo\_ascii*, *Multimport1.cgo\_ascii*, *Multimport2.cgo\_ascii*, *Multimport3.cgo\_ascii* pertenecientes al directorio de muestras (directorio "samples").

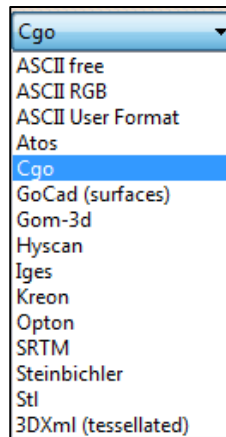
- CATIA recomienda importar los archivos en formato IGES 106 usando el comando *Import* en vez de usar el menú *File > Open*.
- Los formatos disponibles dependen del espacio de trabajo en el que se esté trabajando.

1. Haga clic en el comando *Import*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Import and Cloud Export*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



El cuadro de diálogo se compone de las siguientes partes:

- ① *Selected File* (Archivo seleccionado): Botón para seleccionar el archivo a importar. Si hace clic en , el último directorio introducido se propone como predeterminado. Una vez que haya realizado una operación de importación, CATIA propone la última ruta de archivos especificada y el formato por defecto.
- ② *Format* (Formato): Permite elegir diferentes opciones dentro de una amplia gama de formatos estándar. Conviene elegir primeramente el formato del archivo antes de seleccionar el archivo a importar.

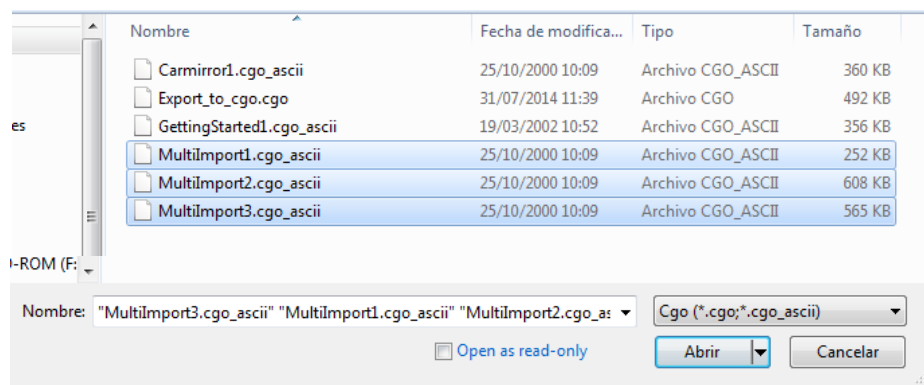


Si la extensión del archivo que se ha seleccionado coincide con alguno de los de la lista propuesta por CATIA, el campo *Format* (Formato) se actualiza automáticamente. De lo contrario, hay que asegurarse de ingresar el formato correcto en ese campo.

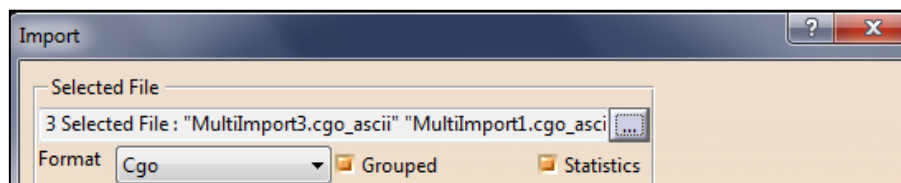
El botón *More* (Más) se activa dependiendo del formato seleccionado. A través de él se conseguirá una parametrización aún más específica introduciendo datos adicionales.

③ *Grouped* (Agrupados): si dicha opción está activada, permite importar varias nubes de puntos a la vez como una sola nube de puntos en conjunto. Hay que tener en cuenta que:

- Los archivos a importar deben tener el mismo formato.
- Los archivos a importar deben estar en el mismo directorio.

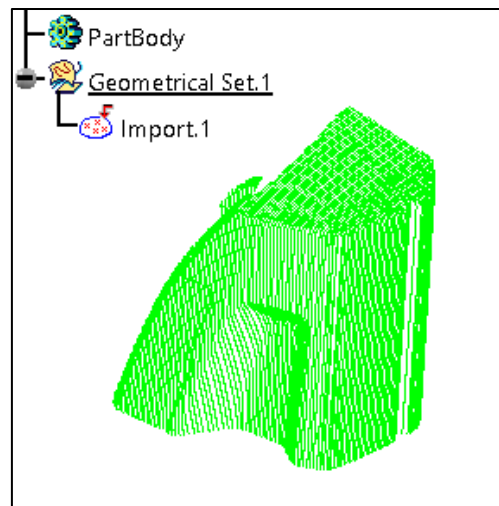


En el campo de archivos seleccionados (*Selected File*) dentro del cuadro de diálogo, aparecerá el número total de archivos y el nombre de cada uno de ellos:



En este caso, con la opción *Grouped* activada, las tres nubes de puntos se importan dando como resultado una única nube de puntos llamada *Import.1*, como se puede comprobar en el árbol de especificaciones.



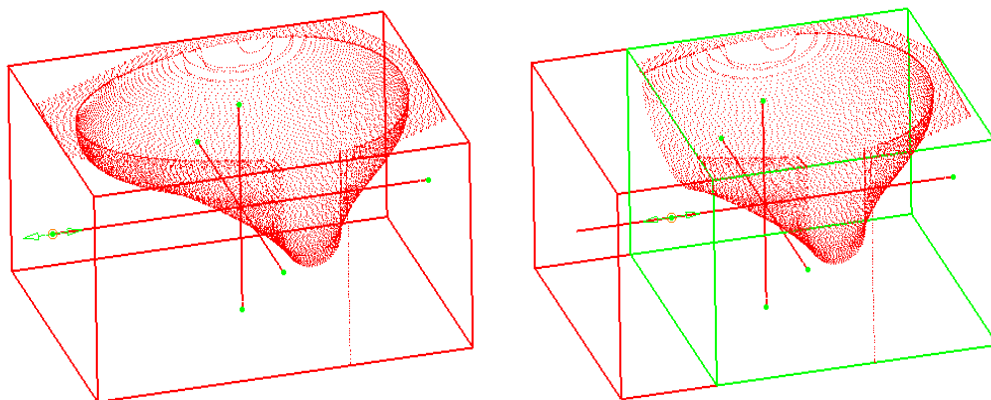


Si no se hubiese activado la opción *Grouped*, las tres nubes de puntos se habrían importado a la vez pero separadas, no como conjunto, resultando tres nubes de puntos independientes, no una como en el caso anterior.

④ *Statistics* (Estadísticas): dicha casilla de verificación permite mostrar la información del modelo que se está importando en la ventana de estadísticas (número de puntos, dimensiones, ...).

⑤ *Preview* (Vista previa): permite dos opciones:

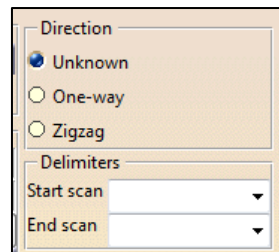
- a) *Replace* (Reemplazar): permite sustituir la nube de puntos actual por una nueva.
- b) *Update* (Actualizar): muestra la nube de puntos junto con su cuadro delimitador. A través de las flechas verdes de dicho cuadro, se puede seleccionar la porción de nube de puntos o malla a importar:



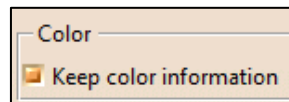


⑥ *Options* (Opciones):

- a) *Sampling (%)* (Porcentaje de muestreo): El valor de muestreo determina el porcentaje de puntos, escaneos o rejillas que será leído desde el archivo de dígitos, es decir, permite importar un determinado porcentaje de los datos digitalizados. Esta opción no es relevante para el formato *STL*.
- b) *Scale factor* (Factor de escala): La operación de escaneado es muy a menudo realizada en un modelo a escala. Se puede aplicar el factor de escala dado para trabajar en el modelo de tamaño real.
- c) *File unit* (Unidad usada en el archivo): CATIA está configurado para una determinada unidad. El archivo que se importa puede estar en otras unidades, por lo que conviene preparar las unidades apropiadas antes de importar el archivo. Esta opción no es relevante para el formato *Steinbichler*.
- d) *More* (Más): dependiendo del formato de archivo elegido, seleccionando dicho botón se visualizarán los siguientes menús específicos:
- **ASCII free:** Se puede seleccionar la dirección y los delimitadores de los diferentes escaneos.

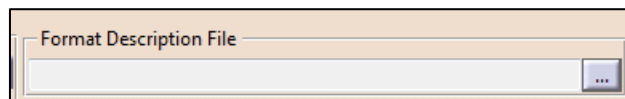


- **ASCII RGB:** *Keep color information* viene activado por defecto. Permite mantener el color de la información que se encuentra en el archivo ASCII RGB.

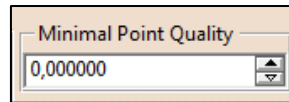


- **ASCII User Format:** Para habilitar esta importación, hay que describir el formato de usuario en un archivo con la extensión *.FDF*. Este archivo es una simple línea de un archivo de texto ASCII. El formato es descrito por un conjunto de palabras clave separadas por un espacio. Cada palabra clave indica el tipo de datos esperados. Hay que tener en cuenta que:
  - Las palabras clave pueden definirse en cualquier orden. Sin embargo, el archivo debe respetar el orden en el que se han definido las palabras clave.
  - El formato debe ser descrito en una sola línea en el archivo.
  - Sólo las coordenadas X, Y y Z son imprescindibles en dicho formato. El resto de información es opcional.

Posteriormente se escribe la ruta de dicho archivo en el cuadro de diálogo.



- Atos: *Minimal Point Quality* (Calidad mínima de los puntos) se utiliza para limpiar el archivo de puntos no válidos. El valor de la calidad de un punto se encuentra entre 0 y 255 (de bajo a alto). Elija un valor para omitir puntos por debajo de ese valor.



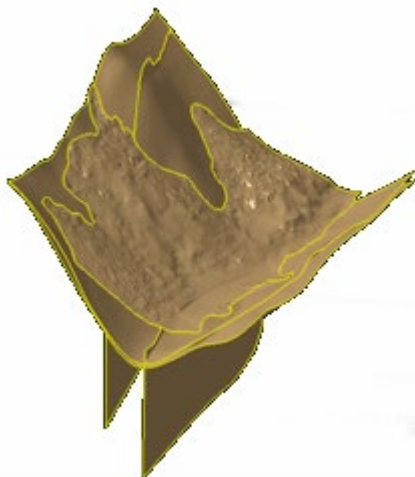
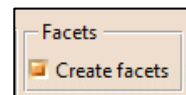
- Minimal Point Quality valor = 125



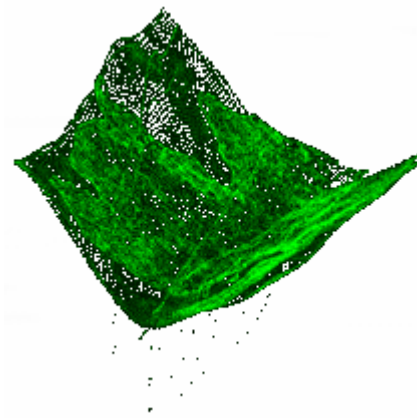
- Minimal Point Quality valor = 75



- GoCad (surfaces): Permite importar archivos .ts. *Create facets* se utiliza para crear o no facetas de la malla importada.

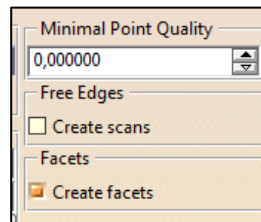


Malla importada con la faceta creada.



Malla importada sin la faceta creada.

- Gom-3D: Los archivos pueden ser importados como puntos, escaneos, rejillas o mallas.



Permite:

- Limpiar el archivo de puntos no válidos a través de Minimal Point Quality, de la misma manera que en el formato Atos.
- Crear escaneos (*Create scans*) que representan los bordes libres de una malla mediante Free Edges:

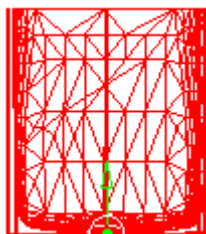


Malla con bordes libres

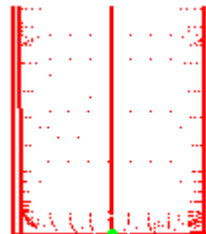


Malla sin bordes

- Crear facetas (*Create facets*) de la nube de puntos o malla importada.

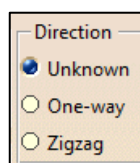


Malla con facetas

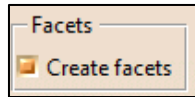


Malla sin facetas

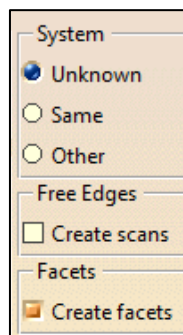
- Iges: Si la nube de puntos importada es de 116 entidades solamente, el resultado es una nube de puntos. De lo contrario, el resultado está hecho de escaneos o exploraciones. Este formato permite seleccionar la dirección que hay que aplicarle a los escaneos, siempre y cuando se sepa:



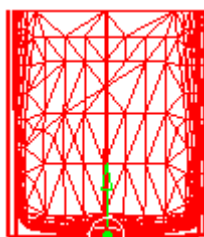
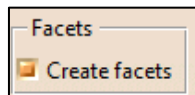
- SRTM: Permite importar archivos .hgt. Además permite crear o no las facetas de la malla importada.



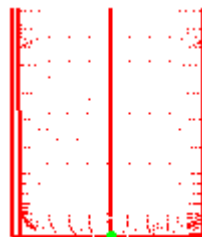
- Stl: permite crear facetas, crear representaciones de los bordes libres y una opción nueva llamada System (sistema). System se aplica al sistema operativo (Unix o Windows) utilizado para generar los datos binarios. Tiene varias opciones:
  - *Same*: si se utiliza el mismo sistema operativo que el usado para generar los datos binarios.
  - *Other*: si se usa otro sistema diferente.
  - *Unknown*: si no se sabe el sistema usado.



- 3DXml (tessellated): Permite crear facetas.



Malla con facetas



Malla sin facetas

3. Seleccione el formato del archivo a importar dentro del campo *Format*.
4. Seleccione el archivo a importar.
5. Haga clic en *Apply* para visualizar la nube de puntos importada.
6. Haga clic en *Update* para mostrar el cuadro delimitador de la nube de puntos y use las flechas verdes para seleccionar la porción de la nube de puntos a importar. Además puede realizar modificaciones dentro de la parte de *Options*.

- Una vez que ya esté satisfecho con la vista previa, haga clic en *Apply* y *OK* para terminar la importación de la nube de puntos.

### 3.4.2. Exportación de nubes de puntos o mallas (*Export*)


La exportación de una nube de puntos es a veces necesaria para disminuir la cantidad de datos con los que trabajar o para crear ficheros de datos parciales.

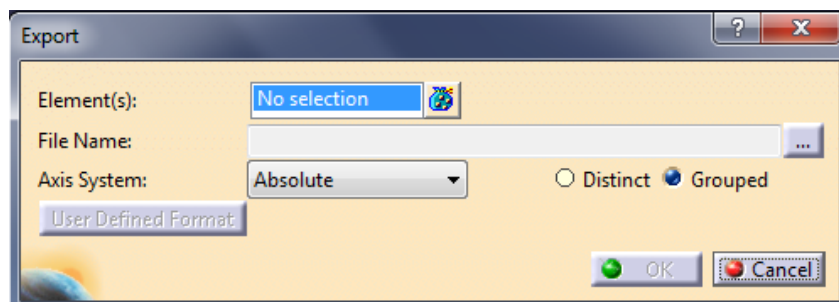
Los formatos de exportación disponibles son ASCII RGB, ASCII User Format, ASCII Free, Cgo y STL.


Los formatos ASCII exportan una nube de puntos o un conjunto de escaneos a un archivo ASCII\_free, ya sea como:

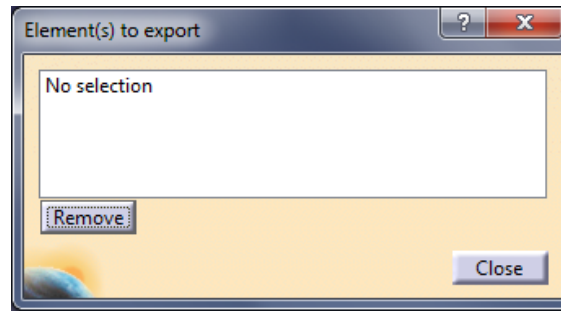
- Escaneos, si la selección contiene solamente escaneos o un conjunto de escaneos.
- Una nube de puntos, si la selección contiene solamente una nube de puntos.
- Escaneos, si la selección contiene escaneos y nubes de puntos.

Las nubes de puntos deben ser exportadas con un formato de archivo Cgo. Sin embargo, las mallas deben ser exportadas con un formato de archivo STL, ya que si se exportan con un formato Cgo luego a la hora de realizar la importación de dicha exportación se importa como una nube de puntos en vez de como una malla.

- Haga clic en el comando *Export*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Import and Cloud Export*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:

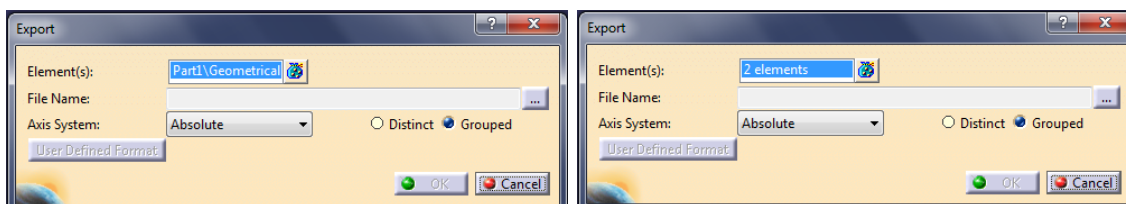


- Seleccione la nube de puntos o la malla que quiera exportar:
  - Seleccione el elemento mediante el árbol de especificaciones o el área gráfica.
  - Haga clic en  para visualizar el cuadro de diálogo de los elementos a exportar seleccionados (*Element(s) to export*):




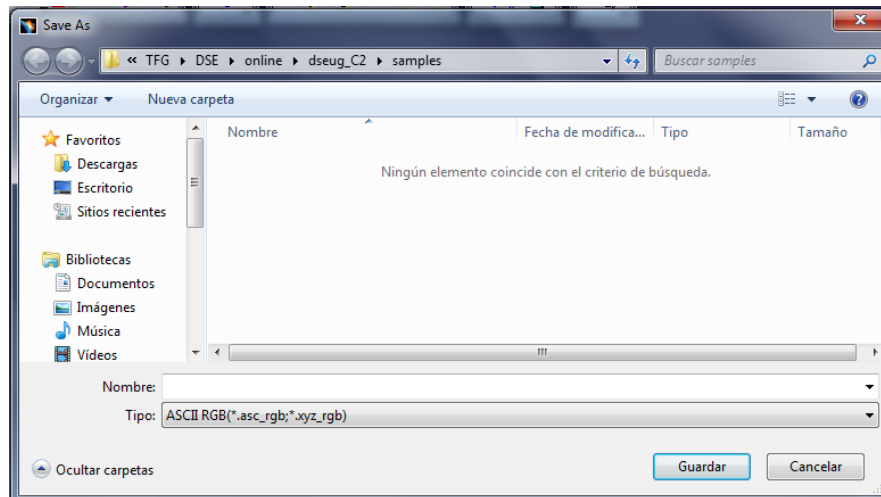
- Los elementos a exportar figuran dentro de este cuadro de diálogo.
- Seleccione un elemento en el árbol de especificaciones o el área gráfica para agregarlo a la lista.
- Si se quiere eliminar uno de los elementos a exportar seleccionados, basta con seleccionar dicho elemento dentro del cuadro de diálogo *Element(s) to export* y hacer clic en *Remove*.
- Haga clic en *Close* para finalizar la selección y volver al cuadro de diálogo principal.

El nombre del elemento seleccionado (si sólo es uno) o el número de elementos seleccionados (si son varios) aparecen en el campo de *Elemento(s)*.

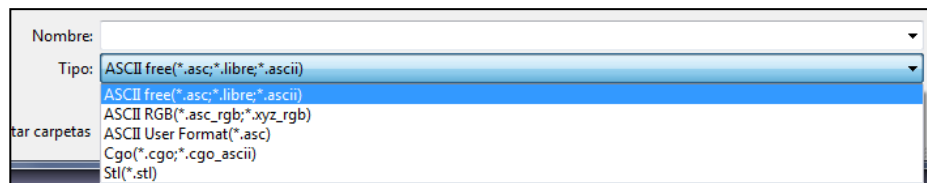


Conviene tener en cuenta que:

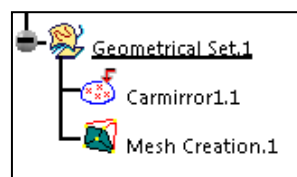
- o Si se selecciona un elemento compuesto (Geometrical set, CATPart, CATProduct,...) sólo se exportarán sus subelementos visibles (nubes de puntos o mallas).
  - o Si se selecciona un CATProduct, los elementos en los CATParts descargados no se exportarán.
  - o Si selecciona un solo elemento (nube de puntos o malla), será exportado incluso aunque esté oculto.
3. Seleccione *Grouped* si desea exportar todos los elementos en un solo archivo (ésta es la opción que viene predeterminada por CATIA) o *Distinct* si desea exportar cada elemento en un archivo distinto.
  4. Seleccione el formato de la exportación y el nombre del archivo de salida:
    - o Haga clic sobre  y se abrirá el cuadro de diálogo *Save as* (Guardar como):



- Escriba el nombre del archivo de salida en el campo *Nombre*.
- Seleccione el tipo de formato de exportación dentro de la lista desplegable *Tipo*.



- Se creará el archivo de exportación con la extensión del formato seleccionado.
- Haga clic en *Guardar* para volver al cuadro de diálogo principal.
- Si ha seleccionado la opción *Grouped*, el nombre del archivo de salida es el que haya puesto en el campo *Nombre* seguido de la extensión del formato. Por ejemplo, si exporta:

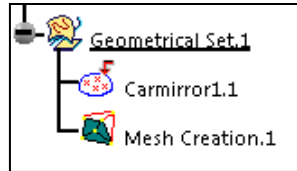


y escribe `Export_1` como *Nombre*, se creará el siguiente archivo:

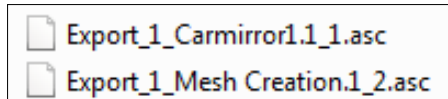


- Si ha seleccionado la opción *Distinct* en lugar de la opción *Grouped*, el nombre de los archivos de salida será: `prefix_NombreDelElemento_suffix`
  - `prefix` corresponde a lo que se haya escrito en el campo *Nombre*.
  - el `Nombre Del Elemento` es el correspondiente a los elementos a exportar seleccionados.
  - `suffix` es un número que corresponde al lugar de los elementos en el árbol de especificaciones.

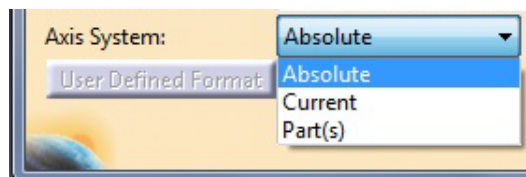
Por ejemplo, si se exporta:



y escribe Export\_1 como *Nombre*, se crearán los siguientes archivos:



5. Elija a través de la lista desplegable de *Axis System* (Sistema de ejes) en qué sistema de ejes quiere exportar la selección:

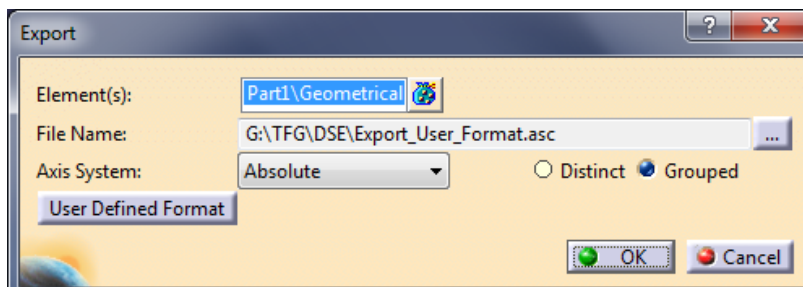


- Absolute: la selección se exportará utilizando el sistema de ejes absoluto.
- Current: la selección se exportará utilizando el sistema de ejes actual.
- Part(s): la selección será exportada mediante el sistema de ejes actual de cada CATPart que contiene los elementos seleccionados. Esta opción está disponible sólo si *Distinct* es seleccionado.

6. Haga clic en *OK* para confirmar la creación de los archivos de exportación. Si ha elegido un formato que no es coherente con los elementos seleccionados, se muestra un mensaje, y los archivos no se crean, o contienen únicamente los elementos compatibles.

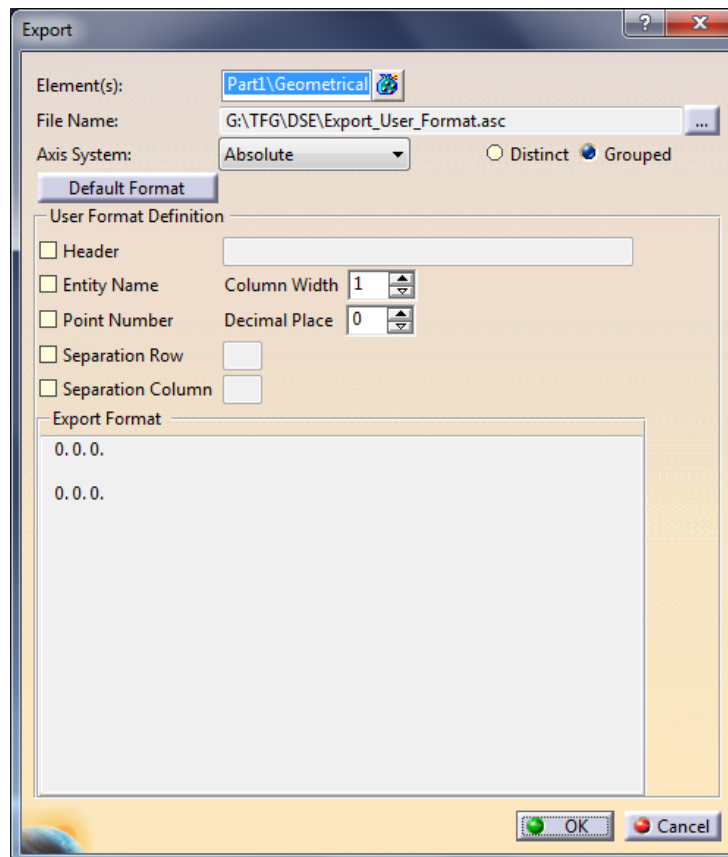
Hay que hacer una mención especial al tipo de formato ASCII User Format (\*.asc):

Se procede como se ha explicado anteriormente. En el cuadro de diálogo *Save as*, se introduce el *Nombre*, se selecciona el formato *ASCII User Format (\*.asc)* de la lista desplegable de *Tipo* y a continuación se hace clic en *Guardar* para volver al cuadro de diálogo principal. Como podrá comprobar, ahora está disponible la opción *User Defined Format*:

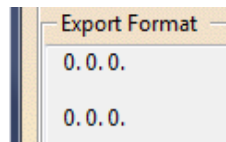




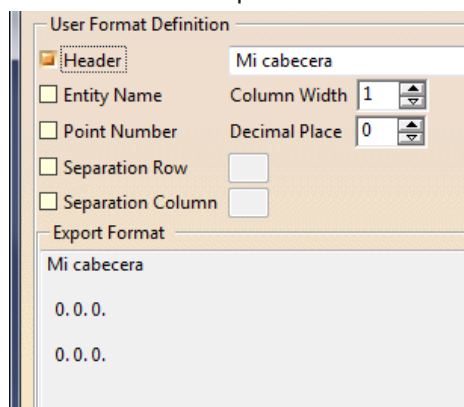
Haga clic en *User Defined Format*. El cuadro de diálogo *Export* pasa a ser el siguiente:



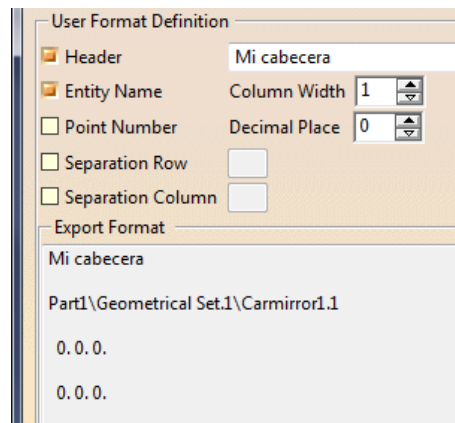
Seleccione la información que quiera incluir en el *User Format*. Una muestra de la salida se da en el campo *Export Format* (formato de exportación). De forma predeterminada, con ninguna opción seleccionada, se ve así:



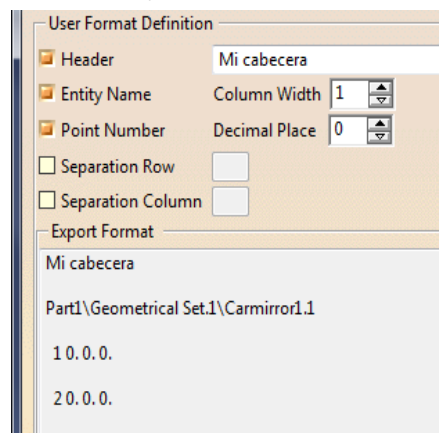
- Header (Cabecera): añade la cabecera que ha introducido.



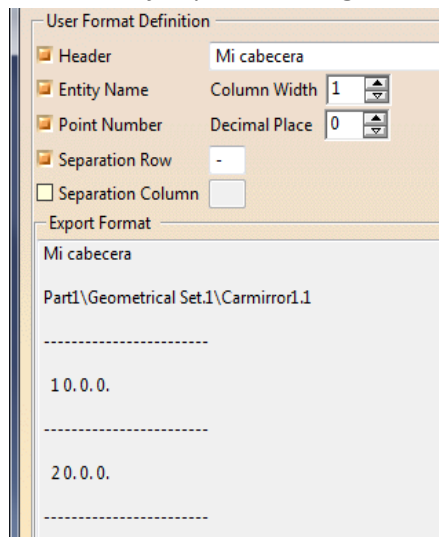
- Entity Name (Nombre de la entidad): añade el nombre de la exploración o escaneo.



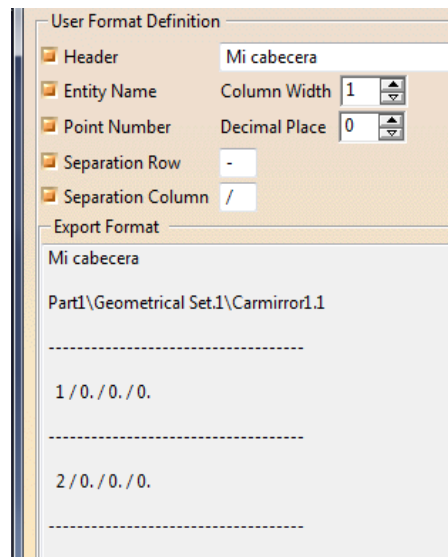
- Point Number (Número de punto): escribe el rango de cada punto de la exploración en la primera posición de cada línea, antes de las coordenadas.



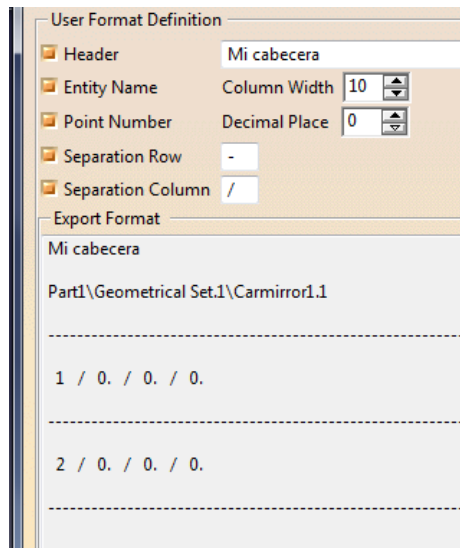
- Separation Row (Fila de separación): crea una fila de separación mediante el carácter ASCII que se haya definido. Por ejemplo, con el signo menos (-):



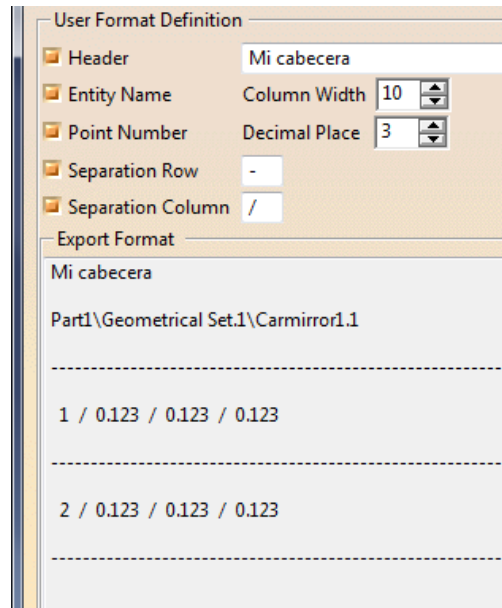
- Separation Colum (Columna de separación): crea una columna de separación mediante el carácter ASCII que se haya definido. Por ejemplo, con la barra inclinada (/):



- Column Width (Ancho de columna): define el ancho de columna (a continuación se ha establecido a 10 en vez de 1 por defecto):



- Decimal Place (Decimal): define el número de decimales (a continuación ha sido ajustado a 3 decimales):

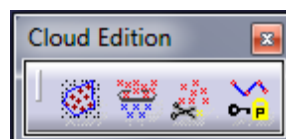


Como puede comprobar, se pueden seleccionar diferentes opciones. Cuando esté satisfecho con la información incluida en el *User Format*, haga clic en *OK* para validar la exportación.

### 3.5. Edición de la nube de puntos (*Cloud Edition*)

En muchos casos, una nube de puntos tendrá que dividirse en conjuntos de puntos más pequeños para poder ser manipulada. Esto generalmente no se hará mediante la eliminación de elementos del conjunto, sino por la activación o desactivación de los elementos que son necesarios para realizar una determinada tarea.

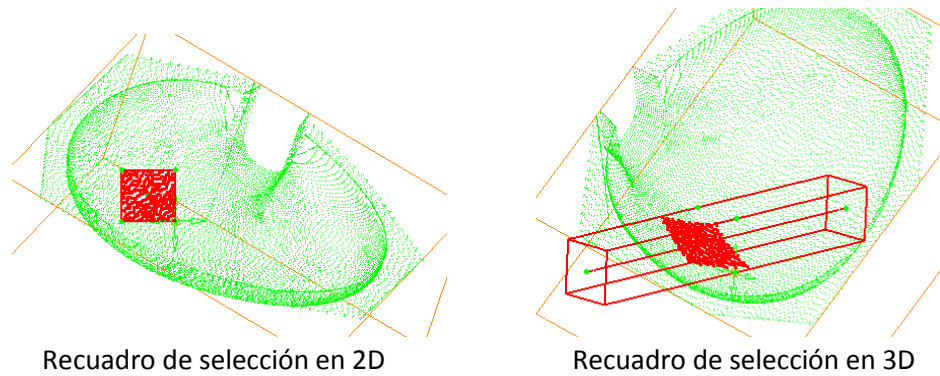
Para editar una nube de puntos use la barra de herramientas *Cloud Edition*:



#### 3.5.1. Eliminación de puntos (*Remove*)

A través del comando *Remove*, se pueden eliminar puntos de una nube o de una malla, o triángulos de una malla. Hay que tener en cuenta que:

- Los elementos eliminados son los que aparecen en rojo durante la selección.
- Por defecto, el recuadro de selección se muestra en el plano de visualización 2D. Se puede rotar el modelo para visualizar dicho recuadro de selección en 3D.




Recuadro de selección en 2D

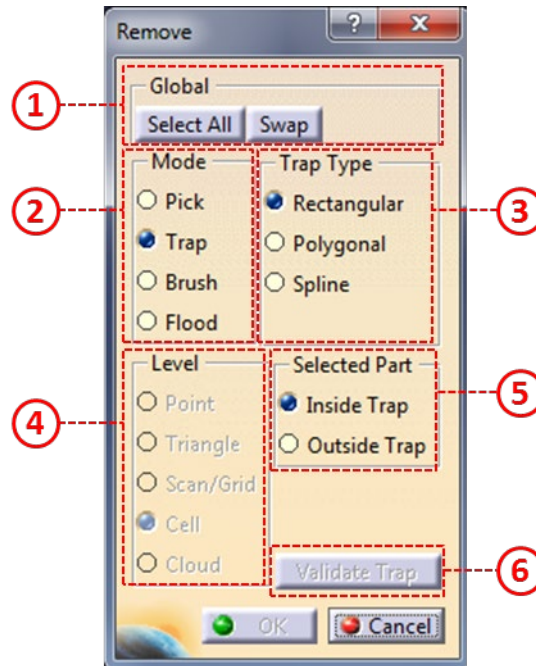
Recuadro de selección en 3D

- A la hora de eliminar una porción de puntos, haga clic en *Select All* para que se seleccionen todos los puntos de la nube, o en *Swap* para invertir la selección, es decir, para que todos los puntos antes activos ahora estén ocultos.
- La acción *Remove* tiene en cuenta los triángulos que están al menos parcialmente seleccionados (al menos un vértice ha sido seleccionado, o el recuadro de selección interseca el triángulo).
- Deshacer/rehacer no es posible en la ventana *Global* de *Remove*.
- Aunque los cuadros de diálogo parecen similares, el modo de funcionamiento de *Activate* y *Remove* tienen algunas diferencias.
  - Los elementos eliminados (*Remove*) no se pueden recuperar.
  - *Select All* y *Swap* (*Remove*) se aplican solo al inicio de la acción de *Remove*. Una vez que se ha validado la acción no pueden utilizarse para recuperar los elementos eliminados.
  - Todos los bordes libres pueden visualizarse.

Hay que tener en cuenta que si se consigue reducir el número de puntos de la nube, las operaciones posteriores serán más rápidas.

Abra el modelo [Cloud.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

1. Haga clic en el comando *Remove*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Edition* y seleccione una nube. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



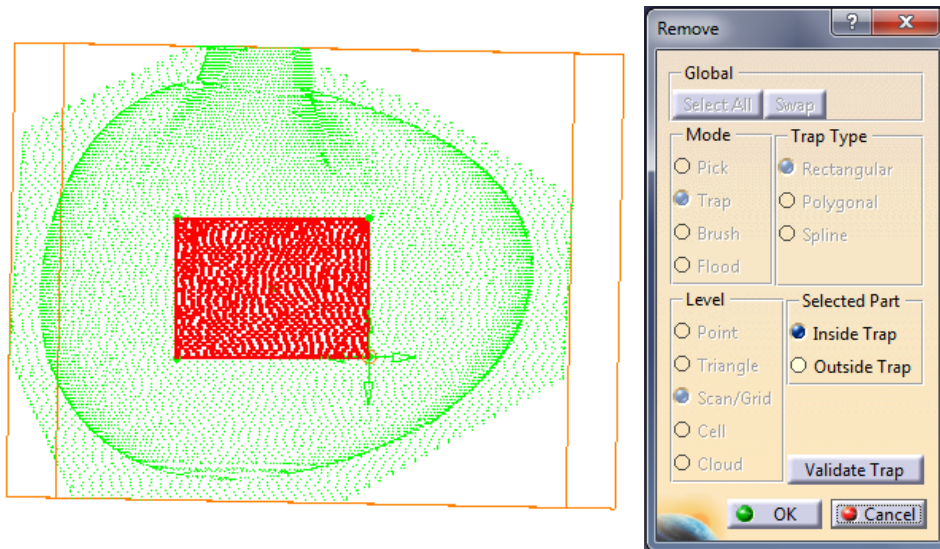
El cuadro de diálogo está formado por 6 partes claramente diferenciadas:

① *Global* (Global)

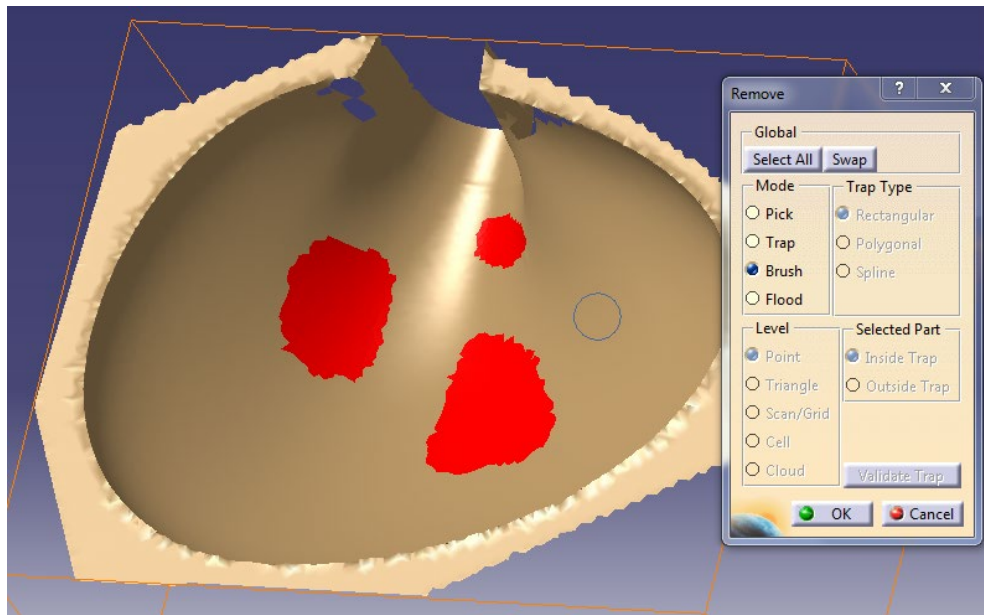
- a) *Select All* (Seleccionar todo): Haga clic sobre dicha opción y se seleccionará toda la nube de puntos.
- b) *Swap* (Cambiar): Permite invertir la selección de los elementos, es decir, ahora seleccionará los elementos que antes estaban sin seleccionar y dejará sin seleccionar los que estaban seleccionados.

② *Mode* (Modo)

- a) *Pick* (Seleccionar): Se puede aplicar a una nube de puntos o a una malla. Permite seleccionar el tipo de elemento que se quiere eliminar a través de la opción *Level*. Según la elección se pueden eliminar puntos, triángulos, escaneos/rejillas, celdas o nubes. Basta con seleccionar el elemento deseado y hacer clic en *OK* para confirmar su eliminación y el cuadro de diálogo se cerrará solo.  
Si hace clic sobre algún elemento seleccionado mientras mantiene pulsada la tecla *Shift*, este elemento se eliminará de la selección.
- b) *Trap* (Trampa): Se puede aplicar a una nube de puntos o a una malla. Permitirá la selección a través de una trampa de contorno o recuadro de selección. La trampa se dibuja en un plano, pero tiene profundidad. Dicha trampa se puede modificar con los manipuladores verdes de los extremos. Se selecciona el tipo de trampa requerida (*Trap Type*), la porción de la nube a eliminar *Inside Trap/Outside Trap* (el interior o el exterior de la trampa), se valida la trampa haciendo clic en *Validate Trap* y finalmente se pulsa *OK* para confirmar la eliminación.

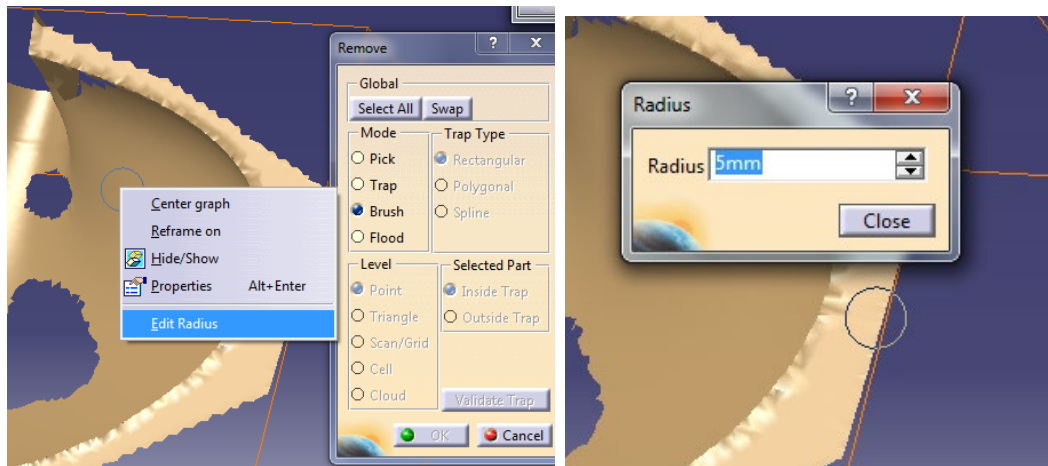


- c) *Brush* (Cepillo): Es una opción para seleccionar un área de una malla, es decir, sólo funciona para una malla. Permite la selección manteniendo pulsado el botón izquierdo y pasando el círculo sobre el área deseada.

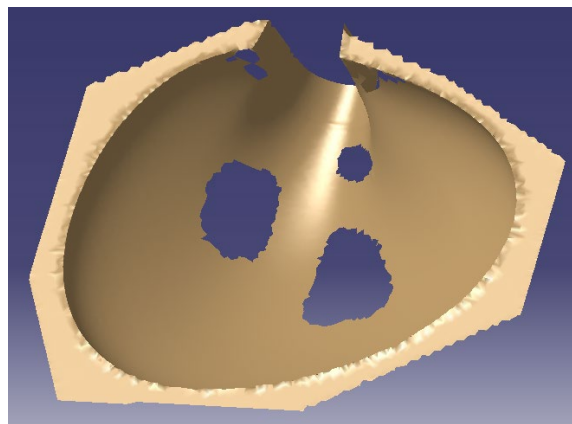


La precisión de la selección depende del diámetro del círculo de selección, modificable en el menú contextual en *Edit Radius*. Haciendo clic en el botón derecho se puede modificar el radio:

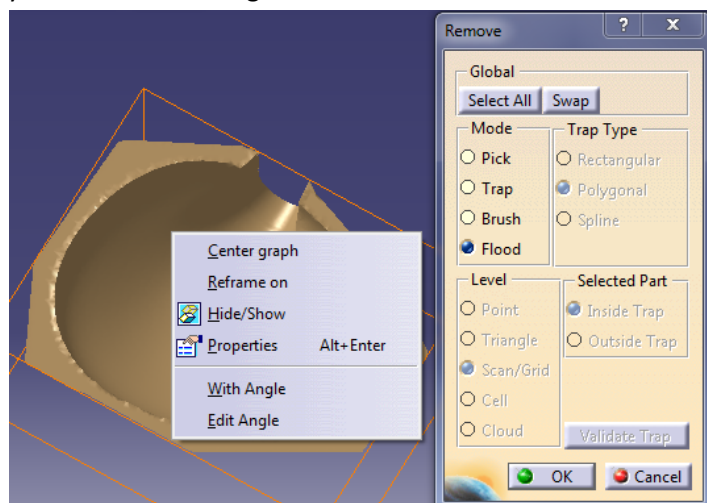




Pulsando OK:

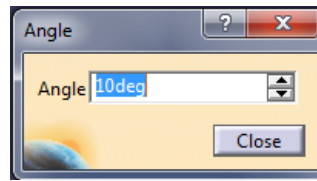


- d) *Flood* (Inundación): Es una opción para seleccionar un área de una malla (no vale para nubes de puntos ni escaneos).  
Propone dos modos de funcionamiento basados en un criterio angular, desde el menú contextual. El ángulo considerado es el ángulo entre la normal del primer triángulo seleccionado y la normal del triángulo candidato.

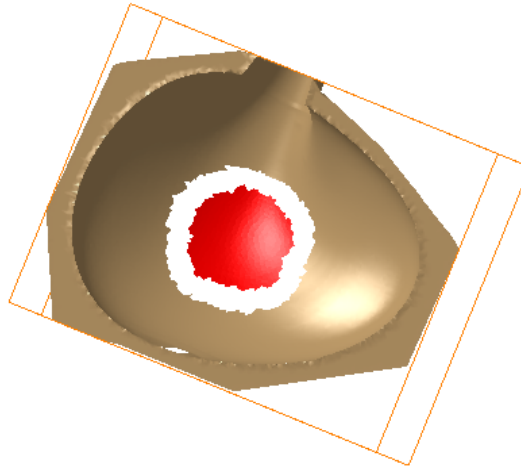


Dicho valor del ángulo se puede modificar a través de *Edit Angle*.

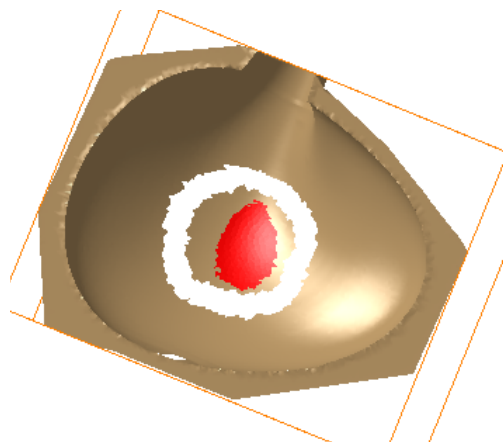




- With Angle no seleccionado (así es como viene por defecto): Seleccione un triángulo de la malla. Automáticamente, todos los triángulos conectados con dicho triángulo se seleccionarán.



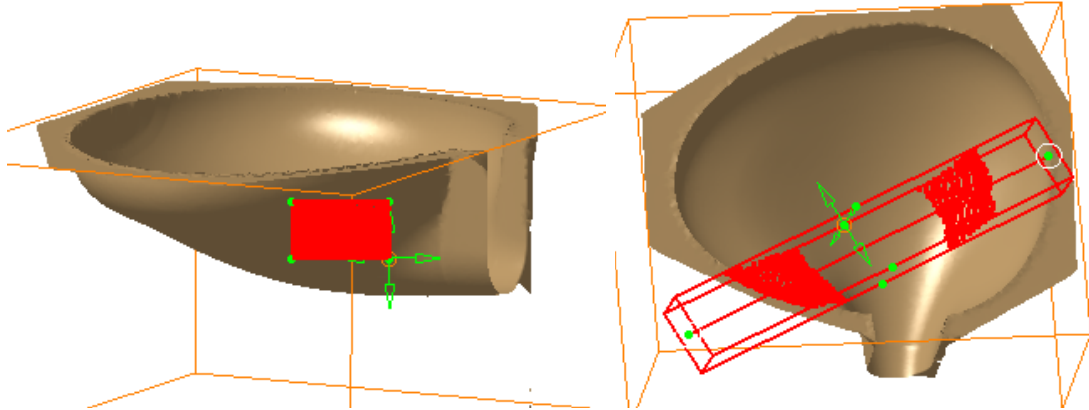
- With Angle seleccionado: Selecciona un triángulo de la malla. Sólo los triángulos conectados al triángulo seleccionado que respeten el criterio de este ángulo se seleccionarán. Por ejemplo, se representa a continuación el mismo caso anterior pero ahora con un ángulo de 10 grados:



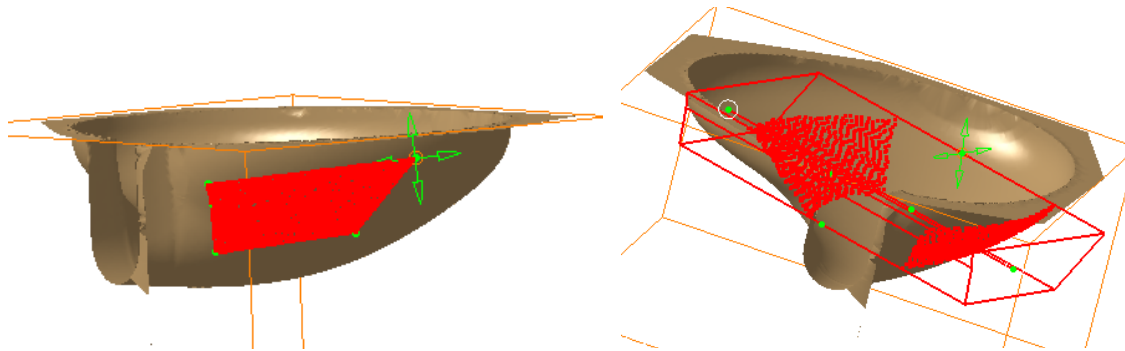
### ③ *Trap Type* (Tipo de trampa)

El tipo de trampa puede ser rectangular, poligonal o también se puede definir mediante una curva spline.

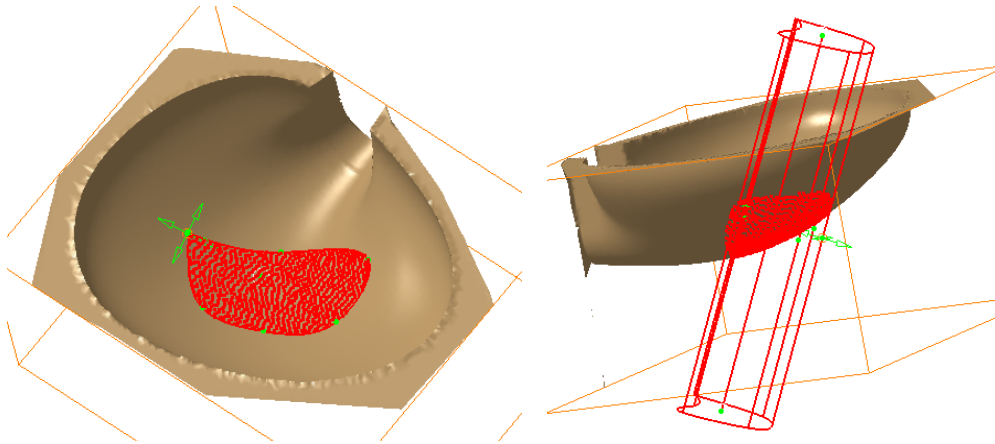
- a) **Rectangular:** arrastre el ratón sobre la porción que desea seleccionar. Aparecerá un rectángulo y los puntos o los triángulos seleccionados aparecen en rojo.



- b) **Polygonal (Poligonal):** dibuje la trampa poligonal deseada sobre la nube de puntos o malla. Haga doble clic para cerrar la trampa poligonal. Los puntos o triángulos dentro de la trampa se destacan en rojo.

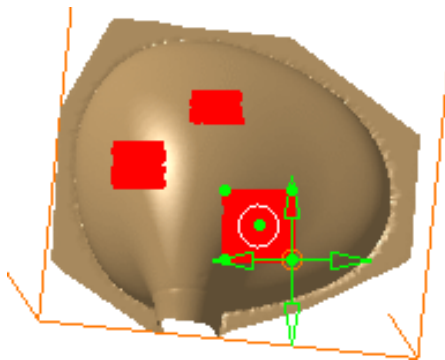


- c) **Spline:** trace una curva spline sobre la nube de puntos o malla. Haga doble clic para cerrar la trampa formada por la línea curva. Los puntos o triángulos dentro de la trampa se destacan en rojo.



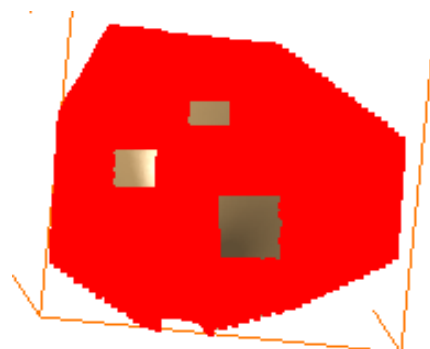
En todos estos casos, se puede modificar la trampa utilizando los manipuladores verdes o utilizando la acción *Undo* (deshacer) siempre y cuando no se haya hecho ya el doble clic de validación de la trampa.

Además se puede dibujar una sola trampa o varias trampas:



En este caso, hay que hacer clic en *Validate Trap* después de dibujar cada trampa para confirmar dicha trampa y poder comenzar a realizar la siguiente trampa.

Si se dibuja una trampa, se valida dicha trampa a través de *Validate Trap* y a continuación se hace clic en *Swap*, CATIA ahora seleccionará el complemento de la selección original, es decir, invierte la selección que se había realizado inicialmente, dejando dichos puntos sin seleccionar y seleccionando los que en un principio no estaban seleccionados:



④ *Level (Nivel)*:

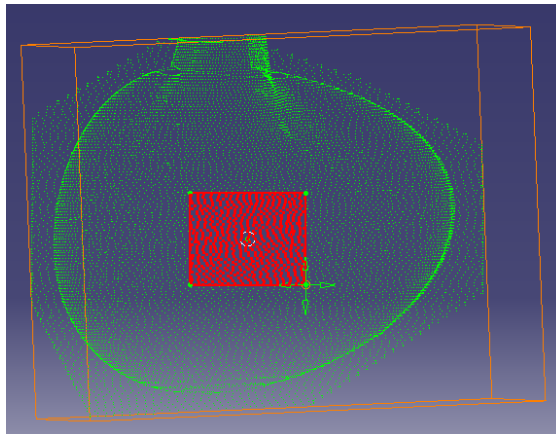
Formado por cinco opciones, todas ellas sólo disponibles si en *Mode* se ha seleccionado *Pick*. Las cinco opciones, que ya han sido comentadas anteriormente, son:

- a) Puntos
- b) Triángulos
- c) Escaneos/rejillas
- d) Celdas
- e) Nubes

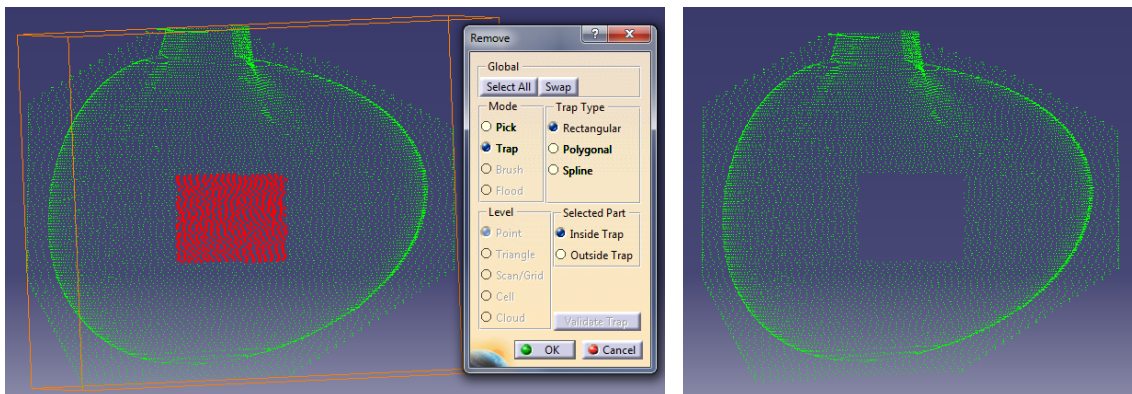
⑤ *Selected Part (Parte seleccionada)*

Puede ser:

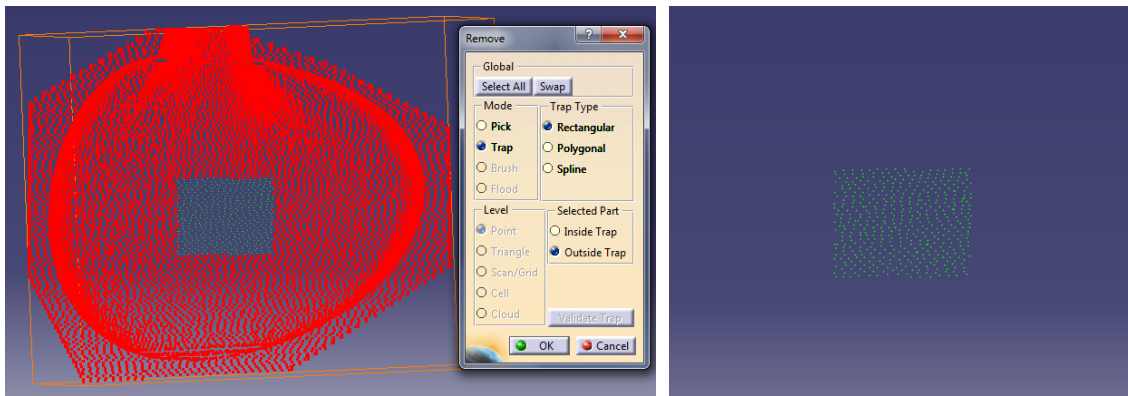
- a) *Inside Trap*, para indicar que lo que interesa en dicho caso es la parte interior de la trampa.
- b) *Outside Trap*, con el objetivo de quedarse con la parte exterior de la trampa, es decir, con la parte que no es seleccionada por la trampa.



- Inside Trap:



- Outside Trap:



### ⑥ *Validate Trap* (Validar la trampa)

Se pueden crear todas las áreas o trampas que se deseen haciendo clic en *Validate Trap* después de cada trampa dibujada. Posteriormente pulse *OK* para confirmar y salir de la acción.

Los puntos eliminados no se pueden recuperar. *Select All* y *Swap* cumplen su función solo en el momento en que todavía no se ha confirmado la eliminación. Una vez que se ha confirmado pulsando *OK*, dichas opciones ya no se pueden usar para recuperar los puntos eliminados.

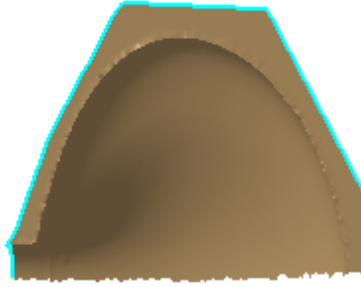
2. Elija un modo de selección de los explicados anteriormente para seleccionar la porción de la nube a eliminar y haga clic en *Validate Trap* para validar la trampa. A continuación haga clic en *OK* para confirmar y salir de la acción.

### 3.5.2. Activación de una porción de la nube de puntos (*Activate*)

Se puede definir un conjunto activo de puntos de una nube de puntos mediante el uso de la herramienta *Activate*. Esta tarea muestra cómo seleccionar una parte de una nube de puntos o de una malla con el fin de crear un área de trabajo. Se puede hacer de diferentes maneras:

- Escogiendo directamente elementos de la nube (puntos, escaneos, rejillas, celdas, nubes).
- Definiendo una porción de la nube o de la malla con un recuadro 2D o 3D.
- Desplazando el cursor sobre una porción de una malla.

Los bordes libres mostrados son completamente de la malla: si sólo se activa una porción de una malla, no se mostrarán los bordes libres de esa porción.




Aunque los cuadros de diálogo parecen similares, el modo de funcionamiento de *Activate* y *Remove* tiene algunas diferencias. Los elementos eliminados (*Remove*) no se pueden recuperar, mientras que en *Activate* a pesar de que ya se haya validado un área de trabajo específico de una nube/malla, se puede volver a usar la herramienta *Activate*:

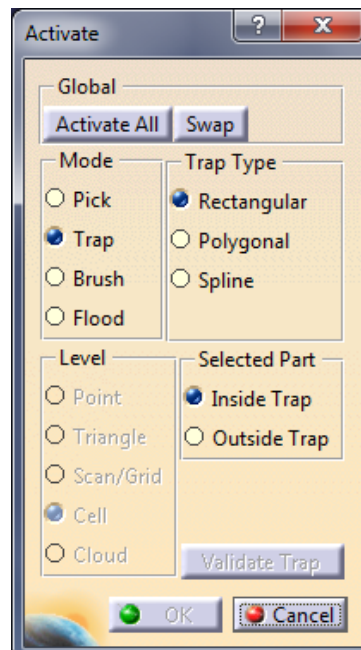
- Haciendo clic en *Activate All* se puede recuperar la nube/malla entera.
- Haciendo clic en *Swap* se recupera el área contrario al que se había definido como área de trabajo.

Es decir, la principal diferencia es que *Select All* y *Swap* para el comando *Remove* se aplican solo al inicio de la acción de *Remove*. Una vez que se ha validado la acción no pueden utilizarse para recuperar los elementos eliminados, mientras que en el comando *Activate* sí es posible utilizar *Active All* y *Swap* después de que se ha validado la acción.

Otra diferencia fundamental respecto al comando *Remove* es que en el comando *Remove* con que un vértice de un triángulo estuviese seleccionado ya se selecciona el triángulo entero. Sin embargo, en *Activate* tiene que estar todo el triángulo entero dentro de la trampa para que quede seleccionado, no vale con que sólo esté seleccionado un vértice. Como consecuencia, cuando pulse *Swap*, los triángulos mostrados no serán el complemento exacto de la selección anterior.

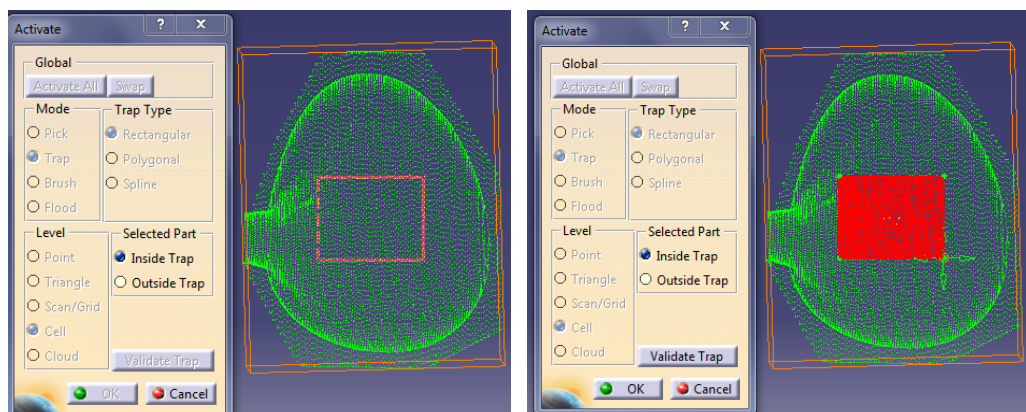
Abra el modelo [Cloud.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras.

1. Haga clic en el comando *Activate*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Edition* y seleccione una nube. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:

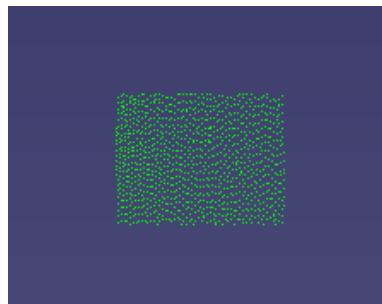


2. El proceso de selección de los puntos en el comando *Activate* es exactamente igual que en el comando *Remove* descrito anteriormente.

Sobre la nube de puntos o sobre la malla se seleccionan los puntos que se quiere que formen el área de trabajo, por ejemplo con un rectángulo:




3. Haga clic en *Validate Trap* para confirmar la trampa y a continuación en *OK* y ya se tiene el área de trabajo definida con el rectángulo:

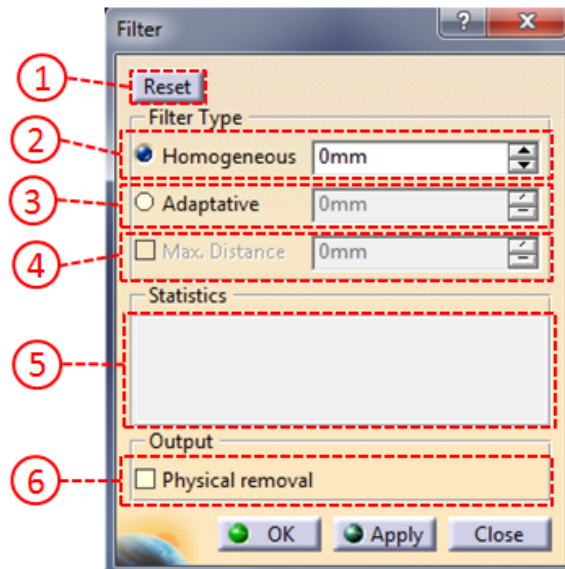




### 3.5.3. Filtrado de puntos (*Filter*)

El filtrado de una nube de puntos hace que su manipulación sea más fácil.

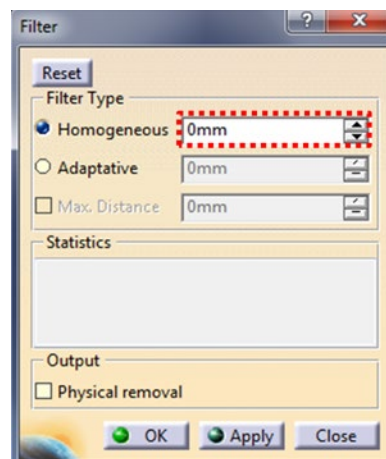
El comando *Filter*  pertenece a la barra de herramientas *Cloud Edition* y su cuadro de diálogo se muestra a continuación:



① *Reset*: permite recuperar los puntos filtrados, es decir, puntos ocultos en la presente acción de filtrado o en acciones de filtrado anteriores, siempre y cuando no esté seleccionada la casilla *Physical removal*. Si dicha casilla está activada, los puntos filtrados no se podrán recuperar.

② *Homogeneous filtering*:

En este apartado se muestra cómo filtrar una nube de puntos de forma homogénea. Cuando se selecciona el tipo de filtrado *Homogeneous* (Homogéneo) inmediatamente aparece una esfera. El radio de dicha esfera se puede modificar en el cuadro de diálogo:






Modificando dicho radio lo que se hace es modificar la dimensión de la esfera en la pantalla y el porcentaje de filtrado:

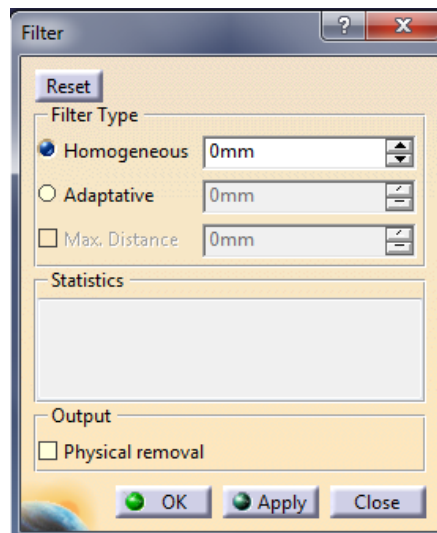
- La esfera pasa sobre la nube de puntos a partir del primer punto conocido.
- Todos los puntos que están dentro de la esfera se ocultan.
- La esfera pasa al siguiente punto restante y elimina los puntos que contiene, y así sucesivamente.

Es aconsejable consultar el comando *Protect* para proteger las líneas características.

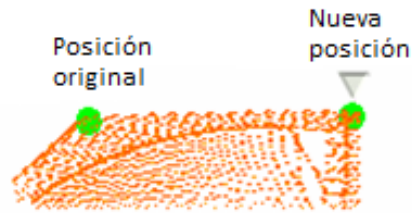
- Los puntos serán ocultados, no eliminados, a no ser que esté activada la opción *Physical removal*. Si está activada dicha opción, los puntos eliminados no se podrán recuperar.
- Dentro de una acción de filtrado, *Undo* (Deshacer) cancela la última acción de filtrado realizada.
- Saliendo de la acción pulsando *Close* restaura la nube de puntos como lo era antes de iniciar la acción de filtrado.
- No es posible filtrar una malla (*mesh*).
- Cuando se filtran escaneos o rejillas, en realidad se filtran puntos: los puntos filtrados están ocultos y los nuevos escaneos o rejillas se crean.
- Para evitar problemas de memoria, es preferible no escoger un valor de radio demasiado bajo.
- El radio de la esfera no debe ser menor que el paso de la digitalización.

Por ejemplo, abra el fichero [Cloud1.CATPart](#) que se encuentra en el directorio de muestras (directorio "samples"):

1. Haga clic sobre el icono del comando *Filter*  de la barra de herramientas *Cloud Edition* y seleccione la nube de puntos.
2. A continuación aparece el cuadro de diálogo del comando *Filter*:



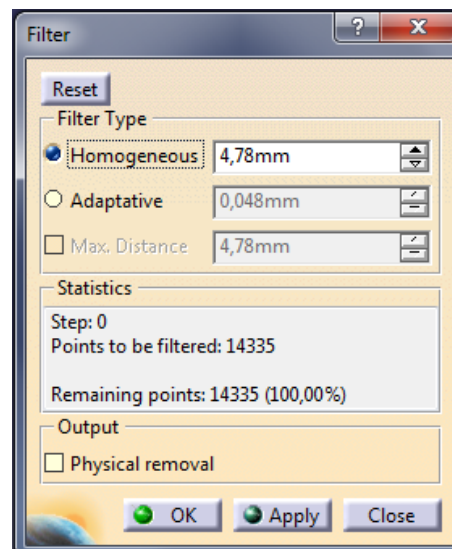
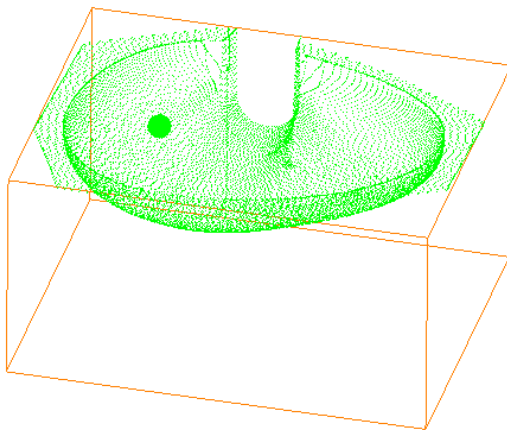
3. Seleccione el filtrado *Homogeneous*. Al hacer clic sobre la nube de puntos se visualiza una esfera de color verde. Se puede cambiar la posición de la esfera mediante un simple clic del ratón.



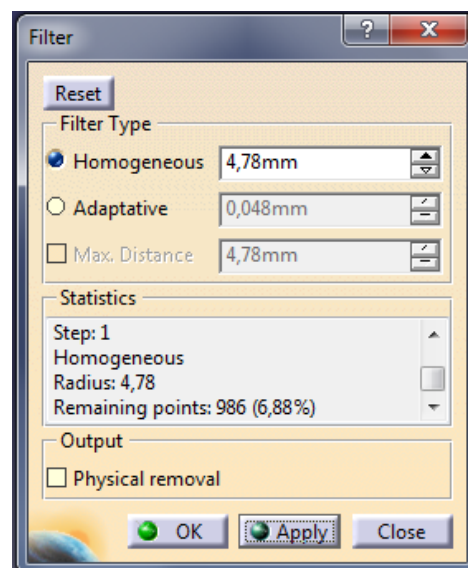
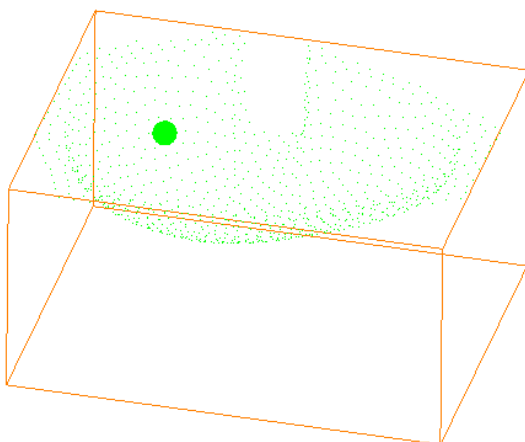
El valor del radio de la esfera se muestra en la unidad actual. Se puede escribir el valor en otra unidad, pero dicho valor será recalculado y se visualizará en la unidad actual.

4. Cada vez que se haga clic en *Apply*, el cálculo se reinicia en toda la nube de puntos. Además la visualización de la nube de puntos y las estadísticas se actualizan.

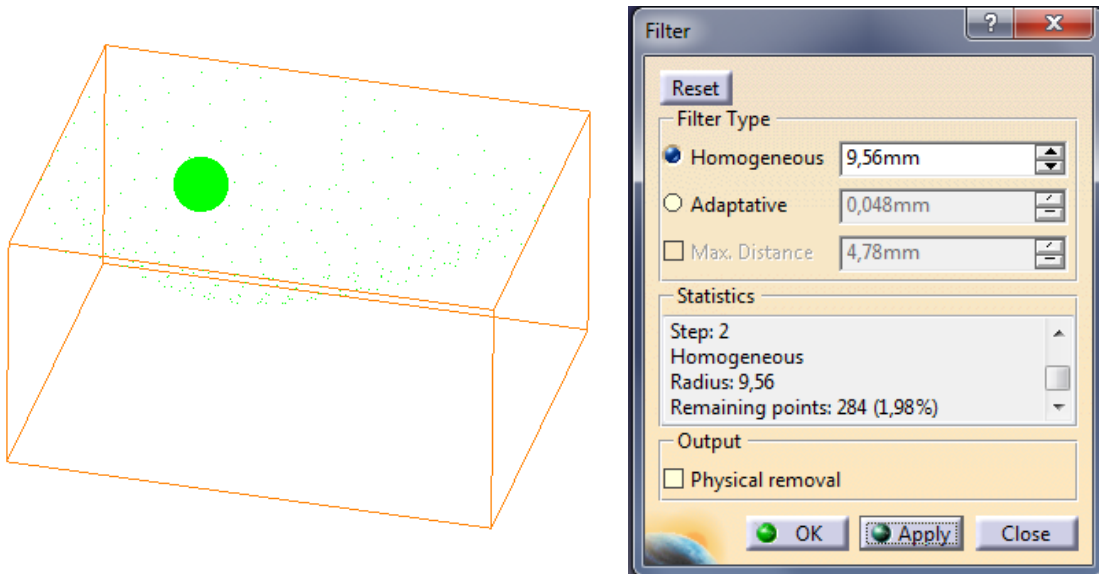
- Step 0 (Paso 0):



- Step 1 (Paso 1):



- Step 2 (Paso 2):




5. Seleccione la opción *Physical removal* si desea eliminar los puntos filtrados para conseguir optimizar los requisitos de memoria.
6. Haga clic en *Reset* si lo que quiere es recuperar los puntos filtrados, es decir, puntos ocultos en la presente acción de filtrado o en acciones de filtrado anteriores, siempre y cuando no esté seleccionada la casilla *Physical removal*. Si dicha casilla está activada, los puntos filtrados no se podrán recuperar.
7. Una vez que usted esté satisfecho con el resultado, haga clic en *OK* para confirmar el filtrado y salir de la acción.

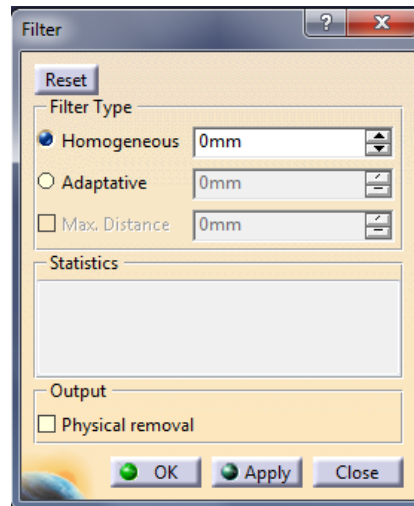
### ③ *Adaptative Filtering*:

Este tipo de filtrado se basa en ocultar puntos sobre elementos planos. Este filtrado oculta más puntos de las zonas planas que de otras áreas. De esta manera se pueden resaltar las áreas curvadas.

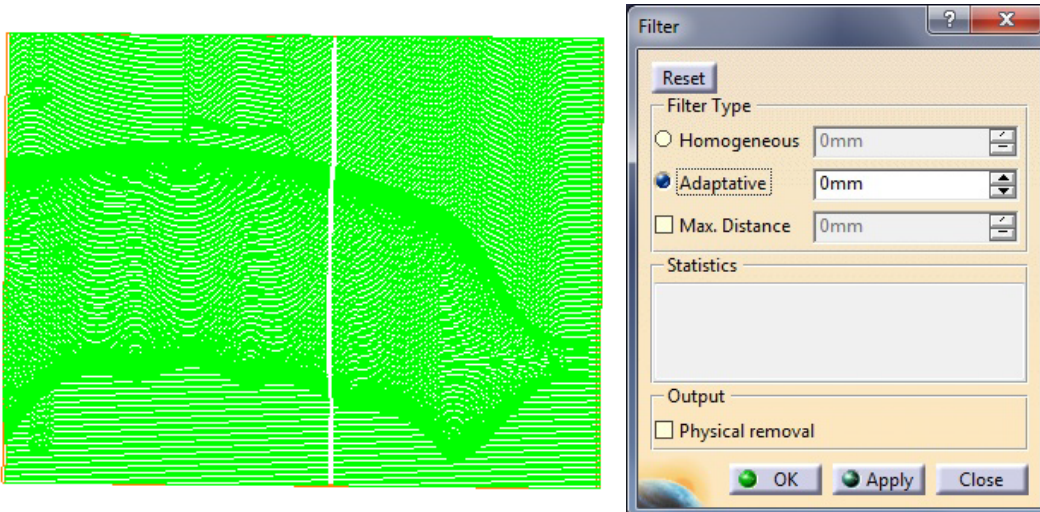
El modo de funcionamiento de *Adaptative Filtering* es similar al de *Homogeneous Filtering*.

Por ejemplo, abra el fichero [Adaptative1.CATPart](#) que se encuentra en el directorio de muestras (directorio "samples"):

1. Haga clic sobre el icono del comando *Filter*  de la barra de herramientas *Cloud Edition* y seleccione la nube de puntos.
2. A continuación aparece el cuadro de diálogo del comando *Filter*:

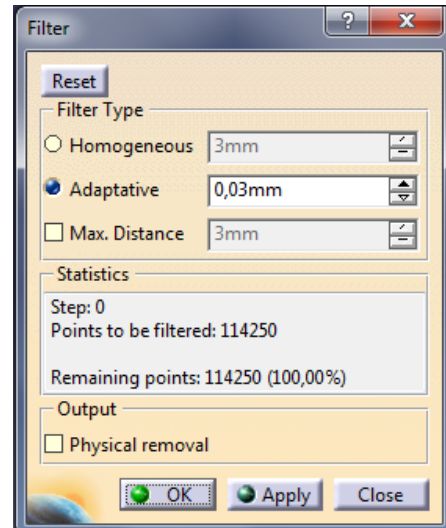
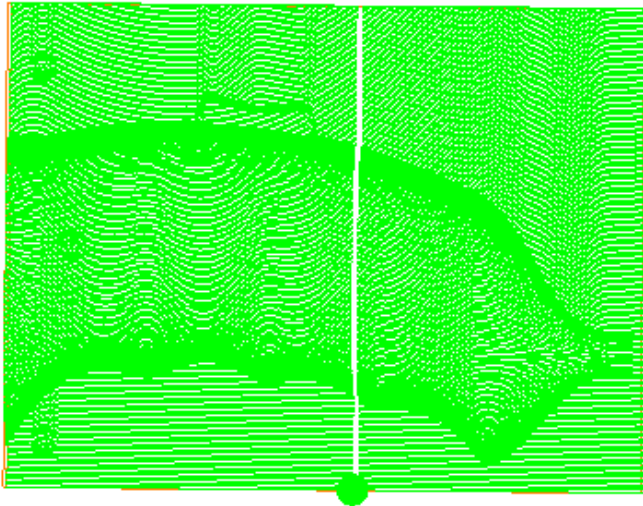


3. Seleccione el tipo de filtrado *Adaptative*. El valor de dicho campo representa la desviación cordal local.

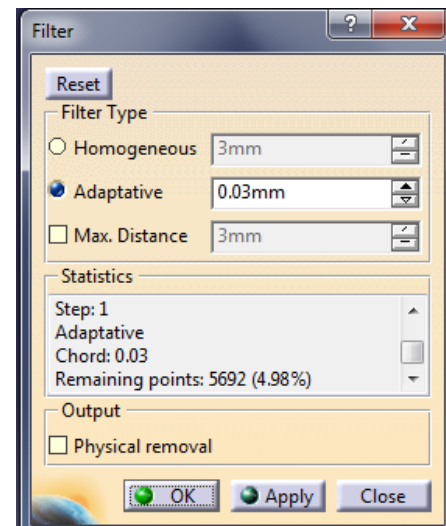
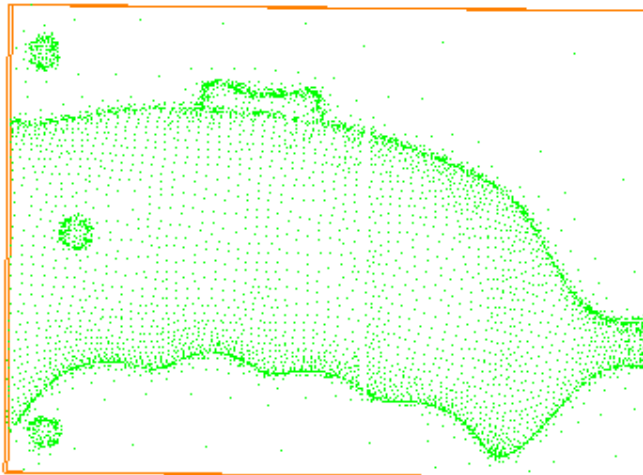


4. Cada vez que haga clic en *Apply*, el cálculo se reinicia en toda la nube de puntos. Además la visualización de la nube de puntos y las estadísticas se actualizan.

- Step 0 (Paso 0):

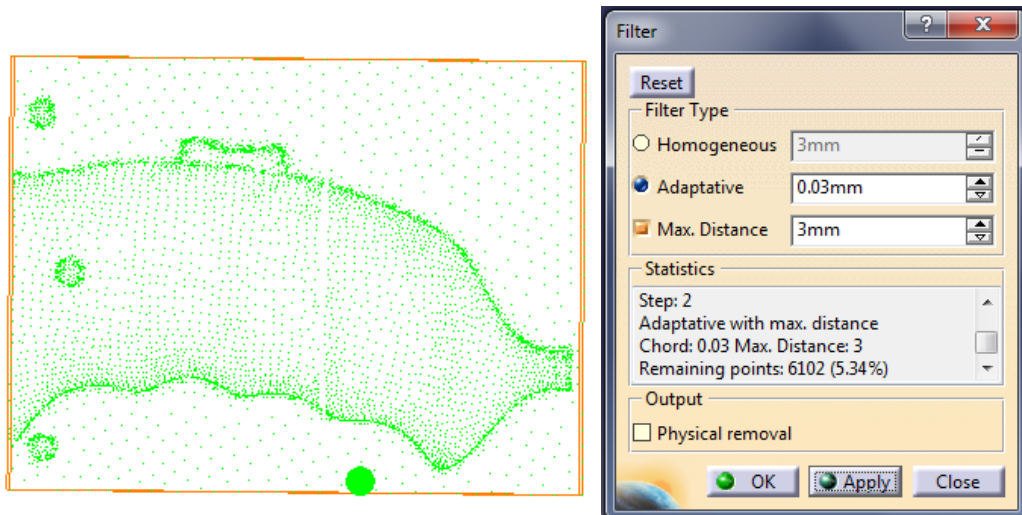


- Step 1 (Paso 1):



Se puede observar que no se han respetado los bordes libres. Esto puede conducir a resultados erróneos en operaciones posteriores, como mallados de puntos. Para evitar este problema, se aconseja activar la opción *Max. Distance* dejando dicho valor en 3 mm. Esto asegurará que se mantenga una distancia máxima de 3 mm entre los puntos restantes, preservando así la forma de la pieza.

- Step 2 (Paso 2):

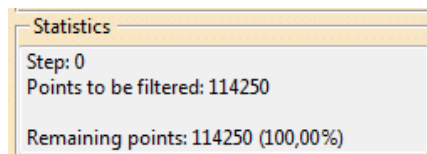


5. Seleccione la opción *Physical removal* si desea eliminar los puntos filtrados para conseguir optimizar los requisitos de memoria.
6. Haga clic en *Reset* si lo que quiere es recuperar los puntos filtrados, es decir, puntos ocultos en la presente acción de filtrado o en acciones de filtrado anteriores, siempre y cuando no esté seleccionada la casilla *Physical removal*. Si dicha casilla está activada, los puntos filtrados no se podrán recuperar.
7. Una vez que usted esté satisfecho con el resultado, haga clic en *OK* para confirmar el filtrado y salir de la acción.

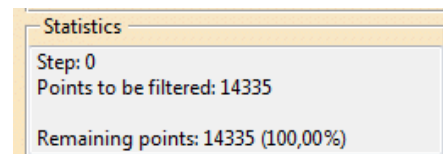
④ *Max. Distance*: permite asegurar que los puntos se mantendrán a la distancia máxima que se indique en este criterio.

⑤ *Statistics*: En dicho recuadro se muestran las estadísticas:

- Antes de realizar cualquier aplicación de filtrado, se muestra el número de puntos a ser procesados.

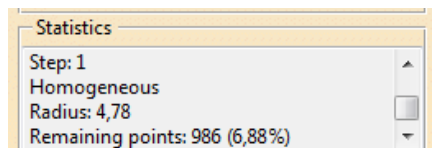
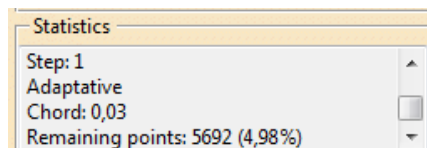


Ejemplo de *Adaptative filtering*



Ejemplo de *Homogeneous filtering*

- Tras una acción de filtrado, se muestra el número y el porcentaje de puntos restantes.



⑥ *Physical removal*: Como ya se ha comentado anteriormente, si dicha opción está activada se eliminarán todos los puntos filtrados y no habrá posibilidad de recuperarlos.

### 3.5.4. Protección de líneas características (*Protect*)


Este comando muestra cómo proteger líneas características, celdas y puntos, de las operaciones de filtrado y eliminación, es decir, muestra qué hacer si se quiere que ciertos puntos, celdas o líneas características no sean filtrados o eliminados.

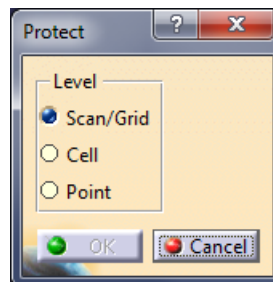
Por ejemplo, cuando se trabaja en una nube de puntos puede ser útil bloquear algunos puntos de ellos para protegerlos de cualquier proceso, como el filtrado o suavizado.

Un guión estándar puede ser:

- Importación de una nube de puntos.
- Importación o creación de líneas características (por ejemplo, escaneos).
- Unión de la nube de puntos y los escaneos.
- Filtrado de la nube de unión. En esta etapa, es interesante mantener las líneas características intactas, porque son más pertinentes que otros puntos de la nube, y porque producirán los bordes afilados de una mejor calidad en la etapa de creación de la malla.
- Mallado de la nube de unión.

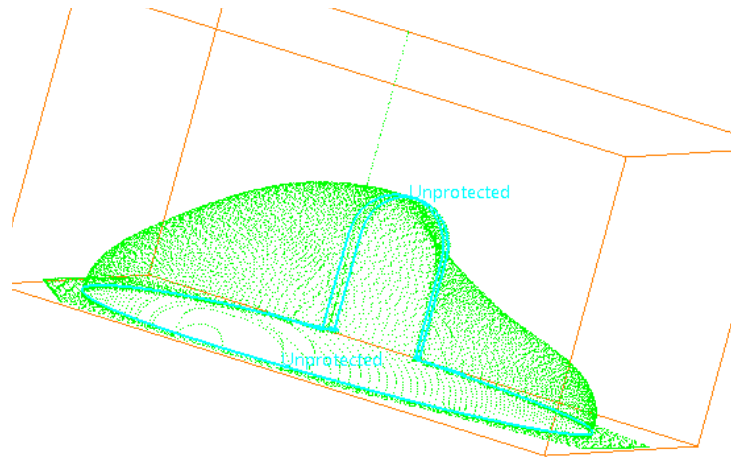
Por ejemplo, abra el fichero [Protect1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples"):

1. Haga clic sobre el icono del comando *Protect*  de la barra de herramientas *Cloud Edition* y seleccione la nube de puntos.
2. Aparecerá el cuadro de diálogo del comando *Protect*:

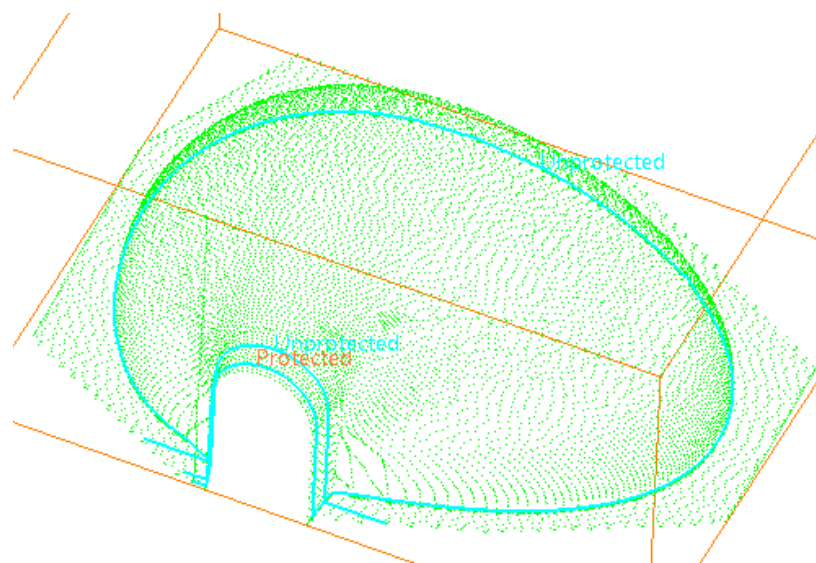
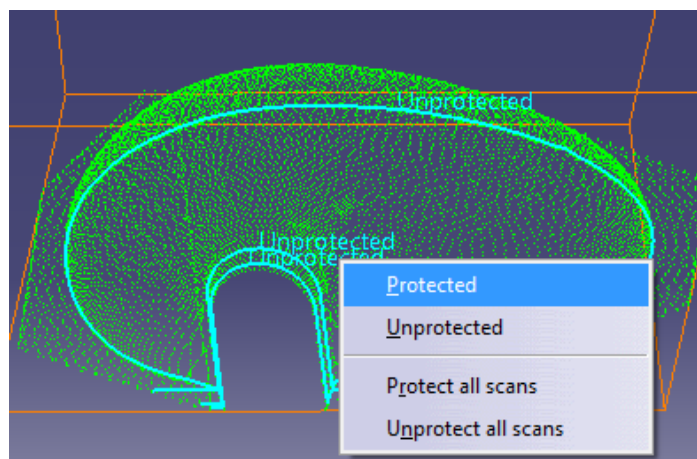


Se reconocen las líneas características. Por defecto vienen etiquetadas como *Unprotected* (Desprotegidas).



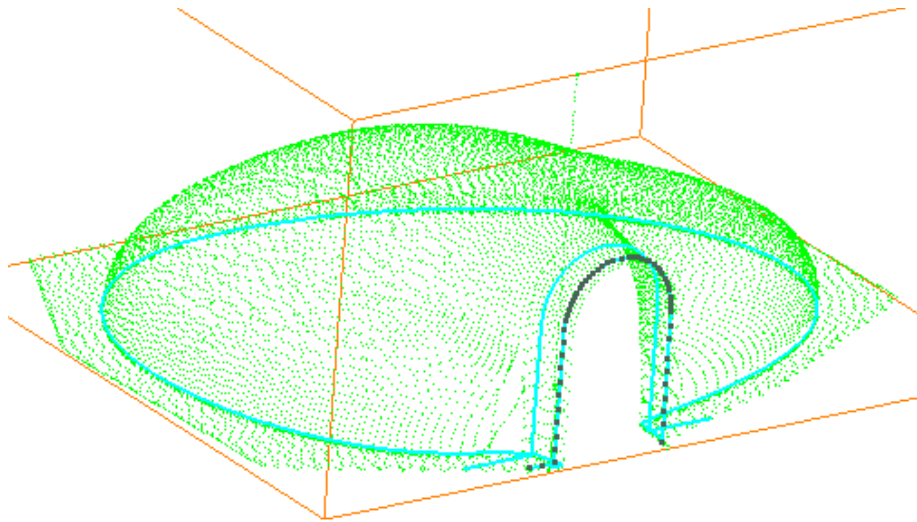


3. Seleccione el tipo de entidad con la que desea trabajar: Escaneos/rejillas, celdas o puntos.
4. Haga clic con el botón derecho del ratón sobre la etiqueta *Unprotected* de cada elemento y cambie su estado si lo desea.





5. Haga clic en *OK* para confirmar su elección y salir de la acción de protección, o a *Cancel* para volver al estado inicial y salir de la acción.
6. Cuando posteriormente use los comandos *Remove* o *Filter*, los elementos protegidos se muestran con un color diferente, con menor intensidad de color, indicando que no pueden ser filtrados ni eliminados y por lo tanto no serán tenidos en cuenta por dichos comandos.



## 3.6. Cloud Reposit

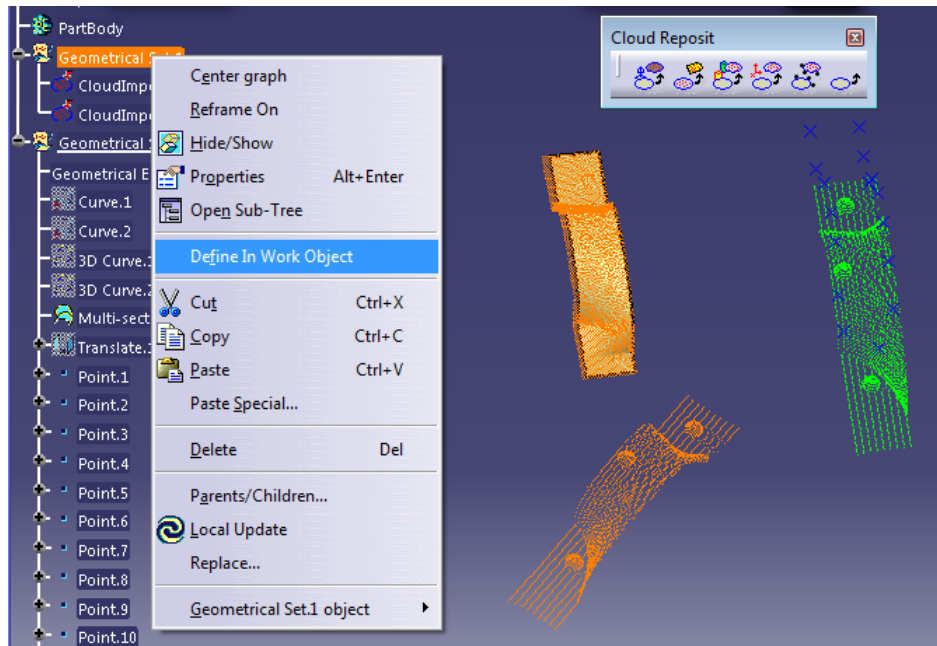
### 3.6.1. Alineación usando el compás (*Aligning using the Compass*)


Este comando sirve para alinear nubes de puntos a través del compás. Este método de alineación ofrece:

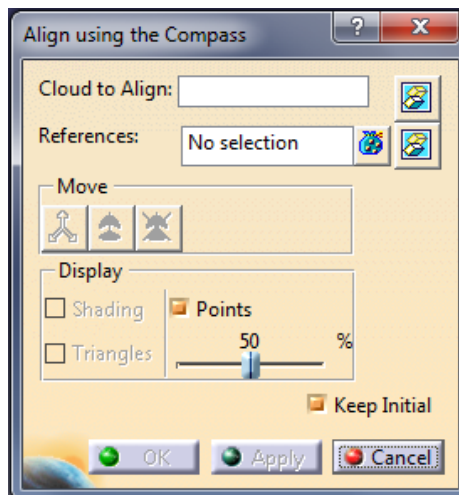
- Una alineación manual utilizando el compás.
- Un mejor control del movimiento inicial cuando se alinean los ejes de inercia.

Por ejemplo, abra el modelo [Reposition1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples"):

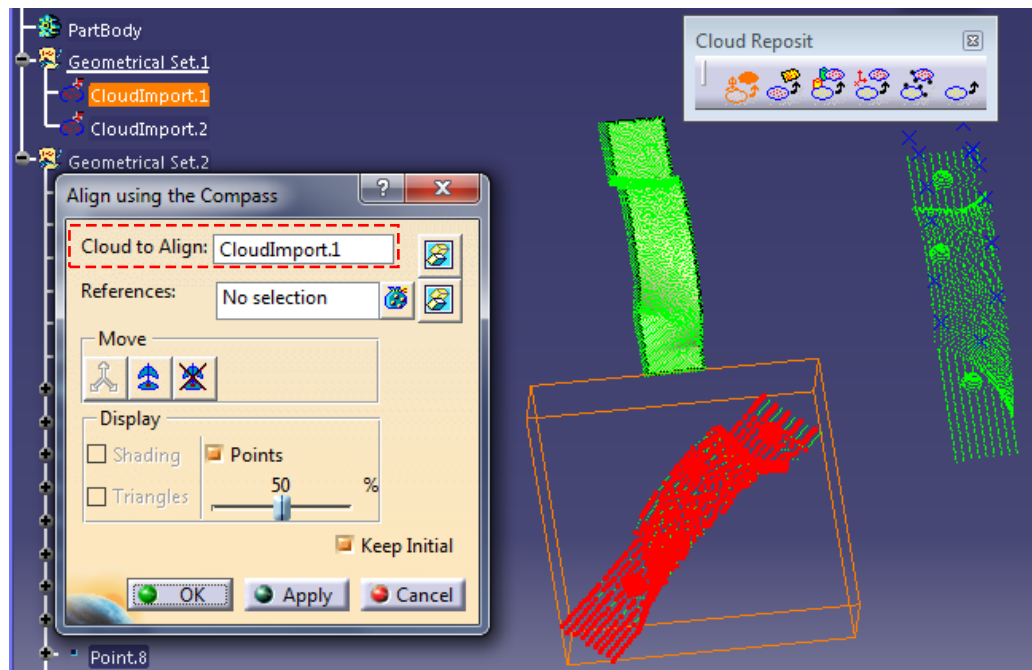
1. Seleccione el *Geometrical Set* en el que desea crear la nube de salida y seleccione en el menú contextual del botón derecho del ratón *Define In Work Object*.



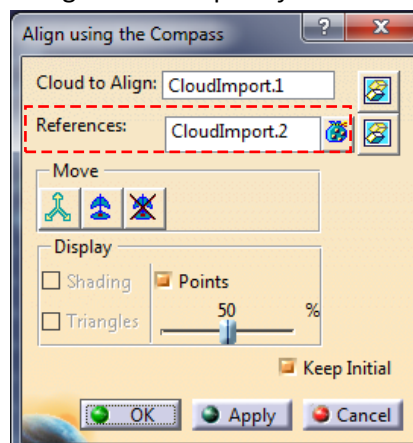
2. Haga clic en el comando *Align using the Compass*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Reposit*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



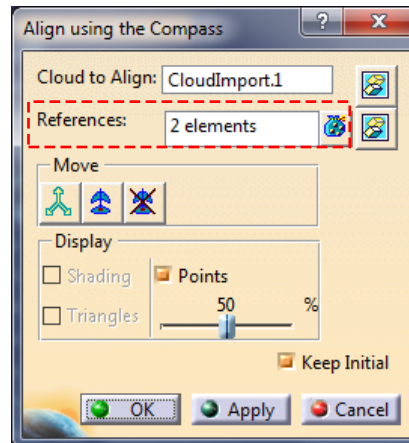
3. Seleccione una nube a alinear (en este caso se ha seleccionado *CloudImport.1*). Dicha nube se destaca en color rojo y además su nombre se muestra en el cuadro de diálogo dentro del campo *Cloud to Align*.



4. Seleccione las referencias (*References*). En este caso se ha seleccionado *CloudImport.2*.
- Se puede realizar una selección múltiple mediante la tecla *Ctrl*.
  - Cuando un elemento es seleccionado como una referencia, su nombre aparece dentro del cuadro de diálogo en el campo *References*.



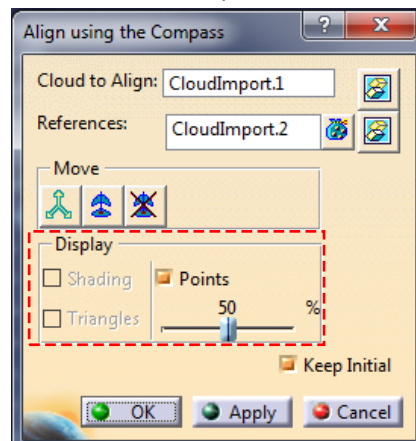
- Cuando son varios los elementos que se seleccionan como referencias, en el cuadro de diálogo dentro del campo *References* aparece el número de elementos seleccionados, pero no sus nombres.



- Las referencias pueden ser o bien un conjunto de nubes de puntos y/o superficies, o un conjunto de puntos (no se permite mezclar puntos con nubes de puntos o superficies).
- Seleccionando las referencias comienza el cálculo de una transformación basada en los ejes de inercia.
- Si hace clic en *OK* sin seleccionar referencias, esta transformación no es calculada, por lo tanto no estará disponible.

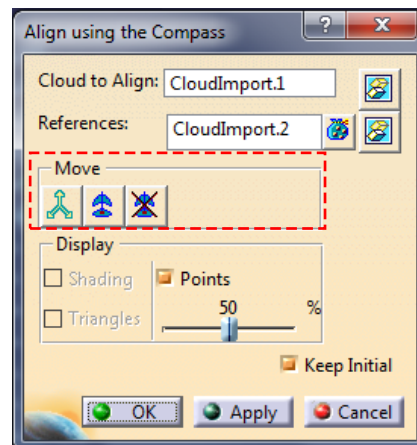
Haga clic sobre el icono del comando *Hide/Show*  si desea ocultar la nube a alinear y/o las referencias.


5. Para una mejor representación, los siguientes modos de visualización están disponibles (seleccione la casilla que desee en cada caso):

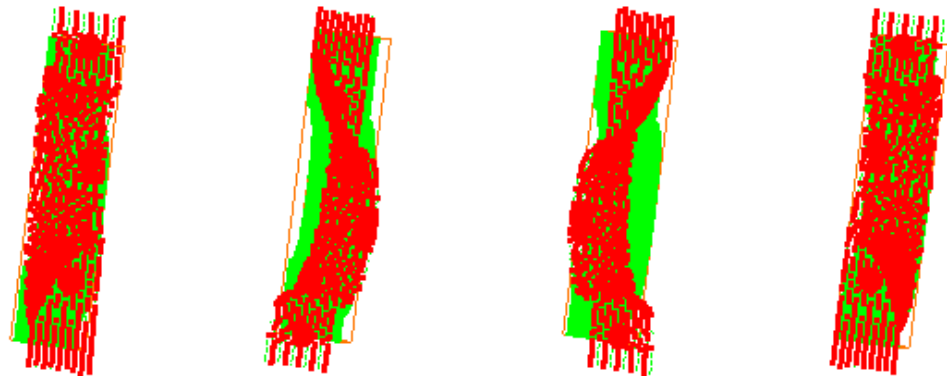



- *Shading* o *Triangles* para mallas.
- *Points* para nubes de puntos. Utilice el control deslizante para seleccionar el porcentaje de puntos que se quiere que sean mostrados.

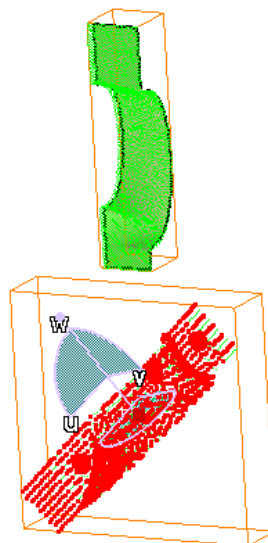
6. Los iconos *Move* están ahora disponibles:



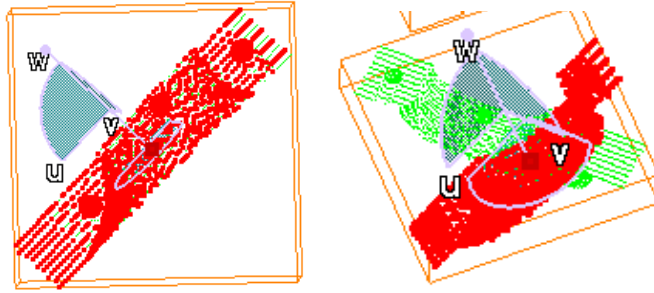
- 
 Icono que sólo está activo si ha seleccionado referencias. Ofrece una alineación de ejes de inercia. Hay 4 posibles soluciones. Haga clic en dicho icono repetidamente para visualizar las 4 posibles soluciones sucesivamente.



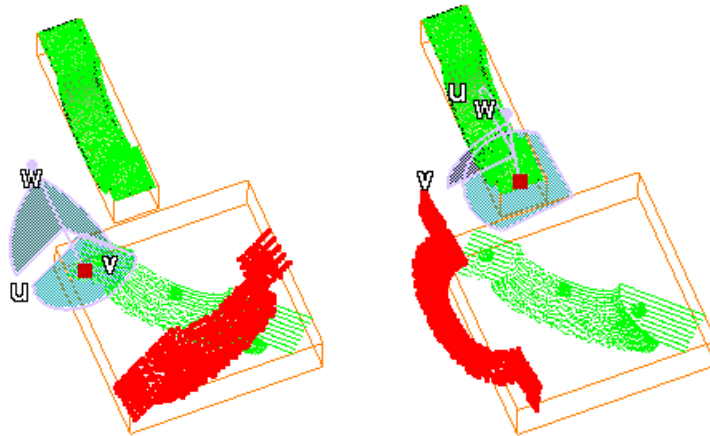
- 
 Este icono coloca el compás en el centro de gravedad de la nube a alinear. Mueva el compás para colocar la nube como desee.




En este modo, por defecto, se mueve la nube con el centro de gravedad de la nube como origen.

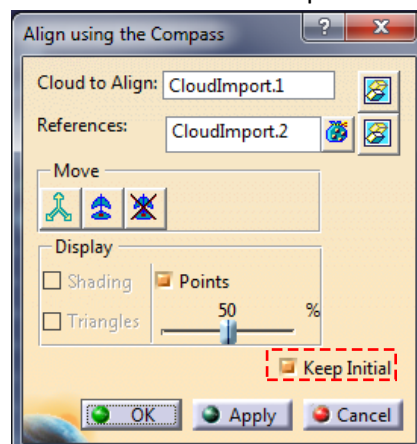


Sin embargo, es posible que desee tomar otro punto como el origen del movimiento, por ejemplo, para realizar una rotación. Para ello, arrastre el compás mientras pulsa la tecla *Shift* hasta el punto que desea tomar como origen. A continuación, realice el movimiento que desee.



-  Permite revertir el último movimiento antes de hacer clic en *Apply* para validar.

7. La casilla *Keep Initial* viene seleccionada por defecto por CATIA:



- La nube a alinear inicial se mantiene como tal.

- Se hace una copia de la nube a alinear inicial y aparece en el árbol de especificaciones.
- Esta copia es alineada con las referencias.

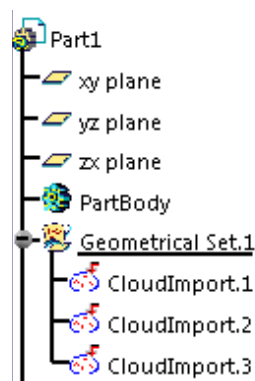
Desactive la casilla *Keep Initial* si no desea realizar una copia de la nube a alinear inicial, por ejemplo, debido a su tamaño. La nube a alinear inicial se alineará ella misma con las referencias.

Para evitar incoherencias, no se puede desactivar la casilla *Keep Initial* en los dos casos siguientes:

- Cuando la geometría de la nube a alinear es compartida por otros elementos de la nube, por ejemplo, cuando la nube a alinear comparte puntos o vértices con otra nube sin ninguna relación padre-hijo entre ellas. Desactivando la casilla *Keep Initial* se movería la otra nube junto con la nube a alinear, lo cual no se quiere que ocurra.
  - Cuando la nube a alinear es un elemento, por ejemplo, un elemento de transformación GSD.
8. Valide el movimiento de alineación haciendo clic en *Apply*. A continuación, puede iniciar otro movimiento si es necesario, o validar la alineación haciendo clic en *OK* y saliendo del cuadro de diálogo.
  9. Una vez que esté satisfecho con la alineación realizada, haga clic en *OK* para validar y salir de la acción.

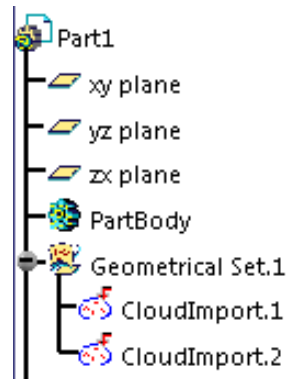
Si la casilla *Keep Initial* está seleccionada:

- Una nueva nube, de hecho la copia de la nube a alinear inicial (*CloudImport.3* en este ejemplo), se crea en el árbol de especificaciones, y se alinea con las referencias.
- La nueva nube tiene las mismas propiedades gráficas que la nube a alinear inicial.



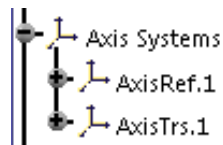
Si la opción *Keep Initial* no está seleccionada:

- La nube a alinear es alineada con las referencias y ninguna nube nueva es creada en el árbol de especificaciones.



En ambos casos, un sistema de ejes es creado con:

- AxisRef.x (sistema de ejes calculado en la nube a alinear).
- AxisTrs.x (sistema de ejes creado en la nube de salida).



Estos sistemas de ejes se pueden utilizar con el comando *Axis to Axis* para alinear otros elementos. El comando *Align with previous transformation* también está disponible.

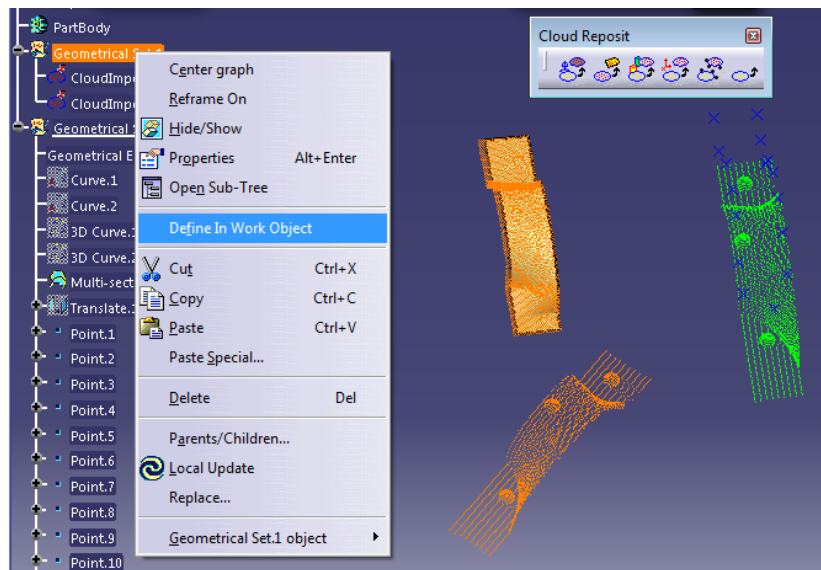
### 3.6.2. Alinear con el mejor ajuste (*Align by Best Fit*)

Este comando muestra cómo alinear una nube de puntos con elementos de referencia, que pueden ser un conjunto de nubes o mallas, superficies o un conjunto de puntos. Se aconseja realizar una primera alineación con el compás (*Align using the Compass*) antes de realizar una alineación mediante el comando *Align by Best Fit*.

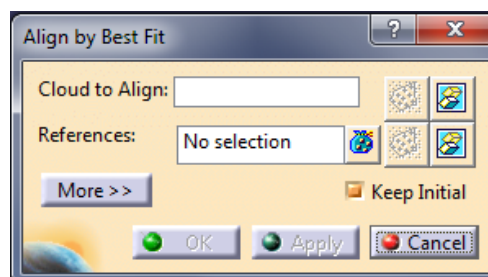
Abra el modelo [Reposition1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples"):

1. Seleccione el *Geometrical Set* en el que desea crear la nube de salida y seleccione en el menú contextual del botón derecho del ratón *Define In Work Object*.

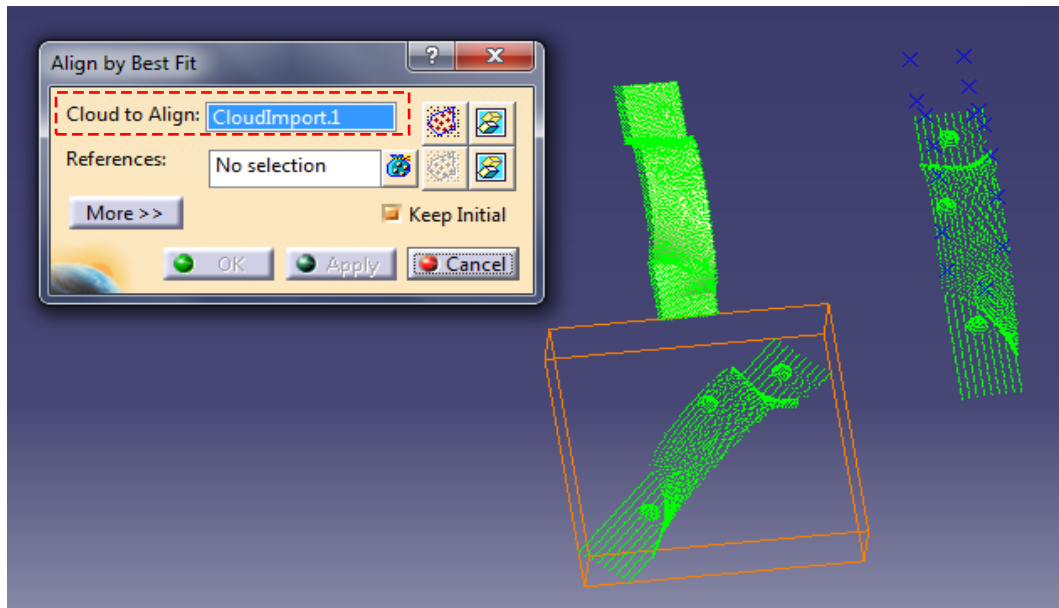




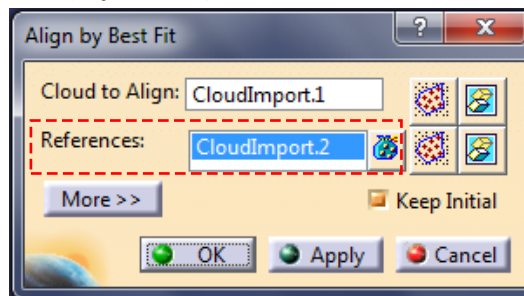
- Haga clic en el comando *Align by Best Fit*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Reposit*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:




- Seleccione una nube a alinear (en este caso se ha seleccionado *CloudImport.1*). Dicha nube se destaca en la geometría 3D y además su nombre se muestra en el cuadro de diálogo dentro del campo *Cloud to Align*. Puede seleccionarse tanto una nube de puntos como una malla.

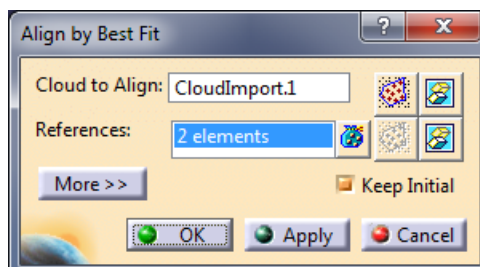


4. Seleccione las referencias (*References*). En este caso se ha seleccionado *CloudImport.2*.

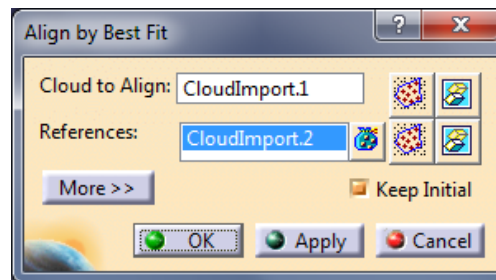


Las referencias pueden ser:

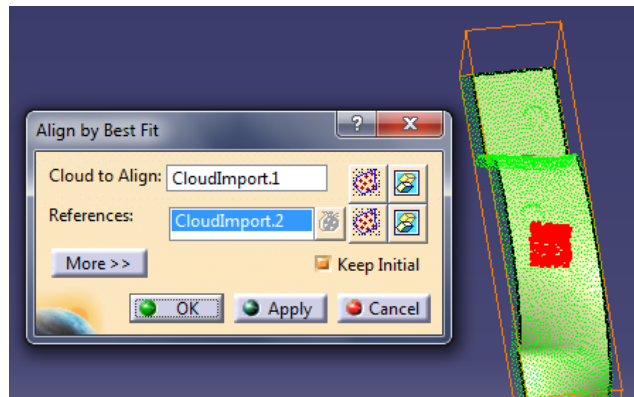
- Un conjunto mixto de nubes de puntos, mallas o superficies.
  - Se permite la selección múltiple , pero en dicho caso no se permite la opción *Activate* en las referencias.




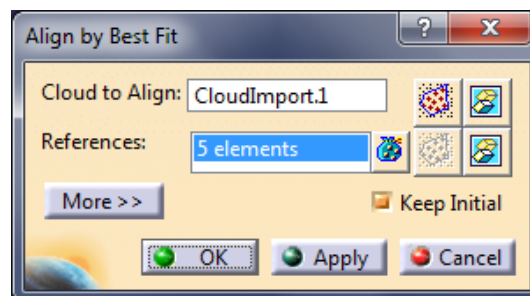
- Si el conjunto contiene sólo una nube de puntos o una malla, el menú contextual *Activate* está disponible.



Tenga en cuenta que la selección múltiple no se permite una vez que haya seleccionado áreas en la referencia mediante *Activate*.



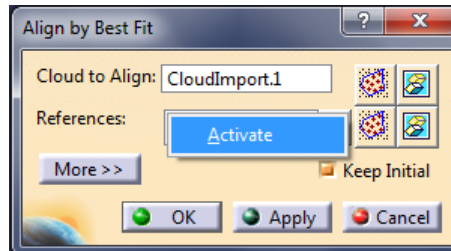
- O un conjunto de puntos.
  - Se permite la selección múltiple .
  - *Activate* no está disponible ya que no es relevante.



No se pueden mezclar los tipos de referencias, por ejemplo seleccionar un conjunto mixto de nubes de puntos, mallas o superficies y un conjunto de puntos. El tipo del primer elemento seleccionado define el tipo de las referencias (*References*).

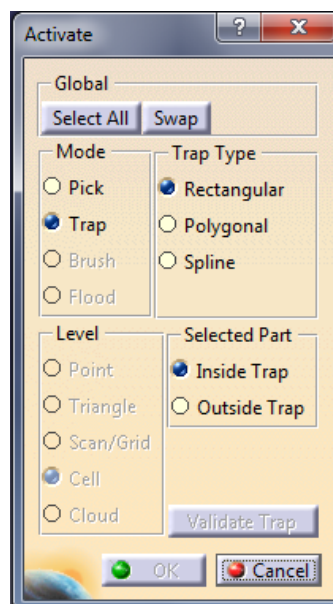
De forma predeterminada, la alineación se calcula sobre toda la nube a alinear (*Cloud to Align*) y sobre todas las referencias (*References*). Sin embargo, en algunos casos (por ejemplo cuando la nube a alinear y las referencias tienen la misma forma global excepto en algunas partes), el cálculo de la alineación de la nube entera puede conducir a resultados inesperados, mientras que el cálculo de la alineación de las áreas que son idénticas conducirá a un mejor resultado. Para hacer esto, bien:

- Haga clic con el botón derecho del ratón sobre el campo *Cloud to Align* o sobre el campo *References* y pulse *Activate* en el menú contextual.




- O haga clic sobre el icono de *Activate* , situado a la derecha tanto del campo *Cloud to Align* como del campo *References*, dentro cuadro de diálogo.

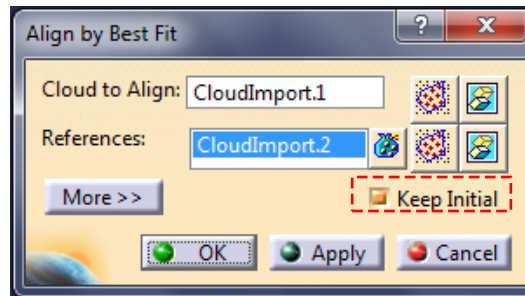
Inmediatamente aparecerá el cuadro de diálogo del comando *Activate*:



El modo de funcionamiento es el explicado en el apartado correspondiente a dicho comando, pero con menos opciones. Haga clic en *OK* dentro del cuadro de diálogo de *Activate* para validar las áreas seleccionadas y volver al cuadro de diálogo de *Align by Best Fit*.

Haga clic sobre el icono del comando *Hide/Show* , situado a la derecha tanto del campo *Cloud to Align* como del campo *References*, si desea ocultar la nube a alinear (*Cloud to Align*) y/o las referencias (*References*).

5. La casilla *Keep Initial* viene seleccionada por defecto por CATIA:



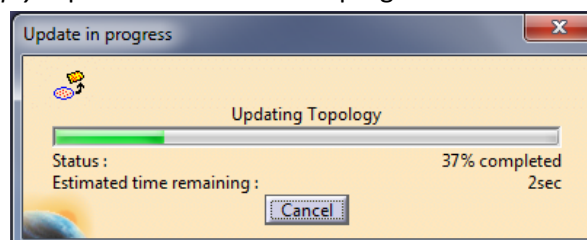
- La nube a alinear inicial se mantiene como tal.
- Se hace una copia de la nube a alinear inicial y aparece en el árbol de especificaciones.
- Esta copia es alineada con las referencias.

Desactive la casilla *Keep Initial* si no desea realizar una copia de la nube a alinear inicial, por ejemplo, debido a su tamaño. La nube a alinear inicial se alineará ella misma con las referencias.

Para evitar incoherencias, no se puede desactivar la casilla *Keep Initial* en los dos casos siguientes:

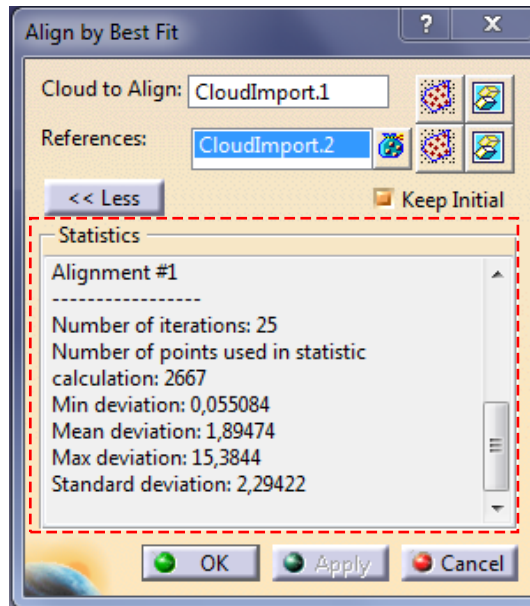
- Cuando la geometría de la nube a alinear es compartida por otros elementos de la nube, por ejemplo, cuando la nube a alinear comparte puntos o vértices con otra nube sin ninguna relación padre-hijo entre ellas. Desactivando la casilla *Keep Initial* se movería la otra nube junto con la nube a alinear, lo cual no se quiere que ocurra.
- Cuando la nube a alinear es un elemento, por ejemplo, un elemento de transformación GSD.

6. Haga clic sobre *Apply*. Aparecerá una barra de progresión.



Haga clic en *Cancel* para detener el cálculo en cualquier momento. La nube a alinear o su copia se desplaza hacia las referencias.

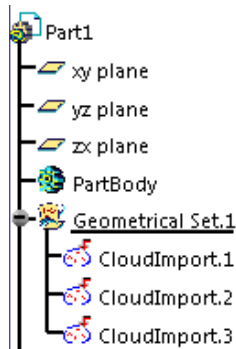
7. Haga clic en *More* para mostrar las estadísticas (*Statistics*).



8. Haga clic en *OK* para validar y salir del cuadro de diálogo.

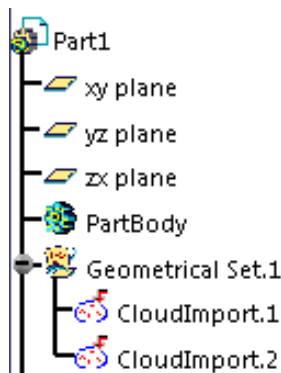
Si la casilla *Keep Initial* está seleccionada:

- Una nueva nube, de hecho la copia de la nube a alinear inicial (*CloudImport.3* en este ejemplo), se crea en el árbol de especificaciones, y se alinea con las referencias.
- La nueva nube tiene las mismas propiedades gráficas que la nube a alinear inicial.
- La nube a alinear inicial se oculta.



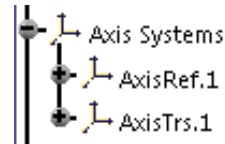
Si la opción *Keep Initial* no está seleccionada:

- La nube a alinear es alineada con las referencias y ninguna nube nueva es creada en el árbol de especificaciones.



En ambos casos, un sistema de ejes es creado con:

- AxisRef.x (sistema de ejes calculado en la nube a alinear).
- AxisTrs.x (sistema de ejes creado en la nube de salida).



Estos sistemas de ejes se pueden utilizar con el comando *Axis to Axis* para alinear otros elementos. El comando *Align with previous transformation* también está disponible.

### 3.6.3. Alineación de nubes con restricciones (*Aligning with Constraints*)

Este comando muestra cómo alinear una nube de puntos con una referencia mediante la definición de restricciones (hechas de pares de elementos restringidos) basadas en formas canónicas (puntos, líneas, planos, esferas, cilindros, círculos y sus elementos invertidos) y aplicando un orden de prioridad en dichas restricciones.

Esta operación es útil con formas mecánicas, donde las formas canónicas se pueden definir. Cuando se pueden usar estas formas, este tipo de alineación es más rápido que los otros tipos propuestos por CATIA.

Es necesario reconocer formas canónicas:

- En la nube a alinear (el módulo *Quick Surface Reconstruction* tiene el comando *Basic Surface Recognition*).
- Y luego en las referencias (*References*), mediante la extracción de caras o la creación de puntos, líneas y planos que representen restricciones fijas.

Estas formas canónicas no tienen por qué ser necesariamente la misma (es posible cualquier asociación de puntos, líneas o planos). Después empareje estas formas canónicas por pares, una en la nube a alinear y la otra en las referencias. Es posible emparejar un elemento de restricción de la nube a alinear con varios elementos de restricción (no importa del tipo que sean) de las referencias, o viceversa (por ejemplo, un plano se puede emparejar con tres puntos diferentes en tres restricciones diferentes).

Tenga cuidado de tener restricciones coherentes y consistentes con respecto a la geometría. Por ejemplo:

- No empareje tres puntos con dos planos diferentes.
- Si empareja dos normales a planos, tenga cuidado de que tengan la misma orientación.

- Cuando se selecciona un cilindro o un círculo, el elemento de restricción debe ser su eje central, es decir, una línea.
- Cuando se selecciona una esfera, el elemento de restricción debe ser su punto central, es decir, su centro de gravedad.
- Incluso si las sobre-restricciones son aceptadas, en algunos casos sería necesario que las restricciones formen un sistema isostático: un objeto 3D tiene 6 grados de libertad, 3 traslaciones y 3 rotaciones.


La creación de un sistema isostático quiere decir que las 3 traslaciones y las 3 rotaciones están bloqueadas.

Estos son los grados de libertad bloqueados por cada par de restricciones:

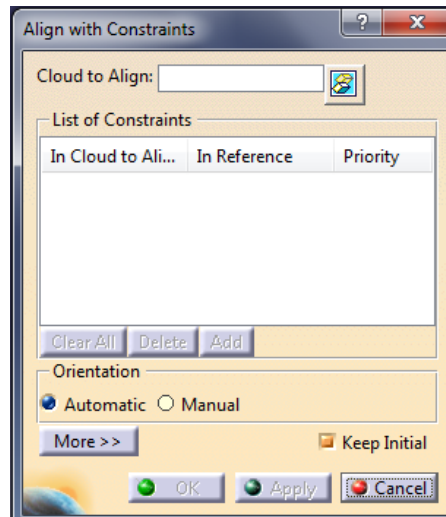
Grados de libertad bloqueados por cada par de restricciones			
	Punto	Línea	Plano
Punto	3 traslaciones	2 traslaciones	1 traslación
Línea	2 traslaciones	2 traslaciones y 2 rotaciones	1 traslación y 1 rotación
Plano	1 traslación	1 traslación y 1 rotación	1 traslación y 2 rotaciones

En un caso general, se deben combinar las restricciones para bloquear todos los grados de libertad.


Abra el modelo [AlignConstraint1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

- En *Geometrical Set Input* encontrará una nube a alinear (*CloudToAlign*) y un conjunto de elementos de restricción.
  - En *Geometrical Set Reference* encontrará un conjunto de elementos de restricción.
  - Puede utilizar el *Geometrical Set New* como *Define In Work Object* (elemento de trabajo activo).
1. Seleccione el *Geometrical Set* en el que desea crear la nube de salida y seleccione *Define In Work Object* a través del menú contextual del botón derecho del ratón.
  2. Haga clic en el comando *Align with Constraints*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Reposit*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:

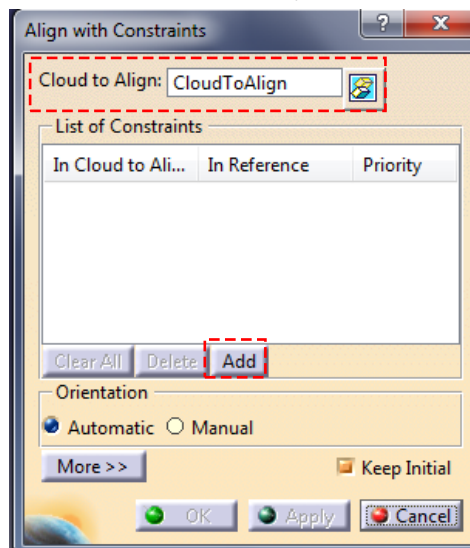




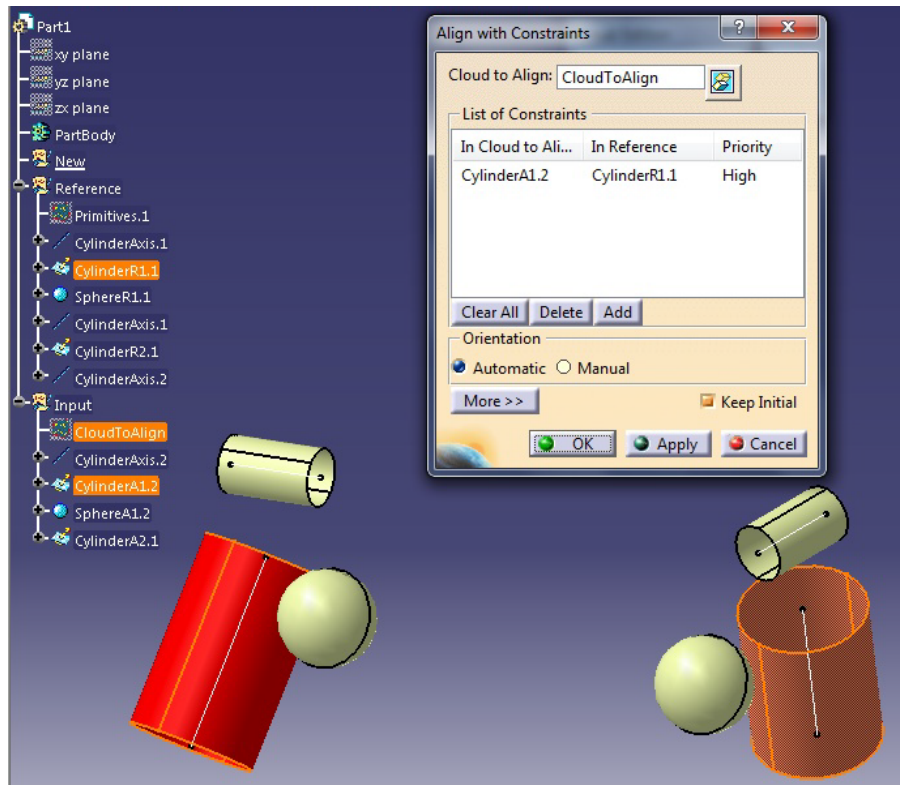
3. Seleccione una nube a alinear (*Cloud to Align*). En este ejemplo se ha seleccionado la nube *CloudToAlign*.

El icono del comando *Hide/Show*  está disponible para ocultar o mostrar la nube a alinear.

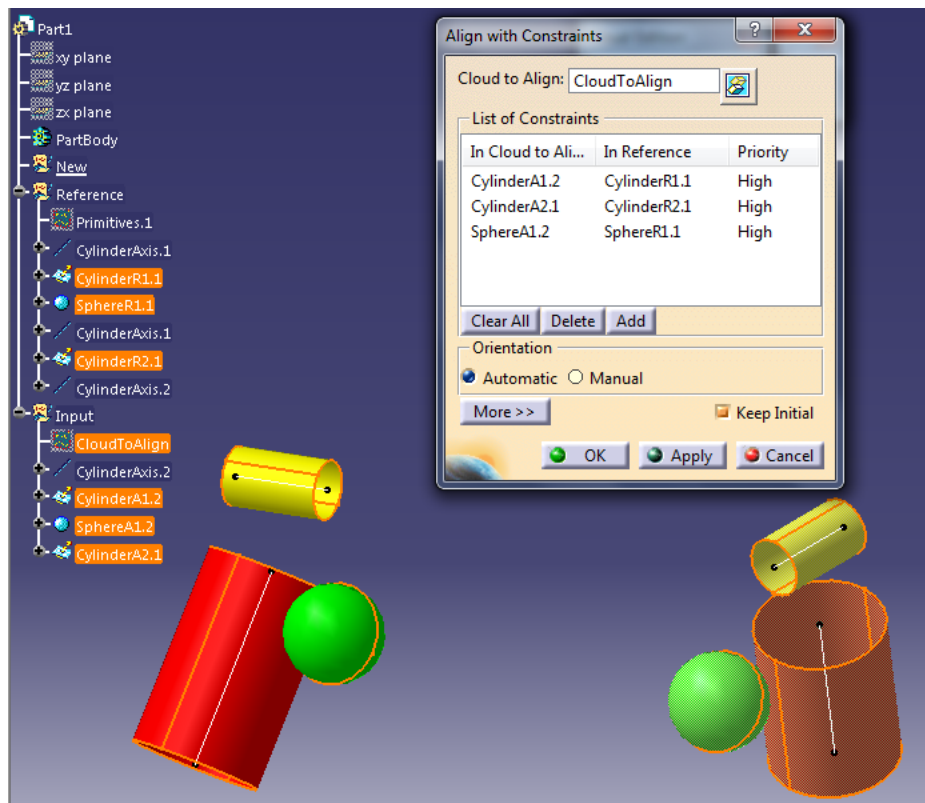
Una vez que la nube a alinear está seleccionada, el botón *Add* pasa a estar disponible.



4. Haga clic sobre el botón *Add*. Seleccione el cilindro grande de la nube a alinear y después el cilindro grande de la referencia.



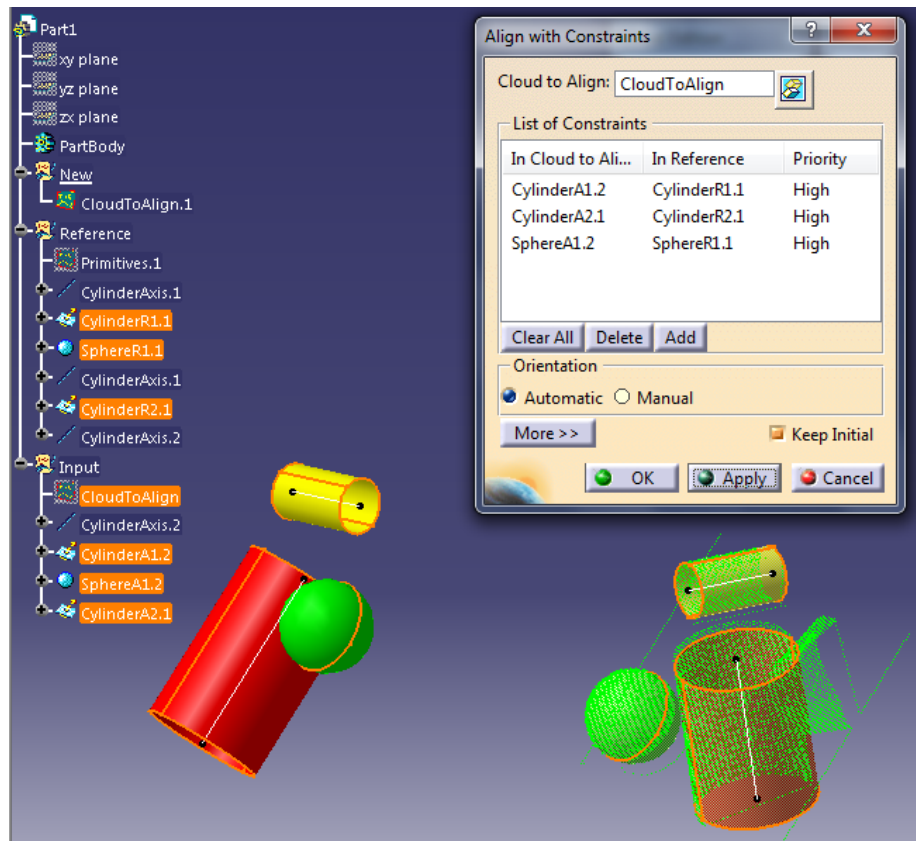
5. Repita el paso 4 con el cilindro pequeño y con la esfera.



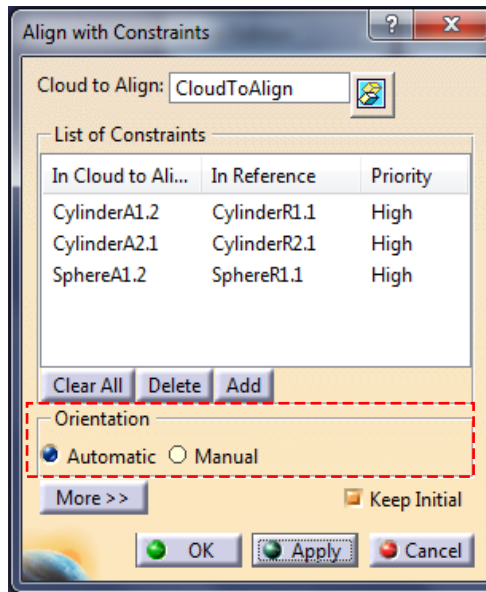
Los colores de los elementos de restricción elegidos cambian:

- Se asocia un color a cada par de elementos de restricción que definen una restricción.

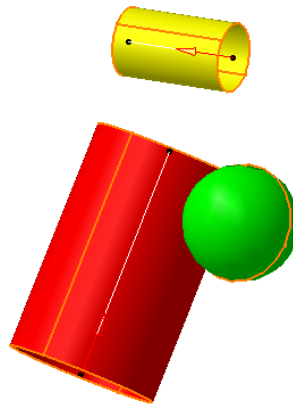
- El elemento de restricción seleccionado en la nube a alinear se visualiza en un color sólido.
- El elemento de restricción seleccionado en la referencia se visualiza en un color transparente.
- Se asocia otro color diferente a la siguiente pareja de elementos de restricción.



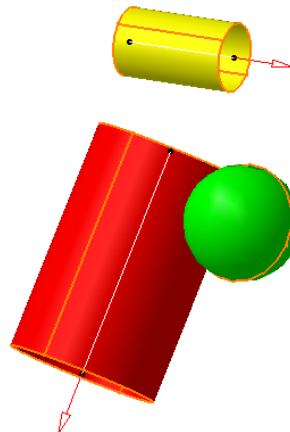
La orientación de las líneas o ejes seleccionados en la nube a alinear puede ser fijada automáticamente o manualmente usando las opciones de orientación (*Orientation*) automática (*Automatic*) o manual (*Manual*).



- Cuando se selecciona la opción *Automatic*, la orientación del elemento de restricción no se visualiza y se optimiza automáticamente.
- Cuando se selecciona la opción *Manual*, la orientación del elemento de restricción es representada por una flecha roja.



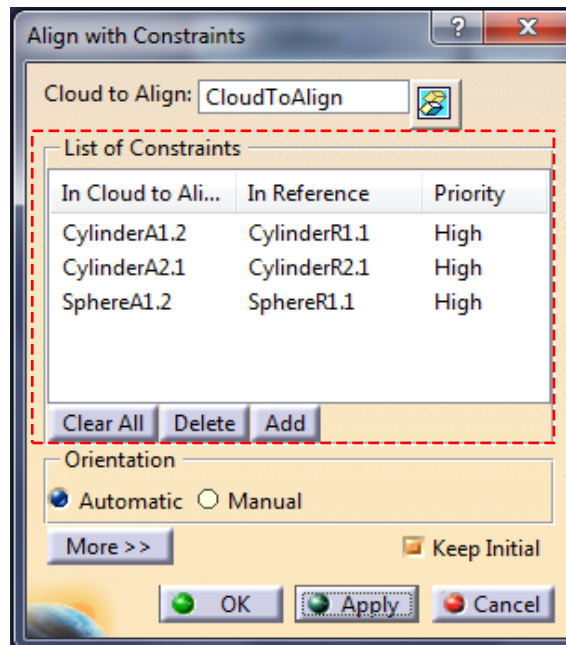
Se puede invertir la orientación haciendo clic sobre la flecha.



- La opción *Automatic* es más lenta, necesita más tiempo.

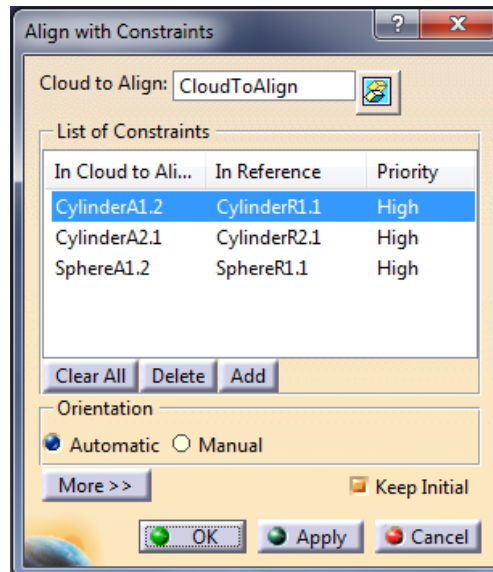
- Esta forma de operar no está disponible para los elementos de restricción sobre la referencia. Si necesita invertir la orientación de los elementos de restricción sobre la referencia puede usar el comando *Invert Orientation* (perteneciente a la barra de herramientas *Operations* en el módulo *Generative Shape Design*).

6. Las restricciones creadas son listadas en el cuadro de diálogo.

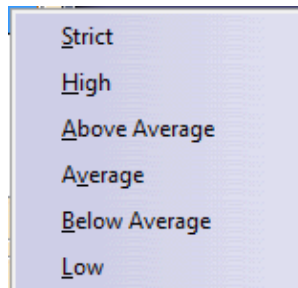


- *Clear All* elimina todas las restricciones.
- *Delete* elimina las restricciones seleccionadas.
- *Add* añade restricciones nuevas.
- En la columna *In Cloud to Align* se ven los elementos que han sido seleccionados de la nube a alinear.
- En la columna *In Reference* se ven los elementos que han sido seleccionados de la referencia.
- En la columna *Priority* se ve qué tipo de prioridad se le ha aplicado a cada restricción.

7. Haga clic sobre la línea de *CylinderA1.2* dentro del cuadro de diálogo.

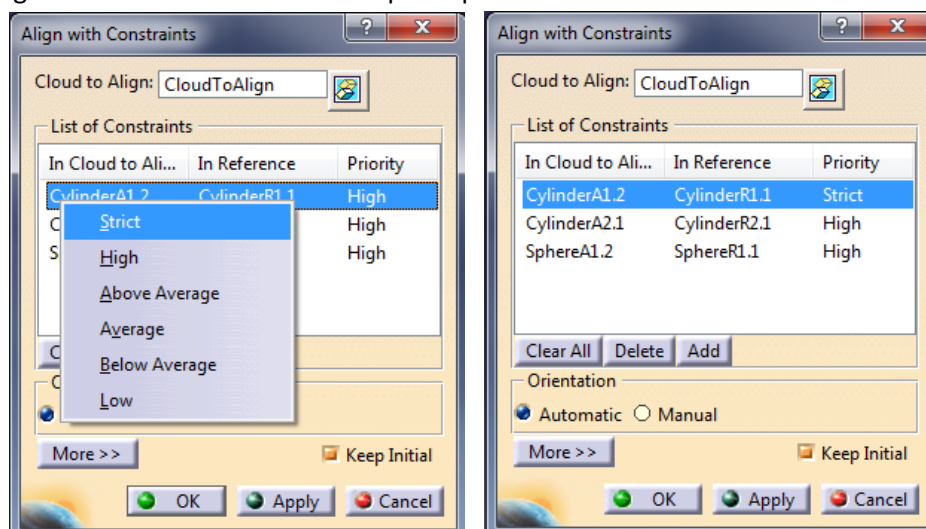


A continuación, haga clic con el botón derecho del ratón sobre dicha línea seleccionada y aparecerá el siguiente menú contextual:

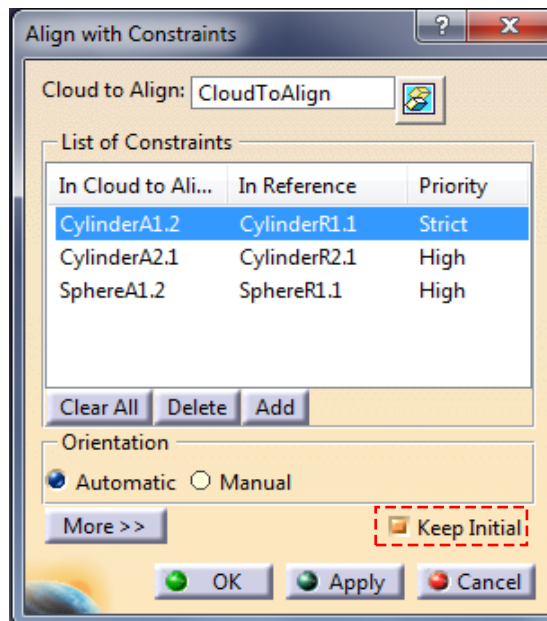


Este menú contextual muestra las prioridades que pueden ser aplicadas en cada restricción, desde la prioridad más alta (*Strict*) a la más baja (*Low*).

Por ejemplo, si se desea cambiar la prioridad de la restricción del *CylinderA1.2* de *High* a *Strict*, pues seleccione el tipo de prioridad *Strict* e inmediatamente el cuadro de diálogo se actualizará de acorde al tipo de prioridad seleccionada.



8. La casilla *Keep Initial* viene seleccionada por defecto por CATIA:



- La nube a alinear inicial se mantiene como tal.
- Se hace una copia de la nube a alinear inicial y aparece en el árbol de especificaciones.
- Esta copia es alineada con las referencias.

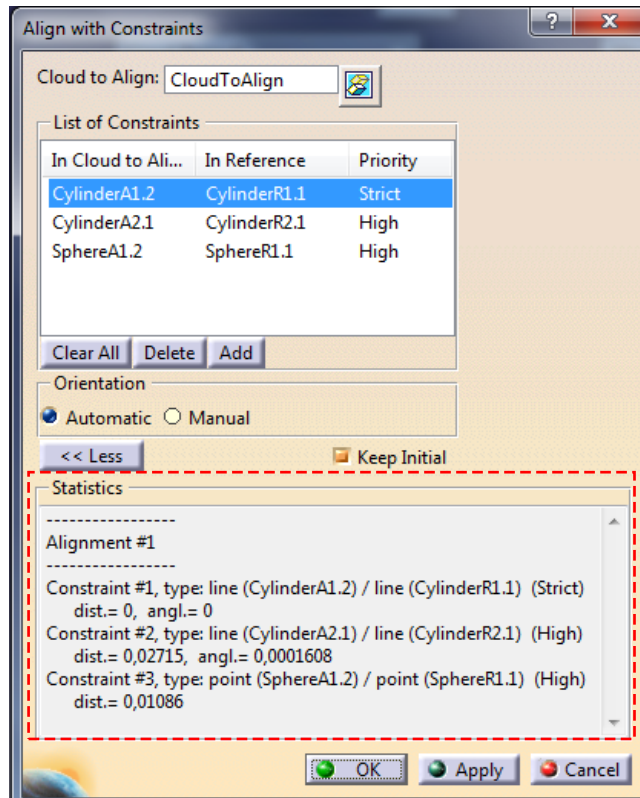
Desactive la casilla *Keep Initial* si no desea realizar una copia de la nube a alinear inicial, por ejemplo, debido a su tamaño. La nube a alinear inicial se alineará ella misma con las referencias.

Para evitar incoherencias, no se puede desactivar la casilla *Keep Initial* en los dos casos siguientes:

- Cuando la geometría de la nube a alinear es compartida por otros elementos de la nube, por ejemplo, cuando la nube a alinear comparte puntos o vértices con otra nube sin ninguna relación padre-hijo entre ellas. Desactivando la casilla *Keep Initial* se movería la otra nube junto con la nube a alinear, lo cual no se quiere que ocurra.
- Cuando la nube a alinear es un elemento, por ejemplo, un elemento de transformación GSD.

9. Haga clic sobre *Apply* y a continuación sobre *More*.
  - Aparece la ventana de estadísticas (*Statistics*).





*Alignment #1* indica que éste es el primer cálculo que se ha puesto en marcha desde que se ha abierto el cuadro de diálogo.

Para cada restricción (por ejemplo Constraint #1) se da:

- El tipo de restricción y el elemento de restricción seleccionado.  
Ejemplo: type: line (CylinderA1.2) / line (CylinderR1.1).
- La prioridad aplicada a dicha restricción (*Strict* en este caso).
- La distancia y el ángulo (en este caso, dist.=0 y angl.=0) entre el elemento de restricción en la nube a alinear (*Cloud to Align*) y el elemento de restricción en la referencia (*Reference*).

- Se puede observar que la restricción de tipo de prioridad *Strict* se respeta completamente.
- Se puede recuperar fácilmente la historia de los cálculos y volver a otra combinación de restricciones antes de crear el modelo alineado.
- Encontrará gaps de distancia para las restricciones de tipo punto/punto, punto/línea, punto/plano, línea/línea, línea/plano y plano/plano, así como gaps angulares para las restricciones de tipo línea/línea, línea/plano y plano/plano.

Dado que estos gaps se calculan a partir del apoyo infinito en líneas y planos que hacen de restricciones, la distancia entre dos planos no paralelos (o entre una línea y un plano) será nula.

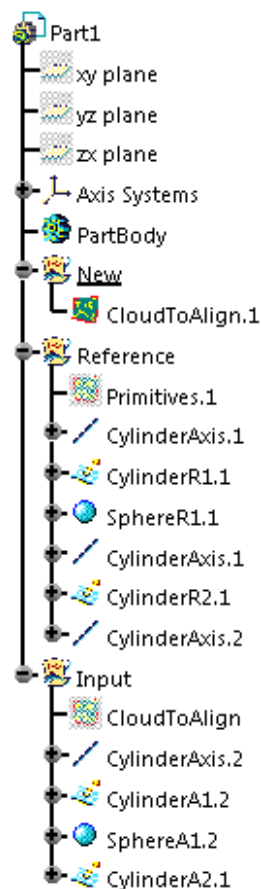
Sólo se mostrarán los gaps significativos entre una línea y un plano o entre dos planos, es decir, sólo cuando los dos elementos de restricción son paralelos.



- Las estadísticas (*Statistics*) se dan para los elementos de restricción, y no se refieren a las distancias reales entre la nube a alinear y la referencia. Estas distancias son dadas por el análisis de distancia (*Distance Analysis*).
  - Una restricción con un tipo de prioridad *Strict* no se respeta plenamente cuando la distancia es mayor que 0.001 mm o el ángulo es mayor que 0.5 grados. Esto puede ocurrir cuando una restricción de tipo *Strict* se aplica simultáneamente a diferentes restricciones. Un mensaje le advertirá de que la restricción no se ha respetado completamente.
  - Si las restricciones no son coherentes, se mostrará un mensaje de información. Después decida si el resultado es satisfactorio o no.
10. Una vez que esté satisfecho con el alineamiento realizado, haga clic en *OK* para validar y salir de la acción.

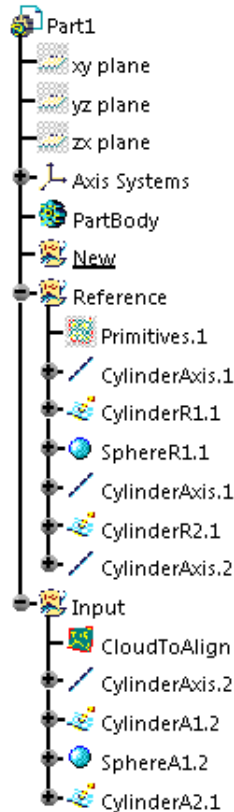
Si la casilla *Keep Initial* está seleccionada:

- Una nueva nube, de hecho la copia de la nube a alinear inicial (*CloudToAlign.1* en *New* en este ejemplo), se crea en el árbol de especificaciones, y se alinea con las referencias.
- La nueva nube tiene las mismas propiedades gráficas que la nube a alinear inicial.
- La nube a alinear inicial se oculta.



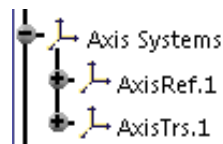
Si la opción *Keep Initial* no está seleccionada:

- La nube a alinear es alineada con las referencias y ninguna nube nueva es creada en el árbol de especificaciones.



En ambos casos, un sistema de ejes es creado con:

- AxisRef.x (sistema de ejes calculado en la nube a alinear).
- AxisTrs.x (sistema de ejes creado en la nube de salida).



Estos sistemas de ejes se pueden utilizar con el comando *Axis to Axis* para alinear otros elementos. El comando *Align with previous transformation* también está disponible.

Cuando el alineamiento no se puede llevar a cabo, se muestra un mensaje de información (*Update error*). Puede:

- Eliminar restricciones.
- Eliminar y añadir otras restricciones.
- Comprobar la coherencia o la consistencia de las restricciones.
- Finalmente, vuelva a calcular las formas básicas utilizadas.

El método que sugiere CATIA es el siguiente:

- 1) Salga de la acción.
- 2) Reinicie la alineación con una sola restricción.
- 3) Haga clic en *Apply*.
- 4) Si el cálculo todavía es imposible, reinicie la alineación con otra restricción.
- 5) Si el cálculo ahora ya sí es posible, añada otra restricción y repita el proceso desde el paso 3 en bucles hasta que el resultado sea satisfactorio.

Tenga en cuenta que si las restricciones se borran, también se borrará el cálculo intermedio.

### 3.6.4. Alinear con RPS (*Aligning with RPS*)

Este comando muestra cómo alinear una nube de puntos con una referencia con RPS (*Reference Point System*).

Este comando está diseñado principalmente para las piezas digitalizadas mediante RPS.

#### Diferencias entre *Aligning with Constraints* y *Aligning with RPS*

De manera similar a la alineación con restricciones, la alineación con RPS también se define a través de un conjunto de restricciones.

Las diferencias entre estos dos comandos de alineación son:

Align with RPS	Align with Constraints
Una alineación RPS bien definida debe ser siempre isostática, para asegurar la repetibilidad de las condiciones de alineación.	El sistema no isostático es aceptado.
Las restricciones solamente se definen por puntos, círculos y arcos.	Las restricciones también pueden ser definidas por planos, cilindros y esferas.
Cuando se introduce un círculo o un arco, su posición central, es decir un punto, se tiene en cuenta.	Cuando se introduce un círculo o un arco, su eje central, es decir una línea, se tiene en cuenta.
Sólo las traslaciones pueden ser congeladas.	Tanto las traslaciones como las rotaciones pueden ser congeladas.
Para cada restricción RPS, al menos un eje debe ser congelado.	
En una restricción punto-punto, se pueden congelar uno, dos o tres ejes del punto de la referencia.	En una restricción punto-punto, los tres ejes (X, Y y Z) del punto de la referencia se congelan automáticamente.

#### Definición de una alineación RPS

Ya que una alineación RPS es isostática, deberán cumplirse las siguientes condiciones:

- En un primer eje, tres restricciones RPS deben congelarse para definir un plano.
- En un segundo eje, dos restricciones RPS deben congelarse para definir una línea.


- En un tercer eje, una restricción RPS debe congelarse para definir el punto de localización.

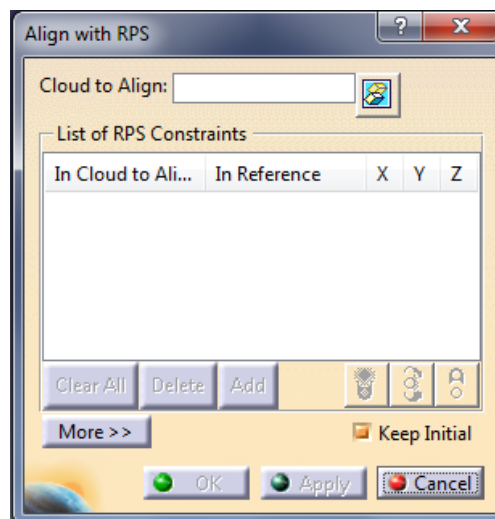
Para definir una alineación RPS se requiere un mínimo de 3 restricciones RPS y un máximo de 6 restricciones RPS.

En algunas situaciones, la alineación con RPS (*Align with RPS*) conduce a múltiples soluciones que a menudo son simétricas y la solución propuesta por el comando puede ser diferente de la que se espera. Esto sucede especialmente si la referencia está demasiado lejos o demasiado girada respecto de la nube a alinear. En estos casos, se recomienda primero realizar una alineación aproximada con el compás (*Align using the Compass*).


Abra el modelo [AlignConstraint2.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

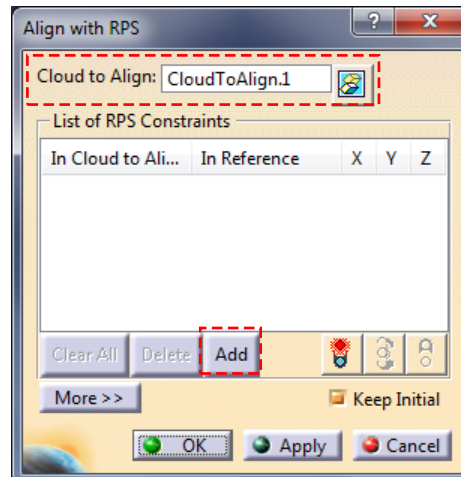
Se va a alinear *CloudToAlign.1* perteneciente al Geometrical Set *Example.1* sobre *Reference.1* en *CADModel.1*:

1. Seleccione el Geometrical Set en el que desea crear la nube de salida y seleccione *Define In Work Object* a través del menú contextual del botón derecho del ratón.
2. Haga clic sobre el comando *Align with RPS*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Reposit*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



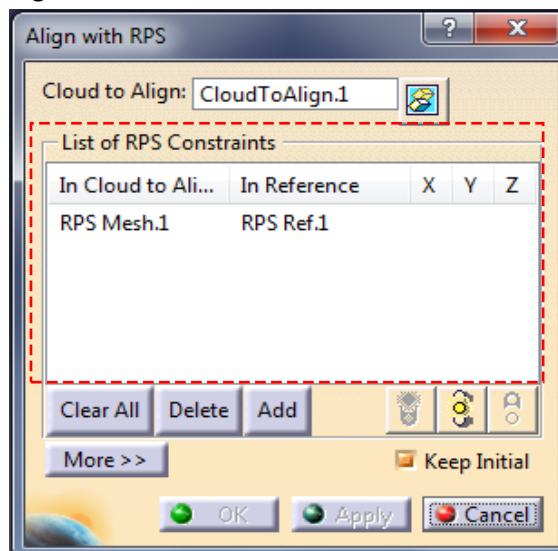
3. Seleccione la nube a alinear (*Cloud to Align*), que puede ser tanto una nube de puntos como una malla. En este ejemplo se ha seleccionado *CloudToAlign.1* perteneciente al Geometrical Set *Example.1*.

El icono *Hide/Show*  está disponible para ocultar o mostrar la nube a alinear. Una vez que la nube a alinear está seleccionada, el botón *Add* pasa a estar disponible.

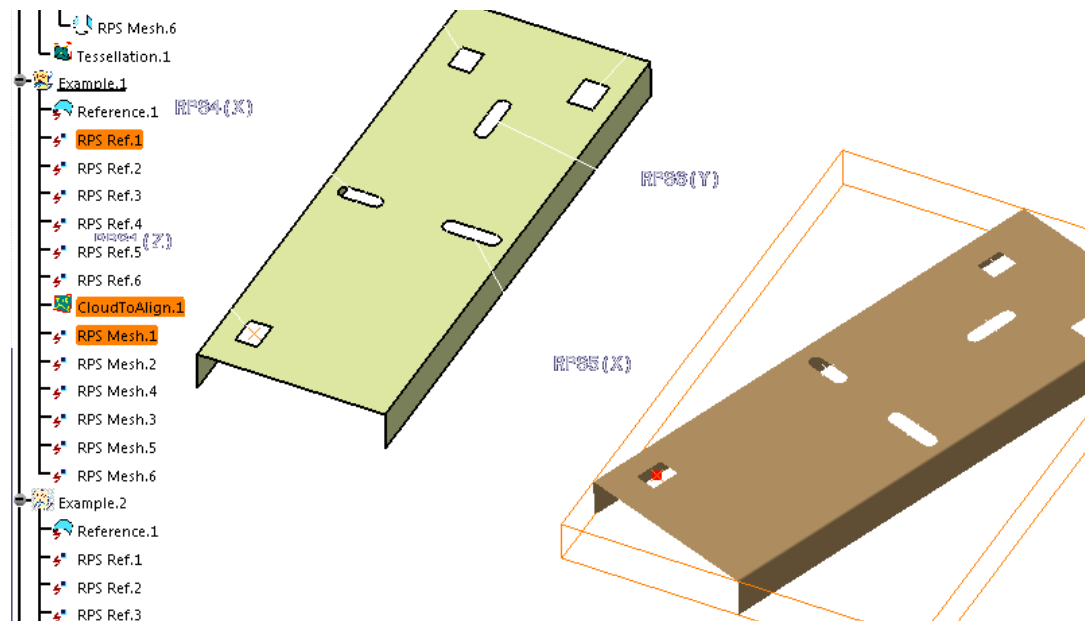


4. Defina una primera restricción:

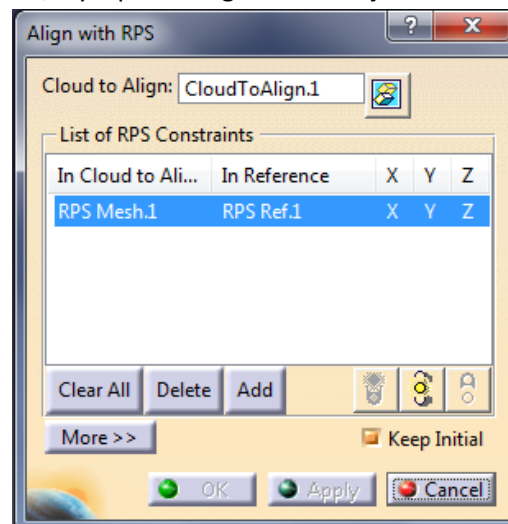
- Haga clic en *Add*.
- Seleccione el punto *RPS Mesh.1* en la nube a alinear y después seleccione el punto *RPS Ref.1* en la referencia.
- El cuadro de diálogo se actualiza:



Ambos puntos se destacan en color rojo:



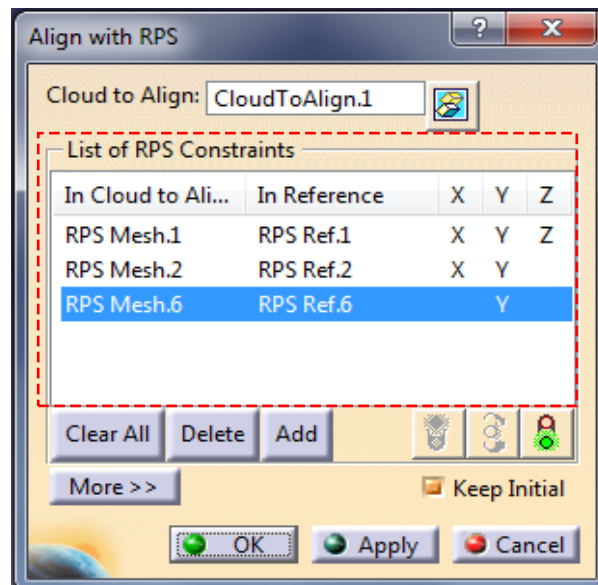
- En el cuadro de diálogo, coloque el cursor sobre la línea de esta restricción y haga clic debajo de X, Y y Z para congelar estos ejes.



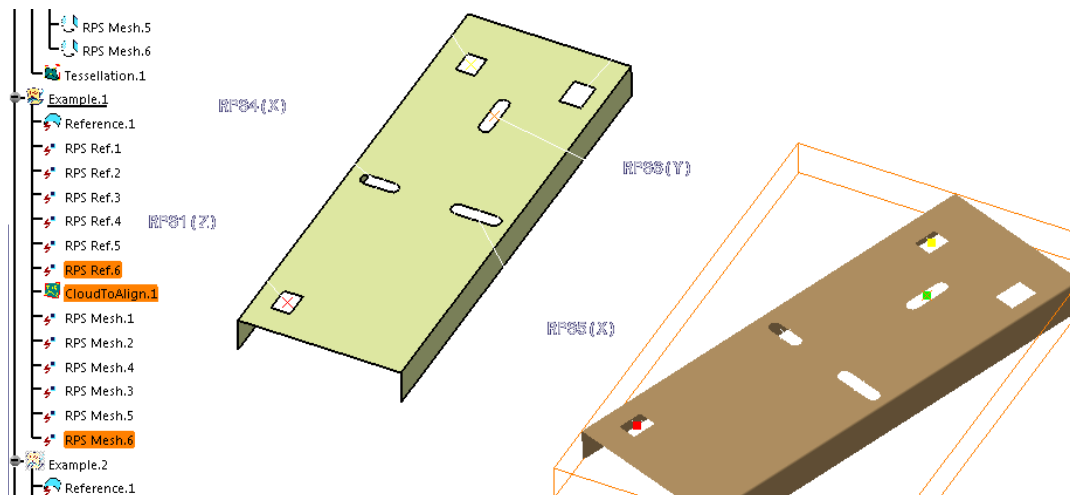
Si es necesario, haga clic de nuevo en X, Y o Z para descongelar un eje.

La luz es todavía amarilla lo que significa que todavía no hay restricciones suficientes para definir la alineación RPS.

5. Defina una segunda restricción con los puntos *RPS Mesh.2* y *RPS Ref.2* y congele los ejes X e Y. Después defina una tercera restricción con los puntos *RPS Mesh.6* y *RPS Ref.6* y congele el eje Y.

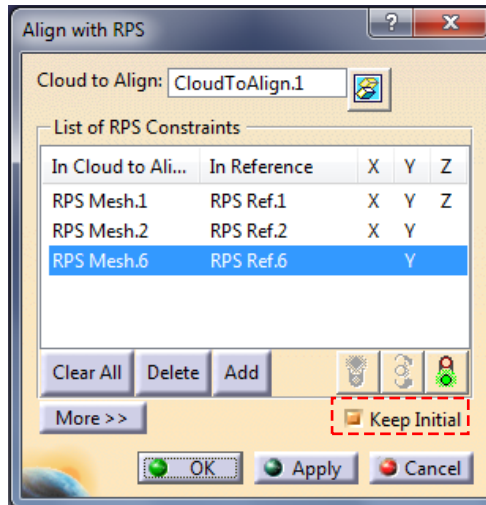


Los colores de los elementos de restricción seleccionados cambian:



- Se asocia un color a cada par de elementos de restricción que definen una restricción.
  - El punto seleccionado en la nube a alinear se visualiza como un punto.
  - El punto seleccionado en la referencia se visualiza como una cruz.
  - Se asocia otro color diferente al siguiente par de elementos de restricción.
6. La luz ha cambiado a color verde, lo que significa que ahora ya la alineación RPS está definida correctamente.
- La luz es de color amarillo cuando hay muy pocas o demasiadas restricciones para definir la alineación RPS, es decir, la alineación no está completamente definida.
  - La luz es de color verde cuando la alineación RPS está completamente definida y el resultado de la alineación es isostático.
  - La luz es de color rojo cuando la alineación RPS está completamente definida pero el resultado de la alineación no es isostático.

7. La casilla *Keep Initial* viene seleccionada por defecto por CATIA:



- La nube a alinear inicial se mantiene como tal.
- Se hace una copia de la nube a alinear inicial y aparece en el árbol de especificaciones.
- Esta copia es alineada con las referencias.

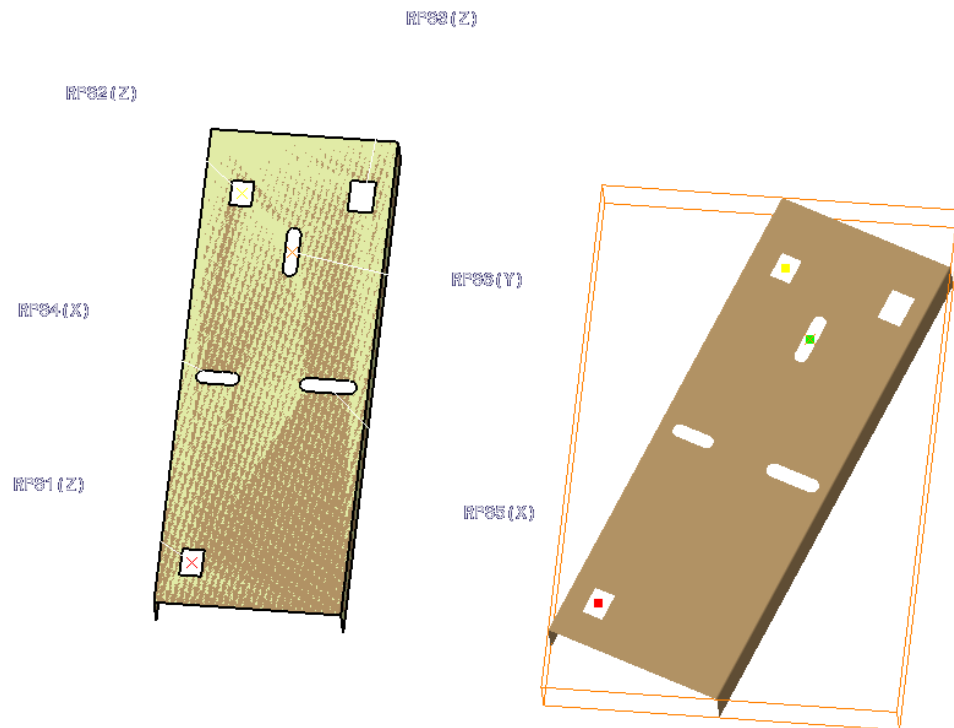
Desactive la casilla *Keep Initial* si no desea realizar una copia de la nube a alinear inicial, por ejemplo, debido a su tamaño. La nube a alinear inicial se alineará ella misma con las referencias.

Para evitar incoherencias, no se puede desactivar la casilla *Keep Initial* en los dos casos siguientes:

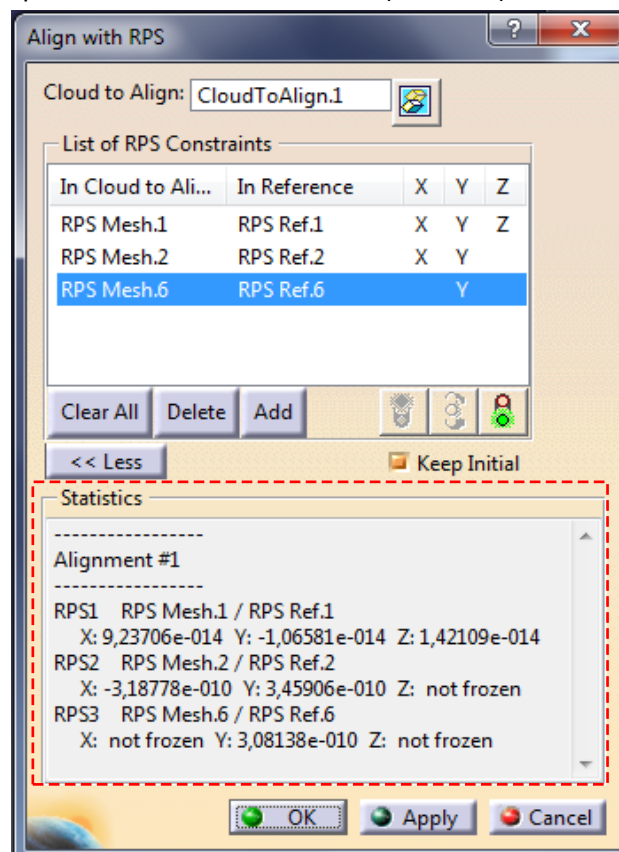
- Cuando la geometría de la nube a alinear es compartida por otros elementos de la nube, por ejemplo, cuando la nube a alinear comparte puntos o vértices con otra nube sin ninguna relación padre-hijo entre ellas. Desactivando la casilla *Keep Initial* se movería la otra nube junto con la nube a alinear, lo cual no se quiere que ocurra.
- Cuando la nube a alinear es un elemento, por ejemplo, un elemento de transformación GSD.

8. Haga clic sobre *Apply* para iniciar la alineación.
9. La nube a alinear (*Cloud to Align*) se mueve hacia la referencia.





10. Haga clic en *More* para visualizar las estadísticas (*Statistics*).



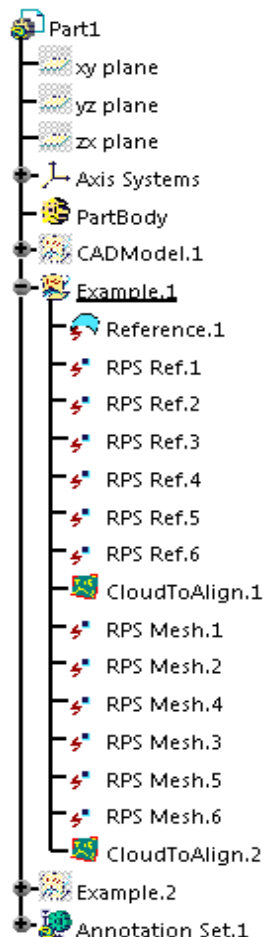
*Alignment #1* indica que éste es el primer cálculo que se ha puesto en marcha desde que se ha abierto el cuadro de diálogo.

Para cada restricción (por ejemplo RPS1) se da:

- El nombre de los elementos de restricción seleccionados:  
RPS Mesh.1 / RPS Ref.1
- La distancia (X: 9,23706e-014) entre el elemento de restricción en la nube a alinear y el elemento de restricción sobre la referencia a lo largo de los ejes congelados. Dentro del cuadro de diálogo, *not frozen* significa que el eje correspondiente no está congelado.

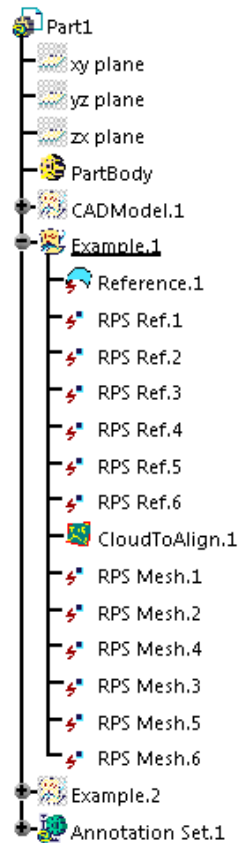
11. Una vez que esté satisfecho, haga clic en *OK* para validar y salir del cuadro de diálogo.  
Si la casilla *Keep Initial* está seleccionada:

- Una nueva nube, de hecho la copia de la nube a alinear inicial (*CloudToAlign.2* en este ejemplo), se crea en el árbol de especificaciones, y se alinea con las referencias.
- La nueva nube tiene las mismas propiedades gráficas que la nube a alinear inicial.
- La nube a alinear inicial se oculta.



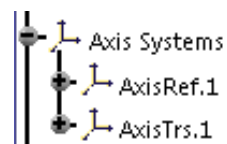
Si la opción *Keep Initial* no está seleccionada:

- La nube a alinear es alineada con las referencias y ninguna nube nueva es creada en el árbol de especificaciones.



En ambos casos, un sistema de ejes es creado con:

- AxisRef.x (sistema de ejes calculado en la nube a alinear).
- AxisTrs.x (sistema de ejes creado en la nube de salida).




Estos sistemas de ejes se pueden utilizar con el comando *Axis to Axis* para alinear otros elementos. El comando *Align with previous transformation* también está disponible.

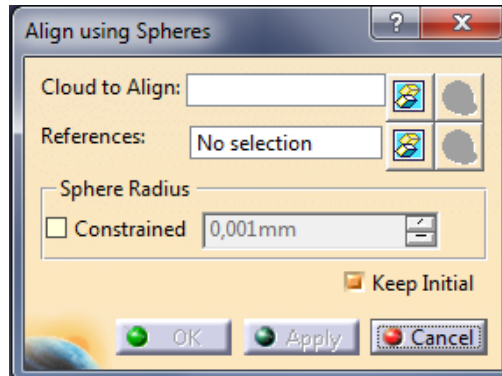
### 3.6.5. Alineación de nubes usando esferas (*Aligning using Spheres*)

Este comando muestra cómo alinear nubes de puntos (*Clouds to Align*) según otras nubes de puntos (*Reference*), mediante el reconocimiento de esferas.

Abra el modelo [Reposition1.CATPart](#) del directorio de muestras (directorio “samples”).

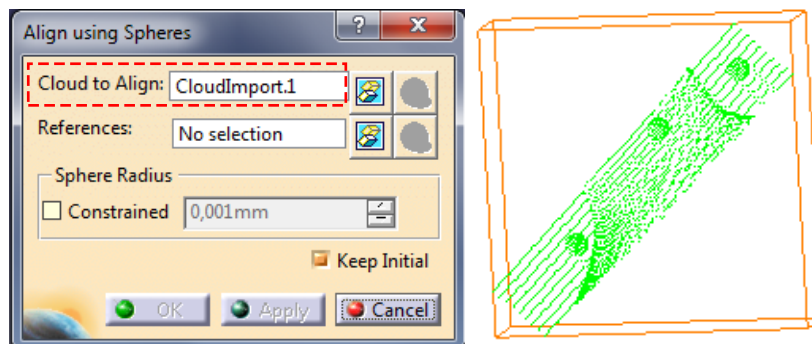
Este fichero se compone de dos nubes de puntos con tres etiquetas esféricas cada una. Estas etiquetas esféricas han sido creadas durante la digitalización con el fin de poder alinear dichas nubes en operaciones futuras.

1. Seleccione el Geometrical Set en el que desea crear la nube de salida y seleccione *Define In Work Object* a través del menú contextual del botón derecho del ratón.
2. Haga clic en el comando *Align using Spheres*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Reposit*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:

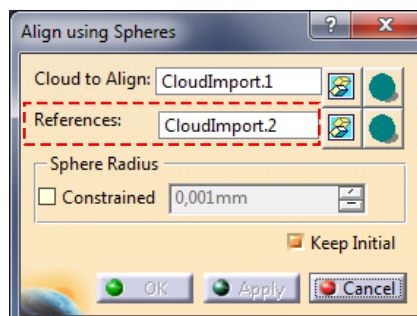



3. Seleccione la nube a alinear (*Cloud to Align*). En este ejemplo se ha seleccionado *Cloud Import.1*.



El nombre de la nube seleccionada se muestra en el cuadro de diálogo dentro del campo *Cloud to Align* y se destaca en el visor 3D.

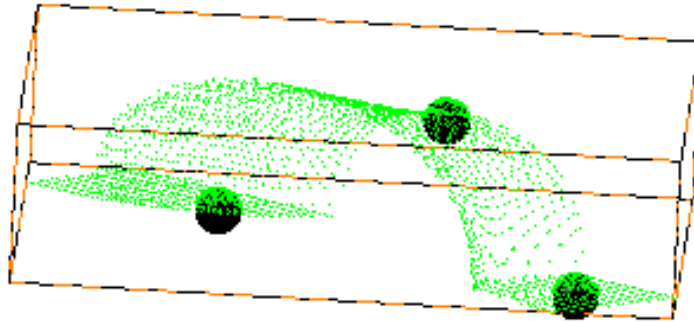


4. Seleccione las referencias (*References*). En este ejemplo se ha seleccionado *CloudImport.2*.

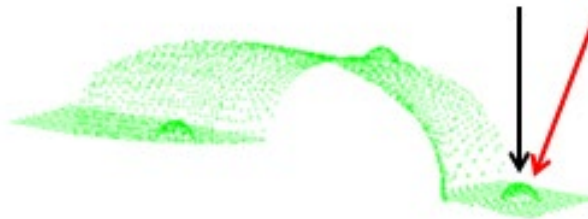


El icono del comando *Hide/Show*  está disponible para ocultar o mostrar la nube a alinear (*Cloud to Align*) y/o las referencias (*References*).

5. Haga clic sobre la opción *Spheres on the Cloud to Align*  situada en el cuadro de diálogo a la derecha del campo *Cloud to Align* y seleccione las esferas en la nube a alinear. Con las esferas de la nube a alinear seleccionadas, haga clic sobre *Spheres on the References*  (a la derecha del campo *References*) y seleccione las esferas de la referencia.

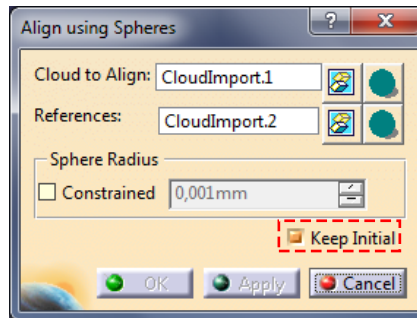


- Si se sabe el radio de las esferas, active la casilla *Constrained* e introduzca en dicho campo el valor del radio de las esferas. El comando *Align using Spheres* realizará el alineamiento con el valor del radio de las esferas que se haya introducido.
- Si no se sabe el valor del radio de las esferas, haga clic en la primera esfera. El comando *Align using Spheres* calculará dicho radio y actualizará el campo *Constrained* del cuadro de diálogo en función de dicha esfera. A continuación, puede seleccionar la casilla *Constrained* y seleccionar otras esferas que tendrán el mismo radio.
- CATIA recomienda que se seleccionen las esferas en dirección ortogonal a la pieza a procesar, es decir, a lo largo del eje negro y no a lo largo del eje rojo en el ejemplo que se muestra a continuación:



- Para facilitar el reconocimiento de las esferas, CATIA recomienda seleccionar la esfera haciendo clic en su zona central y no en el borde.
- Si utiliza 3 esferas, no deben formar ni un triángulo isósceles ni un triángulo equilátero (el sistema puede que no encuentre la solución correcta entre las dos o seis soluciones posibles).

6. La casilla *Keep Initial* viene seleccionada por defecto por CATIA:



- La nube a alinear inicial se mantiene como tal.
- Se hace una copia de la nube a alinear inicial y aparece en el árbol de especificaciones.
- Esta copia es alineada con las referencias.

Desactive la casilla *Keep Initial* si no desea realizar una copia de la nube a alinear inicial, por ejemplo, debido a su tamaño. La nube a alinear inicial se alineará ella misma con las referencias.

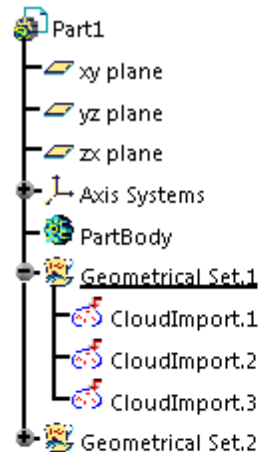
Para evitar incoherencias, no se puede desactivar la casilla *Keep Initial* en los dos casos siguientes:

- Cuando la geometría de la nube a alinear es compartida por otros elementos de la nube, por ejemplo, cuando la nube a alinear comparte puntos o vértices con otra nube sin ninguna relación padre-hijo entre ellas. Desactivando la casilla *Keep Initial* se movería la otra nube junto con la nube a alinear, lo cual no se quiere que ocurra.
- Cuando la nube a alinear es un elemento, por ejemplo, un elemento de transformación GSD.

7. Haga clic en *Apply*. La nube a alinear (*Cloud to Align*) es alineada con las referencias (*References*).
8. Una vez que esté satisfecho con la alineación, haga clic en *OK* para validar y salir del cuadro de diálogo.

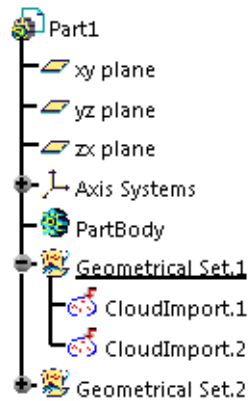
Si la casilla *Keep Initial* está seleccionada:

- Una nueva nube, de hecho la copia de la nube a alinear inicial (*CloudImport.3* en este ejemplo), se crea en el árbol de especificaciones, y se alinea con las referencias.
- La nueva nube tiene las mismas propiedades gráficas que la nube a alinear inicial.
- La nube a alinear inicial se oculta.



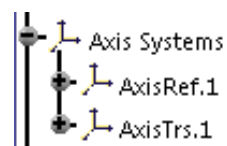
Si la opción *Keep Initial* no está seleccionada:

- La nube a alinear es alineada con las referencias y ninguna nube nueva es creada en el árbol de especificaciones.



En ambos casos, un sistema de ejes es creado con:

- AxisRef.x (sistema de ejes calculado en la nube a alinear).
- AxisTrs.x (sistema de ejes creado en la nube de salida).



Estos sistemas de ejes se pueden utilizar con el comando *Axis to Axis* para alinear otros elementos. El comando *Align with previous transformation* también está disponible.

Mientras alinea las nubes, puede utilizar el comando de análisis de distancias (*Distance Analysis*, perteneciente al módulo *FreeStyle*) para comprobar la precisión de salida. El objetivo será la nube de salida. Dado que se genera una nueva nube de salida en cada alineación, se debe repetir el análisis de distancia con cada nueva nube de salida.


La entidad de salida tiene la misma estructura que la entidad de entrada: escaneos, rejillas o mallas.

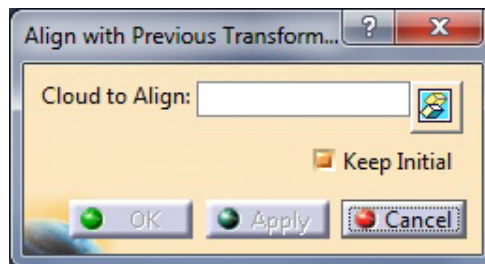
Deshacer (*Undo*) está disponible a la hora de seleccionar las esferas.

### 3.6.6. Alineación de nubes usando una transformación previa (*Align with Previous Transformation*)


Este comando muestra cómo reutilizar una transformación ya calculada para una alineación anterior de nubes (nube a nube, nube a superficie, nubes usando esferas, etc.).

Abra el modelo [Reposition1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples") y realice cualquier tipo de alineación:

1. Seleccione el Geometrical Set en el que desea colocar la nube de salida y seleccione *Define In Work Object* a través de menú contextual del botón derecho del ratón.
2. Haga clic en el comando *Align with Previous Transformation*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Reposit*. A continuación, aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



3. Seleccione la nube a alinear (*Cloud to Align*).

El icono *Hide/Show*  está disponible para ocultar o mostrar la nube a alinear (*Cloud to Align*).

La casilla *Keep Initial* viene seleccionada por defecto por CATIA:

- La nube a alinear inicial se mantiene como tal.
- Se hace una copia de la nube a alinear inicial y aparece en el árbol de especificaciones.
- Esta copia es alineada con las referencias.

Desactive la casilla *Keep Initial* si no desea realizar una copia de la nube a alinear inicial, por ejemplo, debido a su tamaño. La nube a alinear inicial se alineará ella misma con las referencias.

Para evitar incoherencias, no se puede desactivar la casilla *Keep Initial* en los dos casos siguientes:

- Cuando la geometría de la nube a alinear es compartida por otros elementos de la nube, por ejemplo, cuando la nube a alinear comparte puntos o vértices

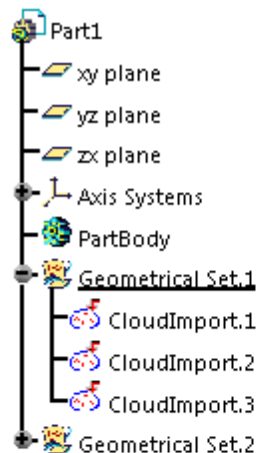


con otra nube sin ninguna relación padre-hijo entre ellas. Desactivando la casilla *Keep Initial* se movería la otra nube junto con la nube a alinear, lo cual no se quiere que ocurra.

- Cuando la nube a alinear es un elemento, por ejemplo, un elemento de transformación GSD.
4. Haga clic en *Apply*. El comando *Align with Previous Transformation* aplica el cálculo usado por la última acción de alineación a la nube seleccionada y previsualiza el movimiento de la nube.
  5. Si está satisfecho con la vista previa, haga clic en *OK* para validar y salir del cuadro de diálogo.

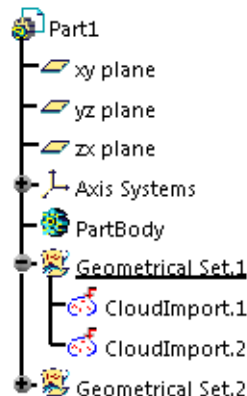
Si la casilla *Keep Initial* está seleccionada:

- Una nueva nube, de hecho la copia de la nube a alinear inicial (CloudImport.3 en este ejemplo), se crea en el árbol de especificaciones, y se alinea con las referencias.
- La nueva nube tiene las mismas propiedades gráficas que la nube a alinear inicial.
- La nube a alinear inicial se oculta.



Si la opción *Keep Initial* no está seleccionada:

- La nube a alinear es alineada con las referencias y ninguna nube nueva es creada en el árbol de especificaciones.



Sólo la última acción de alineación está disponible para su reutilización.

## 3.7. Mesh


### 3.7.1. Creación de una malla (*Mesh Creation*)

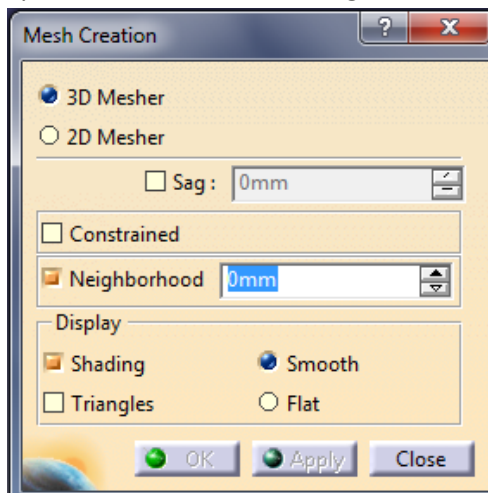
Este comando muestra cómo crear el mallado de una nube de puntos o cómo regenerar una malla existente.

La acción *Mesh Creation* ofrece:

- El parámetro *Neighborhood* que hace posible el relleno de agujeros o dejar algunas áreas sin mallado.
- Una detección automática o una definición manual del plano del mallado para la opción *2D Mesher*.
- Continuidad de límites con mallas contiguas a través de la opción *Constrained*.
- Un mallado 3D completamente automático conveniente para las piezas mecánicas con agujeros ciegos o pasantes, que respeta los detalles, especialmente los bordes afilados.
- Un valor de *Sag* para crear el mallado de nubes densas con un número reducido de triángulos, pero respetando la forma 3D dentro de una tolerancia determinada.

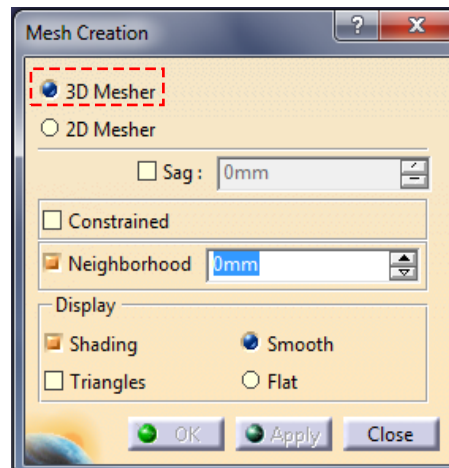
Abra el modelo [Cloud1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”):

1. Haga clic en el comando *Mesh Creation*  perteneciente a la barra de herramientas *Mesh*. A continuación, aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:

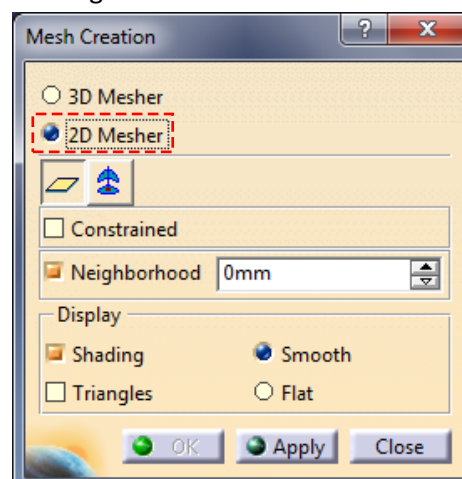


2. Seleccione la opción de modo de ejecución que necesite, *3D Mesher* o *2D Mesher*:
  - *3D Mesher* es un método de mallado para formas complicadas (por ejemplo, objetos mecánicos, nubes que no pueden ser proyectadas en un solo plano, o

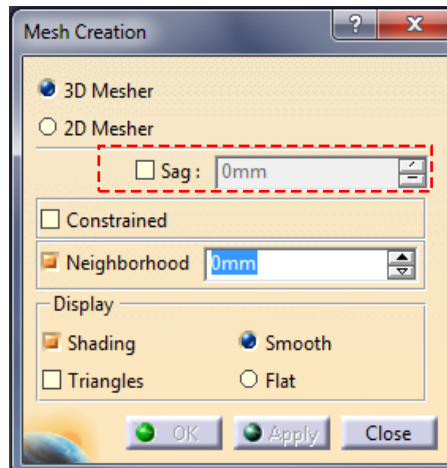
sin características preliminares). Ésta es la opción que viene predeterminada por CATIA. Es aplicable para cualquier situación.



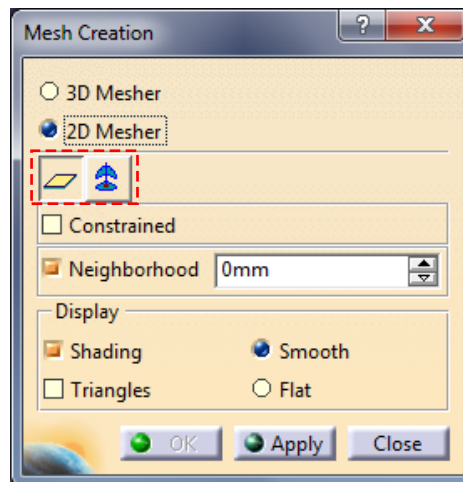
- Este método de mallado proporciona una opción de *Sag* para reducir el número de triángulos calculado en nubes densas. Sin embargo, esta opción respeta la forma del objeto.  
Dicha opción se usa sobre todo para realizar el mallado de nubes densas sin realizar previamente un filtrado de la nube. Cuando se usa, el mallado resultante no pasa a través de todos los puntos activos de la nube. Se generará una malla acorde a la tolerancia dada.
- También se puede realizar el mallado de una nube con un valor de *Sag* igual a cero. Esto significa que todos los puntos son considerados en el mallado. Este algoritmo es más adecuado para realizar mallados de nubes grandes rápidamente.
- *2D Mesher* es un método de mallado menos complejo, para aplicar a objetos simples, es decir, objetos que se pueden proyectar en un solo plano (formas suaves). El cuadro de diálogo de este método de mallado es el siguiente:





3. Si ha seleccionado *3D Mesher*, si es necesario seleccione la casilla *Sag* y escriba su valor, o mantenga el valor predeterminado por CATIA.



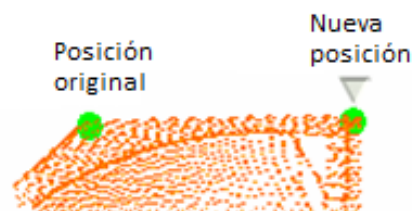
4. Si ha seleccionado 2D Mesher, seleccione el plano que es la referencia de cálculo para el mallado.



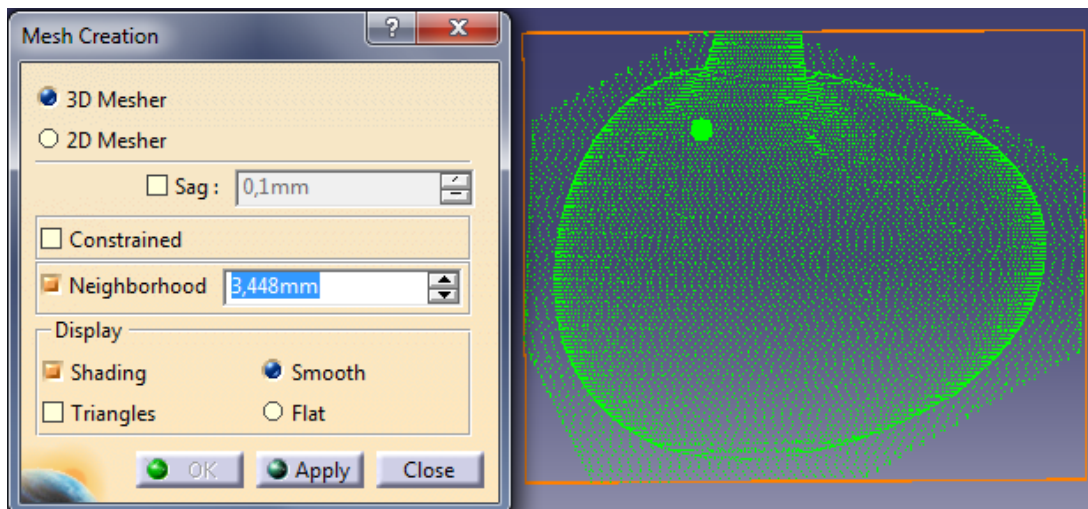
- Ya sea un plano principal .
- O uno definido por el compás .

La calidad de la malla depende de la dirección de cálculo.

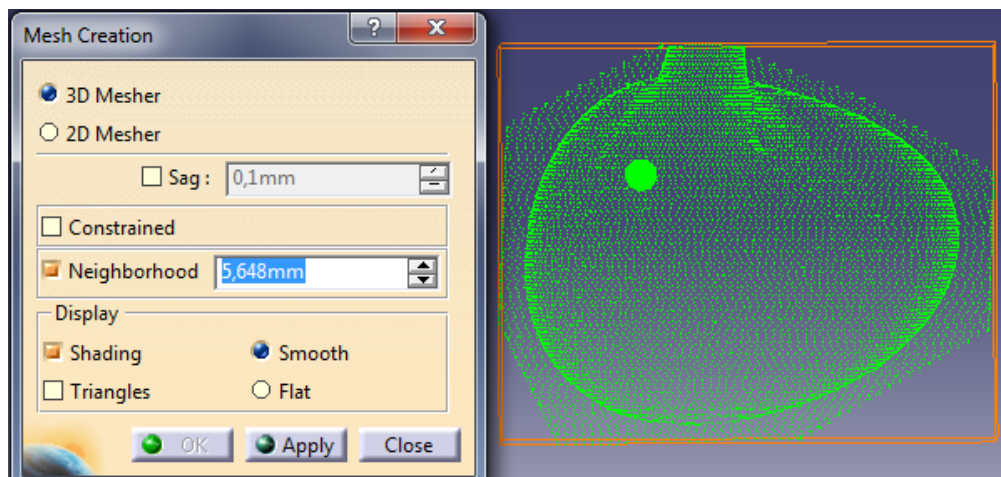
5. Se propone un valor de *Neighborhood* conforme al modelo. Este valor representa la longitud de arista máxima de los triángulos que forman la malla. Si una de las aristas tiene una longitud superior a dicha longitud máxima, la faceta no se creará. El valor propuesto es sólo una aproximación de este valor. Su importancia depende de la distribución de los puntos en la nube. Se visualiza mediante una esfera. Se puede cambiar la posición de la esfera mediante un simple clic del ratón.



La esfera se actualiza cada vez que cambia el valor de *Neighborhood*.

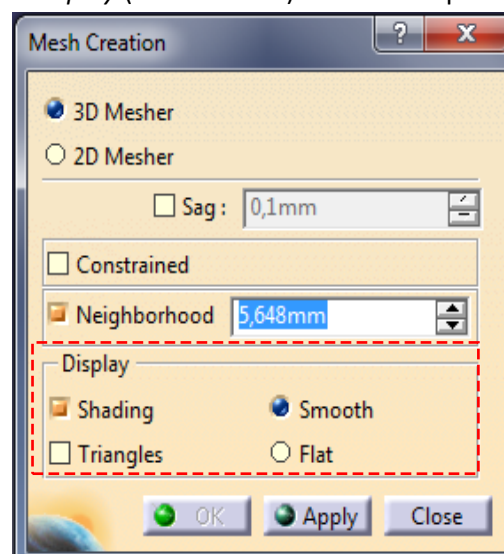


Esfera con Neighborhood = 3,448 mm

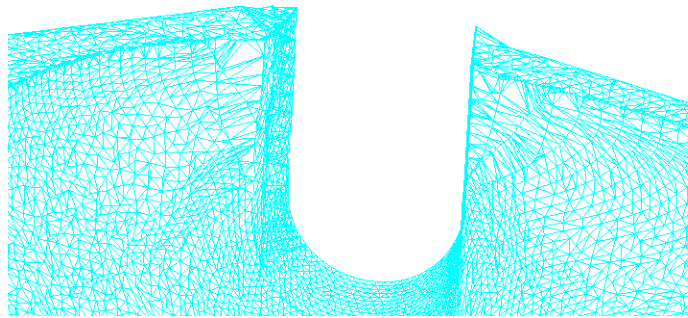


Esfera con Neighborhood = 5,648 mm

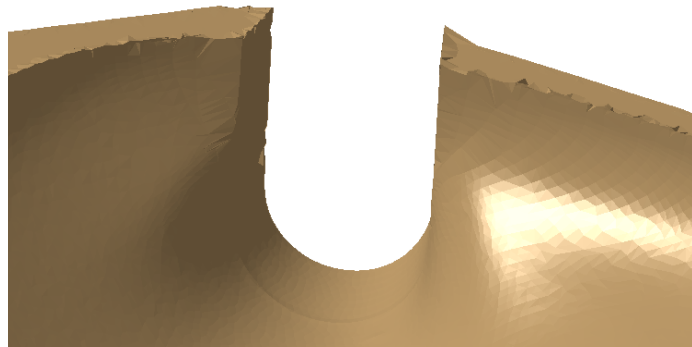
6. Seleccione la opción de *Display* (Visualización) de la malla que necesite en cada caso:



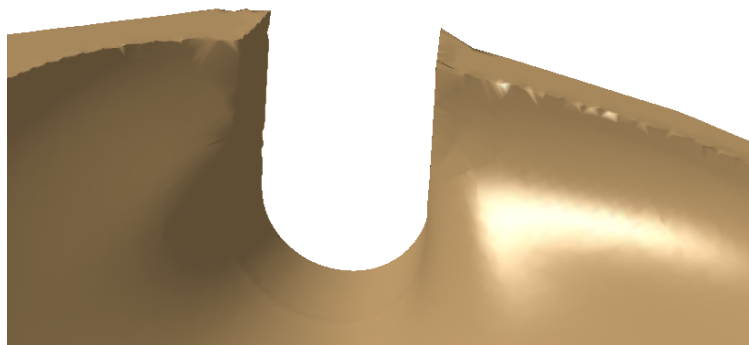
- *Triangles* (Triángulos) para mostrar sólo la malla.



- *Shading* (Sombreado) para simular la superficie del objeto.
  - Con la opción *Flat*, la luz es enviada a los triángulos a lo largo de su normal.



- Con la opción *Smooth*, la luz es suavizada sobre los triángulos, dando una mejor imagen de la calidad de la superficie.



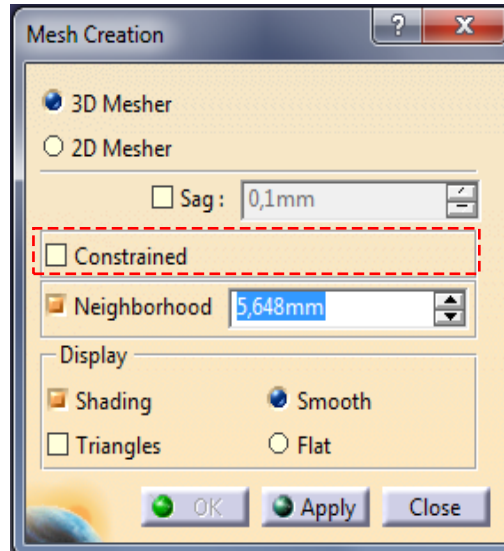
El realizar el mallado requiere un cálculo complejo. El tiempo de cálculo aumentará acorde al tamaño y la complejidad del modelo. Se puede filtrar la nube antes de realizar el mallado y así se facilitará su manipulación.

Para realizar el mallado de grandes cantidades de puntos, CATIA recomienda los siguientes ajustes:

- *Sag* = 0 mm.
- La casilla *Triangles* desactivada.
- La casilla *Shading* activada, con la opción *Smooth*.

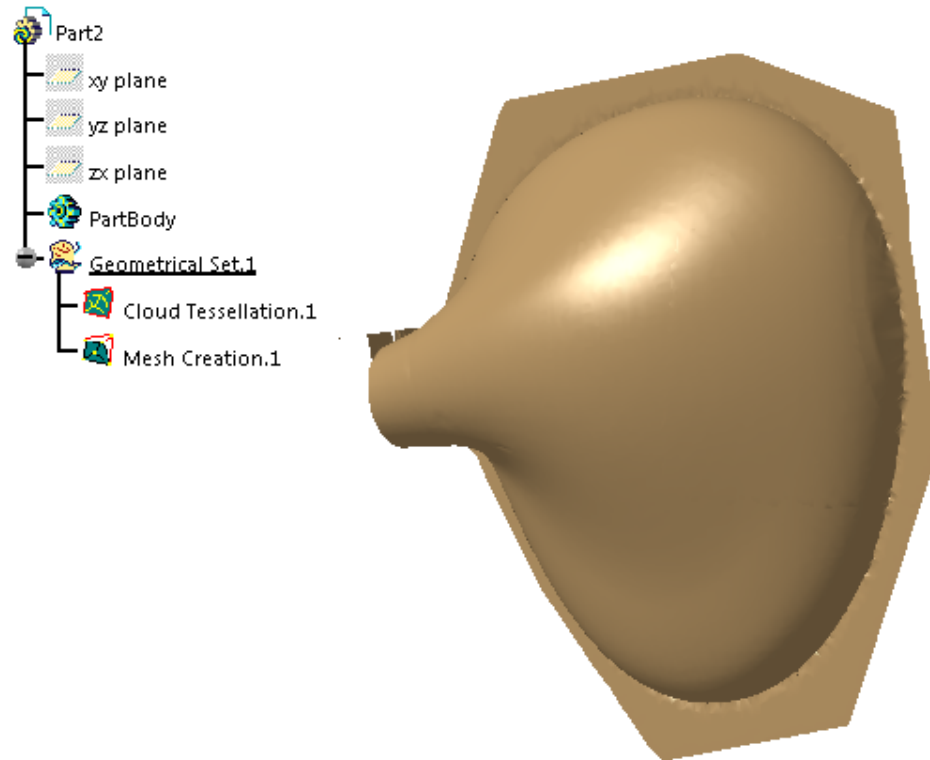
Estas opciones de visualización sólo se aplican dentro de la acción de *Mesh Creation*. Una vez que se ha validado el resultado de la acción haciendo clic en *OK*, el resultado se muestra con el modo *Smooth*, incluso si el elemento de entrada o la malla fueron validados en otro modo.

7. La opción *Constrained* es utilizada para:



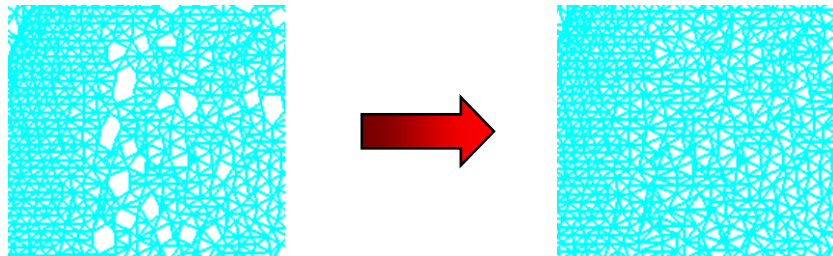
- Volver a procesar una porción de una malla añadiendo puntos a una malla existente o volviendo a procesar un mallado de una nube que no ha sido filtrada.
  - Conectar varias mallas.
8. Para una ejecución más rápida de los mallados, puede filtrar partes de las piezas o modelos de acuerdo a sus necesidades.
9. Haga clic en *Apply* para verificar y/o actualizar el resultado. Luego haga clic en *OK* para confirmar el resultado y salir de la acción. Un elemento *Mesh Creation.x* se crea en el árbol de especificaciones (por ejemplo, en el caso siguiente *Mesh Creation.1*).



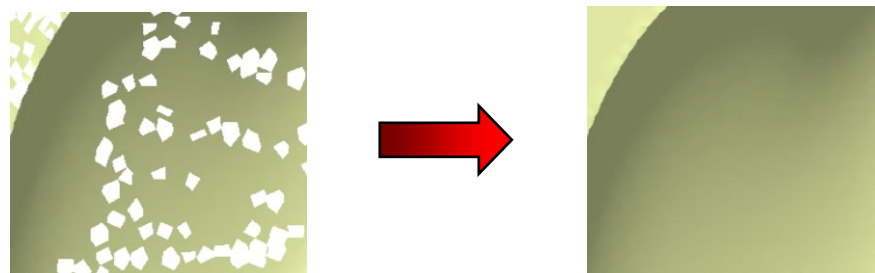


Aumente el valor de *Neighborhood* para mejorar la malla o redúzcalo para evitar el relleno de agujeros que deben permanecer como están, es decir, sin ser rellenados.

- *Triangles:*



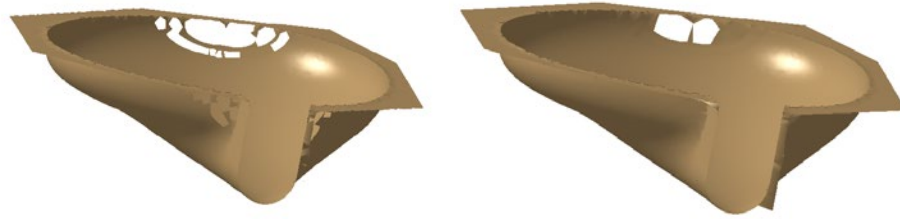
- *Shading:*




También hay que tener en cuenta que:



- En algunos casos, puede ser difícil encontrar un valor de *Neighborhood* que rellene agujeros no deseados, sin crear triángulos no deseados.




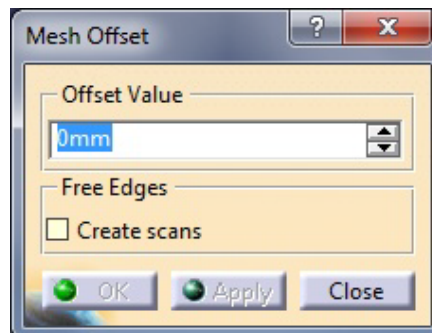
- Las costuras pueden aparecer en la malla con la opción *Smooth*:
  - Las costuras indican que las normales a las caras (facetas) tienen direcciones diferentes en este lugar.
  - En los modos 2D y 3D, algunos triángulos pueden superponerse y la malla debe ser corregida.
  - En el modo *Constrained*, las costuras muestran los límites comunes de las mallas.
- Cuando se calcula una malla restringida (con la opción *Constrained* activada), escriba 0 en el valor de *Neighborhood* para comprobar los límites de la malla. Si los bordes no son satisfactorios, modifique el plano de la malla para mejorarlos.
- Tras el cálculo de una malla restringida, dos elementos de malla están visibles en el árbol de especificaciones: la malla restringida y la malla inicial. Puede seleccionar una y luego la otra para asegurarse de que son complementarias.
- Se puede utilizar el comando *Merge Meshes*  para obtener una única malla.

### 3.7.2. Desplazamiento de una malla (*Mesh Offset*)

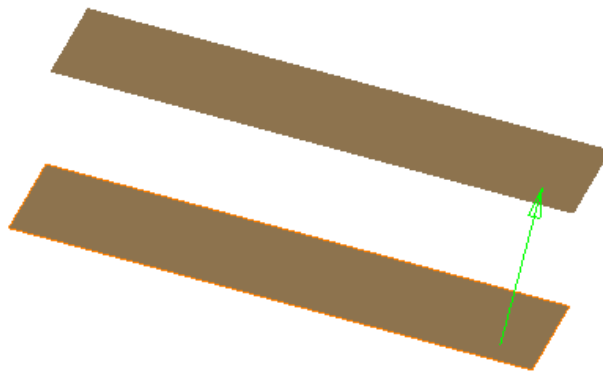
Este comando muestra cómo desplazar el mallado de una nube de puntos.

Abra el modelo [OffsetMesh1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”):

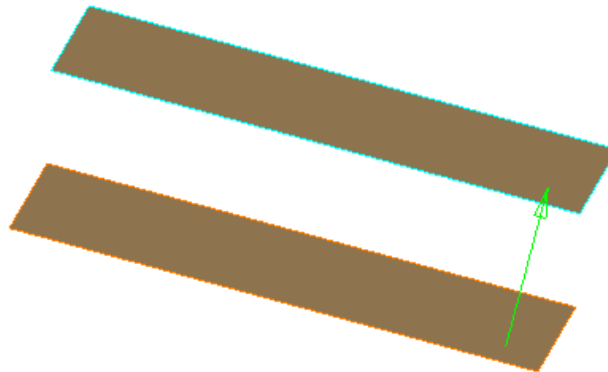
1. Haga clic en el comando *Mesh Offset*  perteneciente a la barra de herramientas *Mesh*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



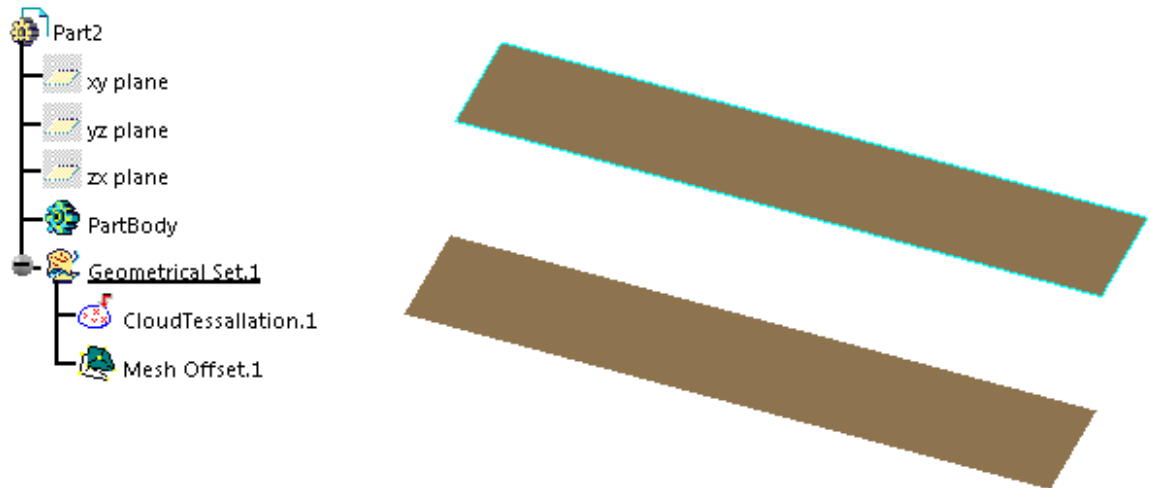
2. Seleccione la malla. El botón *Apply* pasa a estar activo al seleccionar la malla.
3. Escriba un valor de desplazamiento en el campo *Offset Value*. A continuación se muestra la malla desplazada, junto con un vector verde que representa el desplazamiento.



4. Seleccione la opción *Create scans* para crear los escaneos de los bordes libres.



5. Haga clic en *Apply* para verificar y/o actualizar el resultado. Luego haga clic en *OK* para confirmar el resultado y salir de la acción. El elemento *Mesh Offset.x* es creado en el árbol de especificaciones (en este ejemplo, *Mesh Offset.1*).



- El desplazamiento se calcula en la dirección de las normales ponderadas de los puntos.
- Para obtener mejores resultados, evite elegir valores de desplazamiento altos.

### 3.7.3. Creación de un desplazamiento (*Rough Offset*)

Este comando muestra cómo crear desplazamientos de geometrías complejas, que pueden contener tanto características afiladas como lisas.


La malla desplazada no presentará intersecciones, características demasiado pequeñas que se eliminan automáticamente.

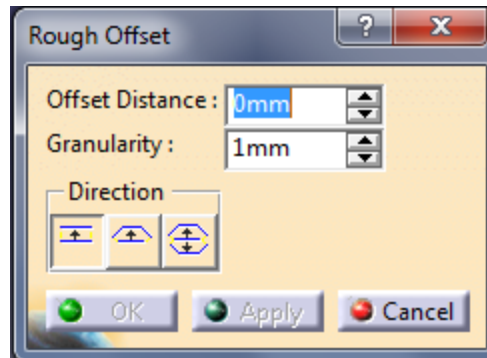
La distancia de desplazamiento se respetará a lo largo de toda la malla.

La malla a tratar:

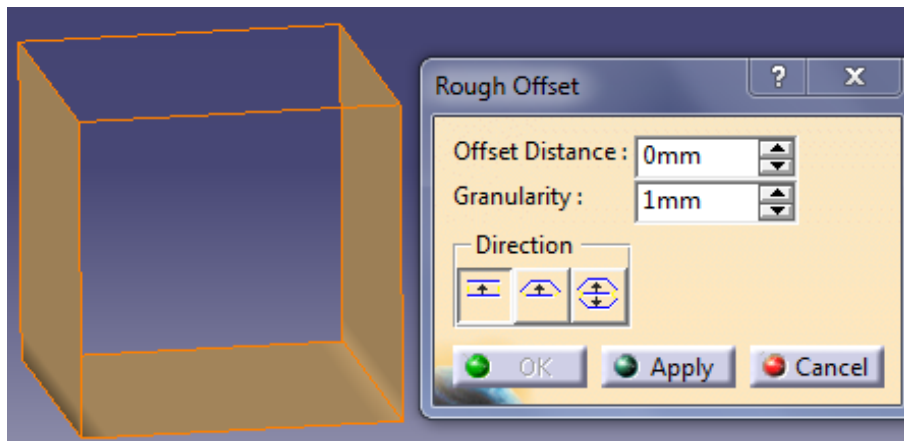
- Puede que no sea *non-manifold*. Debe usar el comando *Mesh Cleaner*.
- Puede tener como máximo un agujero.
- Puede ser hermética, estanca, o tener un solo borde.

Abra el modelo [RoughOffset1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples"):

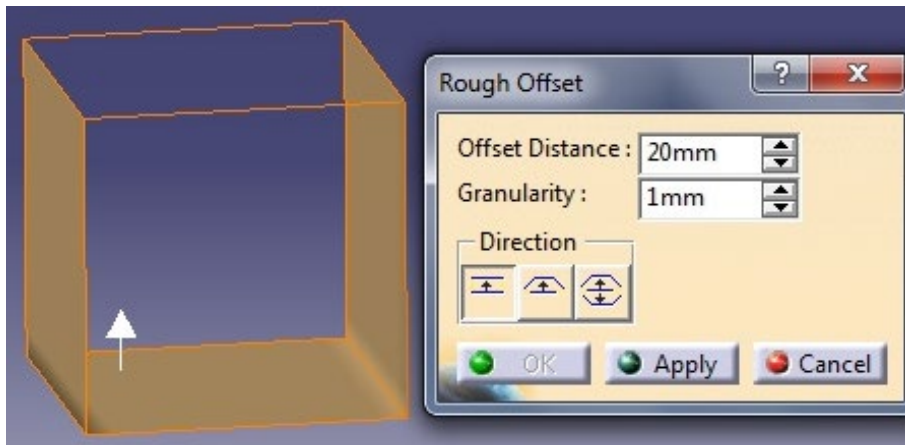
1. Haga clic en el comando *Rough Offset*  perteneciente a la barra de herramientas *Mesh*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



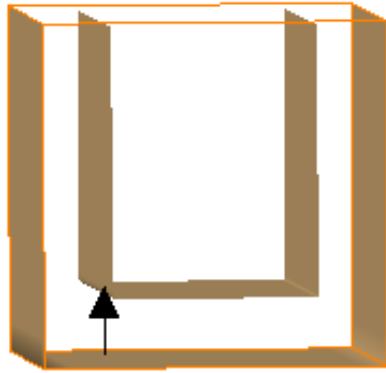
Después seleccione la malla:



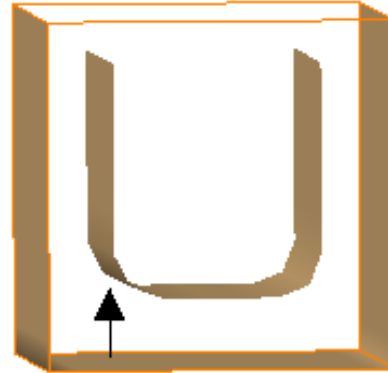
2. Una flecha simboliza la distancia de desplazamiento (*Offset Distance*) y la dirección (positiva, negativa, en ambas direcciones) que se establezca.



3. Establezca el valor de granularidad (*Granularity*) que controla la tosquedad de la malla desplazada. Cuanto menor sea el valor de granularidad, mayor será la calidad de la malla desplazada. Ejemplos:



Con un valor bajo de granularidad




Con un valor alto de granularidad

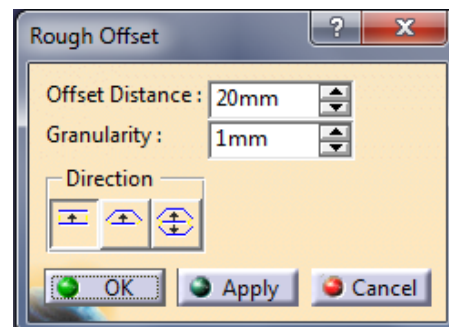
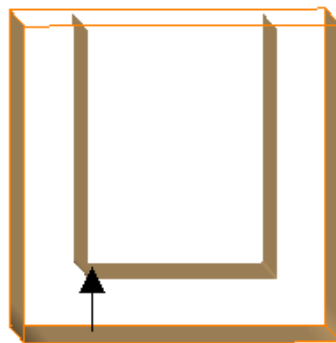
Tenga en cuenta que un valor pequeño de granularidad requerirá más tiempo y más memoria para calcular la malla desplazada.

En casos extremos, el cálculo puede ser incluso imposible. En estos casos se le solicitará aumentar el valor de granularidad.

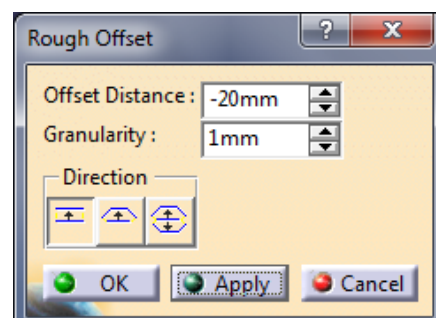
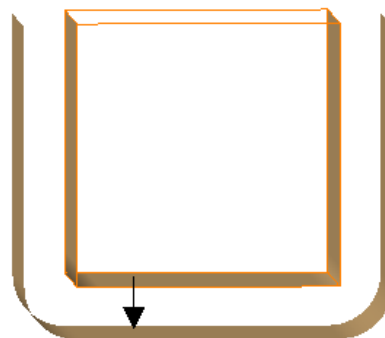
4. Haga clic en uno de los iconos de dirección para determinar cómo se realiza el desplazamiento y después haga clic en *Apply*:


En las siguientes imágenes, la malla original tiene su caja de contención destacada:

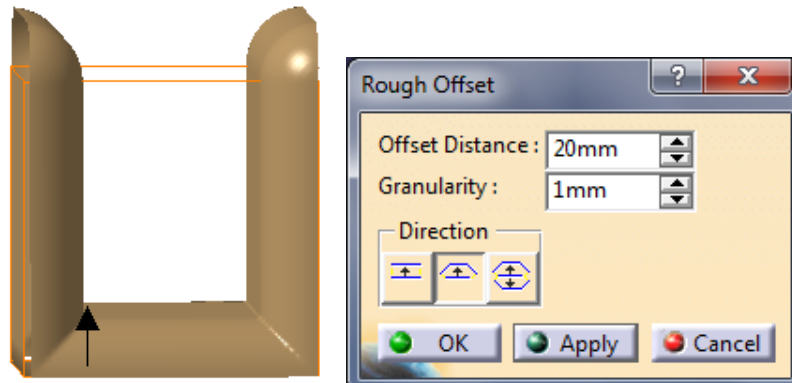
-  *One side* (un lado):
  - Con una distancia de desplazamiento (*Offset Distance*) positiva:



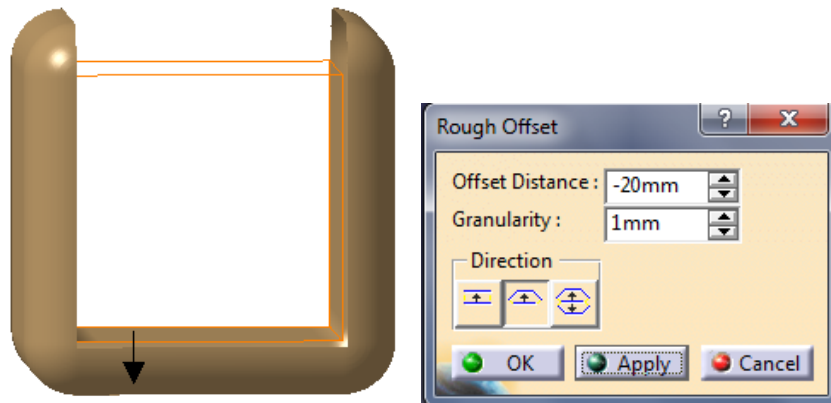
- Con una distancia de desplazamiento (*Offset Distance*) negativa:



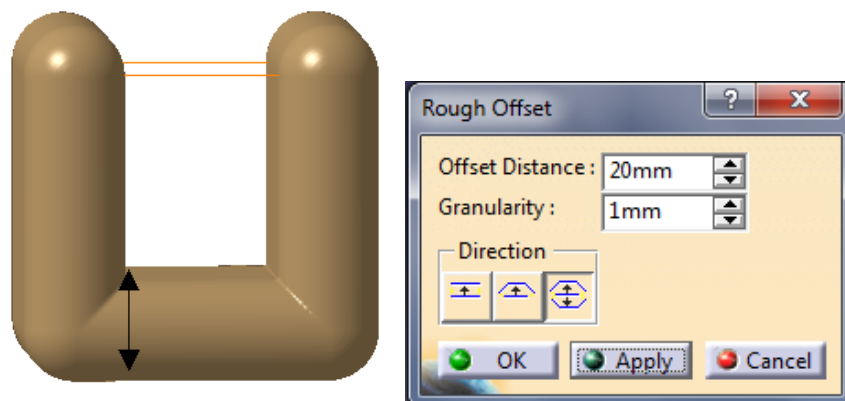
-  *One side extended* (un lado extendido):
  - Con una distancia de desplazamiento (*Offset Distance*) positiva:



- Con una distancia de desplazamiento (*Offset Distance*) negativa:

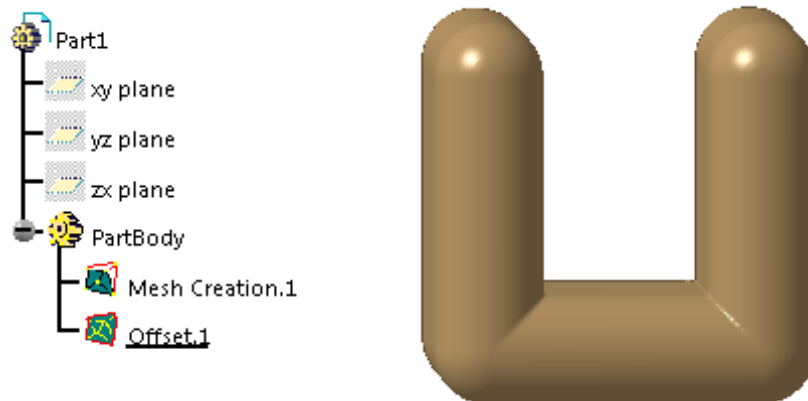


-  *Both sides* (ambos lados):
  - Con una distancia de desplazamiento (*Offset Distance*) positiva:



En este caso no es relevante realizarlo con una distancia de desplazamiento negativa, no tiene sentido.

5. Haga clic en *OK* para crear la malla desplazada y salir de la acción. El elemento *Offset.x* es creado en árbol de especificaciones (en este ejemplo *Offset.1*). O haga clic en *Cancel* para salir de la acción sin crear ninguna malla.



### 3.7.4. Voltrear los bordes (*Flip Edges*)

Este comando muestra cómo voltrear los bordes de los triángulos de una malla, para un mejor respeto de los bordes afilados, girando los bordes comunes de los triángulos de la malla pero sin modificar sus vértices.

El mallado puede volverse menos armonioso pero proporcionará un mejor respeto de la forma de la pieza porque los triángulos se orientarán en la dirección de la forma, en particular para los filetes de borde afilados.

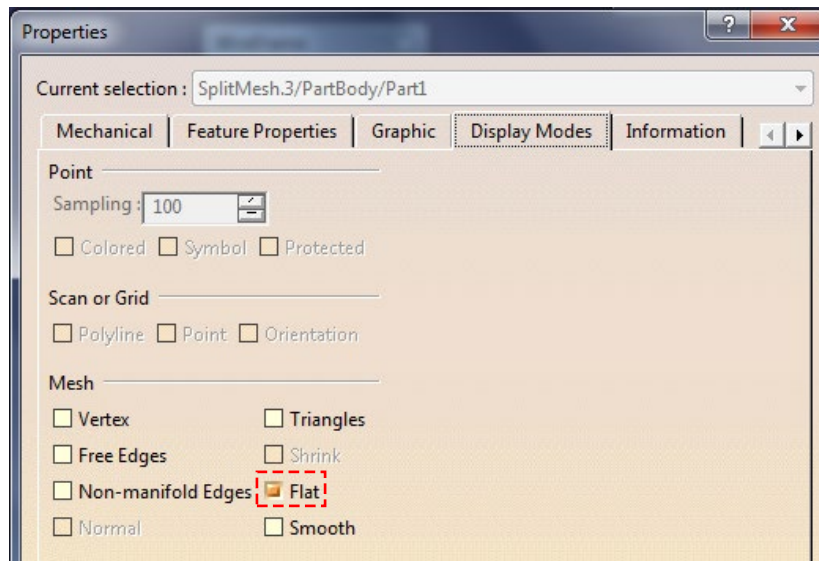
Esto es particularmente importante para las operaciones de fresado que pueda haber posteriormente.


Esta acción reorganiza el mallado sin modificar la geometría ya que los vértices no se recalculan.

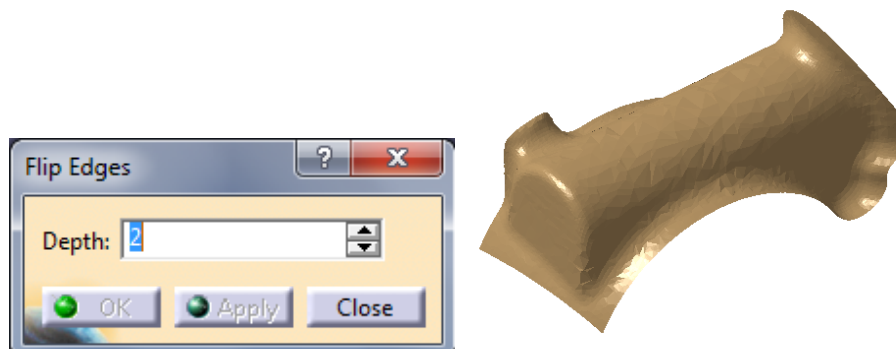
- La nueva malla hereda las propiedades gráficas y el modo de visualización de la malla inicial.
- Durante el proceso, la malla se visualiza en el modo *Flat Shading*.
- Esta acción no puede utilizarse en mallas con bordes *non-manifold*.
- Las opciones *Undo* (Deshacer) / *Redo* (Rehacer) están disponibles.
- Puede crear varios elementos *Flip\_Edge.x* en el árbol de especificaciones, correspondientes a diversos grados de reorganización de una malla dada. A continuación puede eliminar cualquiera de ellos, de acuerdo a sus necesidades.

Abra el modelo [Flippedge.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples"):

1. Para una mejor visualización, establezca el modo de visualización *Flat* a través de las propiedades del menú contextual del botón derecho del ratón:

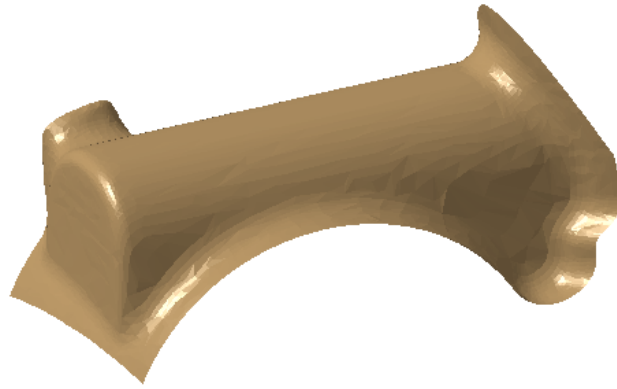


2. Haga clic en el comando *Flip Edges*  perteneciente a la barra de herramientas *Mesh*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:

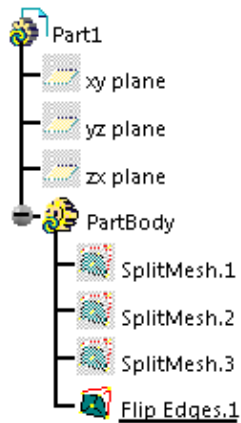


3. Finalmente, establezca el valor de profundidad (*Depth*), que determina la amplitud de la reorganización de la malla.
  - El valor de la profundidad (*Depth*) puede ser cualquier valor entre 0 y 10.
  - El valor de la profundidad predeterminado por CATIA es 2.
  - Cuando el valor de la profundidad es de 0, la acción procesa un triángulo y sus vecinos directos.
  - Cuando el valor de la profundidad es de 1, la acción procesa un triángulo, sus vecinos directos y los vecinos directos de estos últimos, y así sucesivamente a medida que se aumenta el valor de la profundidad hasta conseguir una solución final óptima.
  - El tiempo de cálculo depende del valor de la profundidad, y del tamaño de la malla a tratar.
4. Haga clic en *Apply* para iniciar la primera iteración de reorganización. Haga clic en *Apply* de nuevo para iniciar otra iteración. Puede repetir este paso tantas veces como lo desee.





5. Haga clic en *OK* para validar el resultado. Un elemento *Flip\_Edge.x* se crea en el árbol de especificaciones (en este ejemplo, *Flip Edges.1*). La malla inicial (*SplitMesh.3*) se oculta al validar el resultado.



### 3.7.5. Suavizado de una malla (*Mesh Smoothing*)

Este comando muestra cómo suavizar una malla, es decir, es un comando con el que se puede mejorar la calidad de una malla.

La nube de puntos que se importa a través del comando *Import* en el módulo *Digitized Shape Editor* puede ser ruidosa, por diversas razones, principalmente debido a una pobre precisión de digitalización en los bordes de las piezas.

Este ruido se encuentra otra vez en las mallas calculadas a partir de estas nubes de puntos o importadas en formato STL.


Las consecuencias son:

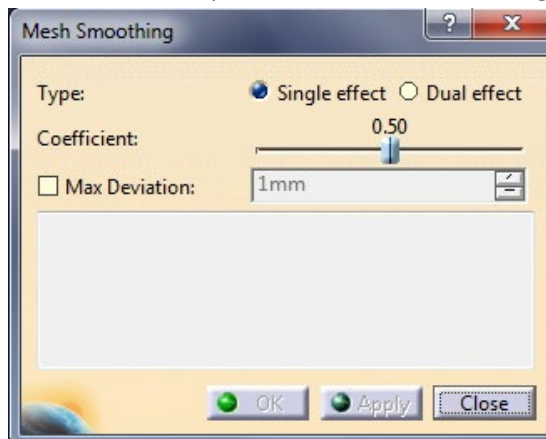
- Escaneos muy ruidosos producidos con el comando *Planar Sections* o mediante acciones de segmentación.
- La reconstrucción de curvas o superficies onduladas y/o de orden muy alto.

Esto se puede evitar en parte al suavizar la malla.

- Esta acción no se puede utilizar en mallas con bordes *non-manifold*.
- Dado que el volumen de la pieza se reduce, algunas pequeñas facetas pueden ser invertidas por el mallado. Por lo tanto, CATIA recomienda alternar las acciones de *Mesh Smoothing* y *Flip Edges*.
- Utilice el comando *Activate* para tratar sólo una parte de una nube.

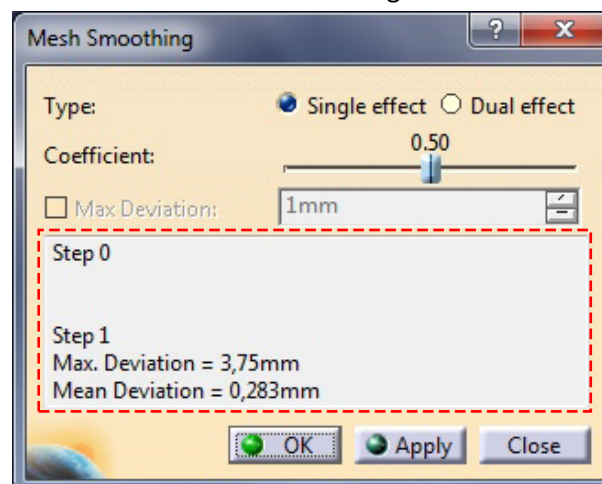
Abra el modelo [SmoothMesh01.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples"):

1. Haga clic en el comando *Mesh Smoothing*  perteneciente a la barra de herramientas *Mesh*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:

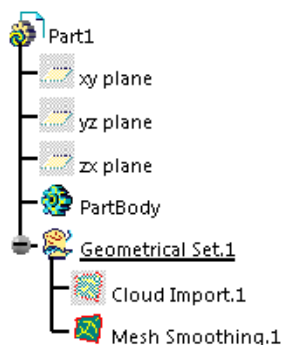


2. Seleccione una malla.
3. Seleccione el tipo de suavizado:
  - *Single effect* si no hay ningún borde afilado en la malla a tratar.
    - Los radios pequeños se borrarán.
    - El volumen de la pieza se reducirá (contracción hacia el centro de gravedad de la pieza).
  - *Dual effect* para reducir la distancia entre los valores extremos y la superficie, y reducir la eliminación de los radios pequeños.
    - La reducción del volumen de la pieza es menor.
    - Un gran desplazamiento de uno de los vértices hacia el interior puede provocar que los vértices vecinos se muevan hacia el exterior.
4. Otros dos controles están disponibles:
  - *Coefficient*: equilibra el efecto de la nueva posición teórica en comparación con la posición original. Esto varía de 0 (el vértice no se mueve) a 1 (el vértice se mueve a la posición calculada).

- *Max. Deviation*: Seleccione esta casilla para controlar la desviación máxima permitida (el desplazamiento se mantendrá bajo el valor establecido), es decir, sirve para controlar la precisión.
  - La desviación es la distancia entre un vértice y su posición inicial (no entre su posición actual y la de la iteración anterior).
  - Por lo tanto, si quiere controlar la desviación máxima, debe activar la casilla *Max. Deviation* antes de realizar la primera iteración, es decir, antes de que haga clic por primera vez en *Apply* (a partir de la primera iteración dicha casilla dejará de estar disponible).
  - Para una mejor apreciación de la calidad de las mallas intermedias, las mallas se muestran dentro de la acción en el modo de visualización *Flat Shading*.
  - Además, para cada paso las desviaciones máximas y las desviaciones medias se muestran en el cuadro de diálogo.

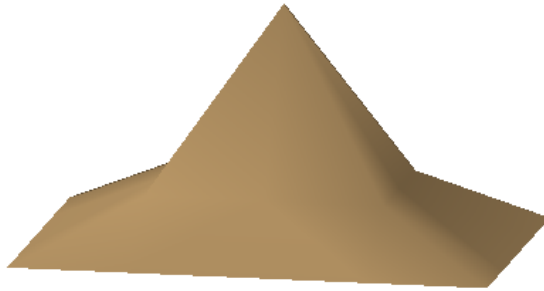


5. Haga clic en *Apply*: una nueva malla es calculada. Esta acción es un proceso iterativo: haga clic en *Apply* de nuevo para suavizar la malla propuesta.
6. Haga clic en *OK* una vez que esté satisfecho con el resultado. Un elemento *Mesh Smoothing.x* se crea en el árbol de especificaciones (en este ejemplo, *Mesh Smoothing.1*). La malla original (*Cloud Import.1*) se oculta automáticamente al validar el resultado.

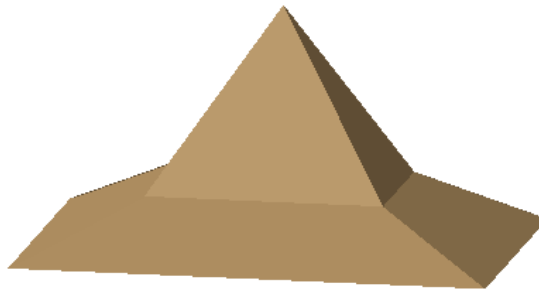


Ejemplos:

- Pieza original, antes de entrar en la acción, es decir, en el modo de visualización *Smooth Shading*:



- Pieza original al entrar en la acción, es decir, en modo de visualización *Flat Shading*:



- *Single effect*, en modo de visualización *Flat Shading*:



- *Single effect*, en modo de visualización *Smooth Shading* (después de salir de la acción):



- *Dual effect*, en modo de visualización *Flat Shading*:



- *Dual effect*, en modo de visualización *Smooth Shading* (después de salir de la acción):

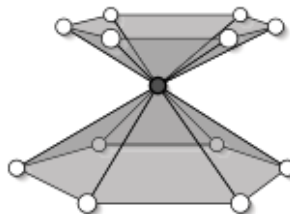


### 3.7.6. Limpieza de una malla (*Mesh Cleaner*)

Este comando muestra cómo limpiar una malla, es decir, se trata de eliminar los defectos que tenga la malla para así mejorar su calidad.

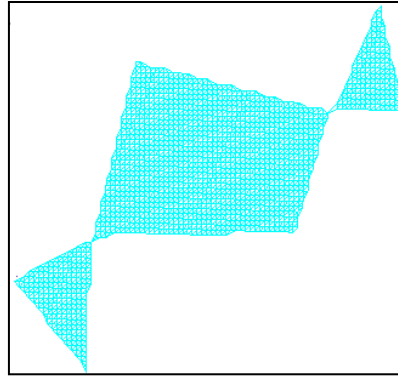
Los archivos importados con formato STL o las mallas generadas a partir de nubes de puntos pueden presentar algunas irregularidades como:

- Triángulos corruptos, es decir, triángulos que tienen el mismo vértice dos veces.
- Triángulos duplicados, es decir, triángulos que comparten los mismos tres vértices.
- Orientación incoherente, es decir, triángulos que no pueden orientarse coherentemente con respecto a los demás.
- Bordes *non-manifold*, es decir, bordes compartidos por más de dos triángulos.
- Vértices *non-manifold*, es decir, vértices compartidos por dos o más conchas conectadas, tal y como se observa en la siguiente figura.

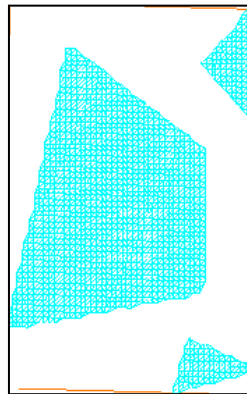


Una malla también puede presentar algunos problemas estructurales, tales como:

- Problemas de orientación, es decir, todos los triángulos no están orientados en la misma dirección.
- Triángulos aislados, es decir, triángulos pertenecientes a pequeñas áreas conectadas a la malla.



- Zonas desconectadas, es decir, la malla está compuesta de varias zonas desconectadas.



- Triángulos con bordes largos.


El comando *Mesh Cleaner* propone dos familias de tratamiento sobre estas mallas:

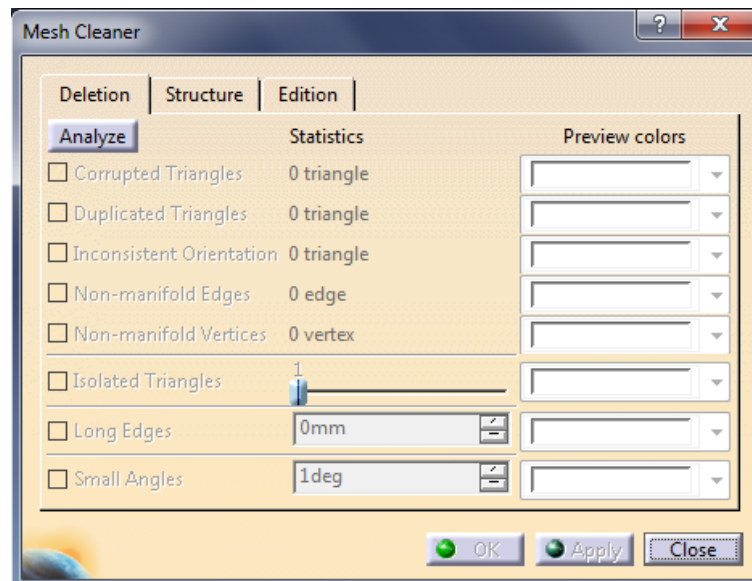
- *Deletion* (Supresión), es decir, visualización y eliminación de triángulos dañados o duplicados, de triángulos con una orientación incoherente, de bordes o aristas *non-manifold*, de vértices *non-manifold* o de triángulos aislados y triángulos con bordes largos.
- *Structure* (Estructura), es decir, reorientación o división.
- *Edition* (Edición), por ejemplo, colapso de triángulos delgados.

Puede procesar simultáneamente varios tipos de problemas en la pestaña *Deletion*. Sin embargo, los problemas de estructura (*Structure*) deben ser procesados por separado.

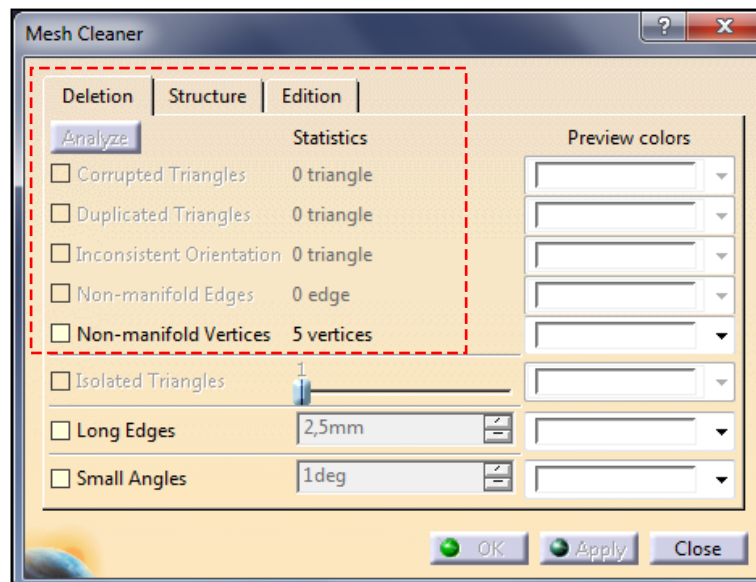
Abra el modelo [MeshCleaner1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”) para estudiar los procesos de *Deletion* y *Structure*:

a) *Deletion*:

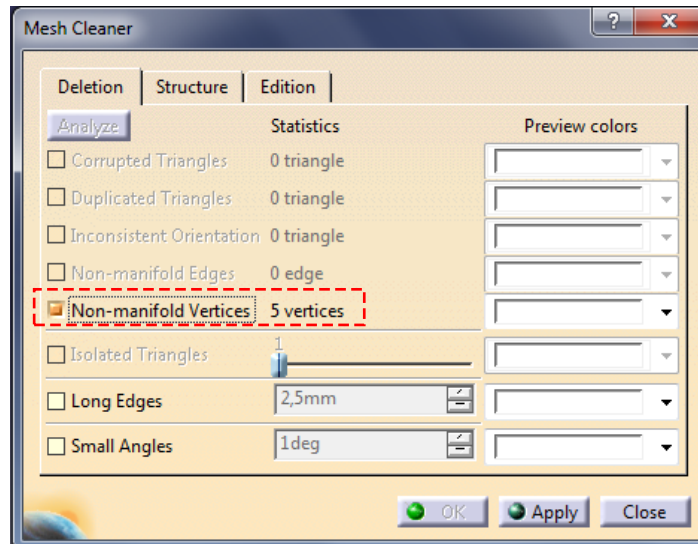
1. Haga clic en el comando *Mesh Cleaner*  perteneciente a la barra de herramientas *Mesh* y seleccione la malla. A continuación, aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



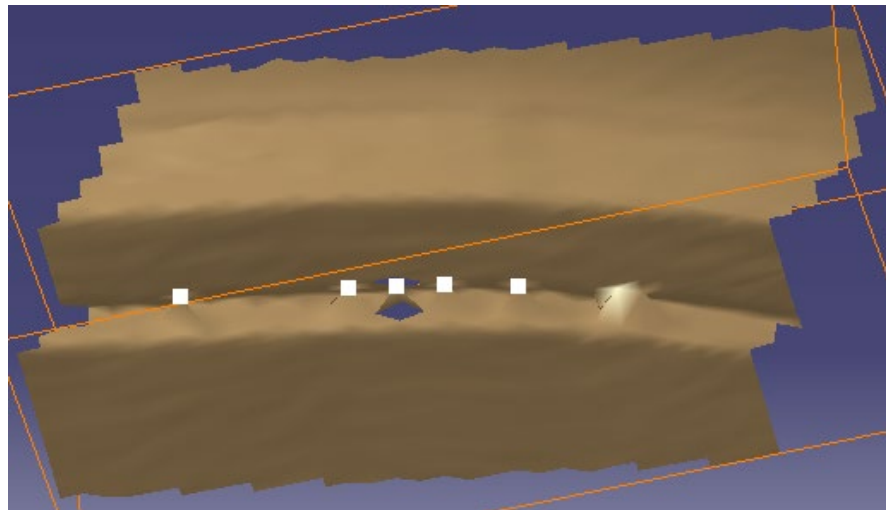
- En la pestaña *Deletion*, haga clic en *Analyze* (Analizar).  
Una vez terminado el análisis, las líneas correspondientes a los problemas encontrados se vuelven activas.  
La columna *Statistics* (Estadísticas) se actualiza con el número de casos encontrados.  
Aquí, en este ejemplo, sólo se han encontrado vértices *non-manifold*, y hay 5 de estos vértices.



- Se pueden visualizar los problemas encontrados:  
Seleccione las casillas de los problemas que desea visualizar. Por defecto, los problemas encontrados se visualizan de color blanco.

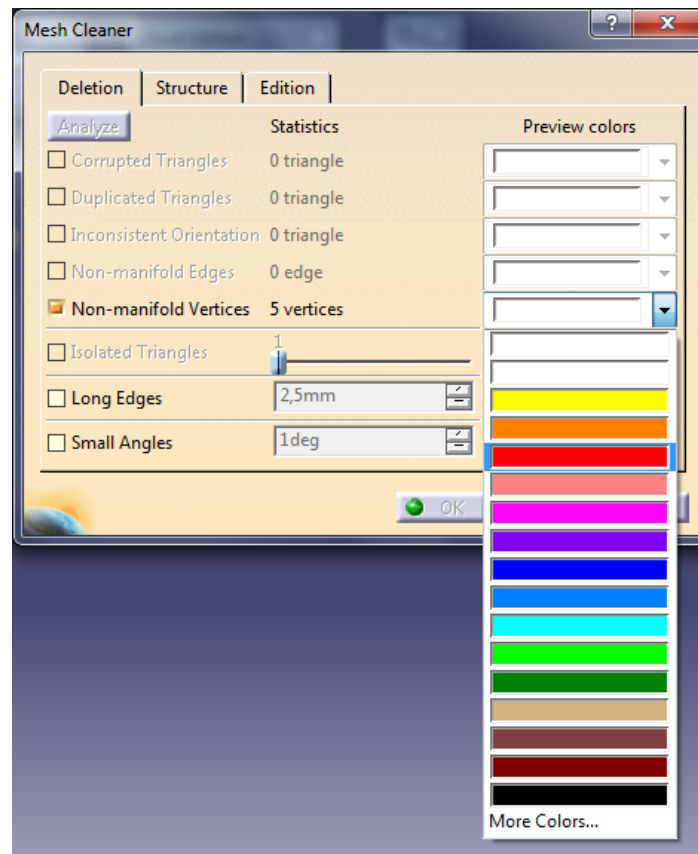


Se observan los 5 vértices *non-manifold* sobre la malla:

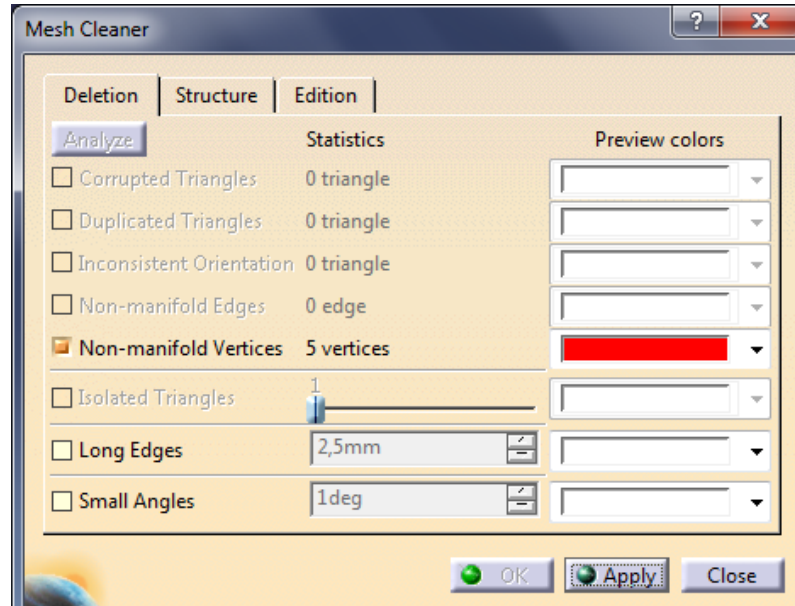


Se puede elegir otro color a través de la lista desplegable *Preview colors*:

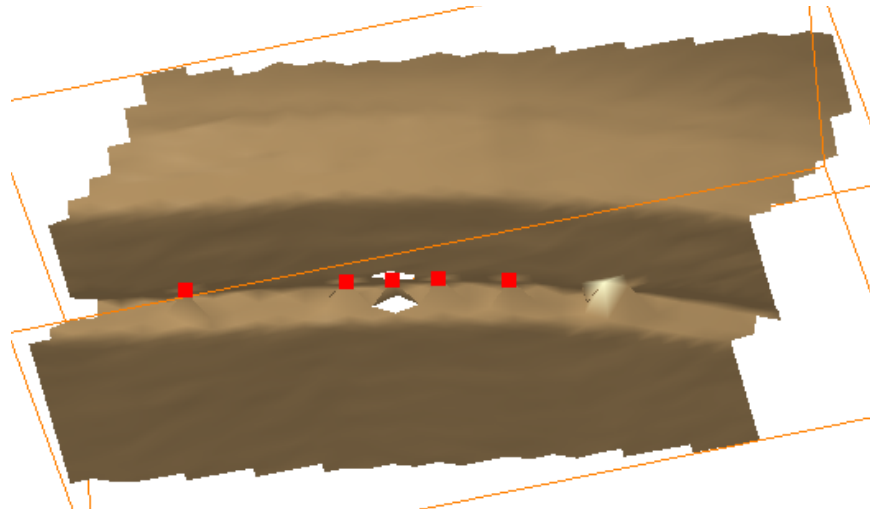




Por ejemplo, seleccionando el color rojo:



Ahora se muestran en color rojo los 5 vértices *non-manifold* sobre la malla:



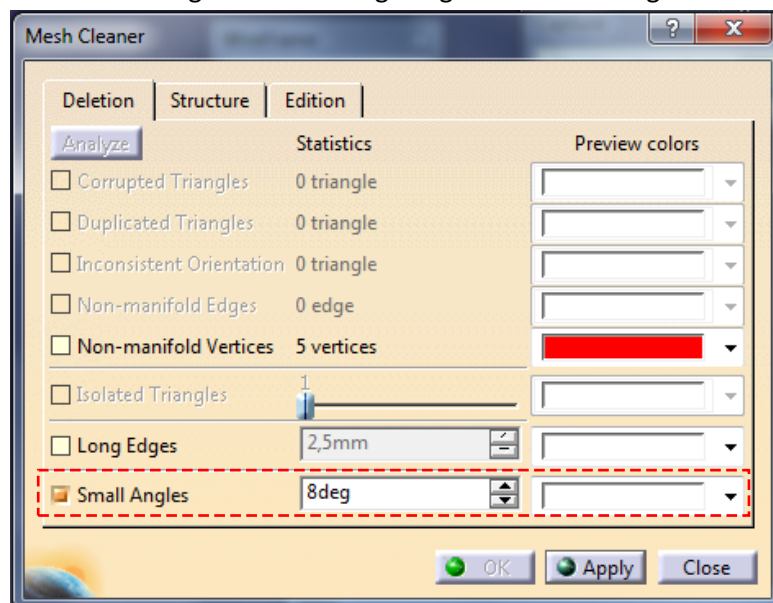
4. Para triángulos aislados (*Isolated Triangles*), utilice el control deslizante para definir el número máximo de triángulos que una zona desconectada pueda contener.

Si ajusta el control deslizante a “n”, todas las áreas que contienen entre 1 y “n” triángulos serán visualizadas, y después eliminadas.

Los valores límite del control deslizante se definen según la malla.


5. Para bordes largos, utilice el campo *Long Edges* para definir la longitud máxima permitida de arista de los triángulos. Todos los triángulos con longitudes de arista mayores a dicho valor serán eliminados.
6. Seleccione la casilla *Small Angles* e introduzca el valor de 8 deg (8 grados) como el valor a ser considerado como ángulo pequeño.

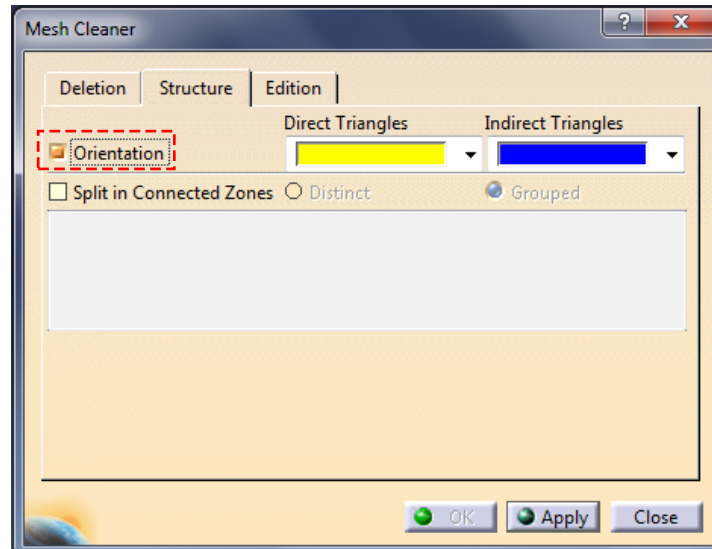
Se mostrarán los triángulos con un ángulo igual o menor a 8 grados.



7. Haga clic en *Apply* para eliminar los elementos no deseados y en *OK* para salir de la acción y guardar la pieza procesada.

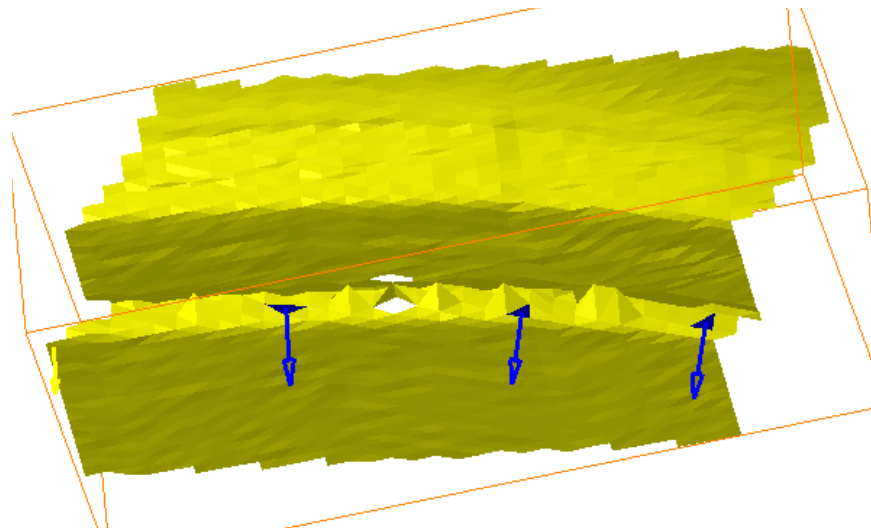
b) *Structure*:

1. Haga clic en el comando *Mesh Cleaner*  perteneciente a la barra de herramientas *Mesh* y seleccione la malla. A continuación, aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. En la pestaña *Structure*, seleccione la casilla *Orientation*.

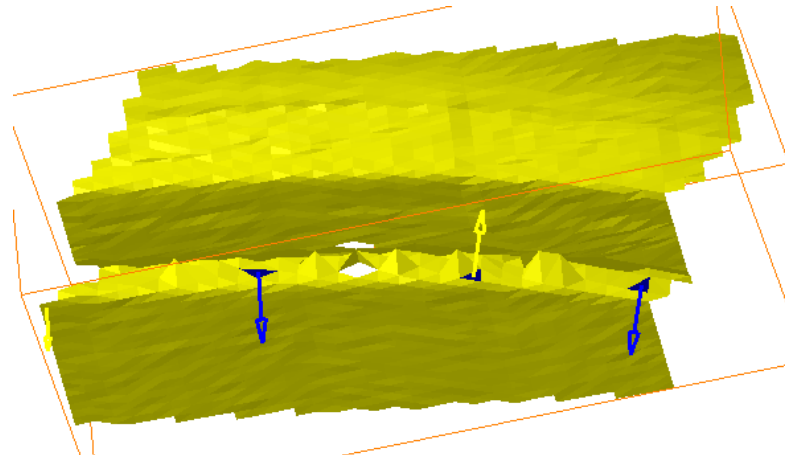


Tanto los triángulos directos (*Direct Triangles*) como los triángulos indirectos (*Indirect Triangles*) se muestran en el color que se quiera elegir a través de las listas desplegables.

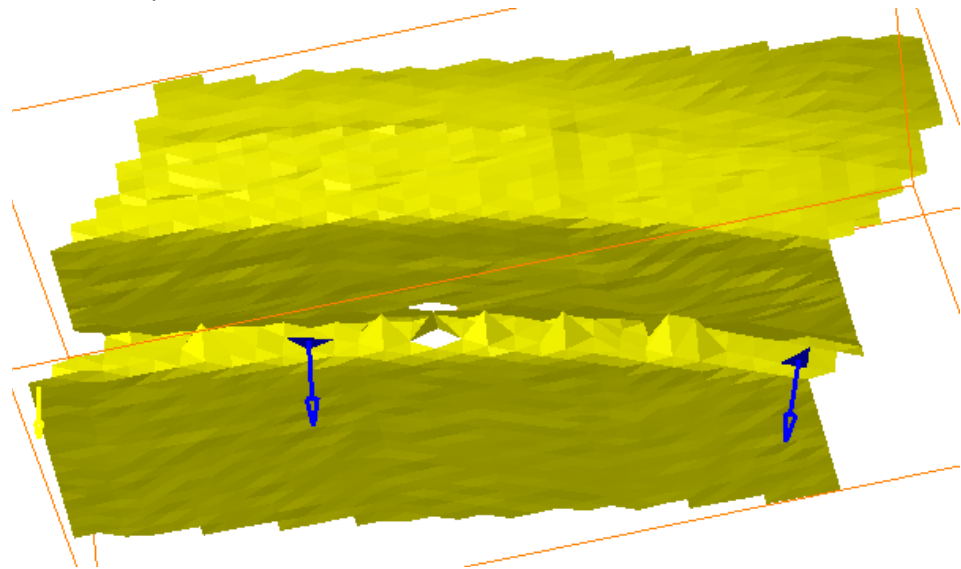
Los triángulos que son candidatos para una reorientación se muestran a través de una flecha:



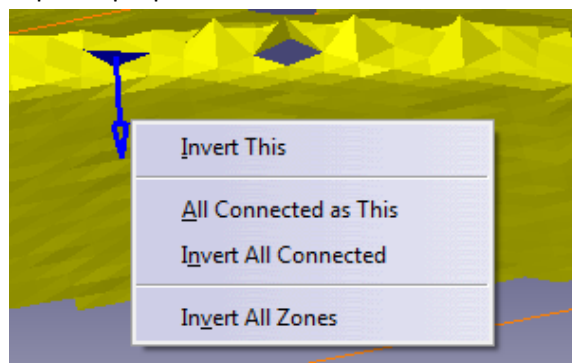
Haga clic en la flecha de los triángulos que desea reorientar. El color y la dirección de dicha flecha cambian:



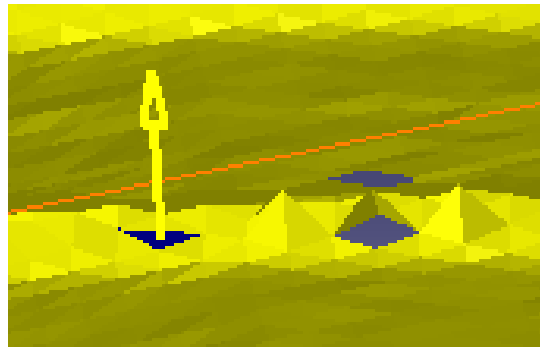
Haga clic en *Apply*. Los triángulos seleccionados son reorientados, siempre y cuando sea posible.



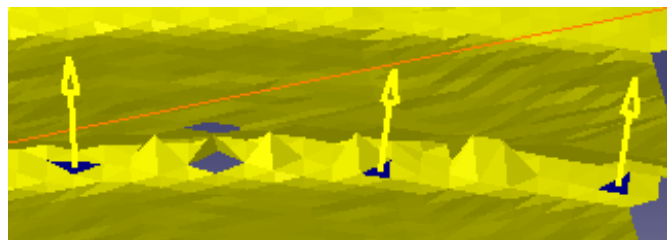
Tenga en cuenta que se proporciona un menú contextual en cada flecha:



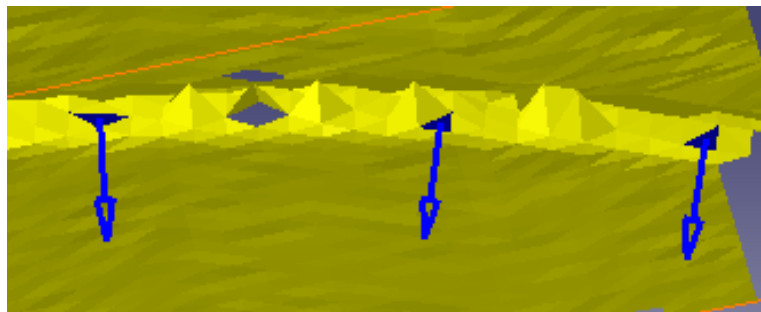
- *Invert This*: Invierte la orientación del área vinculada a la flecha. Equivale a hacer clic en la flecha.



- *All Connected as This*: Se aplica la misma orientación a todas las áreas relacionadas con la vinculada a la flecha.



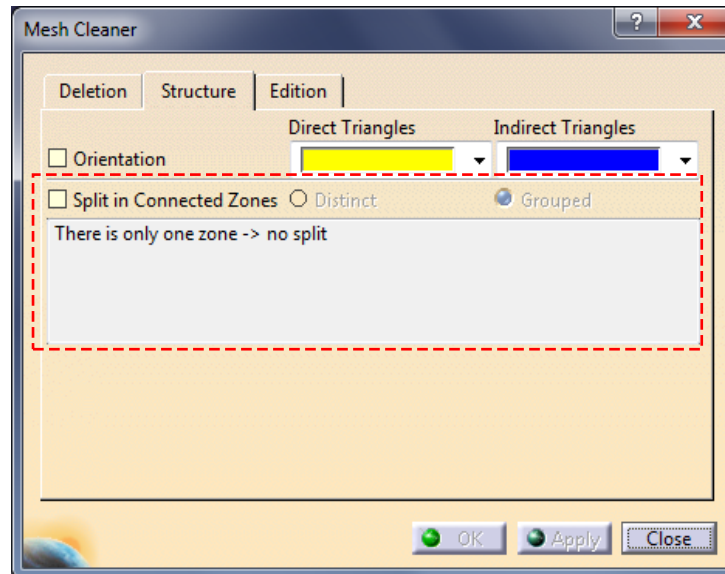
- *Invert All Connected*: Invierte la orientación del área conectado a la flecha y de todas las áreas conectadas a ella.



- *Invert All Zones*: Invierte la orientación de todas las áreas de la malla.



3. Seleccione la casilla *Split in Connected Zones*.  
Si sólo hay una zona, la opción *Split* (dividir) no es posible y por tanto la casilla *Split in Connected Zones* no puede ser seleccionada.




Si se encuentran zonas conectadas, el cuadro de texto se actualiza con el número de zonas conectadas encontrado. Elija dividir esas zonas en zonas diferentes (*Distinct*) o en una zona agrupada (*Grouped*).

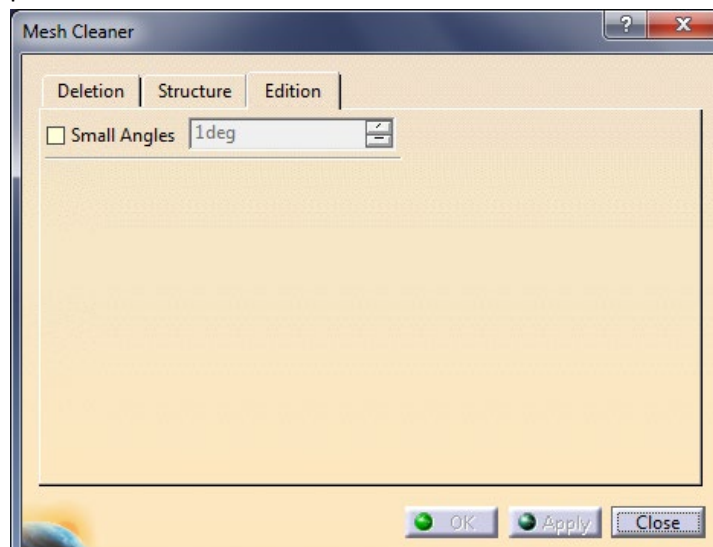
Haga clic en *Apply*. Elementos *SubMesh.x* son entonces creados en el árbol de especificaciones.

4. Haga clic en *OK* para guardar la pieza procesada y salir de la acción.

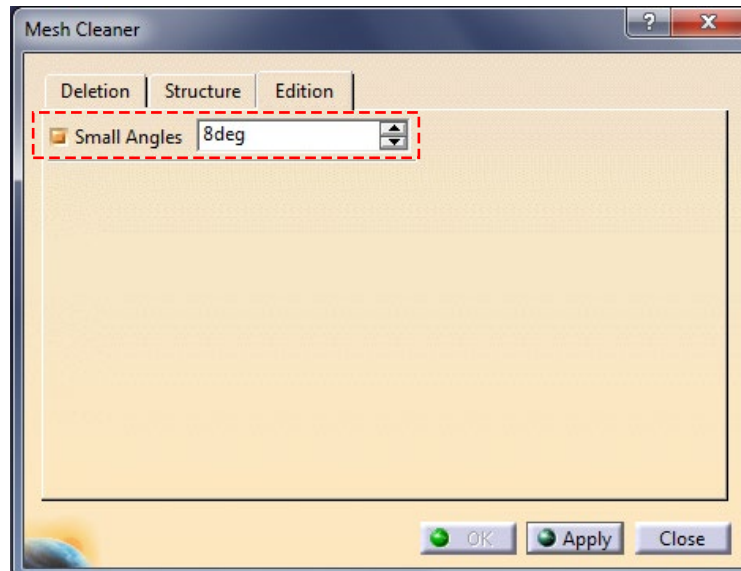
c) *Edition*:

Abra el modelo [MeshCleaner2.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples") para estudiar el proceso de *Edition*:

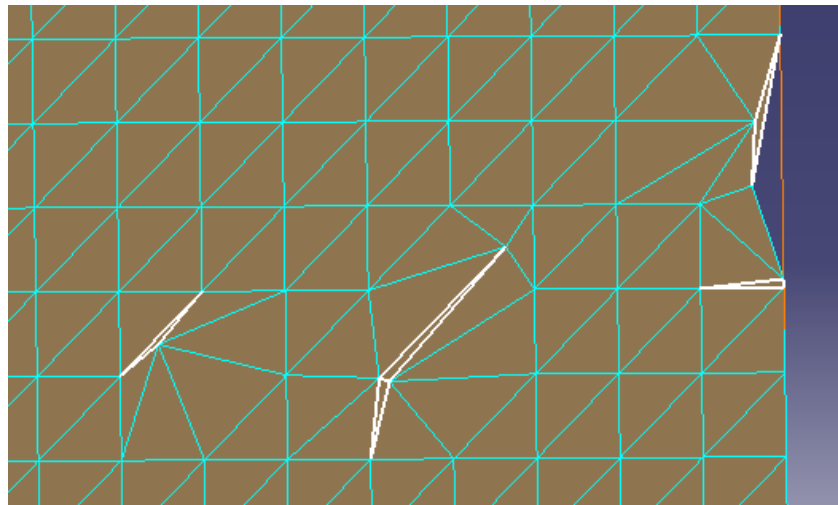
1. Haga clic en el comando *Mesh Cleaner*  perteneciente a la barra de herramientas *Mesh* y seleccione la malla. A continuación, aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Vaya a la pestaña *Edition*.



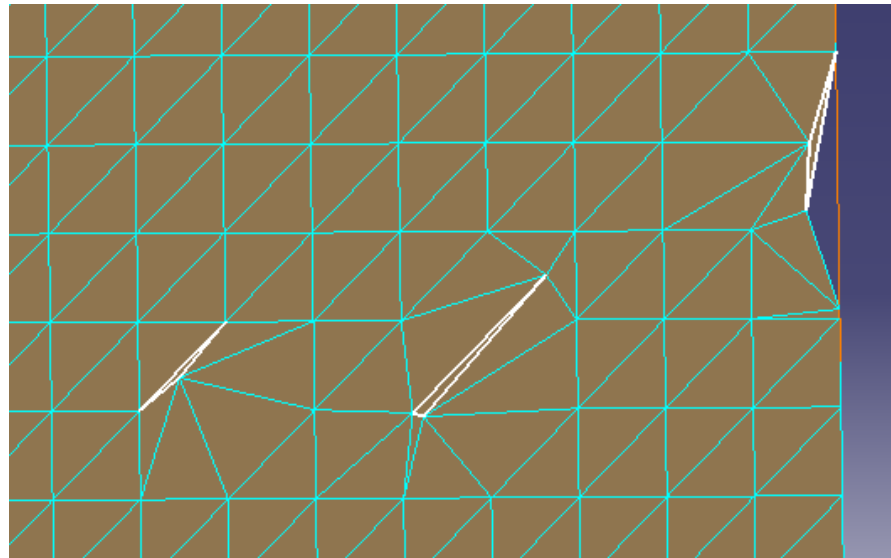
Seleccione la casilla *Small Angles* e introduzca 8 deg (8 grados) como el valor a ser considerado como ángulo pequeño, con lo que seguidamente se mostrarán los triángulos con un ángulo igual o inferior a 8 grados.



Triángulos con un ángulo inferior o igual a 8 grados:

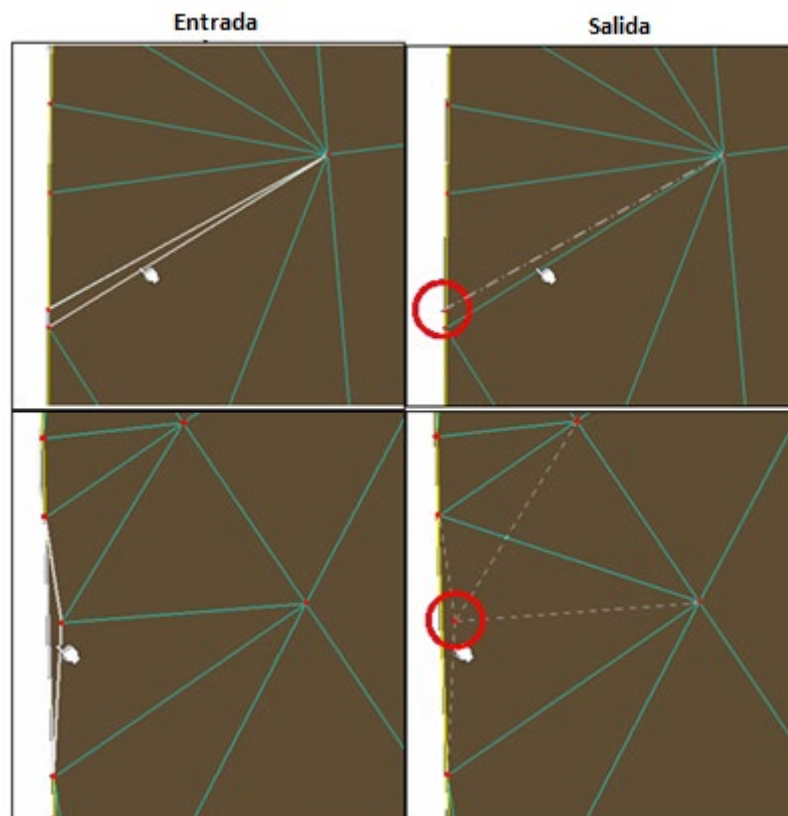


Cambie el valor a 6 deg (6 grados). Comprobará que hay menos triángulos que cumplen este criterio.

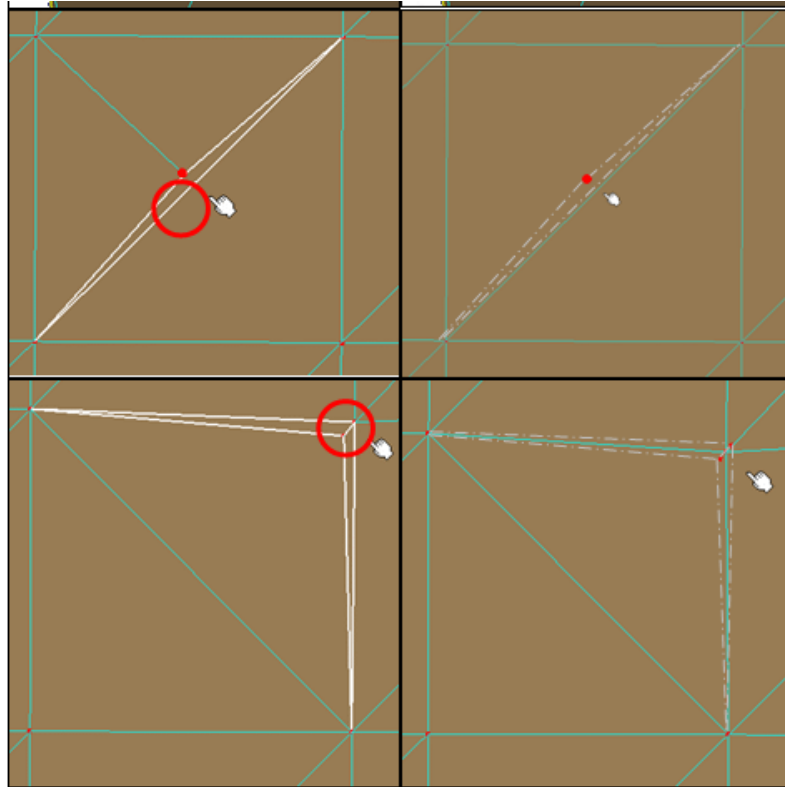


3. Haga clic en *Apply* y dichos triángulos colapsarán. Si se vuelve a introducir el valor de 8 grados, sólo los triángulos con ángulos entre 6 y 8 grados serán resaltados.  
Haga clic en *OK* para validar y salir del cuadro de diálogo.

A continuación se muestran algunos ejemplos de cómo colapsan los triángulos de una malla:








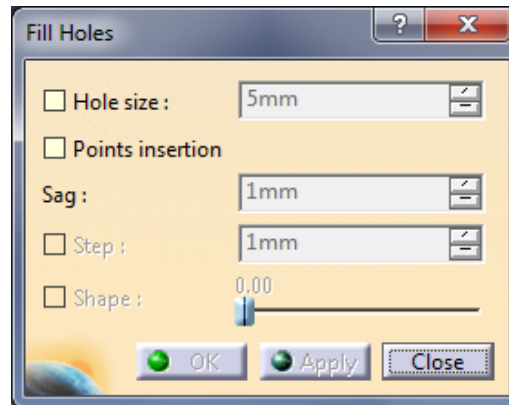
### 3.7.7. Rellenar agujeros en mallas (*Fill Holes*)

Este comando muestra cómo rellenar los agujeros de una malla con las siguientes ventajas:

- Puede seleccionar los agujeros manualmente o automáticamente.
- El relleno puede ser básico (sin insertar puntos, remallado básico) o más sofisticado (insertando puntos, y el mallado puede ser plano o curvado).

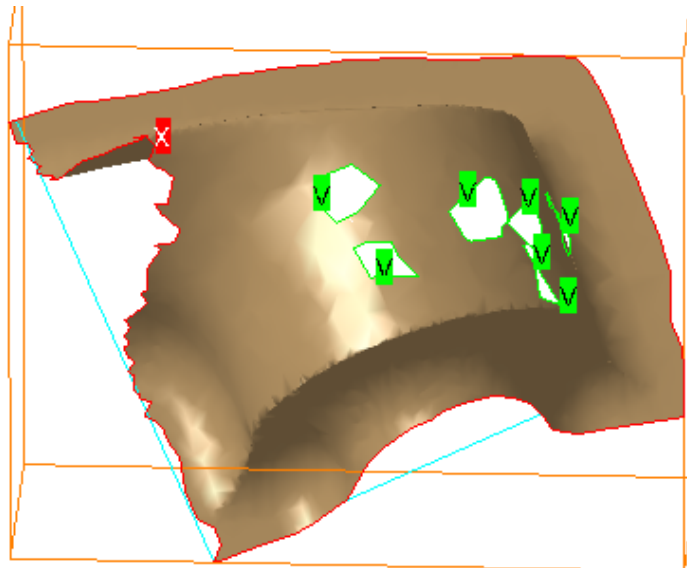
Abra el modelo [Fillhole1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”):

1. Seleccione el comando *Fill Holes*  perteneciente a la barra de herramientas *Mesh* y seleccione *Cloud Import.1*. Aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:

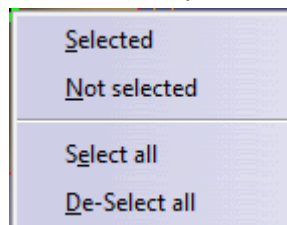


Se realiza un primer reconocimiento de los agujeros:

- X significa que el agujero no está seleccionado.
- V significa que el agujero sí está seleccionado.
- El agujero más grande encontrado es considerado como “exterior”. Puesto que generalmente no se quiere rellenar la parte exterior de la pieza, este agujero no está seleccionado, pero se puede cambiar su estado.



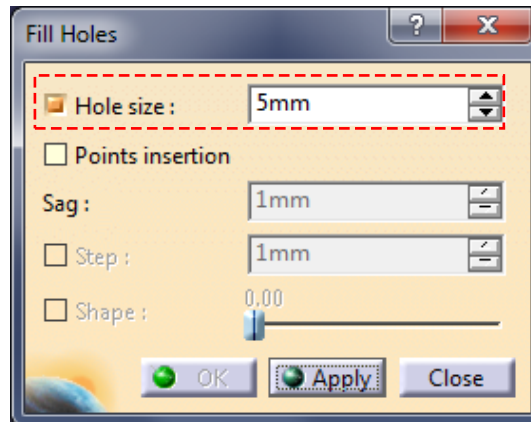
2. Haga clic en la etiqueta para seleccionar o deseleccionar un agujero o haga clic en la etiqueta a través del botón derecho del ratón para visualizar el menú contextual:



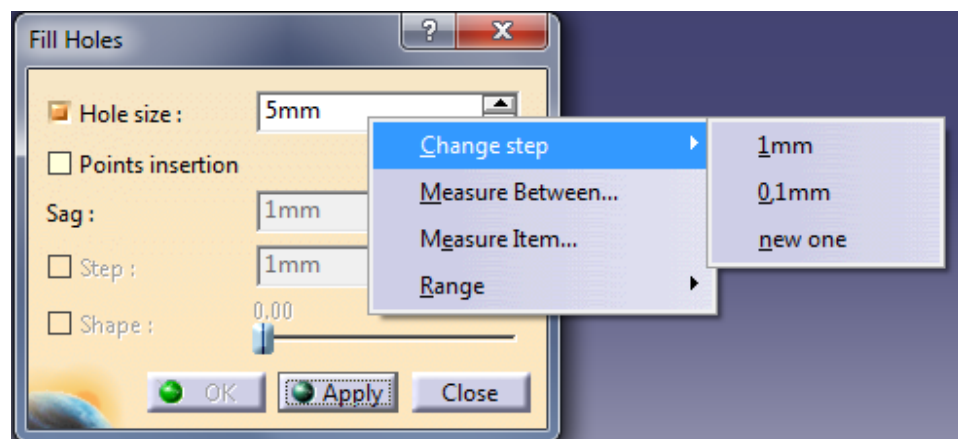
Utilice *Selected/Not selected* para actuar sobre un solo agujero, y *Select all/De-Select all* para actuar sobre todos los agujeros a la vez.

3. Si desea seleccionar los agujeros para rellenarlos automáticamente, active la casilla *Hole size*. Al activar dicha casilla se visualiza una esfera. Se puede cambiar el diámetro de dicha esfera a través del cuadro de diálogo:

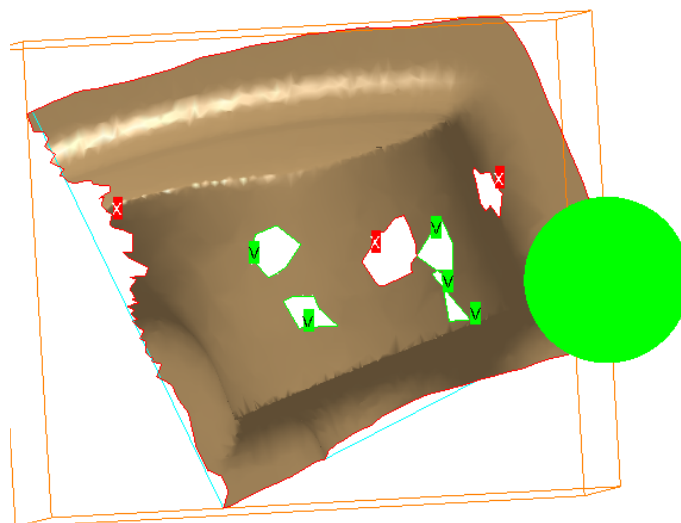
- Ya sea escribiendo el valor deseado dentro de su campo:



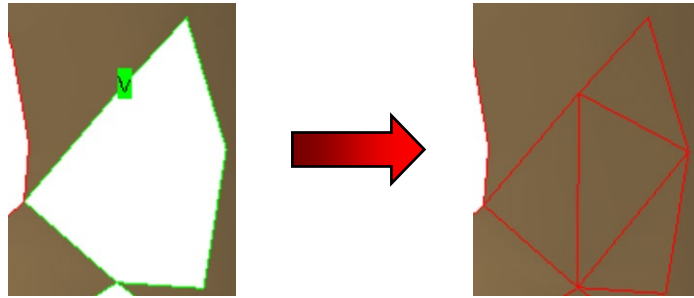
- O a través del menú contextual de dicho campo usando el botón derecho del ratón:



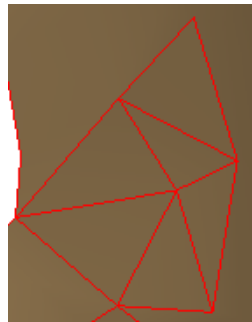
Todos los agujeros más pequeños que esta esfera son seleccionados. Por ejemplo, en este caso con un valor de *Hole size* de 5 mm se tiene el siguiente resultado:



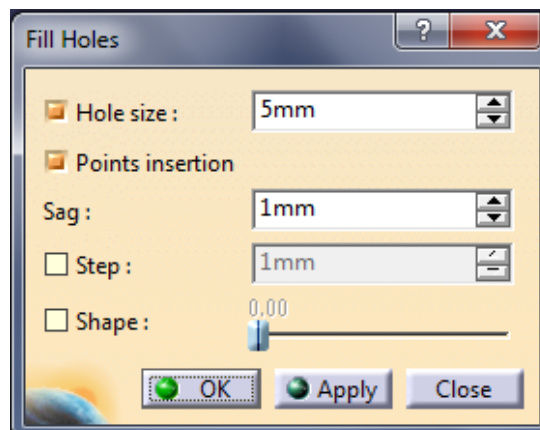
- Haga clic en *Apply*. Inmediatamente se calcula un mallado básico para rellenar el agujero seleccionado.



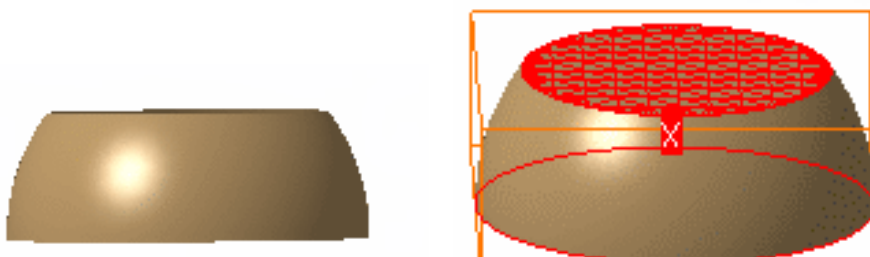
- Cierre el cuadro de diálogo y repita el paso anterior con la casilla *Points insertion* activada y haga clic en *Apply*. Un nuevo mallado se calcula, con más puntos de mallado que en el caso anterior:



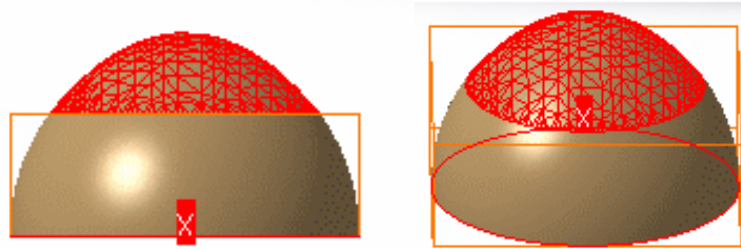
Con esta opción, se puede establecer un valor de *Sag* y un valor de *Step* (es decir, la longitud máxima de los bordes de la malla), ya sea directamente o a través del menú contextual.



- Por defecto, el relleno es plano:



Seleccione la casilla *Shape* para un relleno curvo. El relleno se calcula sobre una superficie virtual y el coeficiente de curvatura de la cual, es controlado por el control deslizante o regulador que hay a la derecha de dicha casilla: aumente este coeficiente para aumentar la curvatura del relleno.



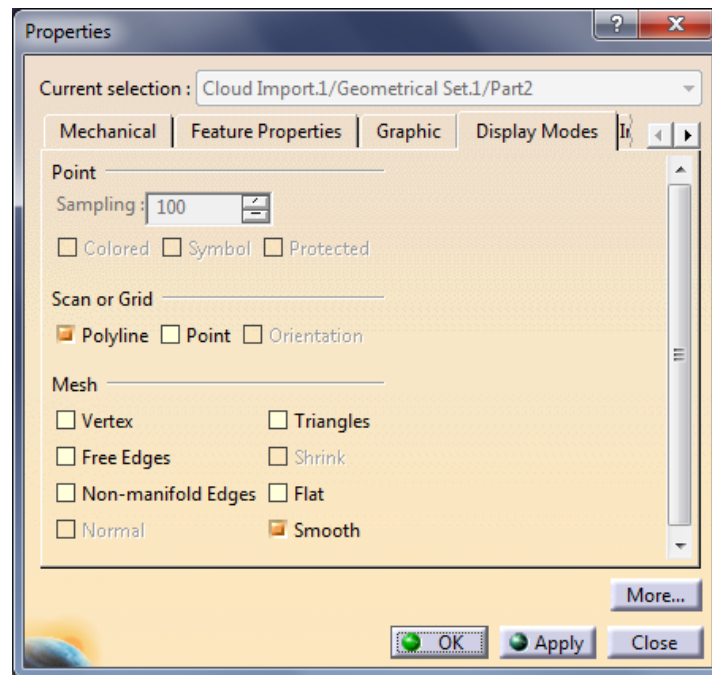
7. Haga clic en *Apply* para visualizar el relleno con los parámetros dados. Si no está satisfecho con el resultado, haga clic en *Undo*, modifique los parámetros y haga clic en *Apply* para actualizar el relleno. Una vez que esté satisfecho, haga clic en *OK* para validar y salir de la acción.
  - *Undo* está disponible dentro de la acción, no después de haber salido de la acción.
  - Los agujeros a rellenar deben de ser cerrados.
  - Cuando ningún resultado coherente puede ser calculado, aparece un mensaje de error.

### 3.7.8. Creación de triángulos interactivamente (*Interactive Triangle Creation*)


Este comando muestra cómo crear triángulos de malla de forma interactiva:

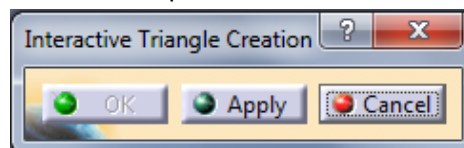
- Para crear o modificar una malla rápidamente.
- Para simplificar los agujeros mediante la creación de “puentes” dentro de ellos.

Asegúrese de que la visualización (*Display*) no está configurada para bordes libres (*Free Edges*).



Abra el modelo [Fillhole1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples"):

1. Haga clic en el comando *Interactive Triangle Creation*  perteneciente a la barra de herramientas *Mesh*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:

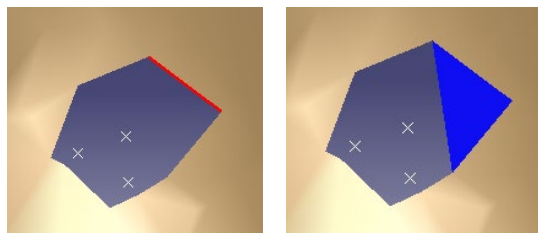


2. Para crear un nuevo triángulo de malla, puede introducir:

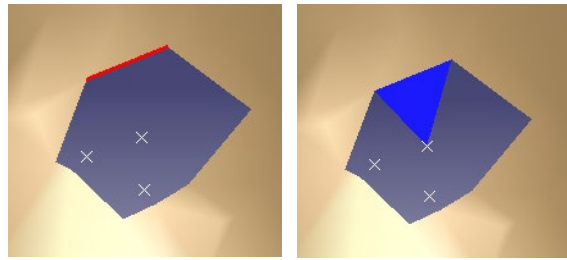
- Tres puntos (vértices de una malla existente o no):



- Dos bordes vecinos de una malla (con un vértice en común):



- Un borde de una malla existente y un punto (vértice de una malla existente o no):

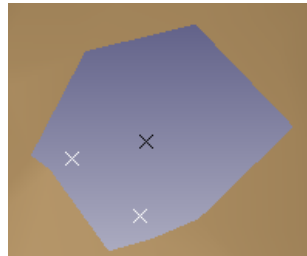


Para hacer las selecciones más fáciles:

- Al pasar el cursor sobre una malla, el borde o el vértice bajo el cursor se destacan:



- Al pasar el cursor sobre un punto, se destaca:

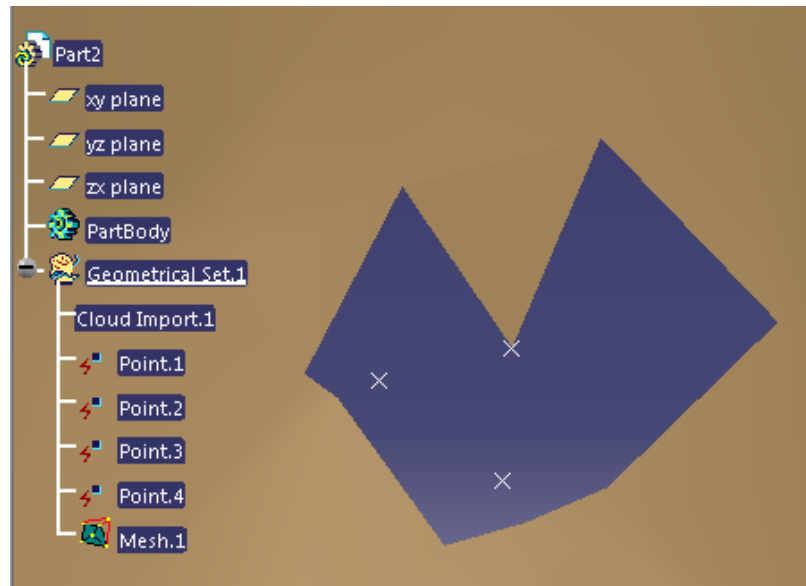


Cuando la primera selección es un punto, se muestra en rojo.

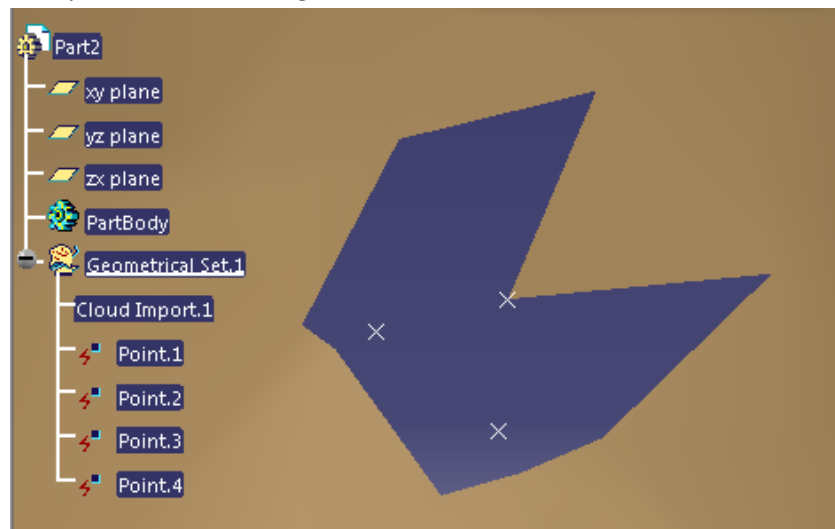
- Si la siguiente selección es otro punto, se muestra una línea roja entre esos dos puntos. En la siguiente selección de puntos, se propone un triángulo y se muestra en azul.
- Si la siguiente selección es un borde, se propone un triángulo y se muestra en azul.

Cuando la primera selección es un borde, se muestra en rojo. En la siguiente selección se propone un triángulo y se muestra en azul.

- Una vez que se propone un triángulo:
  - Puede seleccionar otros elementos para definir más triángulos (serán propuestos y mostrados en azul),
  - O haga clic en *Apply*. Los triángulos que se muestran en azul son creados temporalmente. Se pueden crear más triángulos.
- Haga clic en *OK* para validar la creación de triángulos:
  - Si el primer elemento elegido fue un punto que no pertenecía a una malla, se crea un nuevo elemento *Mesh.x* (incluso si los otros elementos seleccionados pertenecen a una malla). Por ejemplo, si el primer elemento elegido es *Point.2*, se crea una nueva malla (*Mesh.1*):



- Si el primer elemento elegido fue un vértice o un borde de una malla existente, esta malla se modifica y no se crea ninguna otra malla. Por ejemplo, si el primer borde elegido es un borde de *Cloud Import.1*, *Cloud Import.1* se modifica pero no se crea ninguna otra malla nueva.



O haga clic en *Cancel* para salir de la acción sin crear ningún triángulo.


### 3.7.9. Simplificar una malla (*Decimate*)

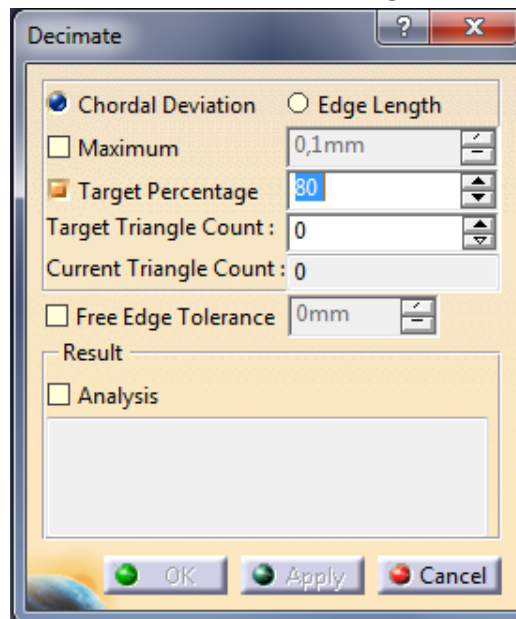
*Decimate* es un comando para reducir la cantidad de triángulos de una malla con el objetivo de conseguir una ejecución más rápida de los comandos. También reduce los requisitos de memoria para el modelo. Muchas grandes mallas pueden representarse con precisión con menos triángulos.



*Decimate* puede realizarse en toda la malla o en una región seleccionada de la malla. La malla debe estar exenta de problemas *non-manifold*, incluso en las zonas no activas. Se debe usar el comando *Mesh Cleaner*.

Abra el modelo [SmoothMesh01.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples"):

- Haga clic en el comando *Decimate*  perteneciente a la barra de herramientas *Mesh* y seleccione la malla. Se visualizará el cuadro de diálogo de dicho comando:

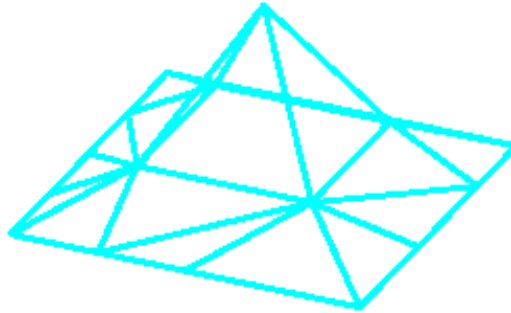


- Seleccione el modo de reducir el número de triángulos que desea aplicar:
  - Chordal Deviation* si desea conservar la forma de su modelo, incluso en zonas de gran curvatura.
  - Edge Length* si desea eliminar los triángulos con aristas pequeñas y obtener una malla más uniforme. Sin embargo, esto puede provocar una pérdida de precisión en zonas de gran curvatura.
- A continuación, decida cómo quiere que el proceso se detenga:
  - Con la opción *Chordal Deviation*, puede seleccionar la casilla *Maximum* y escribir un valor. Esta es la desviación cordal que no debe excederse durante el proceso, que se detiene cuando se ha alcanzado el límite de desviación cordal.
  - Con la opción *Edge Length*, puede seleccionar la casilla *Minimum* y escribir un valor. El comando se detiene cuando el proceso podría colapsar aristas de longitud mayor que el valor escrito.
  - Para ambas opciones, seleccione la casilla *Target Percentage* si desea obtener un número o porcentaje final dado de triángulos. Escriba el valor del porcentaje o el *Target Triangle Count*. Estos campos están vinculados entre sí y se actualizan simultáneamente.

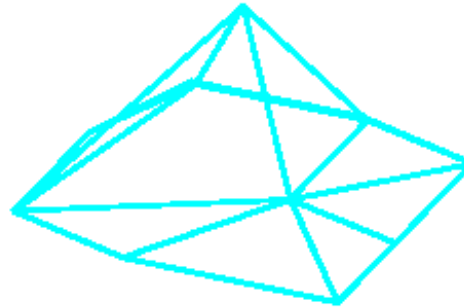
*Current Triangle Count* indica el número actual de triángulos, ya sea del modelo original al escribir la acción, o del modelo de resultado una vez que haya hecho clic en *Apply*.

Ejemplos:

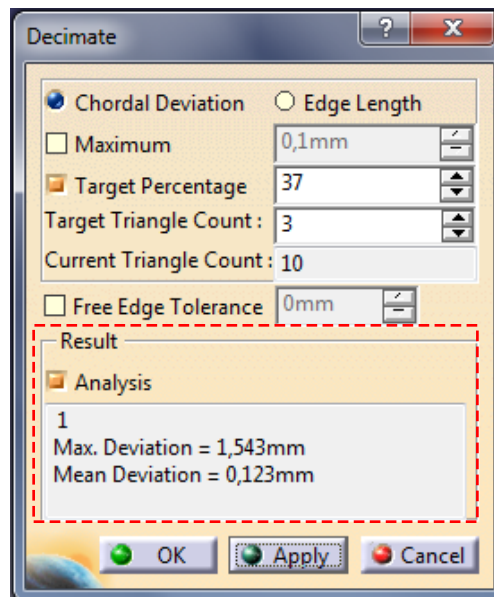
- Desviación cordal (*Chordal Deviation*) del 70%:



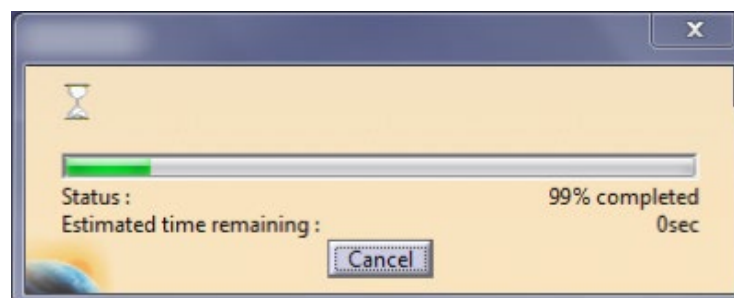
- *Edge Length* del 70%:



4. Para controlar la simplificación de los bordes libres es posible que necesite, cuando se trata de una forma rectangular, cortar sus esquinas después de simplificar. Se puede evitar esto activando la casilla *Free Edge Tolerance*. Esto activa la desviación máxima permisible que puede ocurrir para los vértices en la frontera. La frontera resultante no va a quedar a una distancia superior a este parámetro del límite original.
5. La desviación cordal que puede ser utilizada como un criterio de parada es una aproximación de la desviación cordal entre la malla original antes y después de aplicar este comando. Por lo tanto, puede ser útil saber la distancia máxima y la distancia media entre la malla original y la malla resultante.  
Para ello, seleccione la casilla de *Analysis* antes de que haga clic en *Apply*. Al final del proceso, los valores de las desviaciones máxima y media serán dados como se muestra a continuación. A diferencia del valor introducido en el campo *Maximum*, estas son las desviaciones verdaderas entre la malla original y la malla resultado.



- Sin embargo, *Analysis* puede llevar mucho tiempo, especialmente para modelos grandes. Se recomienda desactivar dicha casilla cuando no se necesite.
  - Las mallas pueden ser simplificadas en varios pasos (cada vez que se haga clic en *Apply* es igual a un paso). Las desviaciones visualizadas son aquellas entre el modelo original y el último resultado (no son las desviaciones entre el resultado anterior y el resultado actual). Por esta razón, las desviaciones irán aumentando en valor después de cada *Apply*.
  - Cualquier cambio de selección restablece el modelo original para el análisis.
  - *Undo* (Deshacer) no es tenido en cuenta por el *Analysis*.
6. Haga clic en *Apply* y se visualizará una barra de progreso. El botón *Cancel* está disponible para detener la acción.



7. Haga clic en *OK* para confirmar una vez que esté satisfecho con el resultado.

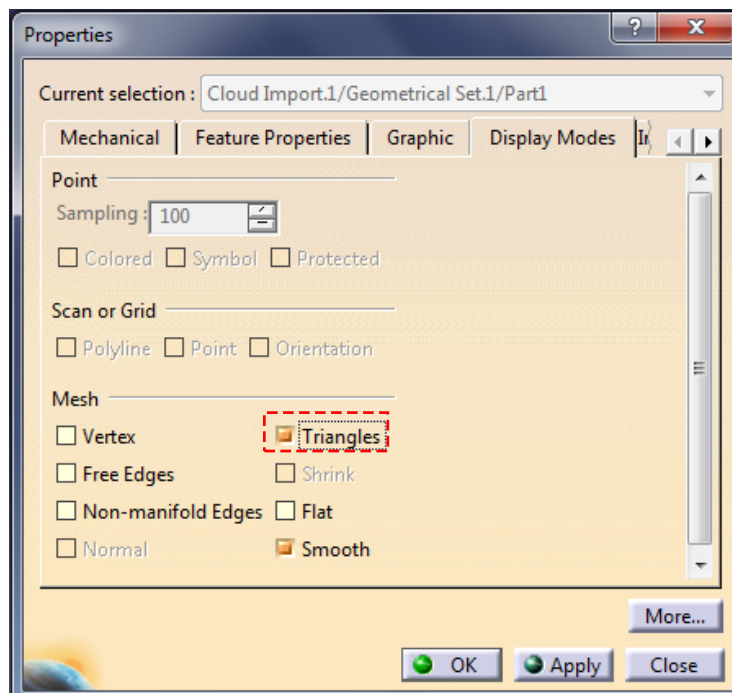
### 3.7.10. Optimización de mallas (*Optimize*)


Este comando muestra cómo optimizar una malla existente, es decir, redistribuir y remodelar los triángulos dentro de la malla. De esta manera se obtiene una malla más homogénea, por ejemplo, para fines de análisis.

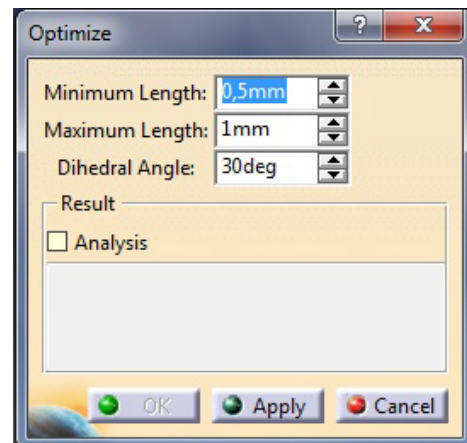
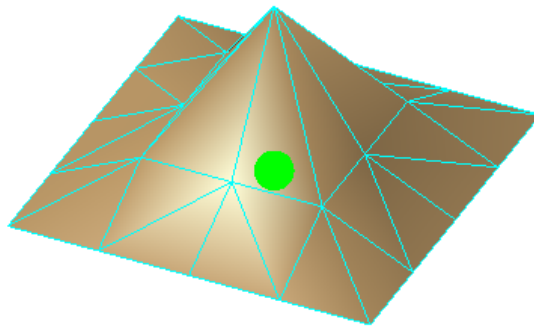
- Tenga en cuenta que esta optimización tiende a modificar la forma del modelo.
- La malla debe estar exenta de problemas *non-manifold*, incluso en las zonas no activas. Se debe usar el comando *Mesh Cleaner*.
- El comando *Optimize* es un operador iterativo que usa divisiones de aristas y colapso de aristas. Si un borde es demasiado largo, se divide en dos. Si un borde es demasiado corto se colapsa. Por lo tanto, hay una mínima diferencia entre la longitud de borde mínima y máxima. Por otra parte, un borde que acaba de ser dividido podría colapsar en el siguiente paso y después dividirse de nuevo y así sucesivamente.

Abra el modelo [SmoothMesh01.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

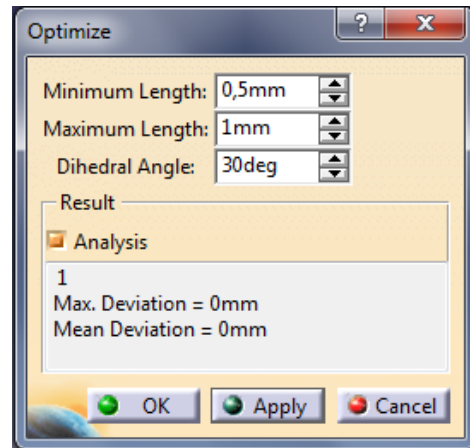
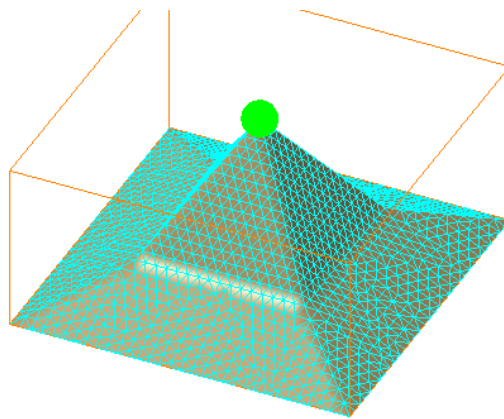
Es posible que desee visualizar los triángulos de la malla, para ello vaya a la pestaña *Display Modes* de las propiedades de la malla:



1. Haga clic en el comando *Optimize*  perteneciente a la barra de herramientas *Mesh* y seleccione la malla. Aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



2. Establezca el valor de *Minimum Length* (Longitud Mínima), *Maximum Length* (Longitud Máxima) y *Dihedral Angle* (Ángulo Diedro) de acuerdo a sus necesidades.
  - *Minimum Length* y *Maximum Length* se refieren a la longitud de las aristas de los triángulos.
  - El valor de *Minimum Length* debe ser menor o igual a la mitad del valor de *Maximum Length*.
  - *Dihedral Angle* (Ángulo Diedro): el ángulo diedro entre dos triángulos que comparten una arista es el ángulo entre sus normales (tenga en cuenta que esto es diferente del ángulo formado en el borde común). Un ángulo diedro mayor indica una característica aguda a través de ese borde. Por ejemplo, si el ángulo diedro es cero significa que los dos triángulos están en el mismo plano.
  - Todos los triángulos con aristas más cortas que la longitud mínima se colapsarán de manera que sus aristas alcancen esa longitud mínima.
  - Todos los triángulos con aristas más largas que la longitud máxima serán refinados para que sus aristas alcancen esa longitud máxima.
  - Todos los triángulos con un ángulo diedro inferior al valor dado serán volteados.
  - Asegúrese de que los valores elegidos son coherentes con su modelo.
3. Seleccione la casilla *Analysis* para visualizar las desviaciones máxima y media (distancias entre un vértice y su posición inicial) en el cuadro de diálogo.
4. Haga clic en *Apply*.



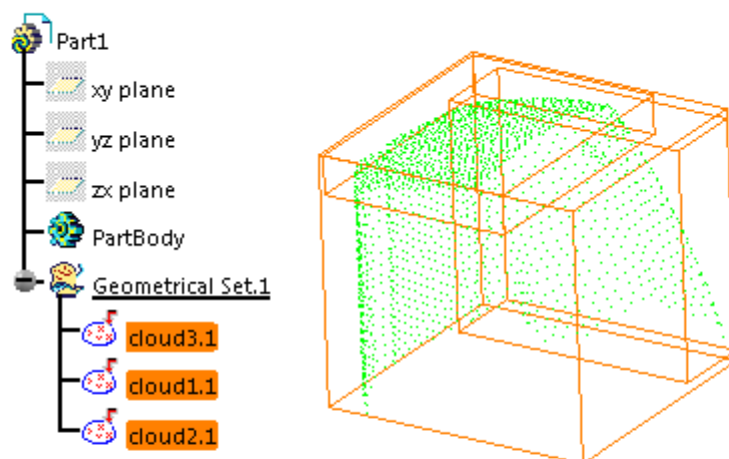
5. Haga clic en *OK* para validar la optimización y modificar la malla inicial, o en *Cancel* para salir de la acción sin ninguna modificación.


## 3.8. Cloud Operations

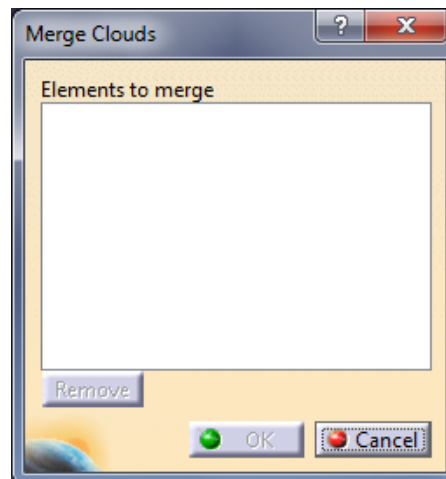
### 3.8.1. Fusión de nubes de puntos (*Merge Clouds*)

Este comando muestra cómo fusionar diversas nubes de puntos en una sola nube de puntos.

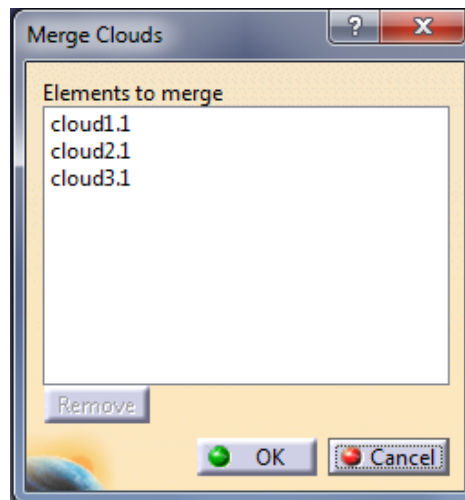
Abra el modelo [Merge1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples"). Este modelo consta de tres nubes de puntos que han sido importadas por separado.



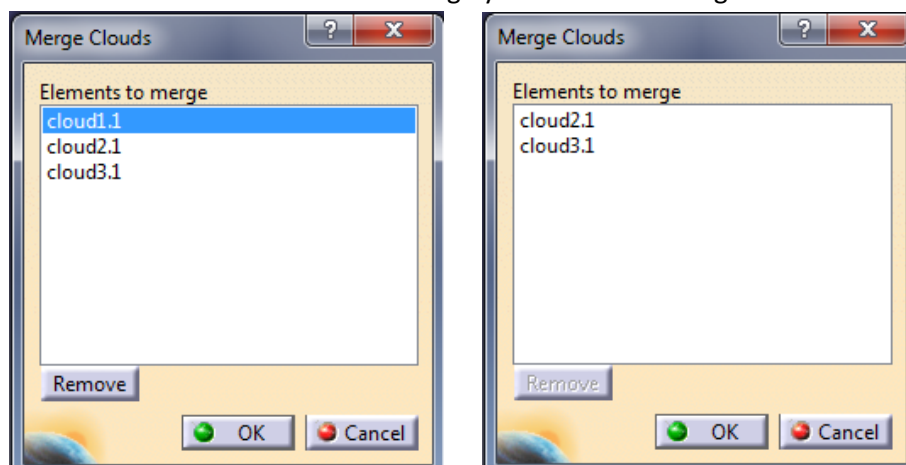
1. Haga clic en el comando *Merge Clouds*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Operations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



2. Seleccione las nubes que desea fusionar. La lista del cuadro de diálogo se actualiza inmediatamente.

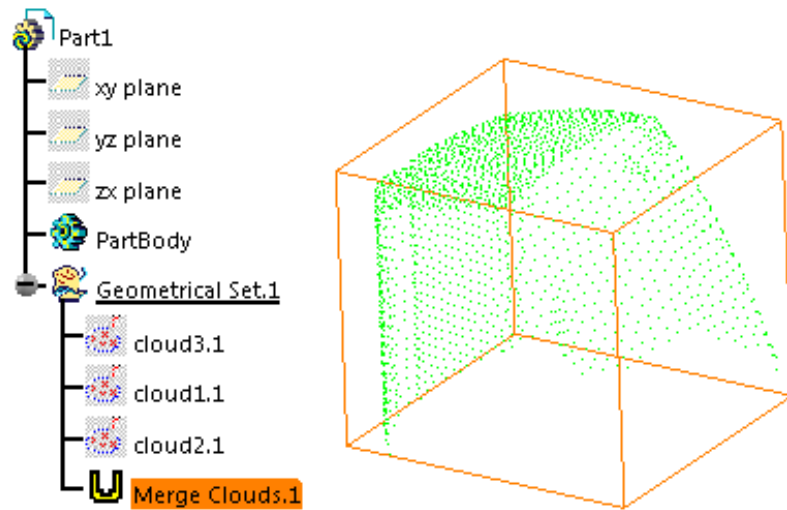


3. Para quitar una nube de la lista de nubes a fusionar, haga clic sobre el nombre de dicha nube dentro de la lista del cuadro de diálogo y a continuación haga clic en *Remove*.



4. Para reemplazar una nube en la lista de nubes a fusionar, elimine dicha nube y luego seleccione una nueva nube.

- Una vez que haya seleccionado todas las nubes a fusionar, haga clic en *OK* y se creará una nueva nube.



- Un elemento *Merge Clouds.x* se crea en el árbol de especificaciones (en este caso *Merge Clouds.1*).

### 3.8.2. Fusión de mallas (*Merge meshes*)

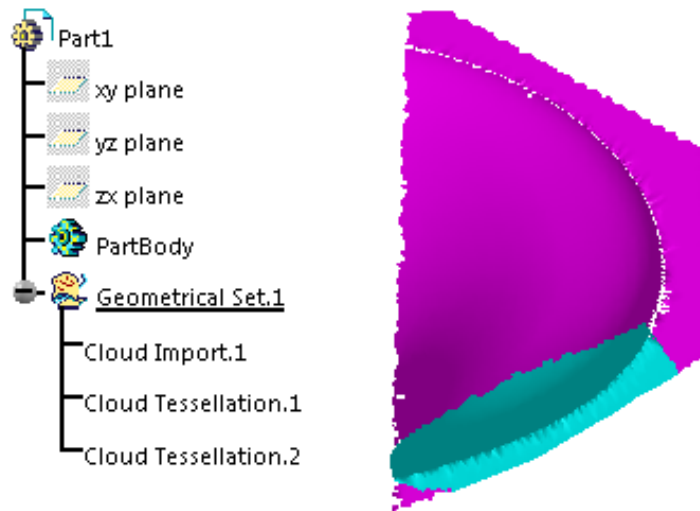
Este comando muestra cómo fusionar dos mallas. Esta acción es especialmente útil para mallas resultantes de una malla restringida, ya que elimina la costura creada por la malla restringida.


Esta acción no modifica los triángulos de las mallas (los agujeros no son rellenados, no hay gestión de superposiciones, ...).

Para un buen resultado, en primer lugar repare las mallas usando mallado restringido, rellenando los agujeros, ...

Abra el modelo [MergeMeshes1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples"). Este modelo consta de dos mallas, la menor de las dos resultante de un mallado restringido.

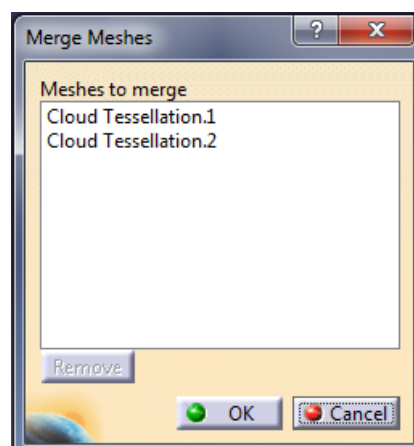




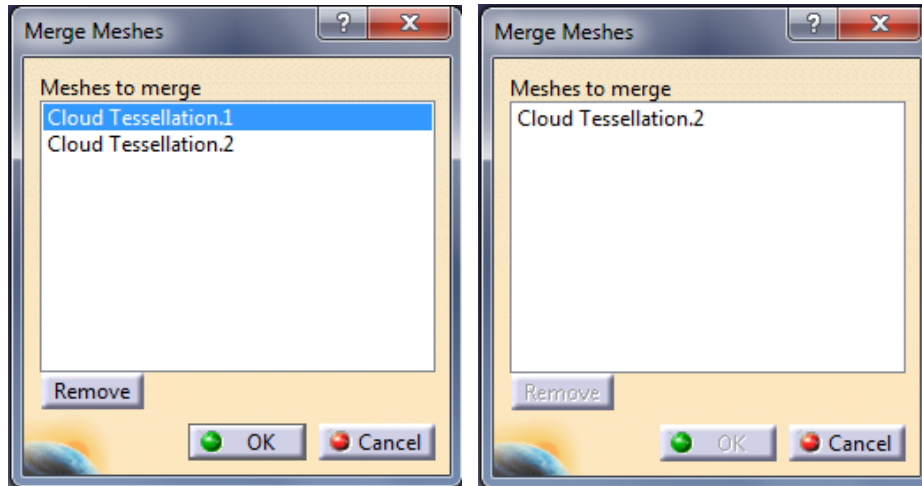
1. Haga clic en el comando *Merge Meshes*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Operations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



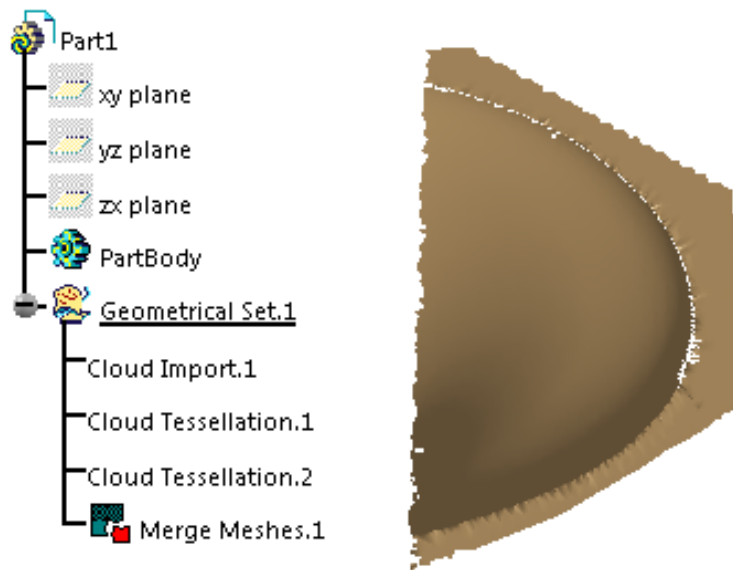
2. Seleccione las mallas que desea fusionar. La lista del cuadro de diálogo se actualiza inmediatamente.



3. Para quitar una malla de la lista de mallas a fusionar, haga clic sobre el nombre de dicha malla dentro de la lista del cuadro de diálogo y a continuación haga clic en *Remove*.



4. Para reemplazar una malla en la lista de mallas a fusionar, elimine dicha malla y luego seleccione una nueva malla.
5. Una vez que haya seleccionado todas las mallas a fusionar, haga clic en *OK*. Una nueva malla de una sola celda se crea en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Merge Meshes.x* (en este ejemplo, *Merge Meshes.1*).



### 3.8.3. Extracción de datos de una nube de puntos (*Extract Data*)

Este comando muestra cómo extraer los puntos visibles de una nube de puntos para crear una nueva nube de puntos.


A continuación encontrará dos ejemplos:

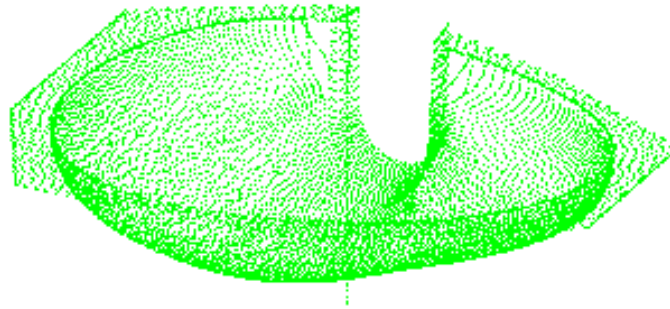
- Extracción de datos de una nube de puntos.
- Extracción de datos de una malla.

El nombre de la nube de salida es *Extract (nombre de la nube original).x*.

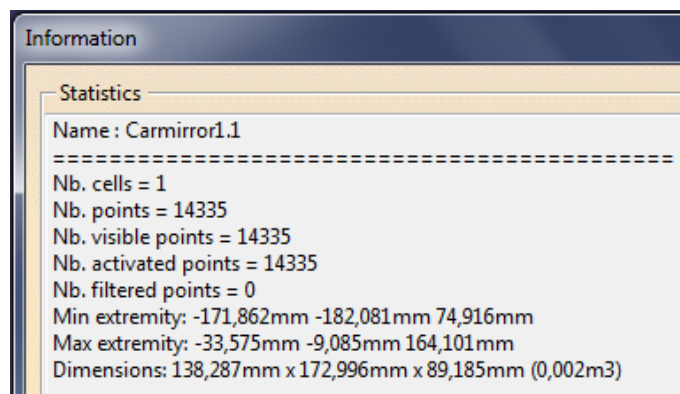
Abra el modelo [ExtractData01.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").


### 3.8.3.1. Extracción de datos de una nube de puntos

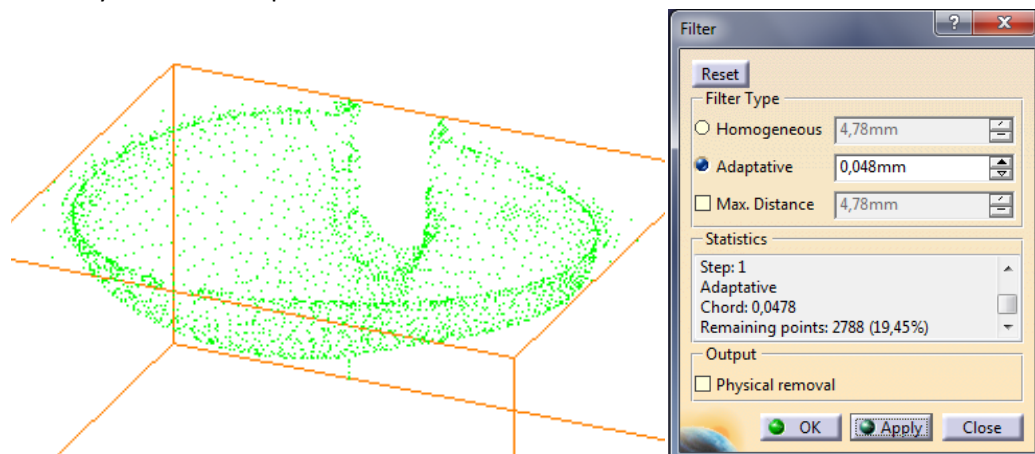
- Haga clic en el comando *Information*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Analysis* y después seleccione la nube de puntos *Carmirror1.1*.



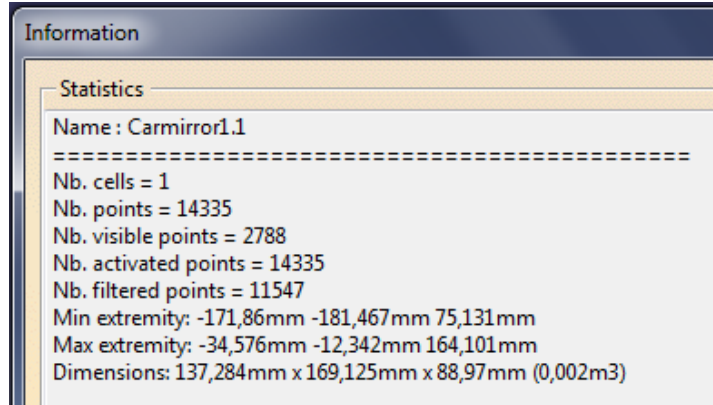
Las estadísticas de dicha nube son:




- Haga clic en el comando *Filter*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Edition* y realice una operación de filtrado a la nube:



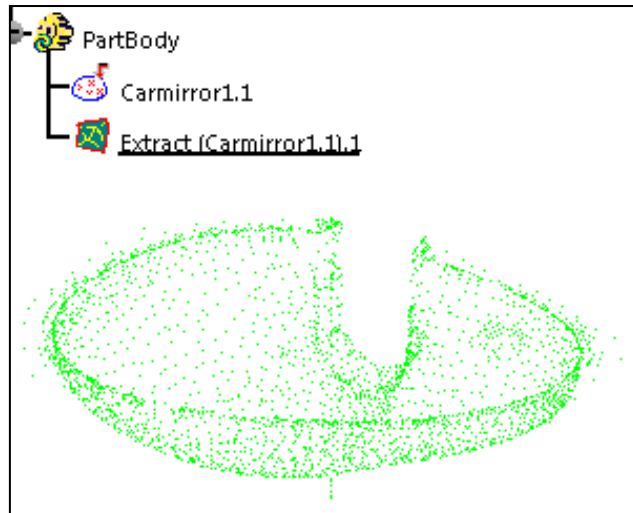
Compruebe las estadísticas de la nube:

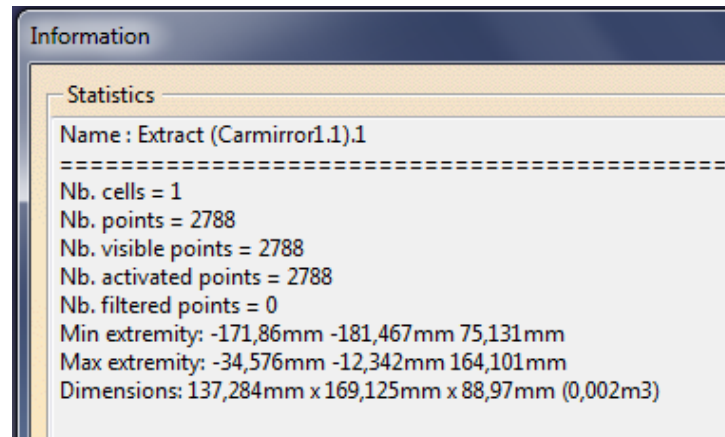


3. Haga clic en el comando *Extract Data*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Operations* o haga clic con el botón derecho del ratón sobre *Carmirror1.1* en el árbol de especificaciones y seleccione *Extract Data* en el menú contextual.



*Extract (Carmirror1.1).1* se crea en el árbol de especificaciones con los puntos visibles de *Carmirror1.1*:





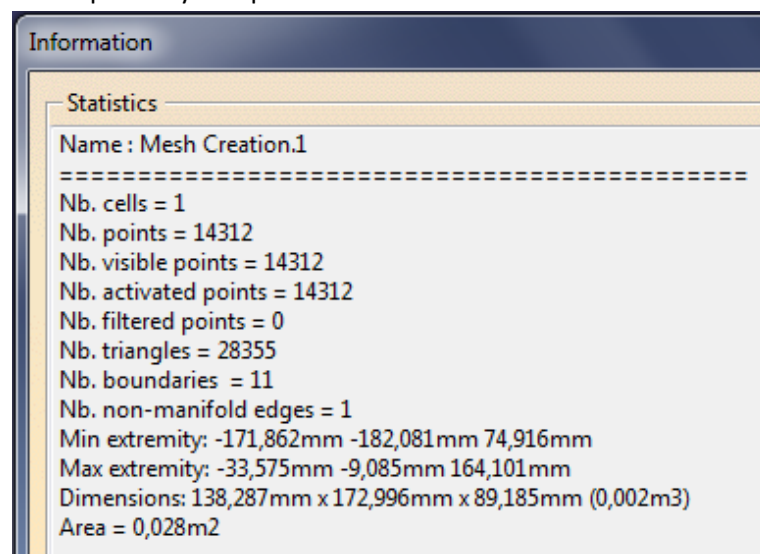
4. Cierre [ExtractData01.CATPart](#) sin guardarlo.

### 3.8.3.2. Extracción de datos de una malla

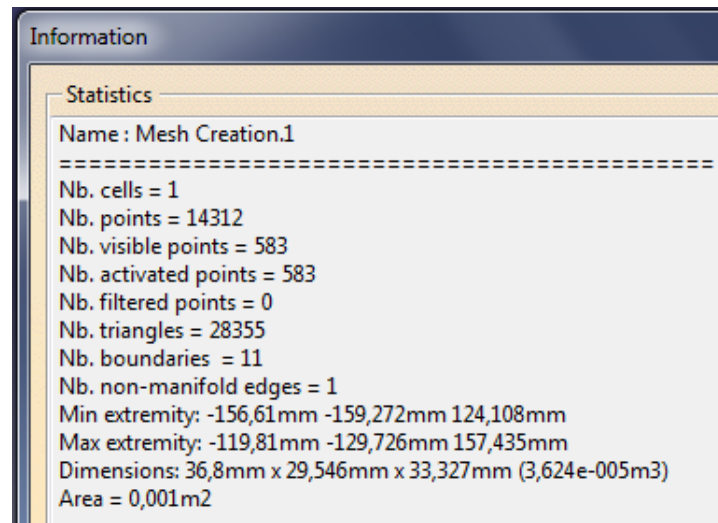
1. Vuelva a abrir el modelo [ExtractData01.CATPart](#) y cree una malla.




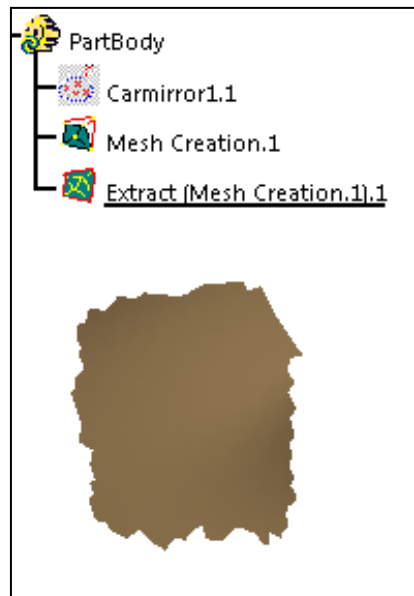
Oculte la nube de puntos y compruebe las estadísticas de la malla creada:

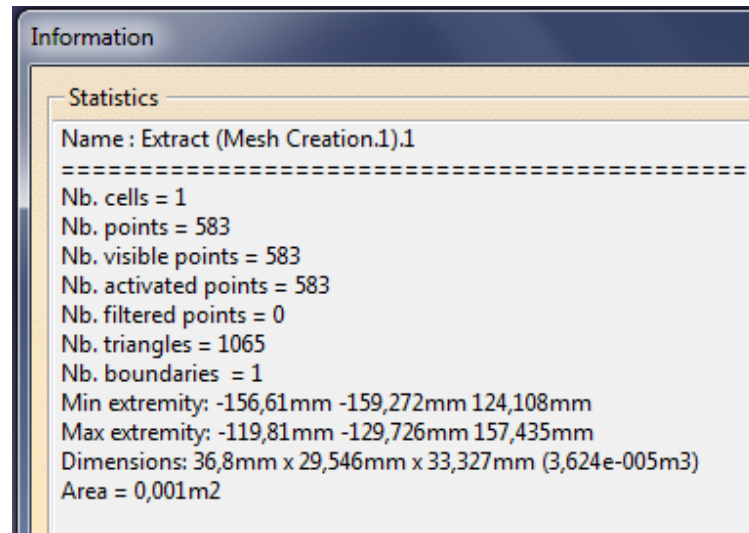


2. Active una parte de la malla mediante el comando *Activate* y compruebe sus estadísticas:



3. Haga clic en el comando *Extract Data*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Operations* o haga clic con el botón derecho del ratón sobre *Mesh Creation.1* en el árbol de especificaciones y seleccione *Extract Data* en el menú contextual. *Extract (Mesh Creation.1).1* se crea en el árbol de especificaciones con los puntos visibles de la malla original:






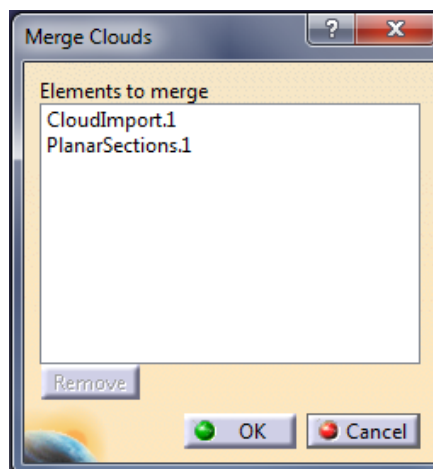
### 3.8.4. Desmontaje de datos de una nube de puntos (*Disassemble Data*)

Este comando muestra cómo desmontar nubes de puntos de múltiples celdas en nubes de puntos una única celda, con lo cual este comando no está disponible en nubes de puntos de una única celda.

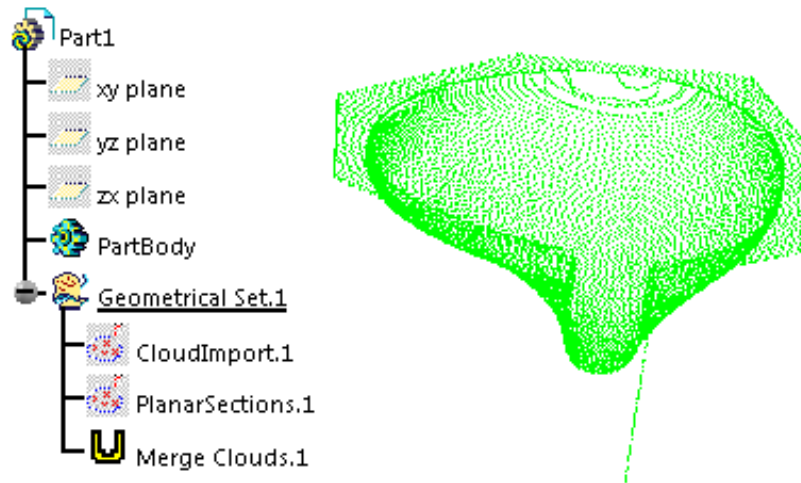
El nombre de la nube de salida es *Disassemble (nombre de la nube original).x*.


Abra el modelo [ExportScan01.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples"). Este modelo consta de dos nubes de puntos de una única celda que tendrá que fusionar para poder después ver la aplicación del comando *Disassemble Data*.

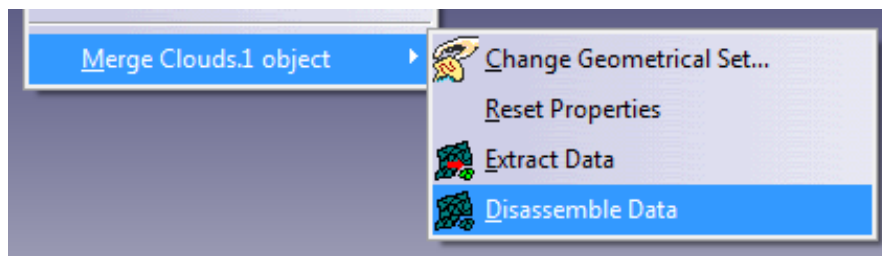
1. Haga clic en el comando *Merge Clouds*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Operations* y a continuación seleccione las dos nubes a fusionar.



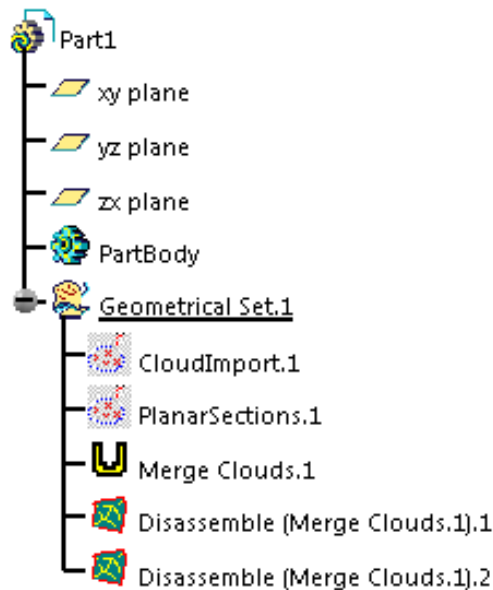
2. Una vez que estén las dos nubes seleccionadas pulse *OK* y se creará una nueva nube de múltiples celdas (*Merge Clouds.1*) a partir de las dos nubes de una única celda seleccionadas.



3. Haga clic en el comando *Disassemble Data*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Operations* o haga clic con el botón derecho del ratón sobre *Merge Clouds.1* en el árbol de especificaciones y seleccione *Disassemble Data* en el menú contextual.



*Disassemble (Merge Clouds.1).1* y *Disassemble (Merge Clouds.1).2* se crean en el árbol de especificaciones.




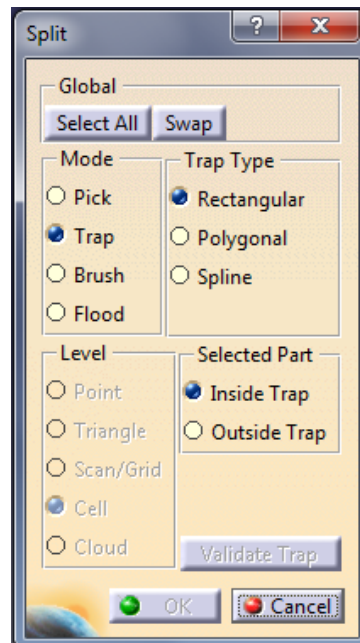


### 3.8.5. División de mallas (*Split*)

Este comando muestra cómo dividir una malla o una nube.

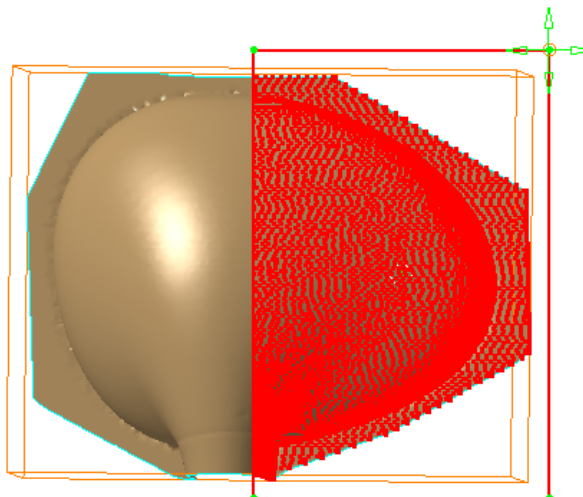
Abra el modelo [Cloud.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

1. Haga clic en el comando *Split*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Operations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:

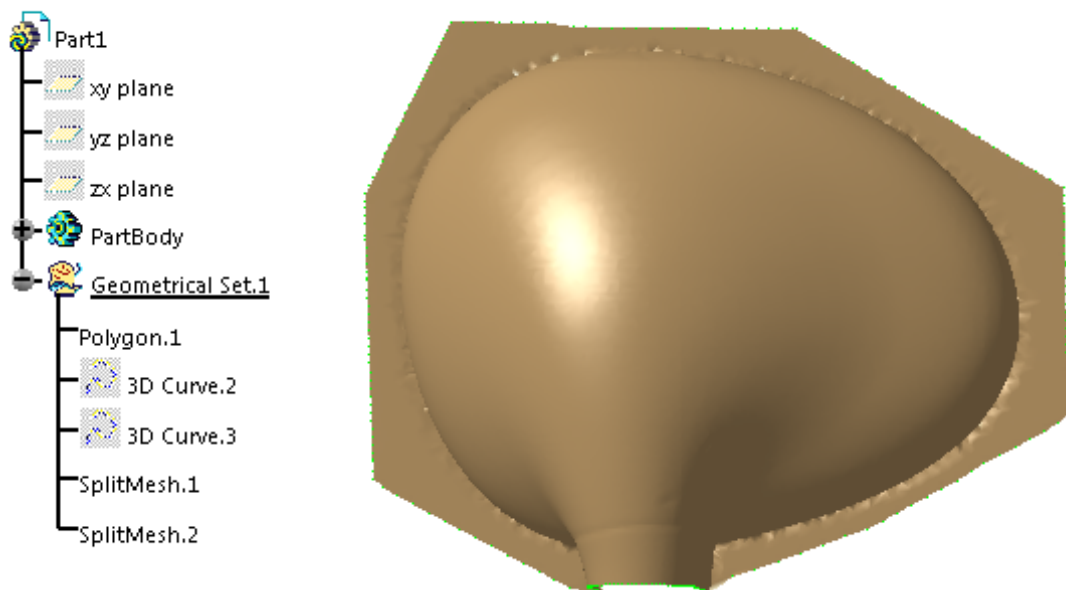


Este cuadro de diálogo es el mismo que el de los comando *Activate* y *Remove* explicados anteriormente, por lo que para saber más información sobre el manejo de dicho cuadro de diálogo se recomienda acudir a sus correspondientes apartados.

2. Seleccione la malla o la nube a dividir.
3. Seleccione una porción del elemento de acuerdo al modo de funcionamiento del comando *Activate*.

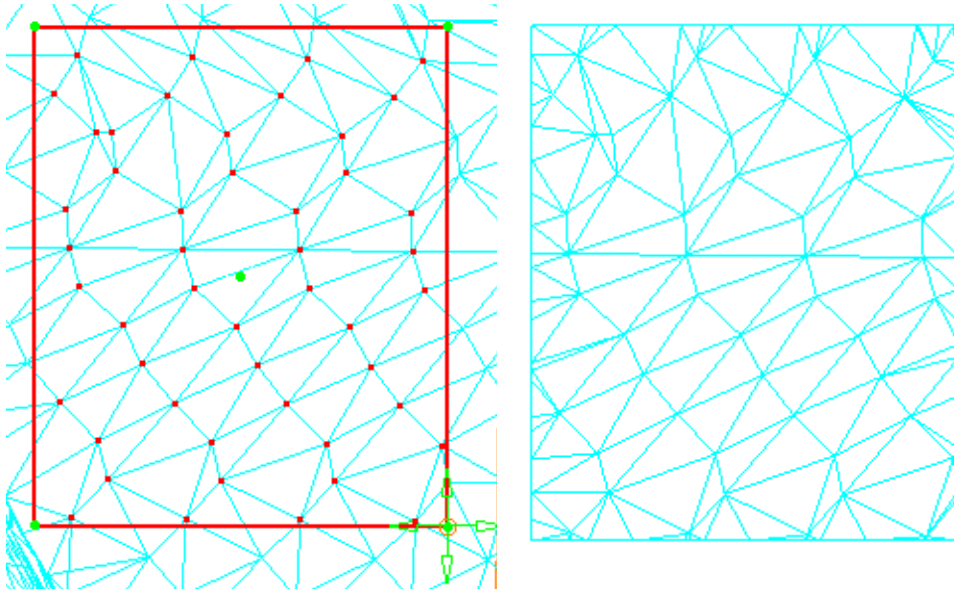


4. Una vez que haya realizado la selección, haga clic en *OK* para validar.
5. Al validar la acción, el elemento de entrada se oculta y dos nuevos elementos se crean en el árbol de especificaciones:
  - *SplitCloud.1* y *SplitCloud.2* si el elemento de entrada es una nube. *SplitCloud.2* es la porción de la nube seleccionada y *SplitCloud.1* corresponde a la porción restante de la nube original.
  - *SplitMesh.1* y *SplitMesh.2* si el elemento de entrada es una malla. *SplitMesh.2* es la porción de la malla seleccionada y *SplitMesh.1* corresponde a la porción restante de la malla original.
  - El número de elementos de salida creados en el árbol de especificaciones al validar la acción aumenta con el número de divisiones.



Hay que tener en cuenta que:

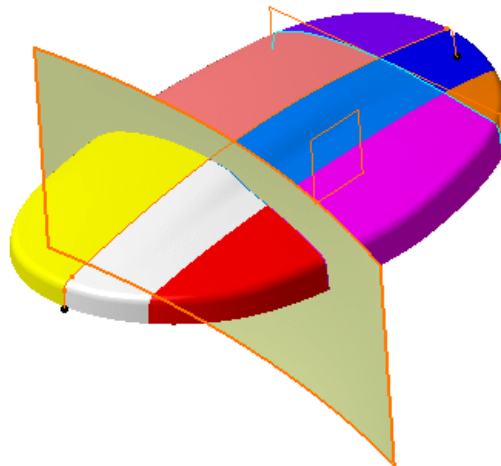
- Si la selección está vacía, no se crea ningún elemento de división.
- Para recuperar el elemento de entrada original, haga clic sobre dicho elemento en el árbol de especificaciones en el comando *Hide/Show* a través del menú contextual y éste pasará a estar visible. Otra opción es fusionar los dos elementos de salida a través del comando *Merge*.
- Cuando se divide una malla usando el modo *Trap*, los triángulos se cortan suavemente por la línea de la trampa.



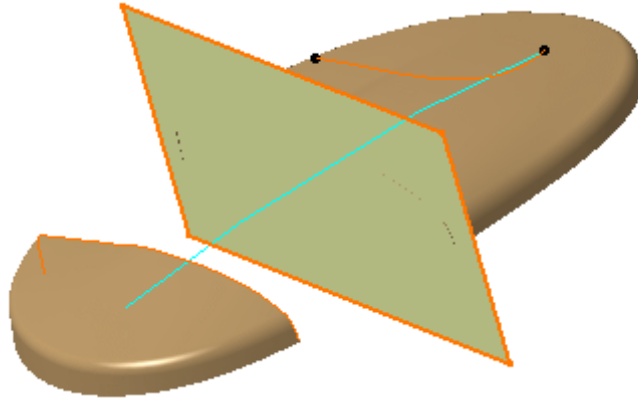
### 3.8.6. Recorte o división de una malla (*Trim/Split*)

Este comando muestra cómo:

- Dividir una malla en varias mallas (a continuación se muestra un ejemplo en el que las diferentes mallas se visualizan en colores diferentes):




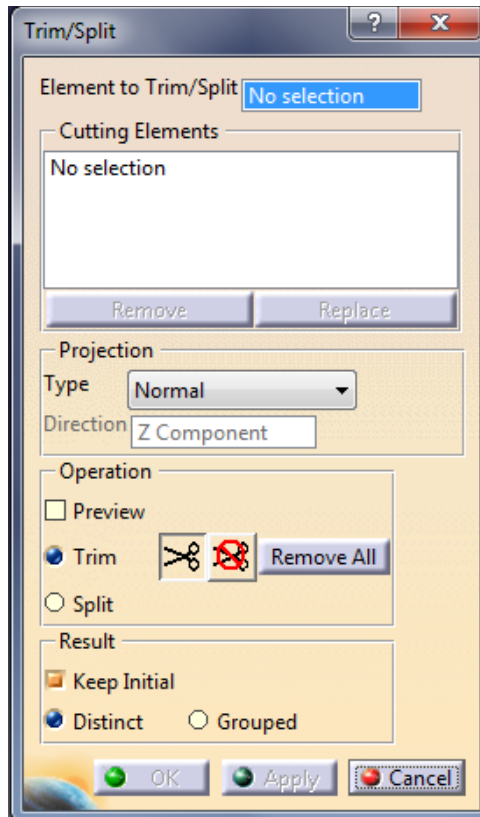
- Y/o recortar porciones de una malla delimitadas por curvas, planos, superficies u otras mallas:



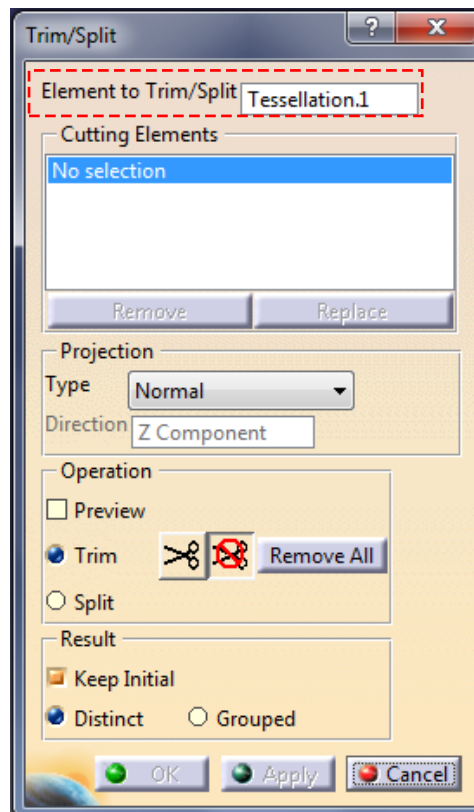
- La malla debe estar exenta de problemas *non-manifold*, incluso en las zonas no activas. Para ello se debe utilizar el comando *Mesh Cleaner*.
- Para una mejor comprensión, se suelen cambiar los colores de las diferentes porciones de las mallas.

Abra el modelo [TrimSplit1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

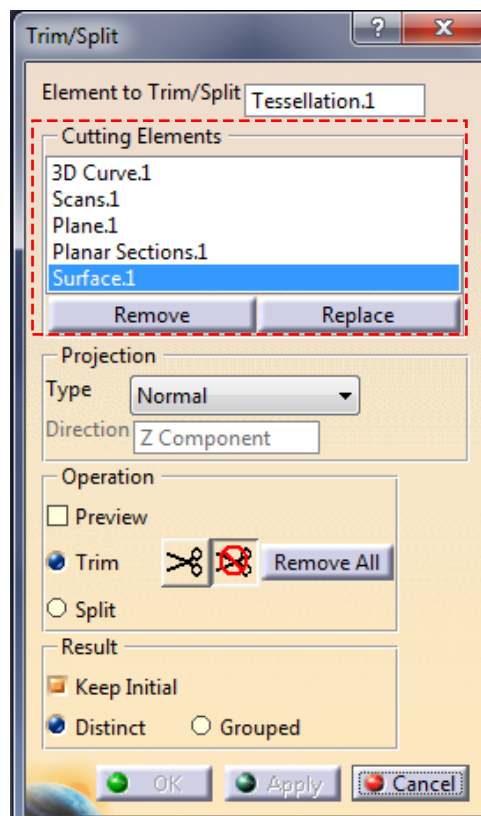
1. Haga clic en el comando *Trim/Split*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Operations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



2. Seleccione la malla a recortar o dividir (*Element to Trim/Split*). Dicha malla puede constar de varias celdas.



3. Seleccione los elementos de corte (*Cutting Elements*), que pueden ser escaneos, curvas, planos, superficies y mallas. Estos elementos de entrada se destacan en el área gráfica y además son listados en el cuadro de diálogo:

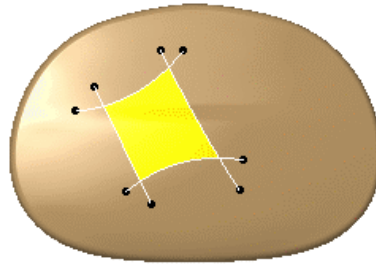


Para eliminar uno de los elementos de corte elegidos, seleccione dicho elemento dentro del cuadro de diálogo y haga clic en *Remove*.

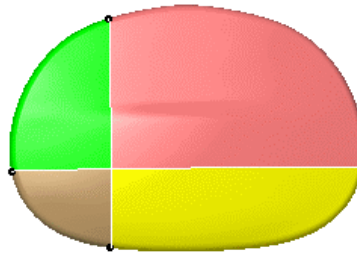
Para reemplazar un elemento de corte por otro, seleccione el elemento a reemplazar en el cuadro de diálogo, haga clic en *Replace* y seguidamente seleccione el nuevo elemento de corte.

Para definir un área, las curvas de proyección de los elementos de corte deben intersectarse entre sí o intersectar bordes libres.

- Este caso define dos áreas:



- Este caso define cuatro áreas:



- Este caso no es válido: la curva de proyección no interseca ningún borde libre.



- En algunos casos, cambiando el tipo de proyección (*Projection type*) puede resolverse el problema.

#### 4. Seleccione el tipo de proyección (*Projection type*).

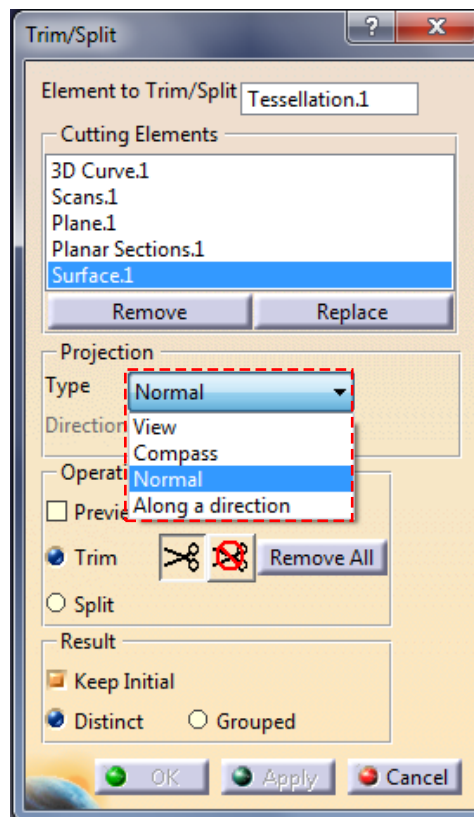
Cuando se utilizan escaneos o curvas como elementos de corte, estas entidades están cerca de la malla, pero no sobre la malla.

Para calcular la intersección, es necesario proyectar los escaneos o curvas sobre la malla para crear curvas de intersección.

CATIA propone cuatro opciones de proyección:

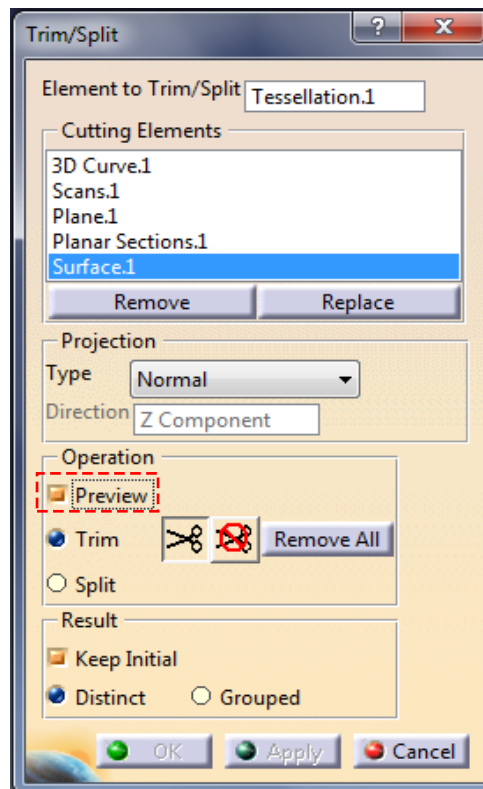
- *View*: la proyección se realiza a lo largo de la dirección de visualización.
- *Compass*: la dirección de proyección se define utilizando el compás.

- *Normal*: la proyección es normal a la malla.
- *Along a direction*: la proyección se realiza a lo largo de la dirección definida por el usuario.

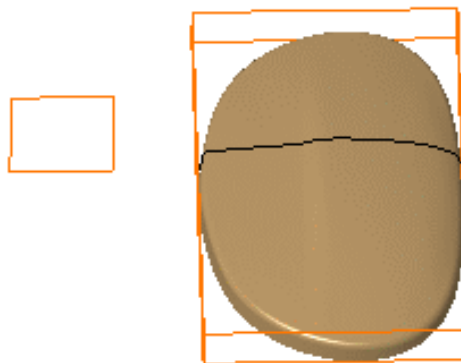


La opción de proyección se aplica a todos los elementos de corte.

5. Seleccione la casilla *Preview* (vista previa) si desea ver la proyección de los elementos de corte sobre la malla.



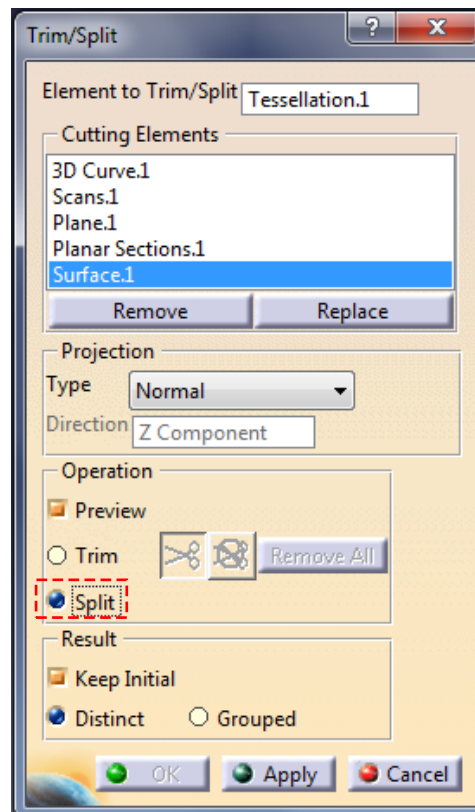
A continuación se muestra un ejemplo de la vista previa de un plano:





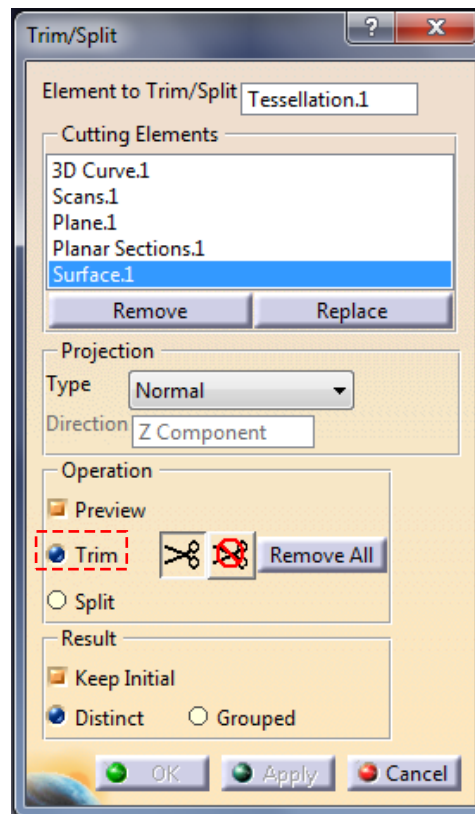
Para un mejor rendimiento, desactive la casilla *Preview* a no ser que sea absolutamente necesario.


6. Decida si desea recortar o dividir la malla:
  - Si desea dividir la malla:
    - Asegúrese de que la opción *Split* está seleccionada. Con la casilla *Split* activada, el botón *Apply* pasa a estar disponible.

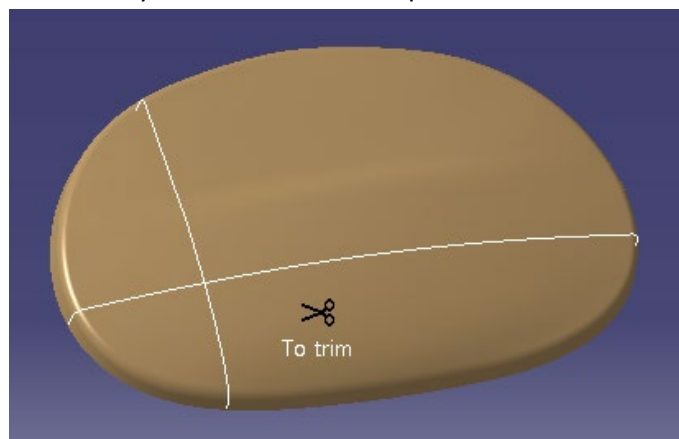




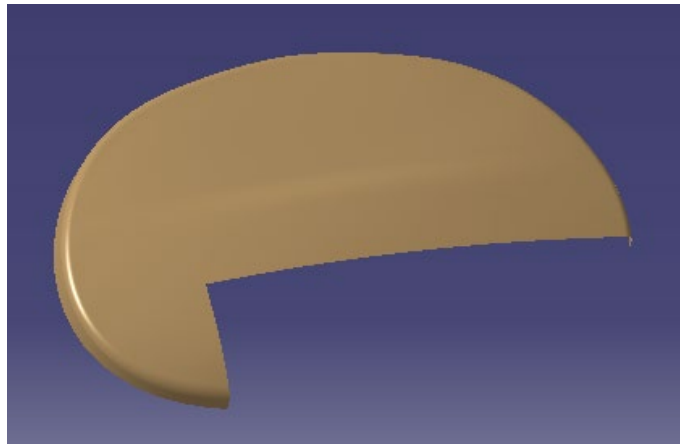
- Haga clic en *Apply* y se crearán varias mallas nuevas.
- Si desea recortar la malla:
  - Asegúrese de que la opción *Trim* está seleccionada. Con la casilla *Trim* activada, los botones *Trim* , *Keep*  y *Remove All* pasan a estar disponibles.




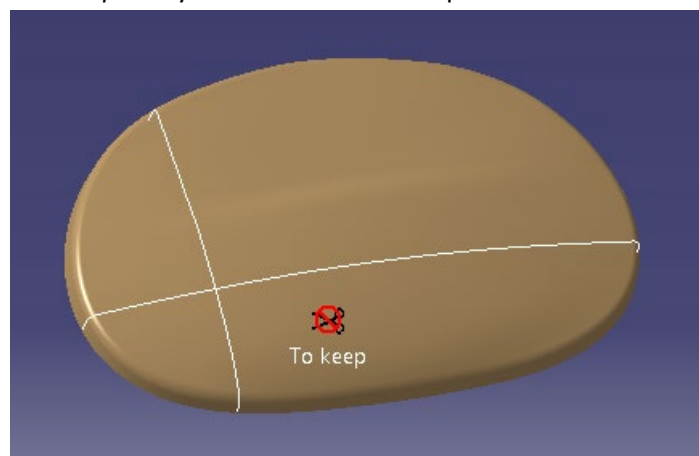
7. Utilice los botones *Keep* y *Trim* para definir las porciones de la malla que se quieran mantener o eliminar.
- Haga clic en *Trim*  y seleccione las áreas que desea eliminar:



Resultado:



- O haga clic en *Keep*  y seleccione las áreas que desea mantener:

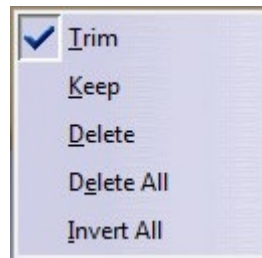


Resultado:



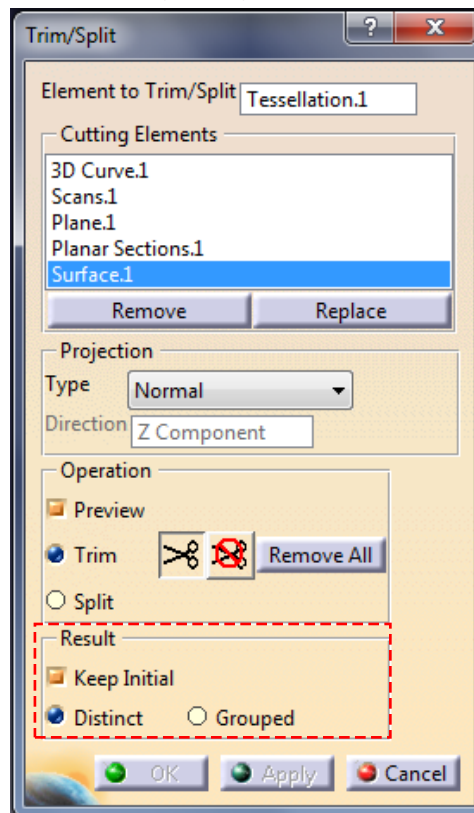
- Haga clic en *Trim* o *Keep* para eliminar un área, o utilice el menú contextual.
- Haga clic en *Remove All* para eliminar todas las áreas a la vez, o utilice el menú contextual.
  - Las zonas no seleccionadas tienen el estado opuesto.
  - No se pueden mezclar casos de *Trim* y *Keep*.

Un menú contextual está disponible tanto en *Trim* como en *Keep*:

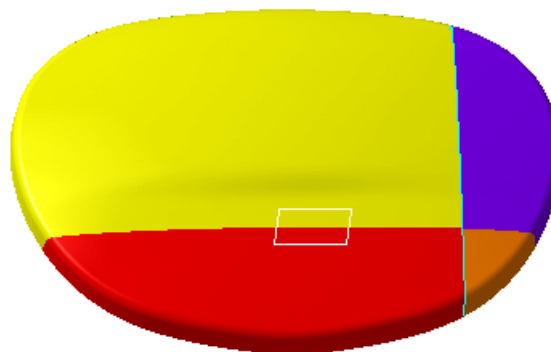


- *Delete*: elimina el área.
- *Delete All*: elimina todas las áreas.
- *Invert All*: reemplaza todas las áreas *Trim* por *Keep* y viceversa.

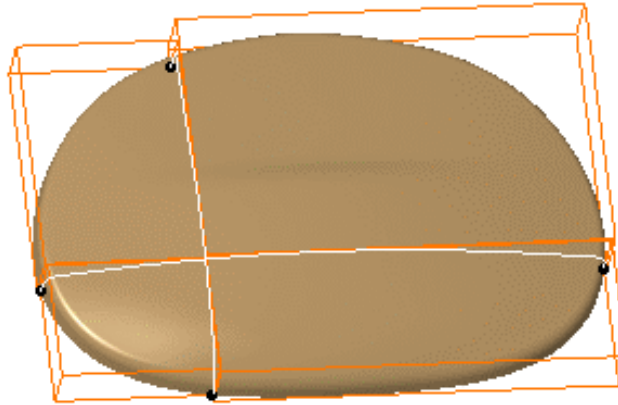
8. Seleccione una opción de resultado (*Result*):



- Si selecciona *Distinct*, las mallas de salida serán elementos distintos.



- Si selecciona *Grouped*, las nuevas mallas serán celdas agrupadas en un solo cuerpo.

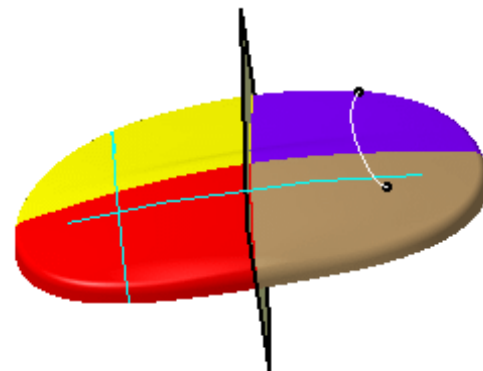
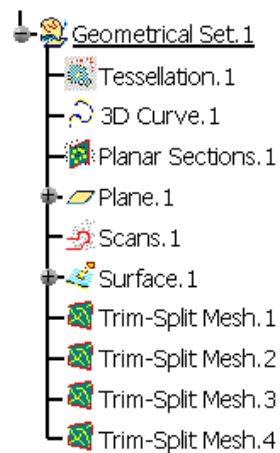


9. La opción *Keep Initial* controla si se crea una nueva malla en el árbol de especificaciones o si la malla de entrada se sustituye por otra cuando se ejecuta el comando.

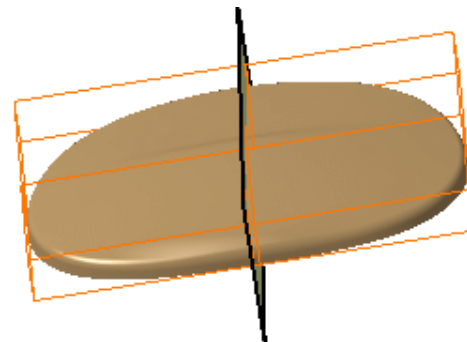
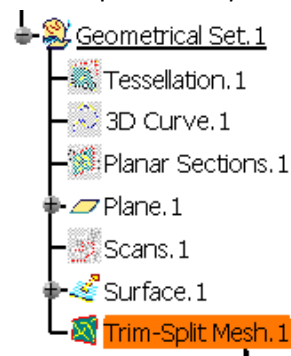
Si la casilla *Keep Initial* está seleccionada:

- La malla de entrada se oculta y permanece en el árbol de especificaciones.
- Las mallas de salida se crean en el árbol de especificaciones y en el área gráfica.

- Con la opción *Distinct* seleccionada:

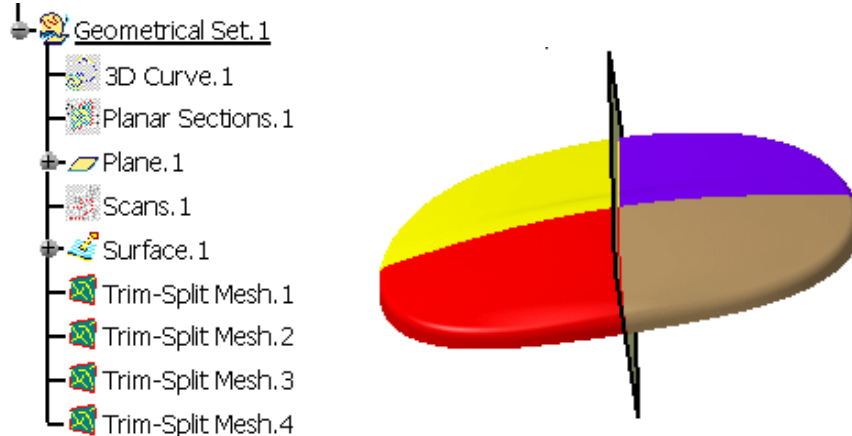


- Con la opción *Grouped* seleccionada:

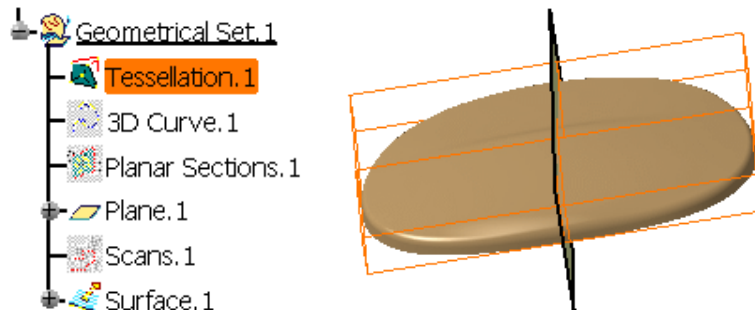


Si la casilla *Keep Initial* no está seleccionada:

- Si *Distinct* está seleccionada, la malla de entrada se elimina del árbol de especificaciones y las mallas de salida se crean en el árbol de especificaciones y en el área gráfica.



- Si *Grouped* está seleccionada, la malla de múltiples celdas resultante reemplaza a la malla de entrada:
  - La malla de entrada es eliminada del área gráfica, pero su nombre permanece en el árbol de especificaciones.
  - La malla de múltiples celdas resultante se crea en el área gráfica y en el árbol de especificaciones con el mismo nombre que la malla de entrada.




CATIA recomienda desactivar la opción *Keep Initial* cuando se trabaja con mallas grandes.

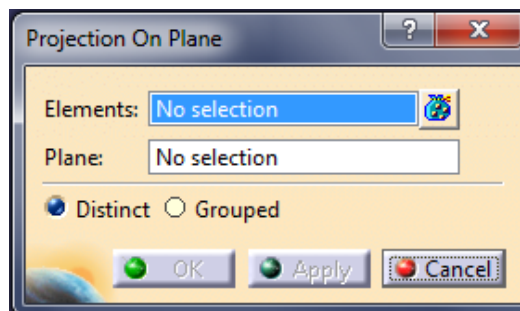
10. Haga clic en *Apply* para obtener una vista previa del resultado.
11. Haga clic en *OK* para validar y salir de la acción.

### 3.8.7. Proyectar una malla en un plano (*Projection on Plane*)

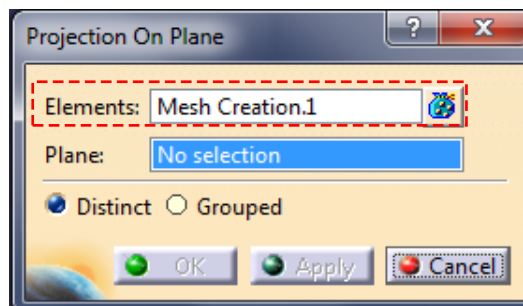
Este comando muestra cómo proyectar una nube de puntos o una malla sobre un plano para obtener una nube de puntos plana o una malla plana o para crear un escaneo plano. Después de la proyección de la malla, los bordes libres no se corresponden con el contorno de la silueta.

Abra el modelo [ProjectMesh1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

1. Haga clic en el comando *Projection on Plane*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Operations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



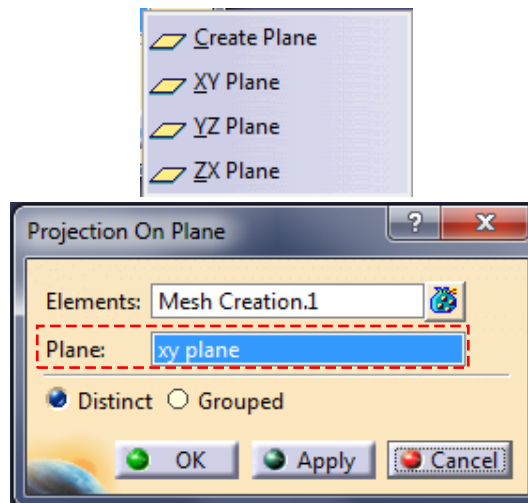
2. Seleccione *Mesh Creation.1* como el elemento a proyectar. La selección múltiple está disponible. Los elementos a proyectar pueden ser una o varias nubes de puntos o mallas.



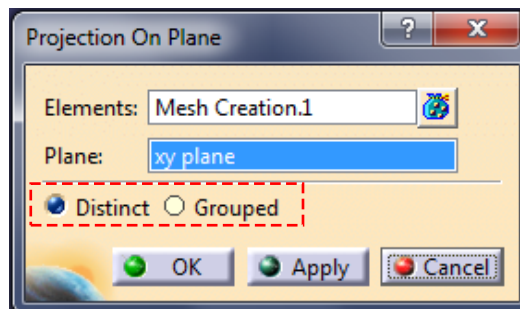
Haga clic en la selección múltiple  para visualizar, eliminar o reemplazar los elementos seleccionados.



3. Seleccione el plano XY como el plano sobre el que se va a realizar la proyección. La proyección es siempre normal al plano. Puede seleccionar un plano existente o usar el menú contextual:

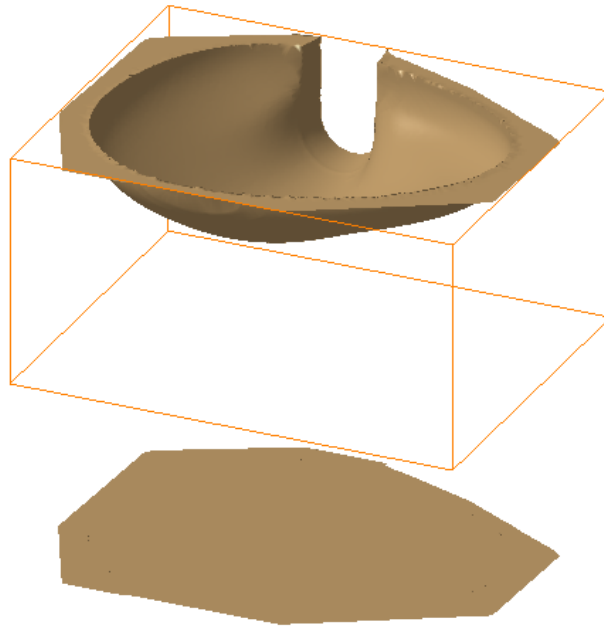


4. Seleccione una de las opciones de salida:
- *Distinct*: crea un elemento de salida para cada elemento de entrada.
  - *Grouped*: crea un solo elemento de salida, independientemente del número de elementos de entrada.

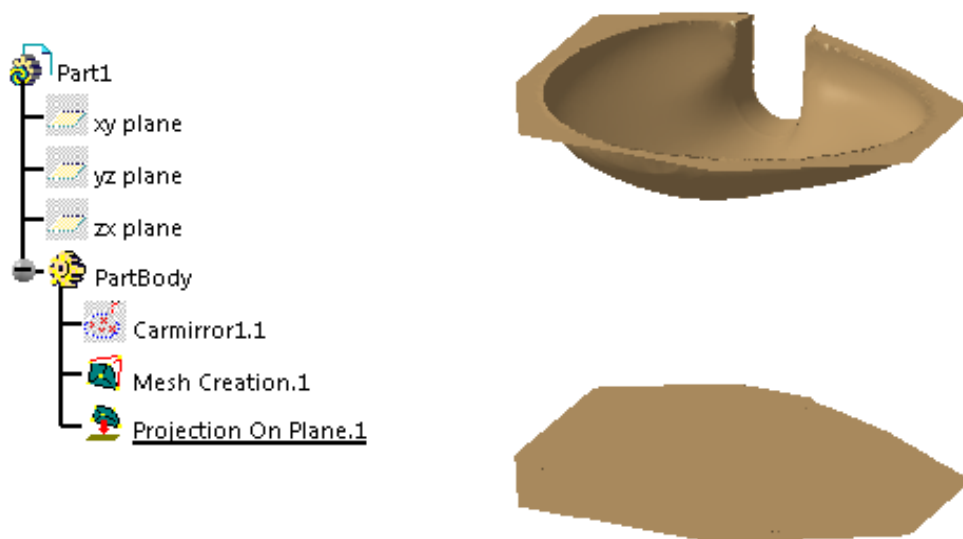


5. Haga clic en *Apply*. La malla se proyecta en el plano seleccionado:





6. Haga clic en *OK*. El elemento *Projection On Plane.1* es creado en el árbol de especificaciones.

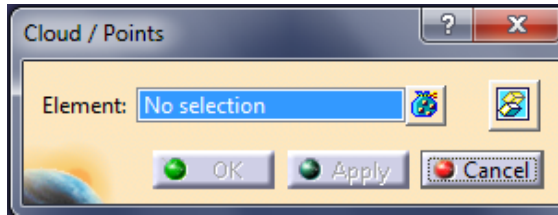


### 3.8.8. Creación de Nubes/Puntos (*Cloud/Points*)

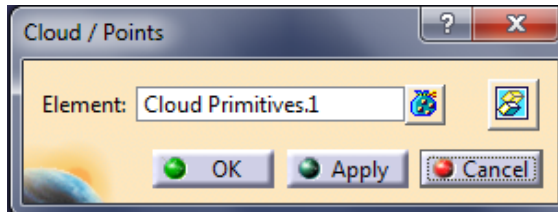
Este comando muestra cómo crear nubes de puntos a partir de puntos de CATIA o puntos de CATIA a partir de nubes de puntos.



Abra el modelo [CloudPoint.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

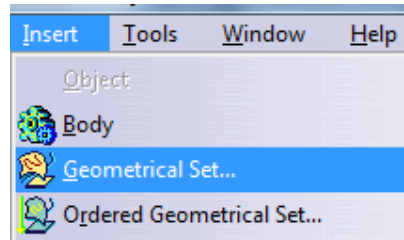
1. Haga clic en el comando *Cloud/Points*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Operations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



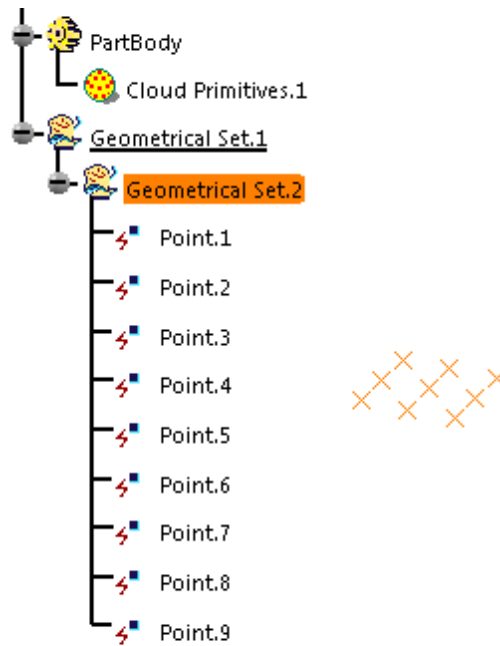
2. Seleccione *Cloud Primitives.1*.




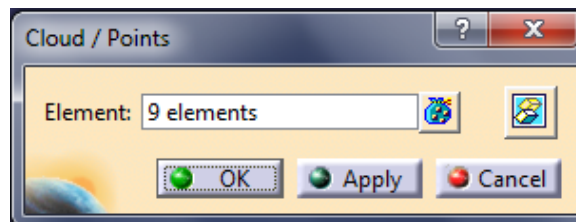
- La selección múltiple  está disponible.
  - El comando *Hide/Show*  también está disponible para ocultar/mostrar cualquier elemento seleccionado.
3. Cree un *Geometrical Set*, en el que se almacenarán los puntos que forman la nube de puntos *Cloud Primitives.1*, a través del menú *Insert*:



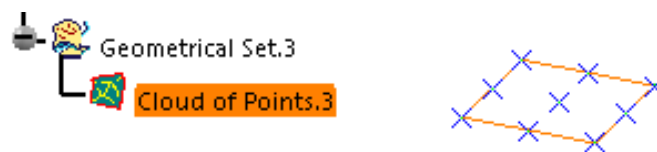
4. Haga clic en *Apply* y después en *OK* para validar y salir del cuadro de diálogo. Los puntos se crean en un *Geometrical Set* nuevo, pero dentro del *Geometrical Set* creado en el paso anterior.



5. Seleccione el *Geometrical Set* creado y haga clic en el comando *Cloud/Points*  de la barra de herramientas *Cloud Operations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando que se rellenará con los puntos encontrados en el *Geometrical Set*.



6. Haga clic en *Apply* y después en *OK* para validar y salir del cuadro de diálogo. La nube de puntos se crea en un nuevo *Geometrical Set*.



### 3.9. Scan Creation

#### 3.9.1. Proyección de curvas (*Curve Projection*)

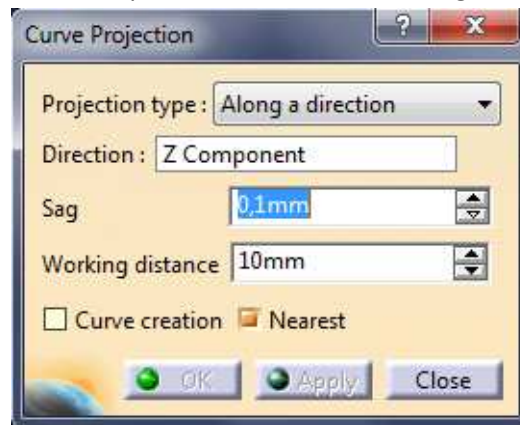
Este comando muestra cómo proyectar curvas sobre nubes de puntos o mallas.

Este comando propone opciones para:

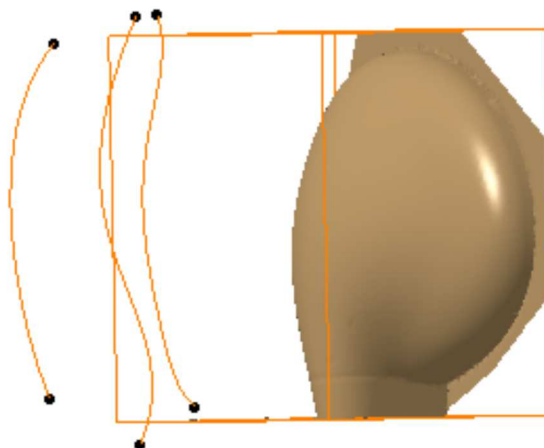
- Proyectar curvas perpendicularmente sobre una malla (opción no disponible para nubes de puntos).
- Modificar la dirección de proyección.
- Suavizar los escaneos calculados directamente en curvas.

Abra el modelo [CurvesOnCloud1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples"). Puede utilizar tanto la nube de puntos como la malla.

1. Haga clic en el comando *Curve Projection*  perteneciente a la barra de herramientas *Scan Creation*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



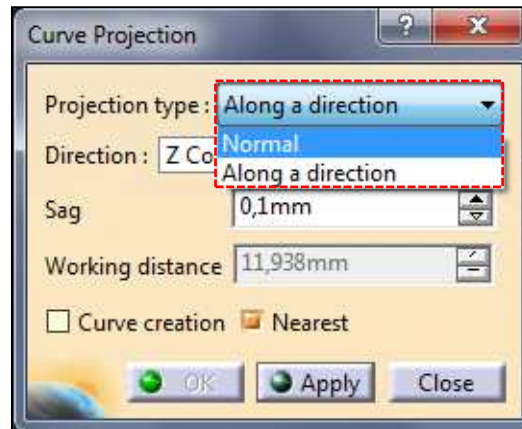
2. Seleccione las curvas a proyectar y la nube o malla de destino.



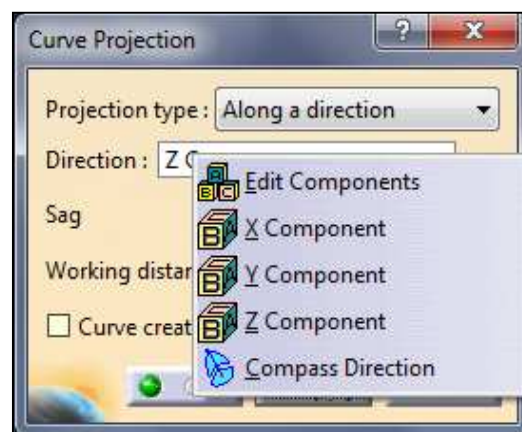
Las curvas se pueden seleccionar:

- Desde el árbol de especificaciones.
- Mediante una trampa de selección.

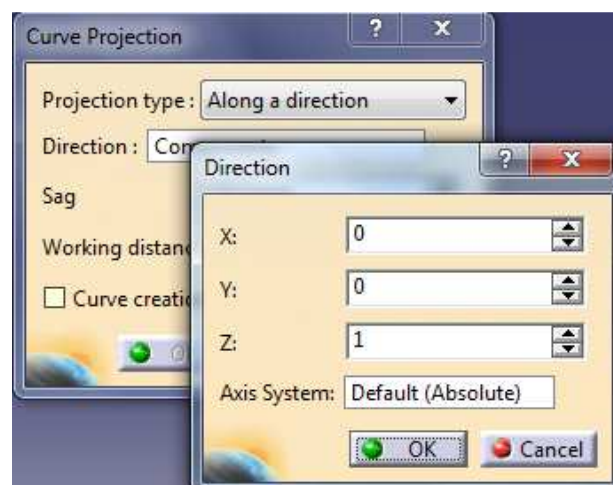
- Haciendo clic sobre ellas.
3. Si el destino es una nube de puntos, la proyección se calcula automáticamente a lo largo de una dirección. Si el destino es una malla, se puede seleccionar el tipo de proyección (*Projection type*) de la lista:



4. Si la proyección se calcula a lo largo de una dirección, la dirección propuesta por defecto es el eje Z.  
Se puede elegir otra dirección, usando el menú contextual del campo *Direction* (Dirección):



- La opción *Edit Components* (Editar Componentes) permite escribir las coordenadas de la dirección:



- La opción *Compass Direction* (Dirección del compás) toma la orientación actual del compás como la dirección de proyección. Si desea cambiar esta dirección, modifique la orientación del compás y vuelva a seleccionar la opción *Compass Direction* para tomar la nueva dirección.

5. Por defecto, se crea el elemento más cercano.

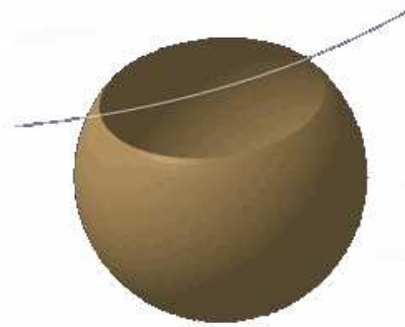
El tipo de proyección *Along a direction* permite desactivar la casilla *Nearest*.

La curva se extruye a lo largo de la dirección de proyección.

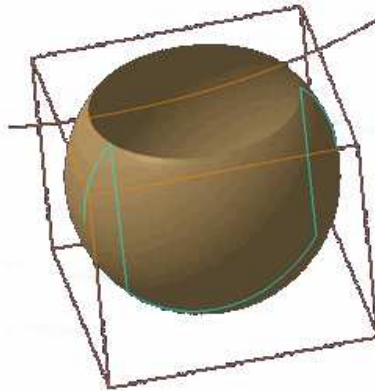
El escaneo resultante es la intersección entre la malla y dicha extrusión.

Ejemplo:

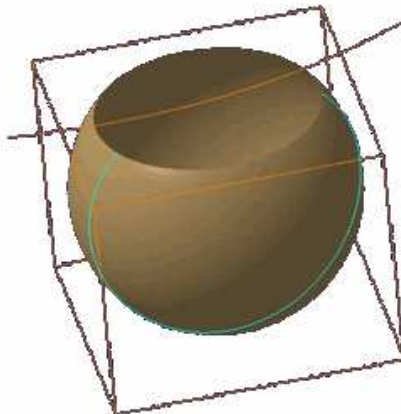
- Datos de entrada:



- Resultado con la casilla *Nearest* activada:



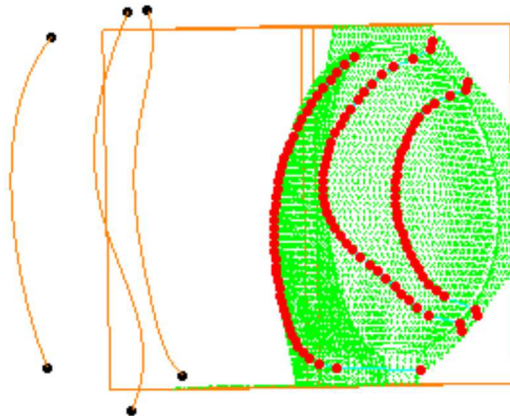
- Resultado con la casilla *Nearest* desactivada:



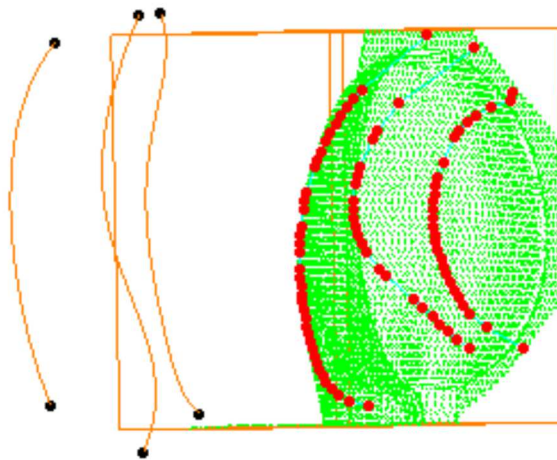
6. Si el destino es una nube de puntos, se puede establecer el valor de *Working Distance* (distancia de trabajo): la curva de entrada se discretiza, y cada uno de sus puntos se proyecta en la nube. La distancia de trabajo es la distancia tenida en cuenta alrededor de cada punto de proyección para calcular el escaneo de salida.

Por ejemplo, establezca primeramente el valor 10 y luego 3:

- Con distancia de trabajo igual a 10:

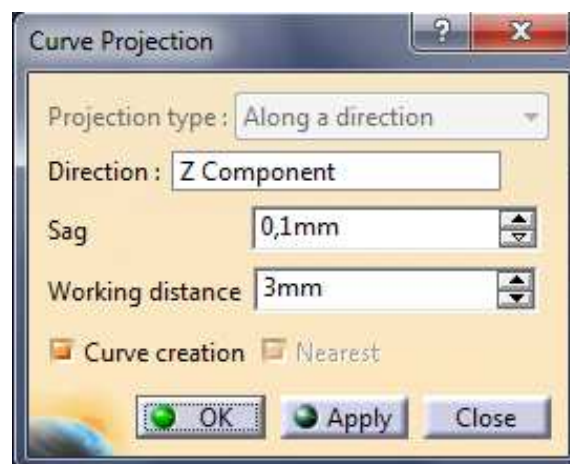
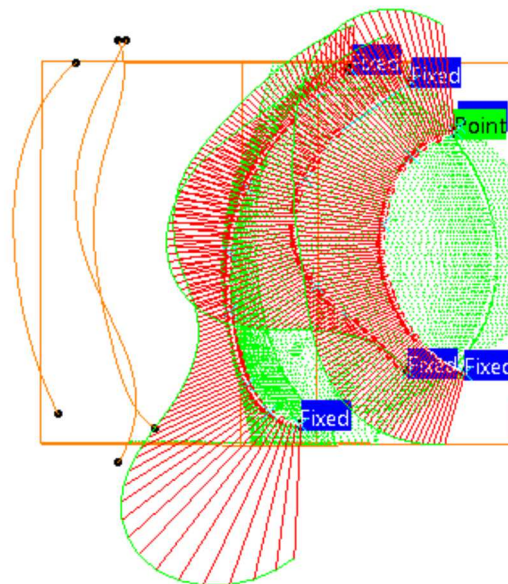
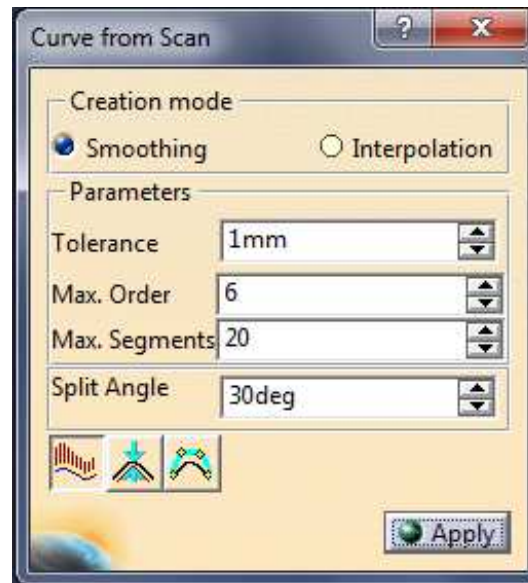


- Con distancia de trabajo igual a 3:



7. Puede establecer un valor de *Sag*: la curva a proyectar se discretiza de acuerdo a este valor de *Sag*, y cada uno de sus puntos se proyecta en la malla.
8. Si quiere crear curvas, seleccione la casilla *Curve creation*. El modo de funcionamiento es el mismo que para *Curve from Scan* excepto que sólo se muestra el peine de curvatura (sin cuadro de diálogo de análisis de curvatura).





- Si la casilla *Curve creation* está seleccionada, sólo se crearán curvas.
- Si la casilla *Curve creation* no está seleccionada, sólo se crearán escaneos.



- Si necesita un análisis de curvatura completo de las curvas que vaya creando, primeramente cree los escaneos y luego ya cree las curvas con el comando *Curve from Scans* perteneciente a la barra de herramientas *Curve Creation*.
  - Cuando modifique un parámetro, haga clic en *Apply* en su correspondiente cuadro de diálogo para que dicha modificación sea tenida en cuenta.
9. Haga clic en *Apply* para verificar o actualizar el resultado. Después haga clic en *OK* para confirmar el resultado y salir de la acción.
- Los escaneos se crean en el árbol de especificaciones bajo el nombre de *Curve Projection.x*.
  - Las curvas se crean en el árbol de especificaciones bajo el nombre de *Curve.x*.

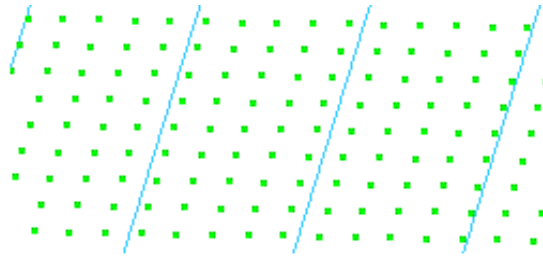
### 3.9.2. Creación de secciones planas (*Planar Sections*)

Este comando muestra cómo cortar una nube de puntos o una malla por planos para calcular escaneos y para suavizar esos escaneos directamente a curvas.

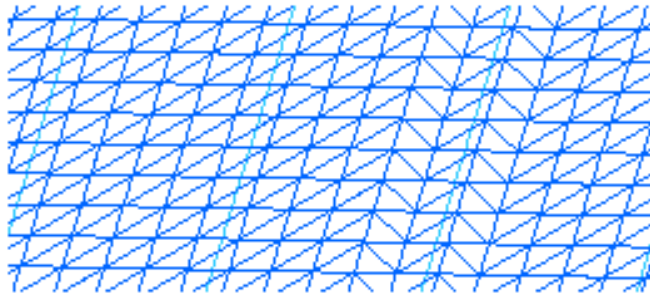
- Los elementos de entrada pueden ser:
  - Nubes de puntos.
  - Mallas.
  - Superficies.
  - Volúmenes.
- Si los elementos de entrada son superficies o volúmenes, el comando *Planar Sections* realiza un teselado automático dentro de la acción con dichos elementos con un valor de *Sag* que se puede editar. Tenga en cuenta que no se produce malla de salida.
- Los planos de corte pueden ser definidos por un plano de referencia, por una línea guía o por planos independientes.
- Puede crear diferentes escaneos, escaneos agrupados o curvas.
- Los escaneos agrupados de salida se pueden agrupar en una sola entidad, por elemento o por plano.
- A excepción de los elementos y las curvas de entrada, los parámetros del cuadro de diálogo son modales.

La creación de secciones planas sobre una malla en lugar de sobre una nube de puntos, tiene algunas ventajas:

- La acción es dinámica en mallas: no hay necesidad de hacer clic en *Apply* para visualizar las modificaciones (posición del plano de referencia, paso, número de planos, ...).
- En el caso de una nube de puntos, la intersección puede ser interpolada, ya que el plano no necesariamente cruza puntos.

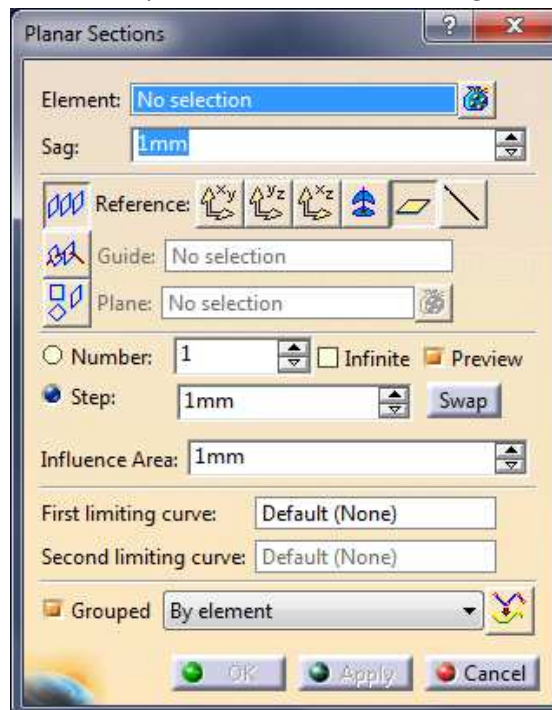


- Este problema se reduce con mallas ya que el plano interseca facetas, proporcionando una mejor precisión.

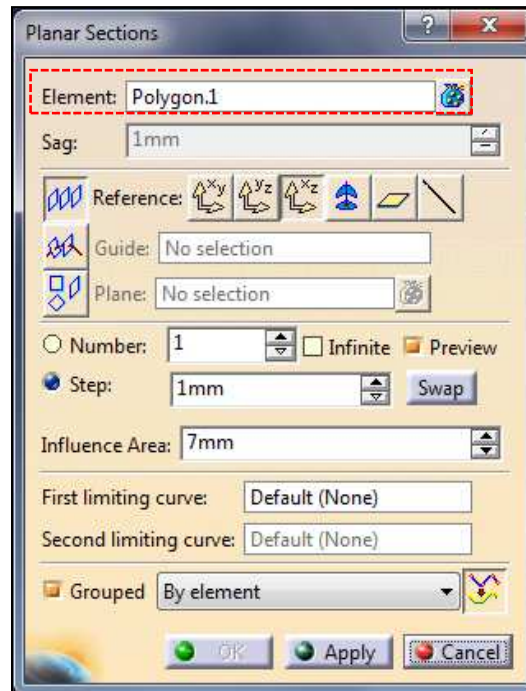


Abra el modelo [Cloud.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

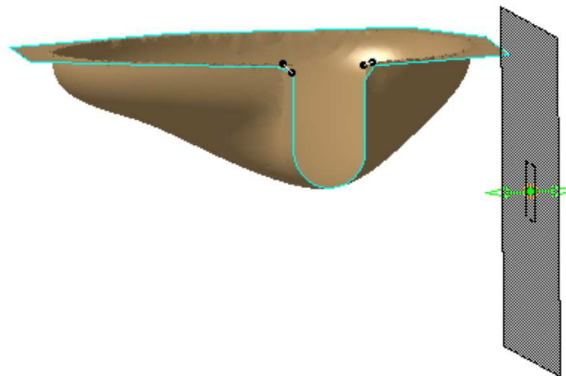
1. Haga clic en el comando *Planar Sections*  perteneciente a la barra de herramientas *Scan Creation*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:




2. Seleccione *Polygon.1*. Su nombre aparece en el campo *Element* (elemento).



Además se muestra un plano de corte:

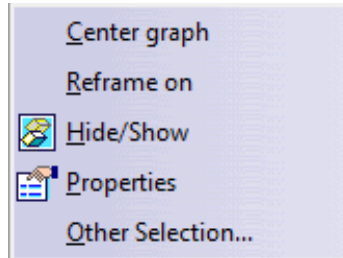


- Los planos de corte propuestos son paralelos a los YZ, XZ o XY dependiendo de cuál sea perpendicular a la arista más grande del cuadro de trabajo del primer elemento seleccionado.
- La selección múltiple está disponible:
  - Haga clic sobre el icono  para visualizar la lista de los elementos seleccionados:

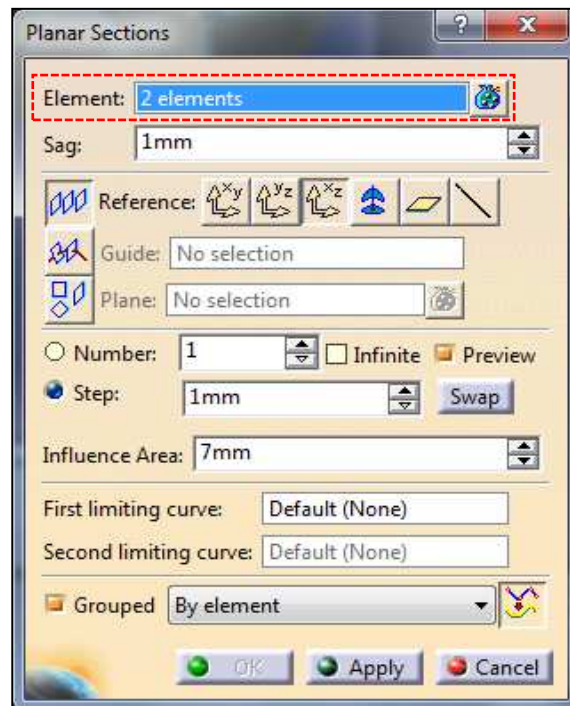


- Haga clic en un elemento en el área gráfica o en el árbol de especificaciones para añadirlo a la lista de selección. También puede seleccionar un elemento de la lista y hacer clic en *Remove* para eliminarlo de la lista o en *Replace* para reemplazarlo.

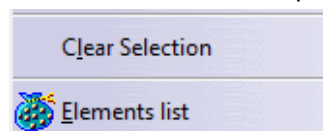
Además está disponible un menú contextual:



- Haga clic en *Close* para finalizar la selección y volver al cuadro de diálogo principal.
- Una vez que se han seleccionado varios elementos, su número se muestra en el campo *Element*:



- Está disponible un menú contextual en el campo *Element*:




3. Seleccione *Pad.1* como un segundo elemento.

Dado que es un volumen, será teselado y el valor de *Sag* pasa a ser editable. Cada vez que se modifica el valor de *Sag*, se reinicia el teselado.






4. Defina los planos de corte. Puede crear secciones paralelas utilizando:

- Planos paralelos.
- Planos perpendiculares a una guía.
- Planos independientes.

Haga clic en el icono deseado en la parte izquierda del cuadro de diálogo:

- Planos paralelos .

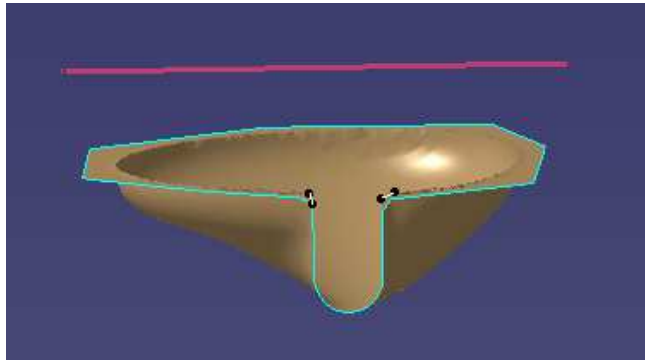
Los planos de corte serán paralelos a un plano de referencia (*Reference*), que puede ser:

- Uno de los planos estándar ,  o .
- Un plano definido por el compás .
- Un plano existente .
- Un plano que usted define dentro de la acción:

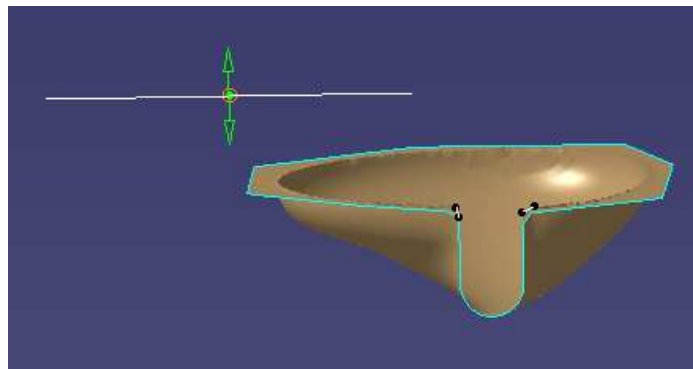
Haga clic en . El cuadro de diálogo de *Planar Sections* se oculta.


Escoja cualquier lugar del visor 3D para definir un primer punto.

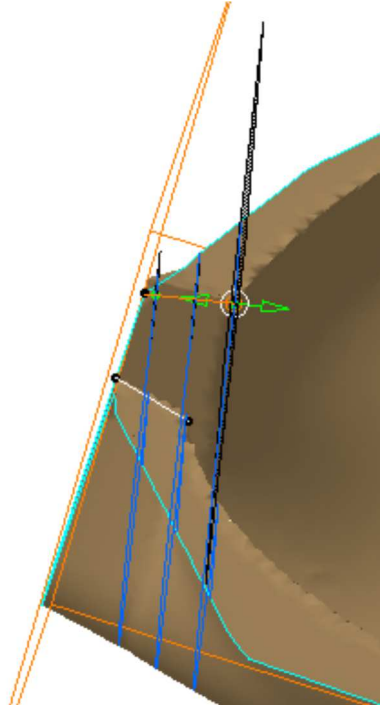
Aparecerá una línea al mover el cursor.



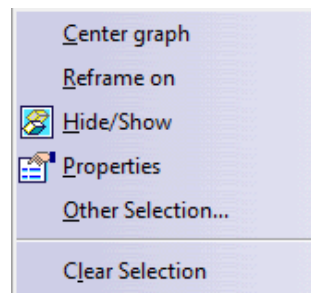
Escoja cualquier lugar del visor 3D para definir un segundo punto. Aparecerá de nuevo el cuadro de diálogo del comando *Planar Sections* y se muestra un plano de corte de referencia. Su origen es el primer punto definido, su primera dirección es el vector definido por los dos puntos y la segunda dirección es el vector normal al plano de la pantalla.





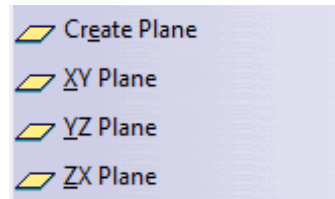
- Planos perpendiculares a una guía :  
Seleccione una curva y su nombre se visualizará en el cuadro de diálogo dentro del campo *Guide*. Los planos de corte serán perpendiculares a esta curva.



- El grado de la guía debe ser mayor que 2.
- Una curva formada a través del comando *Join* del módulo *Generative Shape Design*, no está permitida como guía.
- Se puede borrar la selección con el menú contextual a través de la opción *Clear Selection*.

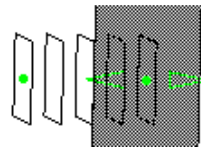


- Planos independientes :  
Seleccione un plano y su nombre se visualizará en el cuadro de diálogo dentro del campo *Plane*.  
Puede seleccionar tantos planos independientes como sean necesarios mediante el icono de selección múltiple . Su número se visualizará en el cuadro de diálogo. Se pueden crear planos usando el menú contextual del campo *Plane*.

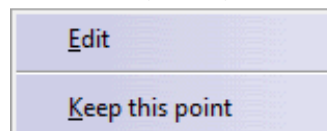


- Los parámetros *Number* (número) y *Step* (paso) no están disponibles con esta opción.
5. Excepto para la opción de planos independientes, un manipulador se muestra en el plano de referencia y se puede utilizar para posicionar dicho plano:

- Arrastrando el manipulador:



- O utilizando el menú contextual *Edit* (editar):

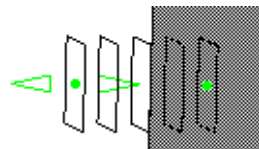


La opción *Keep this point* permite crear el punto en el centro del plano. Después de establecer la orientación del plano de referencia, se puede mover a lo largo de su normal o a lo largo de la guía sección arrastrando el centro del manipulador verde en la dirección deseada.

6. Si los planos de corte se crean en el lado equivocado del plano de referencia, haga clic en *Swap* para crearlos en el lado correcto.
7. A excepción de la opción de planos independientes, debe decidir congelar bien:
- El parámetro *Number* (número de planos de corte),
  - O el parámetro *Step* (paso entre cada plano de corte).
- Haga clic en el parámetro que quiera congelar.

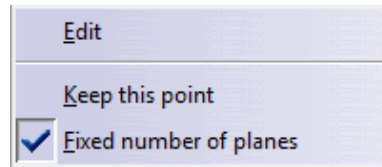
Se puede:

- Escribir los valores deseados tanto en el campo *Number* como en *Step*.
- Utilizar el manipulador disponible en el último plano de corte propuesto.

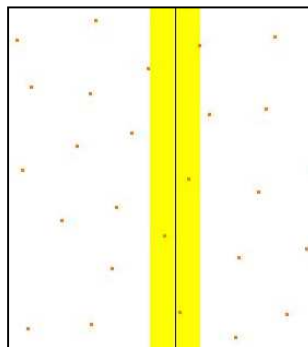


Este manipulador se utiliza para modificar o bien el paso entre los planos de corte (cuando se selecciona la casilla *Number*), o el número de planos (cuando se selecciona la casilla *Step*).

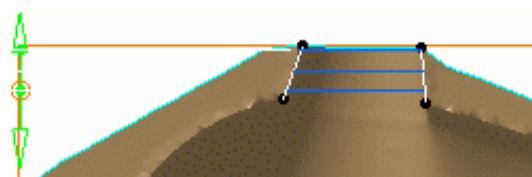
- Un menú contextual se adjunta a este manipulador:



- Activar o desactivar la opción *Fixed number of planes* es lo mismo que seleccionar *Number* o *Step* en el cuadro de diálogo.
  - La opción *Keep this point* permite crear el punto en el centro del plano.
  - *Edit* permite editar la posición del plano.
  - Una alternativa es seleccionar la casilla *Infinite*.  
Si el número de planos de corte se congela, el paso entre ellos se calculará automáticamente.  
Si el paso entre los planos de corte se congela, el número de planos de corte se calculará automáticamente.
8. La casilla *Preview* (Vista previa) viene seleccionada por defecto y muestra las secciones planas calculadas dinámicamente en la selección. Para mejorar el rendimiento, puede desactivar esta casilla mientras está ajustando los parámetros. Esta opción *Preview* está disponible para mallas, superficies y volúmenes, pero no para nubes de puntos.
9. Para nubes de puntos, el parámetro *Influence Area* (Área de Influencia) define un área calculada alrededor de los planos de corte:
- Cuando la densidad de puntos es baja, un plano de corte (línea negra) puede ser incapaz de intersectar los puntos.
  - El área de influencia es el área que se muestra en amarillo que contiene los puntos considerados para intersectar el plano de corte.



- Puede definir su valor de acuerdo a sus necesidades.
10. Si es necesario, puede seleccionar una o dos curvas limitantes para cualquiera de las opciones de plano:







- Haga clic en el campo *First Limiting Curve* dentro del cuadro de diálogo y a continuación seleccione la curva. El nombre de la curva aparecerá en el cuadro de diálogo.
- Si es necesario, repita el paso anterior en el campo *Second Limiting Curve*.
- Puede borrar la selección con el menú contextual.

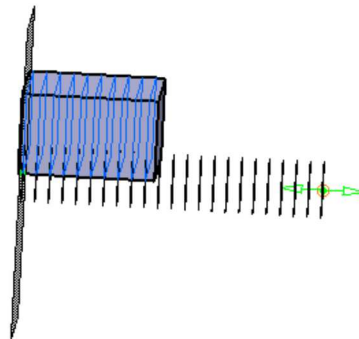
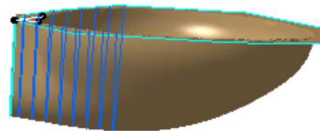




- Las curvas limitantes deben apoyar en el elemento seleccionado, y además deben ser continuas.
- Cuando se utiliza una curva limitante, los escaneos se pueden crear en el lado equivocado de la curva. De hecho, este lado está determinado por el origen del plano de referencia. Por tanto, mueva el plano de referencia para crear los escaneos en el lado correcto, ya sea a través del menú contextual con la opción *Edit* o utilizando el compás.

11. Por defecto, las secciones planas se crean como escaneos (  no está presionado).


Si no se presiona , sólo se crearán escaneos.

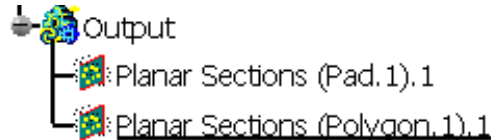
He aquí un resumen de los escaneos que puede crear teniendo seleccionado *Pad.1* y *Polygon.1*:

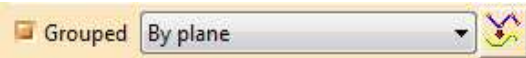


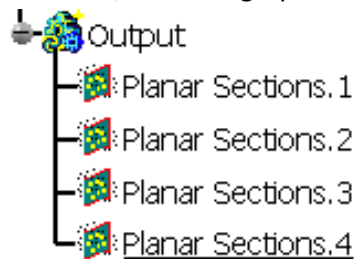
- Seleccionando  Grouped  , resultado:
  - Escaneos, como un grupo de secciones planas.



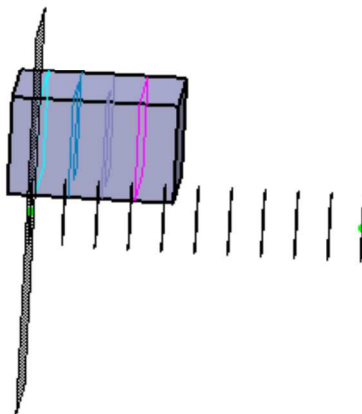
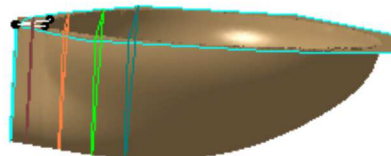
- Seleccionando  , resultado:
  - Escaneos, como un grupo de secciones planas para cada elemento seleccionado.
  - El nombre de las secciones planas contiene el nombre del elemento relacionado.

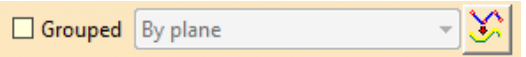


- Seleccionando  , resultado:
  - Escaneos, como un grupo de secciones planas para cada plano.

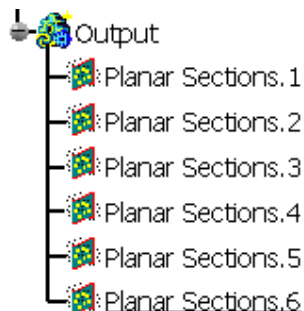


- Las secciones planas se crean en un color diferente para cada plano.




- Seleccionando  , resultado:

- Escaneos, como secciones planas distintas.



Haga clic en *OK* para crear los escaneos y salir del cuadro de diálogo.

12. Si quiere crear curvas, haga clic en  y haga clic en *Apply* en el cuadro de diálogo *Planar Sections*.

Un escaneo temporal se visualiza en el árbol de especificaciones.

Además está disponible el cuadro de diálogo del comando *Curve from Scan*. El modo de funcionamiento es el mismo que para *Creating Curve from Scans* excepto que en este caso sólo se presenta el peine de curvatura (no se muestra el cuadro de diálogo de análisis de curvatura).


Cuando esté satisfecho con las curvas, haga clic en *OK* en el cuadro de diálogo *Planar Sections* para crear las curvas y salir del cuadro de diálogo.

- Sólo se crearán curvas.
- Si necesita un análisis de curvatura completo de las curvas que vaya creando, primero tiene que crear los escaneos y luego ya crear las curvas con el comando *Curve from Scan*.
- Cuando modifique un parámetro, haga clic en *Apply* en su correspondiente cuadro de diálogo para que dicha modificación sea tenida en cuenta.

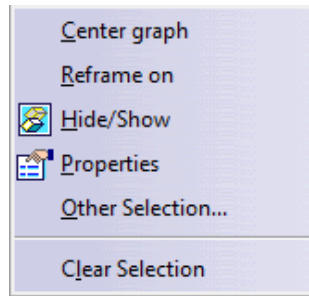
### 3.9.3. Creación de secciones planas automáticas (*XYZ Automatic Planar Sections*)

Este comando muestra cómo crear secciones planas de un modelo a lo largo de las 3 direcciones de cualquier sistema de ejes en unos pocos clics.

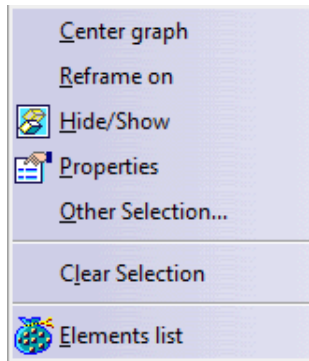
Abra el modelo [Cloud.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).


1. Haga clic en el comando *XYZ Automatic Planar Sections*  perteneciente a la barra de herramientas *Scan Creation* y seleccione el elemento (*Element*) a cortar.
  - Los elementos a cortar pueden ser nubes de puntos, mallas, superficies o volúmenes.
  - Los volúmenes y las superficies son automáticamente teselados dentro del comando, con un valor de *Sag* editable.
  - La selección múltiple está disponible.

- Un menú contextual está disponible una vez que ha seleccionado un elemento:



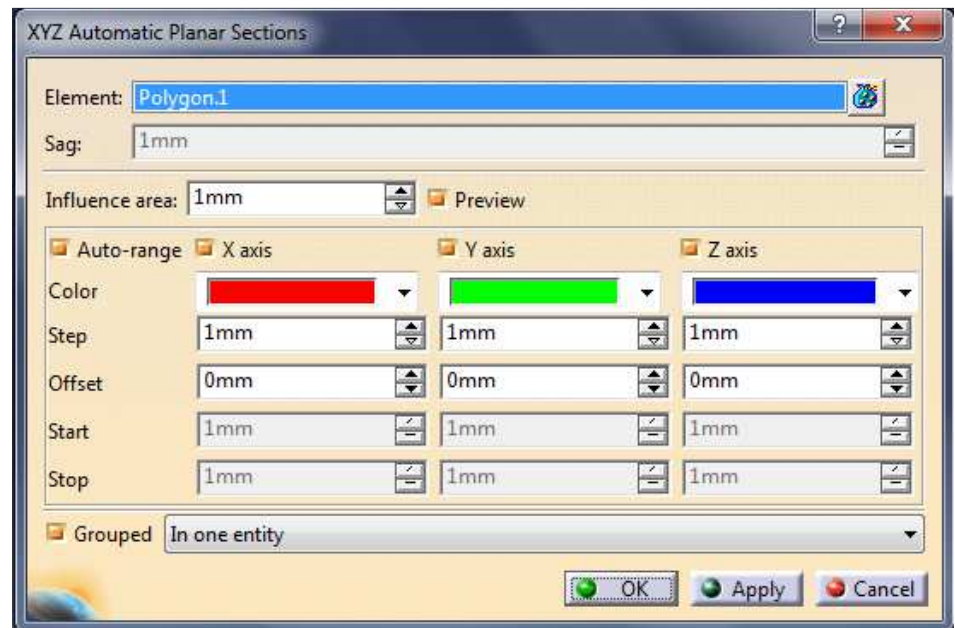
También está disponible un menú contextual cuando seleccione varios elementos:



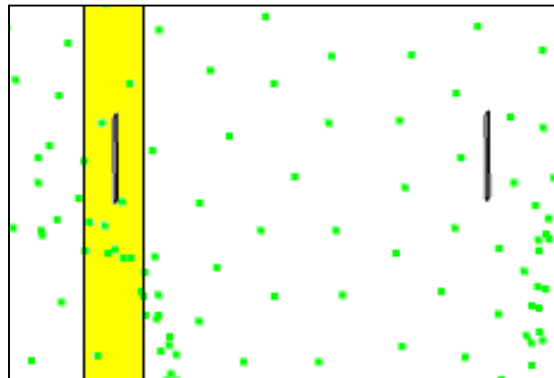
- Haga clic en el icono de selección múltiple  para visualizar la lista de elementos seleccionados:



- Haga clic en un elemento en el área gráfica o en el árbol de especificaciones para añadirlo a la lista de selección. También puede seleccionar un elemento de la lista y hacer clic en *Remove* para eliminarlo de la lista o en *Replace* para reemplazarlo.
- Haga clic en *Close* para finalizar la selección y volver al cuadro de diálogo principal.



2. Si algunos elementos seleccionados son volúmenes o superficies, sobre ellos se realizará un teselado con un determinado valor de *Sag* que será editable. Cada vez que se modifique el valor de *Sag*, dicho teselado se reiniciará.
3. Defina el parámetro *Influence area* (Área de influencia) de acuerdo a sus necesidades. Para nubes de puntos, el parámetro *Influence area* define un área calculada alrededor de los planos de corte: cuando la densidad de puntos es baja, un plano de corte (línea negra) puede ser incapaz de intersectar los puntos. El área de influencia es el área que se muestra en amarillo que contiene los puntos considerados para intersectar el plano de corte.

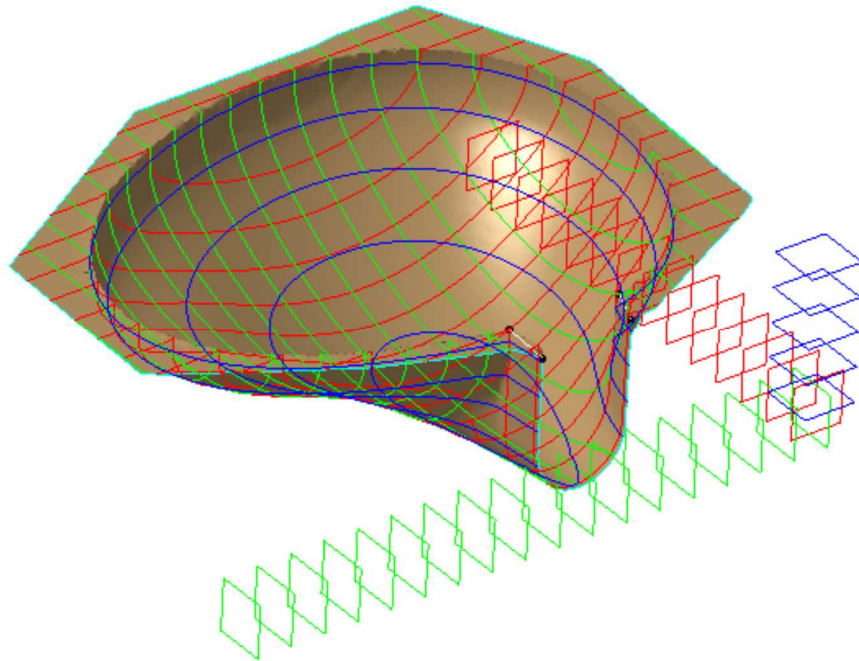


4. Seleccione los ejes a tener en cuenta para calcular las secciones planas. De forma predeterminada, se seleccionan los tres ejes. Se refieren al sistema de ejes actual, bien al sistema de ejes estándar por defecto o a cualquier sistema de ejes que haya configurado como actual.
5. Active o desactive la casilla *Auto-range*, de acuerdo a sus necesidades:
  - Por defecto, la casilla *Auto-range* viene seleccionada, y los valores *Start* y *Stop* se ajustan automáticamente para cada dirección, dependiendo de los elementos seleccionados.

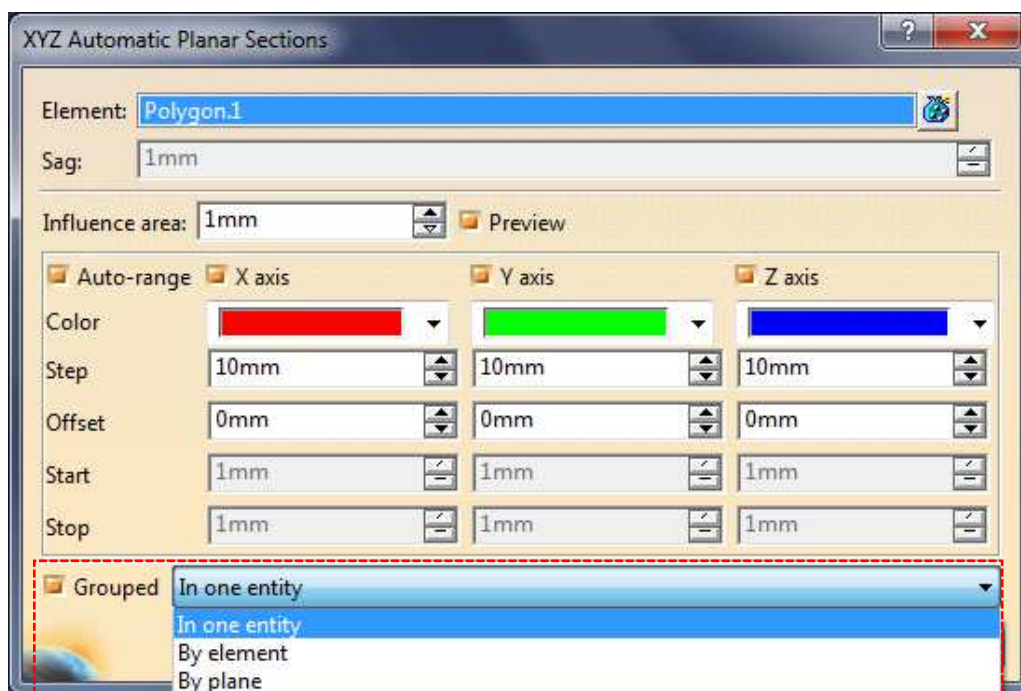
- Desactive la casilla *Auto-range* para introducir los valores que desee de *Start* y *Stop*, para crear las secciones planas sólo en una parte de los elementos seleccionados.
6. Defina el valor de *Offset* (Desplazamiento) desde el origen del sistema de ejes a lo largo de cada eje, y el valor de *Step* (Paso) entre las secciones planas.
  7. Para cada eje, seleccione el color a aplicar a las secciones planas creadas en esa dirección de la lista.

En el área gráfica se muestran los planos de corte en cada dirección.

Es necesario que haga clic en *Apply* para visualizar los cambios realizados sobre las nubes de puntos, mientras que dichos cambios se muestran dinámicamente en mallas, superficies y volúmenes sin necesidad de hacer clic en *Apply*.



8. Cuando esté satisfecho con el resultado, seleccione una opción de salida:




Y haga clic en OK para validar y crear las secciones planas como se explica en el comando *Planar Sections*.

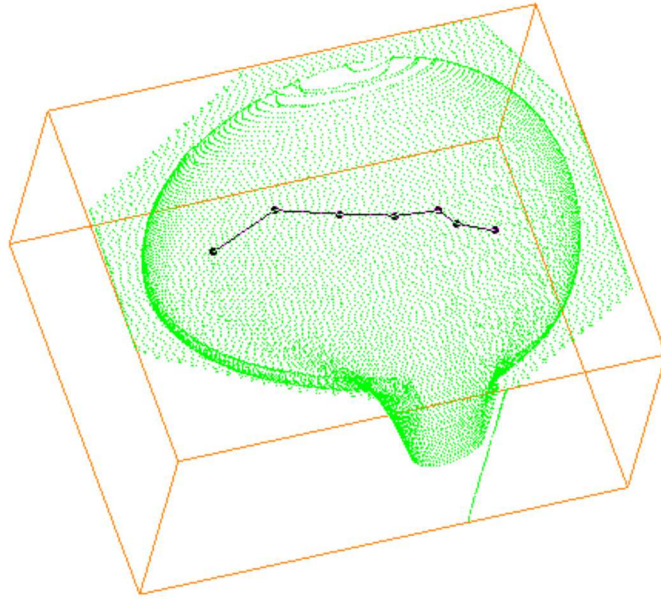
### 3.9.4. Creación de escaneos (*Scan on Cloud*)

Este comando muestra cómo crear escaneos escogiendo o seleccionando puntos de una nube.

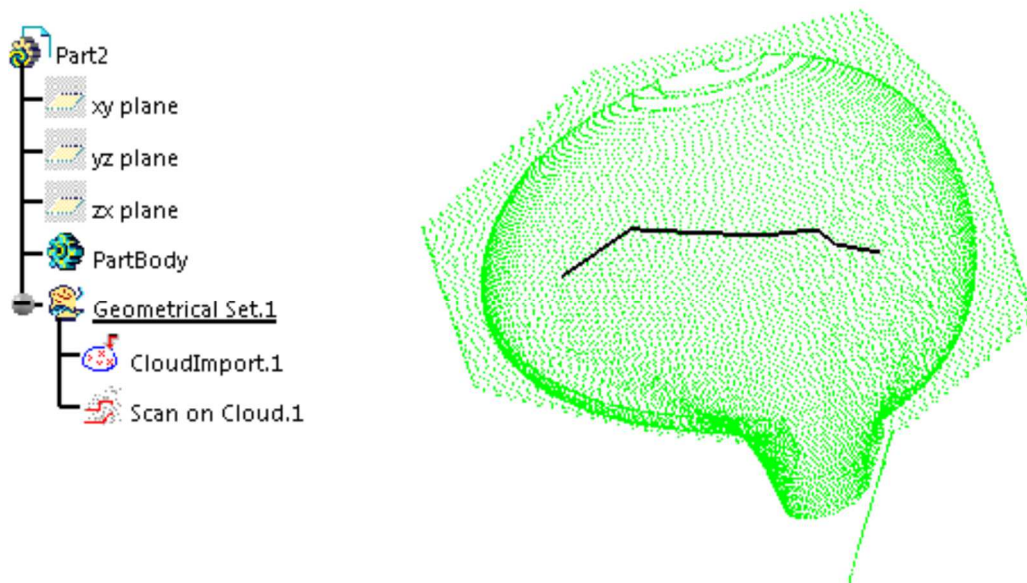
Abra el modelo [Cloud1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

1. Haga clic en el comando *Scan on Cloud*  perteneciente a la barra de herramientas *Scan Creation* y seleccione una nube.  
Esta primera selección, selecciona la nube y define el primer punto del escaneo.
2. Escoja los puntos de la nube para crear el escaneo.





3. Haga doble clic para salir de la acción. Un elemento *Scan on Cloud.x* se crea en el árbol de especificaciones (en este ejemplo, *Scan on Cloud.1*).



- *Undo* (Deshacer) y *Redo* (Rehacer) están disponibles para cada selección.
- Puede crearse un solo escaneo sobre varias nubes.
- Si pulsa la tecla *Ctrl* mientras mueve el cursor sobre la nube, la creación del escaneo se muestra interactivamente.

### 3.9.5. Creación de bordes libres (*Free Edges*)


Este comando muestra cómo crear escaneos o curvas mediante la creación de los bordes libres de una malla.

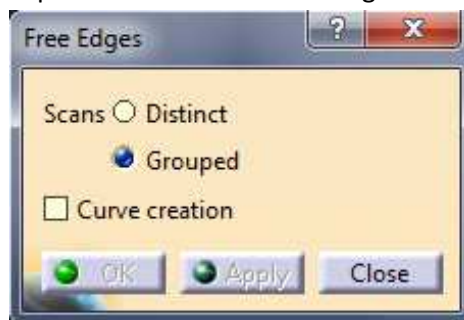


Se puede:

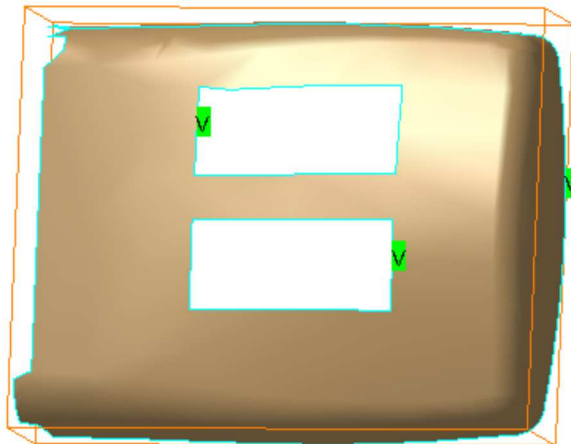
- Crear escaneos en todos los bordes libres existentes o solamente en los bordes libres seleccionados.
- Crear escaneos de todo el borde libre o solamente de una parte del borde libre, seleccionando dicha parte.
- Crear curvas directamente a partir estos escaneos y comprobar su curvatura, si es necesario.
- Este comando sólo está disponible para mallas, ya sea para una malla completa o para una parte de una malla.
- Si la casilla *Curve Creation* está seleccionada, sólo se crearán curvas.
- Si la casilla *Curve Creation* no está seleccionada, sólo se crearán escaneos.
- Si necesita un análisis de curvatura completo de las curvas que vaya creando, primero tiene que crear los escaneos y luego ya crear las curvas con el comando *Curve from Scan*.
- Cuando modifique un parámetro, haga clic en *Apply* en su correspondiente cuadro de diálogo para que dicha modificación sea tenida en cuenta.

Abra el modelo [FreeEdges1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

1. Haga clic en el comando *Free Edges*  perteneciente a la barra de herramientas *Scan Creation*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



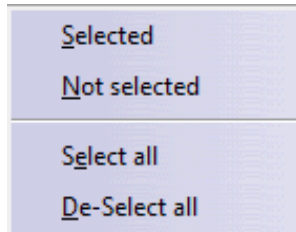
Seleccione una malla y los escaneos se propondrán en color azul cian.



2. Seleccione los escaneos a procesar.

Por defecto, se proponen todos los escaneos calculados.

Coloque el cursor sobre una etiqueta V y haga clic con el botón derecho del ratón para abrir el menú contextual:



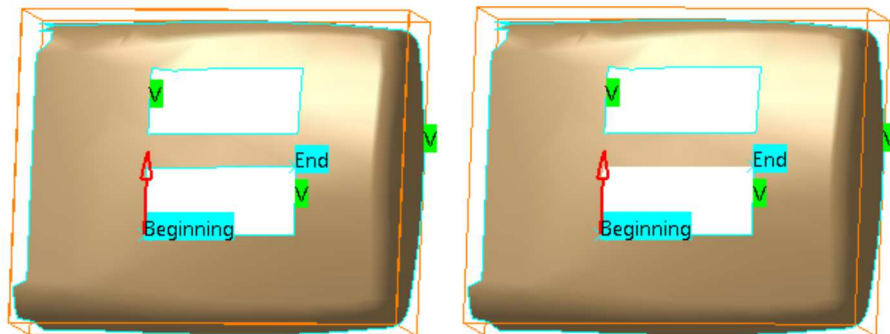
A través de este menú contextual puede:

- Seleccionar o deseleccionar escaneos concretos.
- Seleccionar o deseleccionar todos los escaneos a la vez.

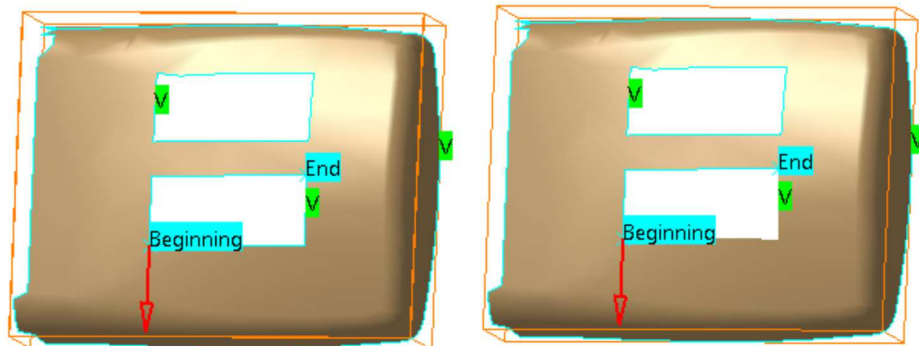
3. Si es necesario, elija dos puntos en un escaneo seleccionado para definir una parte de un escaneo a crear.

Se mostrarán ambos extremos del escaneo junto con su dirección (con una flecha roja). Puede invertir su dirección haciendo clic en la flecha roja.

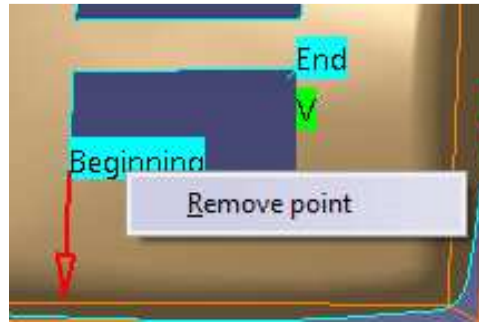
- Dirección propuesta antes y después de hacer clic en *Apply*.



- Dirección invertida antes y después de hacer clic en *Apply*.



4. Para eliminar un punto de uno de los dos extremos, haga clic sobre su etiqueta con el botón derecho del ratón para abrir el menú contextual:



5. Haga clic en *Apply* para aplicar cualquier cambio que realice.
6. Si quiere crear escaneos, marque la opción deseada:
  - *Distinct* para crear distintos escaneos de salida en el árbol de especificaciones.
  - *Grouped* para crear un solo escaneo de salida en el árbol de especificaciones.
7. Si desea crear curvas, seleccione la casilla *Curve creation*.  
El modo de funcionamiento es el mismo que para el comando *Curve from Scan* excepto que en este caso sólo se presenta el peine de curvatura (no se muestra el cuadro de diálogo de análisis de curvatura).


### 3.9.6. Discretizar curvas (*Discretize Curves*)

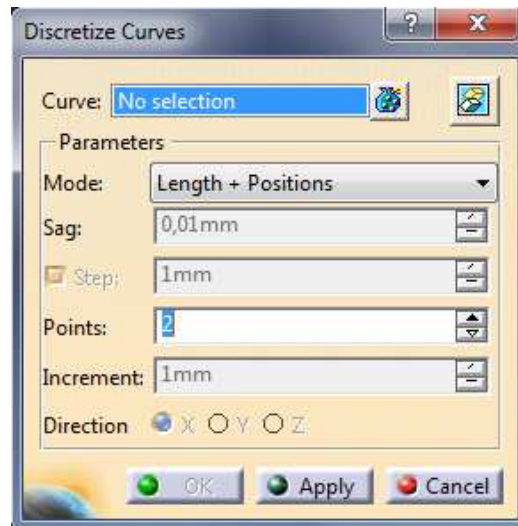
Este comando muestra cómo crear un escaneo por posiciones de muestreo en una curva, según el modo de discretización seleccionado.



Los elementos de entrada pueden ser curvas o bordes de superficies.

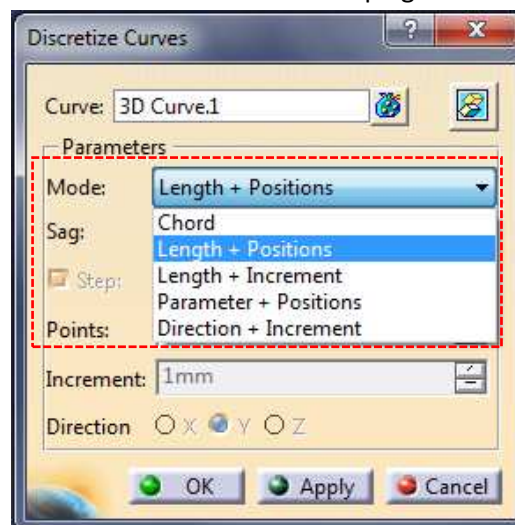
La salida se actualiza automáticamente cuando la entrada se modifica.

Abra el modelo [CurvetoScan01.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

1. Haga el *Geometrical Set.1* el elemento activo de trabajo. Para ello coloque el cursor sobre dicho *Geometrical Set* y seleccione *Define in Work Object* a través del menú contextual del botón derecho del ratón.
2. Haga clic en el comando *Discretize Curves*  perteneciente a la barra de herramientas *Scan Creation*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:

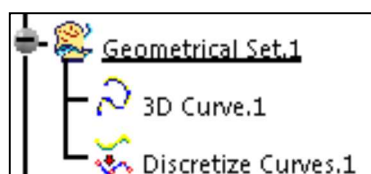


3. Seleccione la curva a tratar (en este caso, *3D Curve.1*).
  - La selección múltiple  está disponible.
  - El icono del comando *Hide/Show*  está disponible para ocultar o mostrar la selección.
4. Seleccione un modo de discretización de la lista desplegable *Mode*:



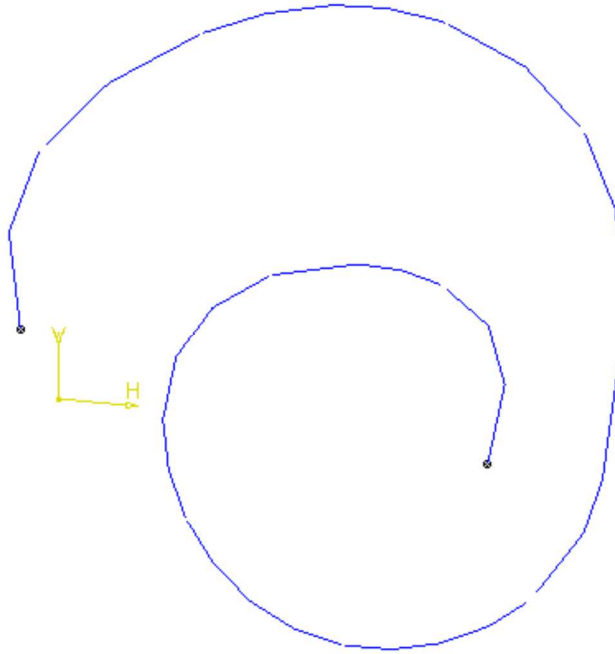
5. Teclee los parámetros solicitados por el modo que haya seleccionado.
6. Haga clic en *Apply* para visualizar el resultado y después en *OK* para validar y salir del cuadro de diálogo.

Un elemento (*Discretize Curves.1*) se crea en el elemento activo de trabajo del árbol de especificaciones.

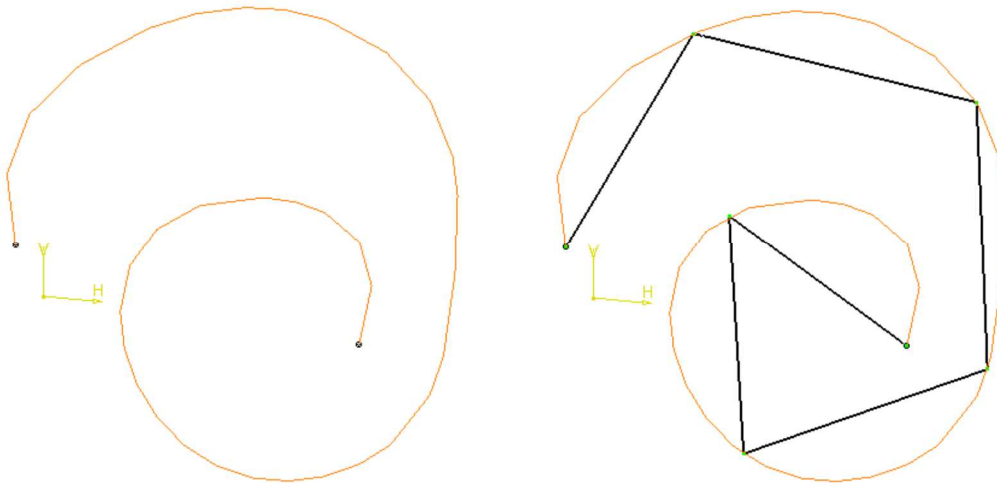


**Modos y parámetros:**

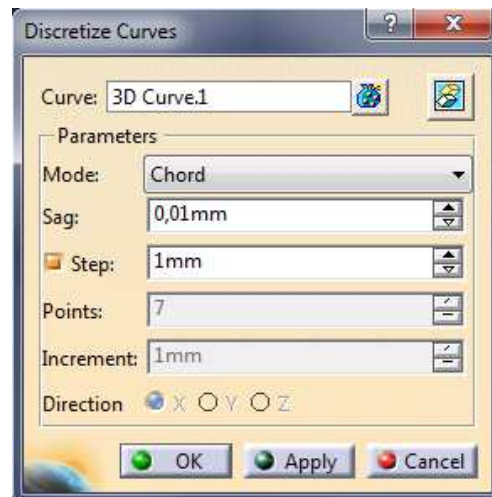
En los siguientes ejemplos, la curva de entrada se ve así:



Cuando se selecciona, su color es naranja. El escaneo se visualiza en negro.



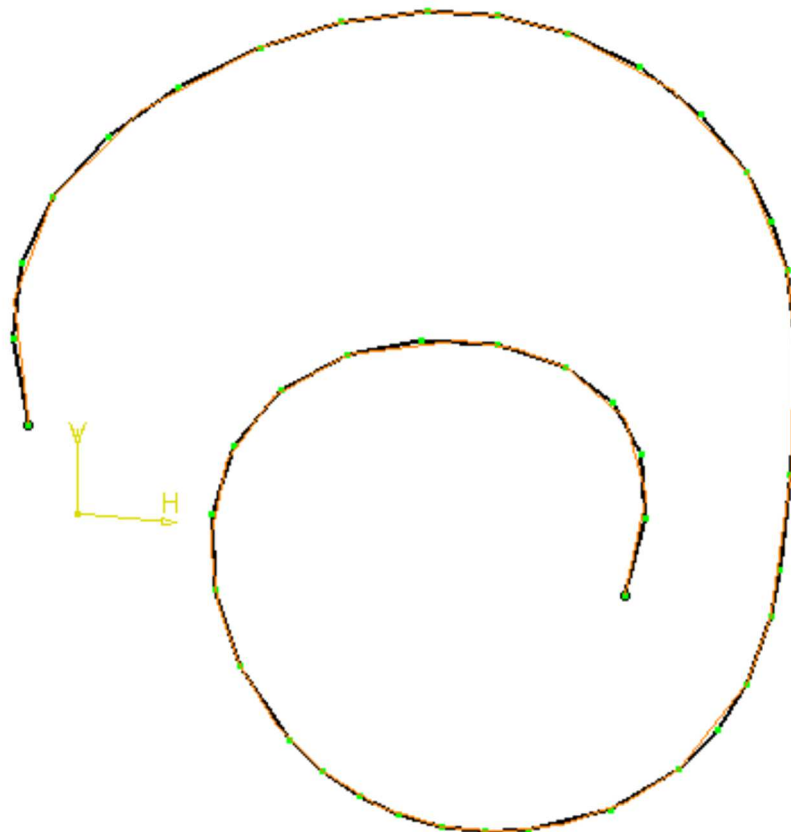
a) *Chord*:



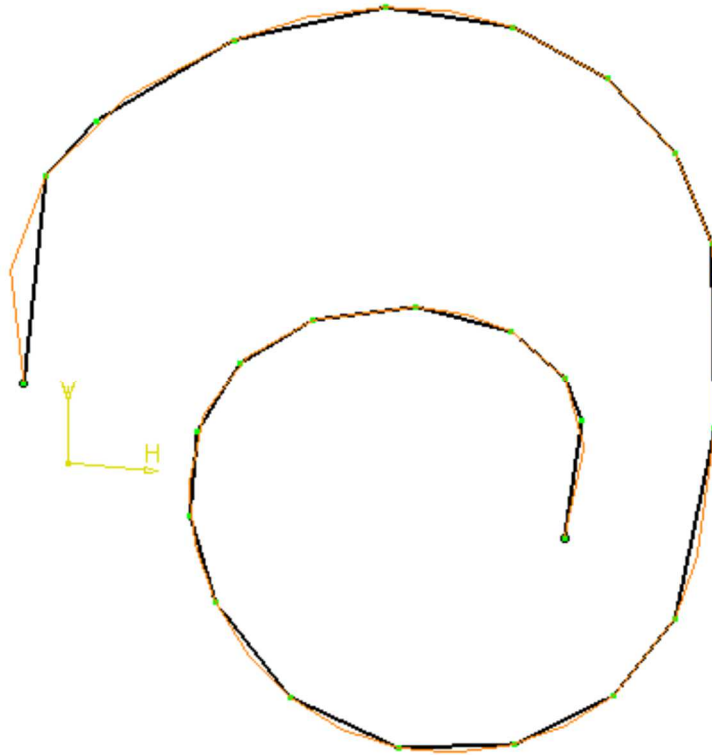
- *Sag*: representa la distancia máxima entre la curva de entrada y la teórica acorde que conectan dos posiciones sucesivas del escaneo.
- *Step*: es opcional y representa la distancia máxima entre dos posiciones sucesivas del escaneo.

Ejemplos:

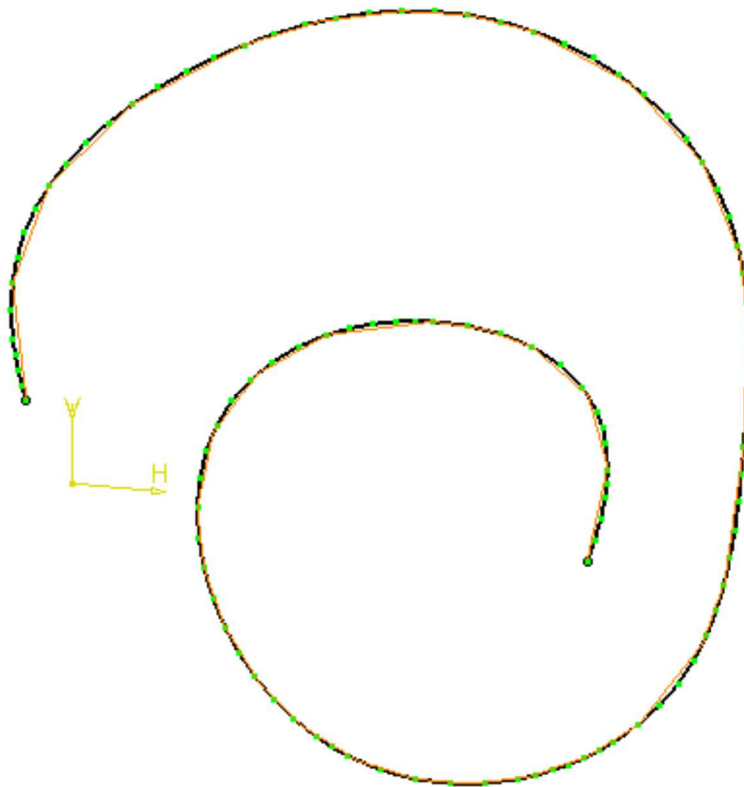
- *Sag* = 0,1 mm y con la opción *Step* desactivada



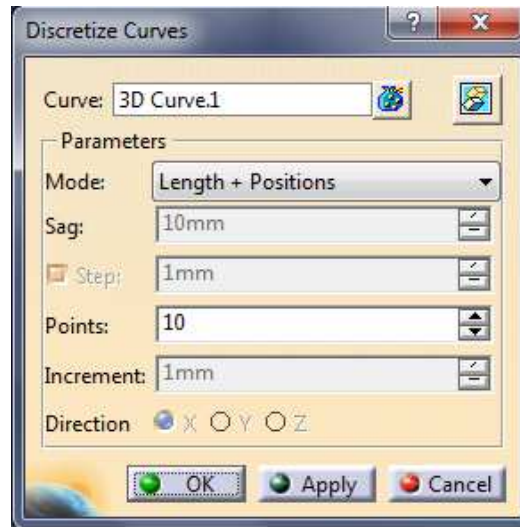
- *Sag* = 10 mm y con la opción *Step* desactivada



- *Sag* = 10 mm y con *Step* = 1mm

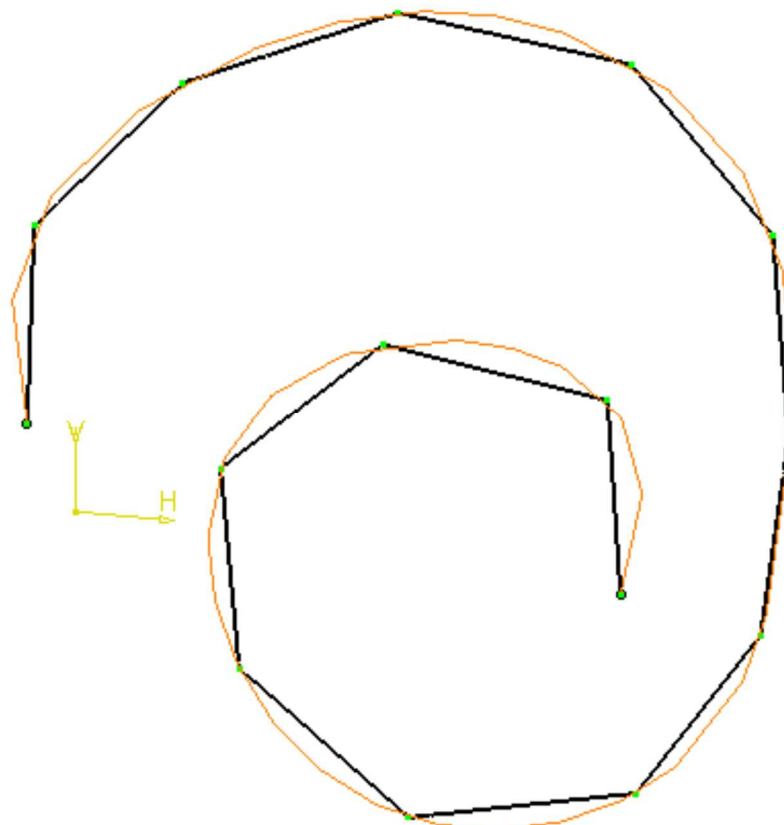


b) *Length + Positions*:



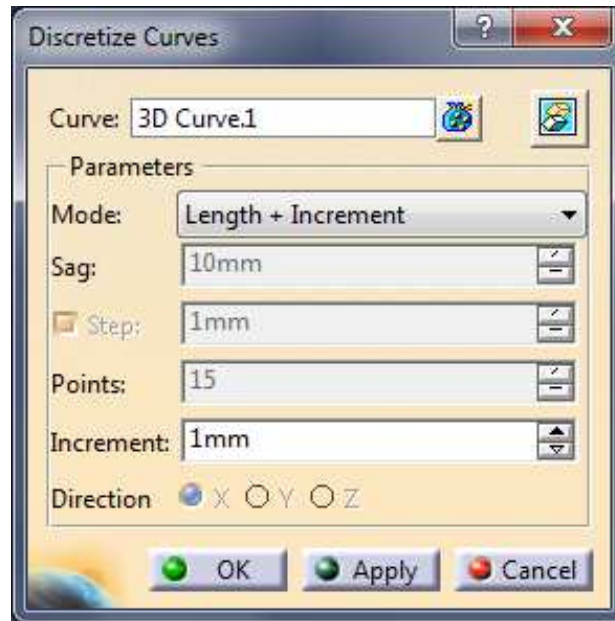
- *Points*: es el número de posiciones N. La longitud de la curva es dividida por (N-1), proporcionando un incremento longitud-curva constante.

Ejemplo: Points = 15



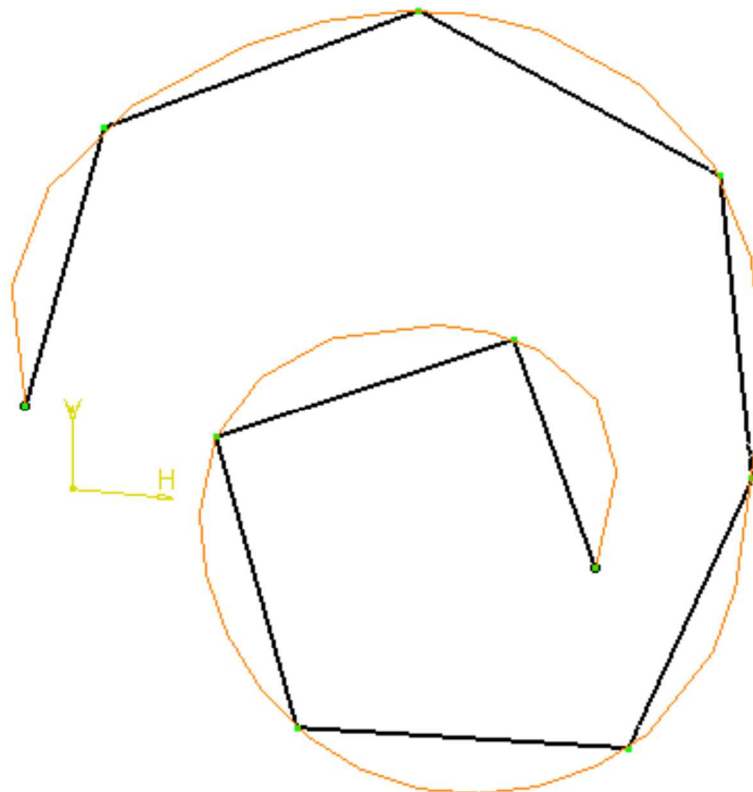


c) *Length + Increment*:

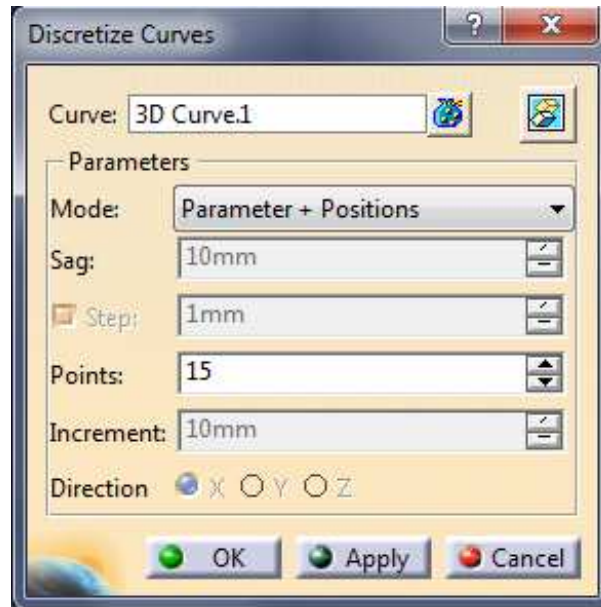


- *Increment*: representa el incremento de longitud en la curva.

Ejemplo: *Increment* = 10

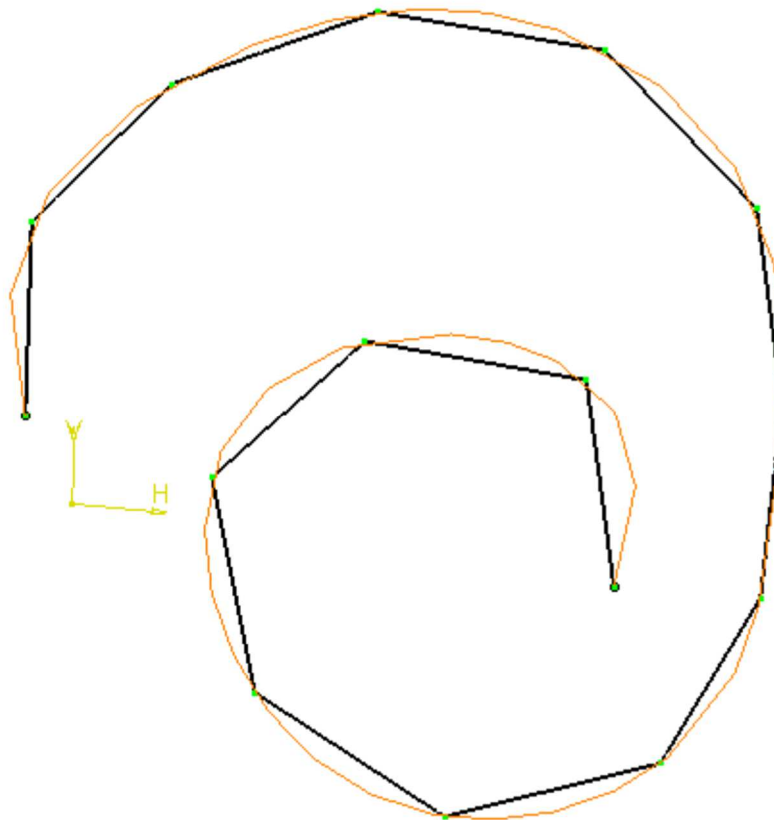


d) *Parameter + Positions*:

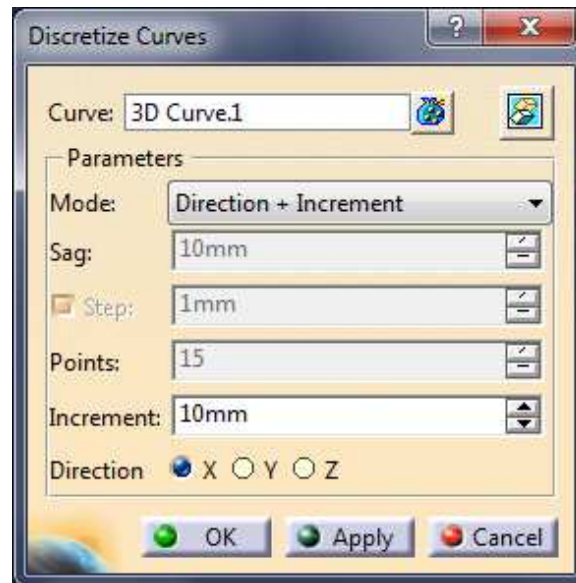


- *Points*: es el número de posiciones N. El parámetro de la curva se divide por (N-1), proporcionando un incremento parámetro-curva constante.

Ejemplo: Points=15



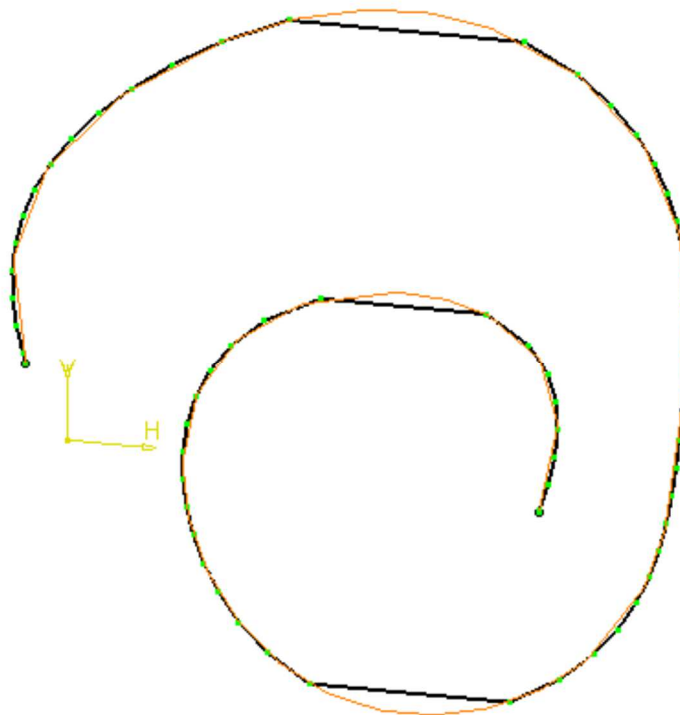
e) *Direction + Increment*:



Se debe especificar una dirección principal (X, Y o Z) con el fin de definir un plano de referencia. El origen del plano de referencia es (0, 0, 0).

- *Increment*: esta es la distancia entre dos planos consecutivos. Los puntos son el resultado de la intersección de los planos con la curva.


Ejemplo: *Direction Y e Increment = 1 mm*



### 3.9.7. Edición de escaneos (*Scan Edition*)

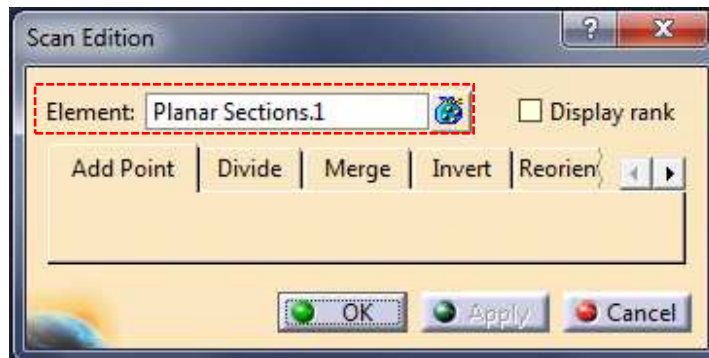
Este comando muestra cómo editar escaneos.

Abra el modelo [ScanAddPoint1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples") para añadir un punto o para dividir, invertir u ordenar un escaneo.

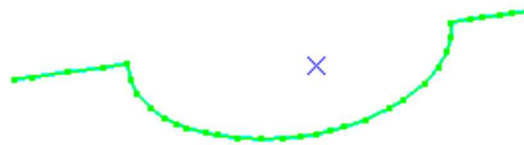
1. Haga clic en el comando *Scan Edition*  perteneciente a la barra de herramientas *Scan Creation*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



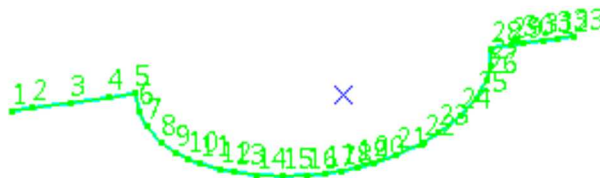
Seleccione el escaneo a editar:



Por defecto, la opción *Display rank* (Rango de visualización) viene desactivada:

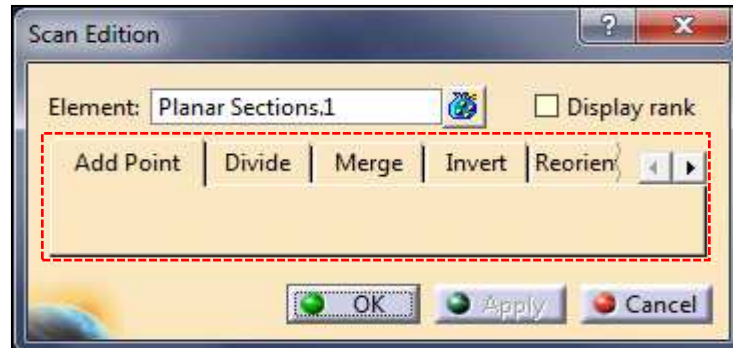


Seleccione dicha opción para visualizar el rango de puntos del escaneo:

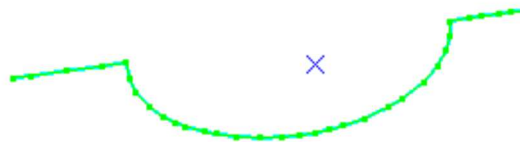


2. Cada ficha del cuadro de diálogo corresponde a una posible acción de edición. Vaya a la ficha correspondiente a su necesidad y proceda como se explica a continuación. Haga clic en *Apply* y después en *OK*.

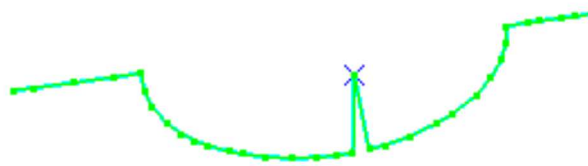
a) Añadir puntos (*Add points*):



- 1) Para añadir un punto al siguiente escaneo:



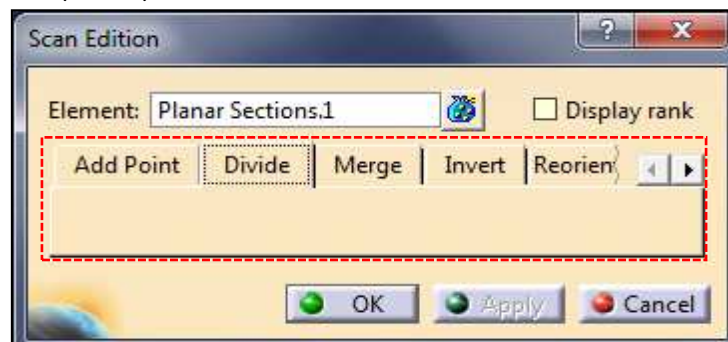
Haga clic en *Point.4*. Dicho punto se añadirá al escaneo:



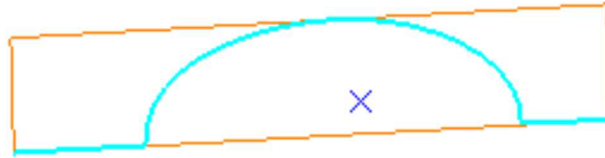
El punto a añadir al escaneo debe ser un punto ya existente.

- 2) Haga clic en *OK* para validar y salir. No se creará ningún escaneo nuevo, simplemente se ha añadido un punto al escaneo que ya existía.

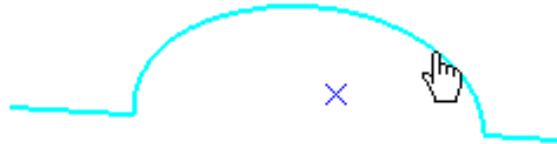
b) Dividir un escaneo (*Divide*):



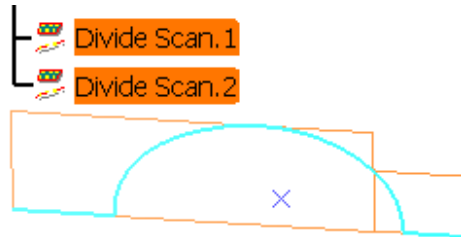
- 1) Para dividir el siguiente escaneo:



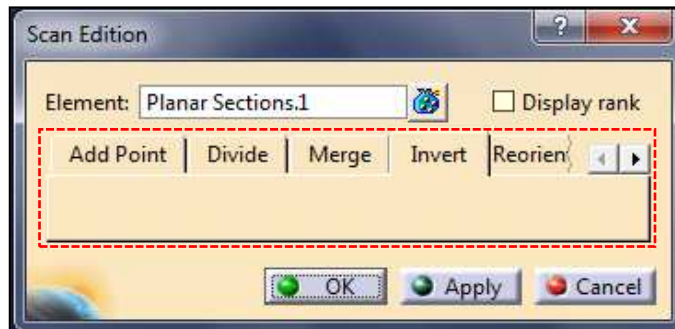
Seleccione una posición del escaneo, es decir, el punto que dividirá el escaneo:



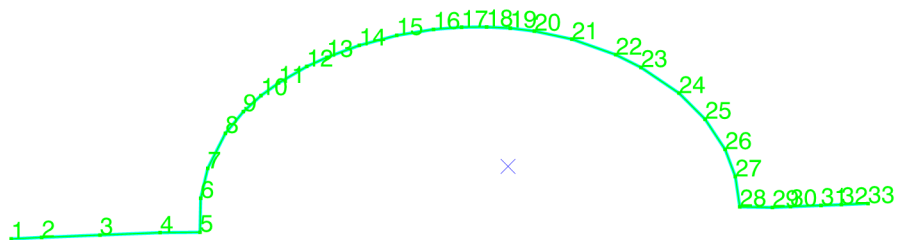
2) Haga clic en *OK*. El escaneo se divide en dos, *Divide Scan.1* y *Divide Scan.2*.



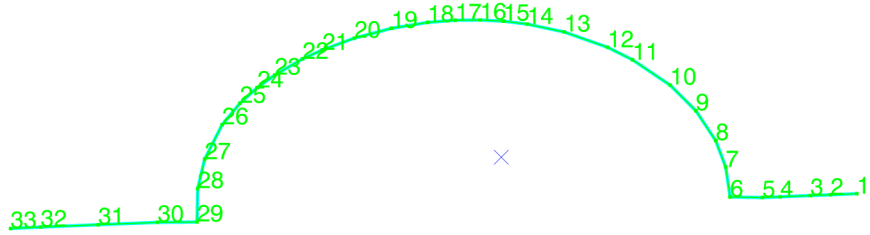
c) Invertir (*Invert*):



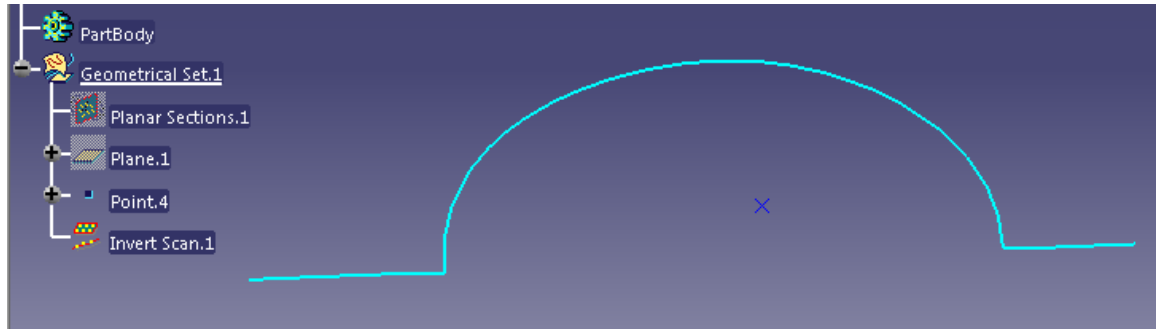
1) Para invertir el siguiente escaneo:



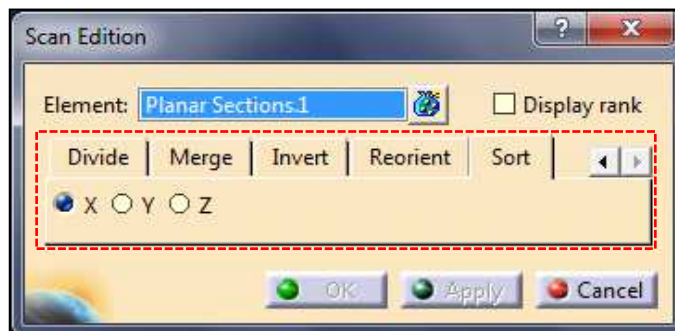
Selecciónelo, vaya a la ficha *Invert*, haga clic en *Apply* y el escaneo se invertirá.



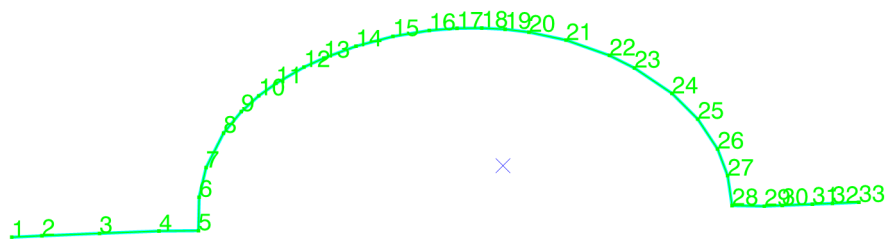
- 2) Haga clic en *OK*. El escaneo invertido es un escaneo nuevo que se crea en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Invert Scan.1*.



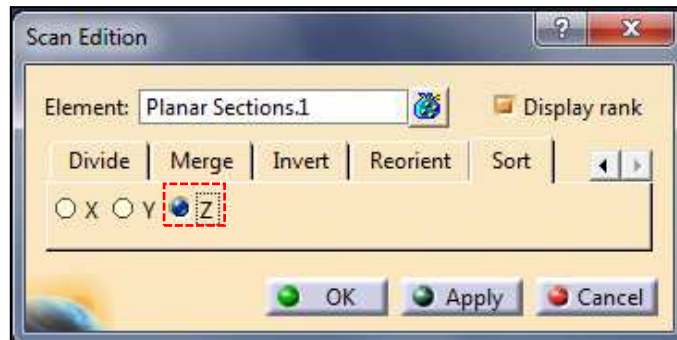
- d) Ordenar (*Sort*):



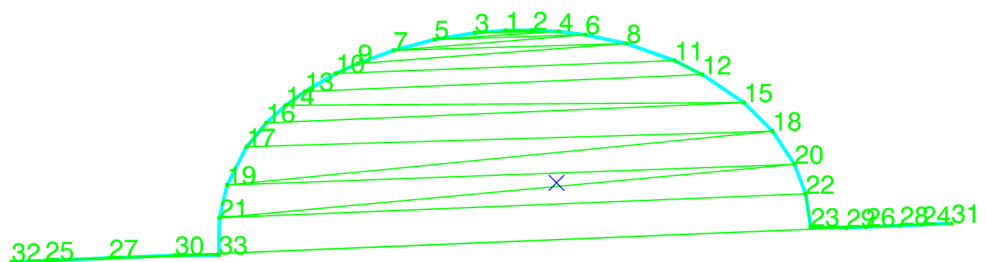
- 1) Para ordenar el siguiente escaneo en la dirección Z:



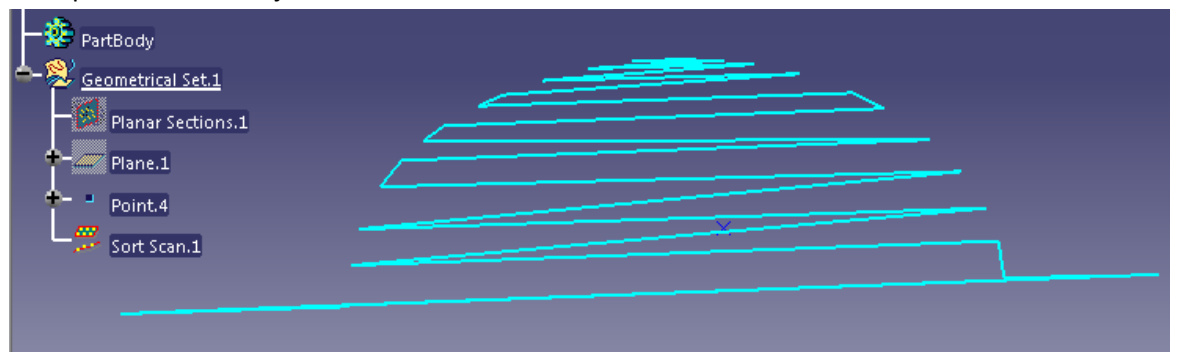
Selecciónelo y seleccione Z en el cuadro de diálogo.



2) Haga clic en *Apply* y el escaneo se ordenará:

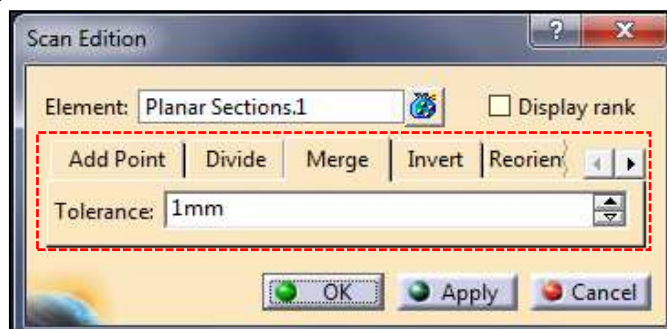


3) Haga clic en *OK*. El escaneo ordenado es un nuevo escaneo que se crea en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Sort Scan.1*.



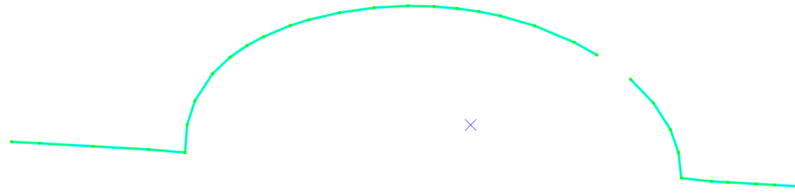
Abra el modelo [ScanMerge1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples") para fusionar diferentes escaneos en un solo escaneo.

e) Fusionar (*Merge*):





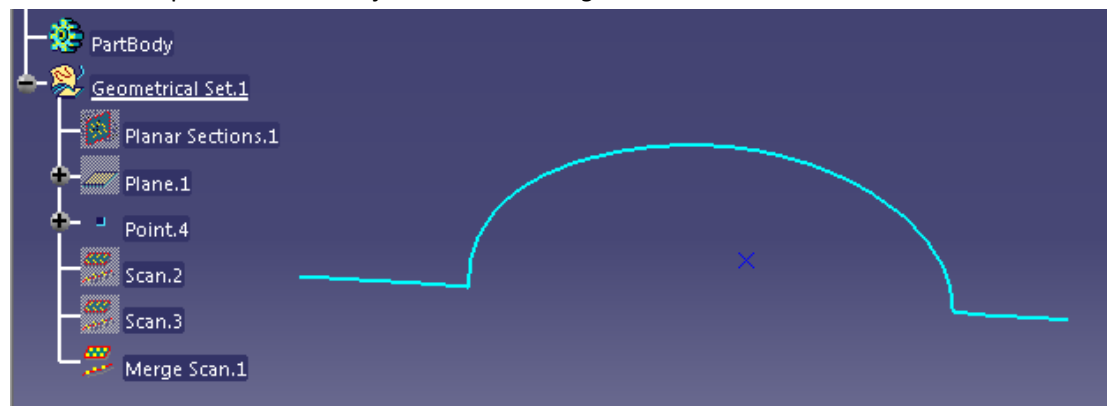
- 1) Para fusionar dos escaneos, selecciónelos usando la selección múltiple.



- 2) Introduzca un valor de *Tolerance* (Tolerancia) y haga clic en *Apply*.
- Si el gap entre los dos escaneos es menor que el valor de tolerancia, los dos escaneos se fusionan en uno.
  - Si el gap entre los dos escaneos es mayor que el valor de tolerancia, se muestra un mensaje y la fusión no se lleva a cabo.

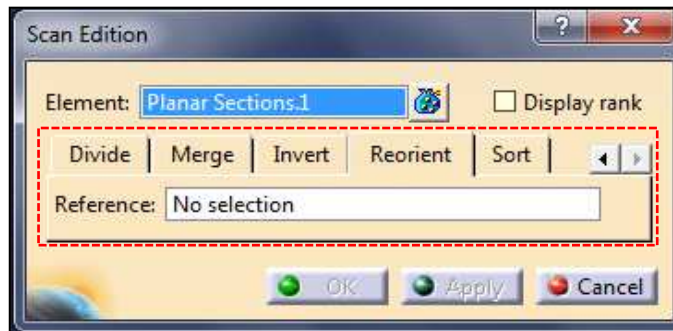


- 3) Haga clic en *OK*. Los dos escaneos se fusionan en un escaneo nuevo que se crea en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Merge Scan.1*.

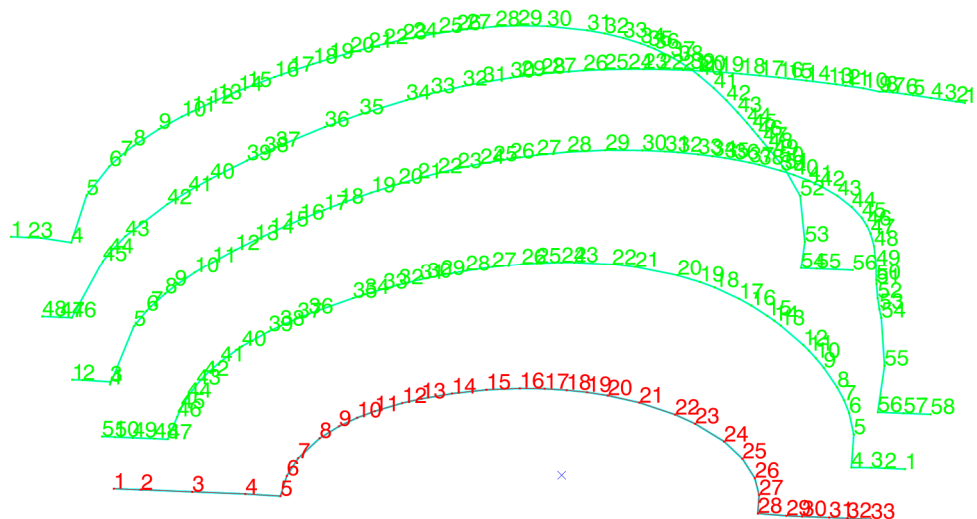


Abra el modelo [ScanReorient1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples") para reorientar escaneos.

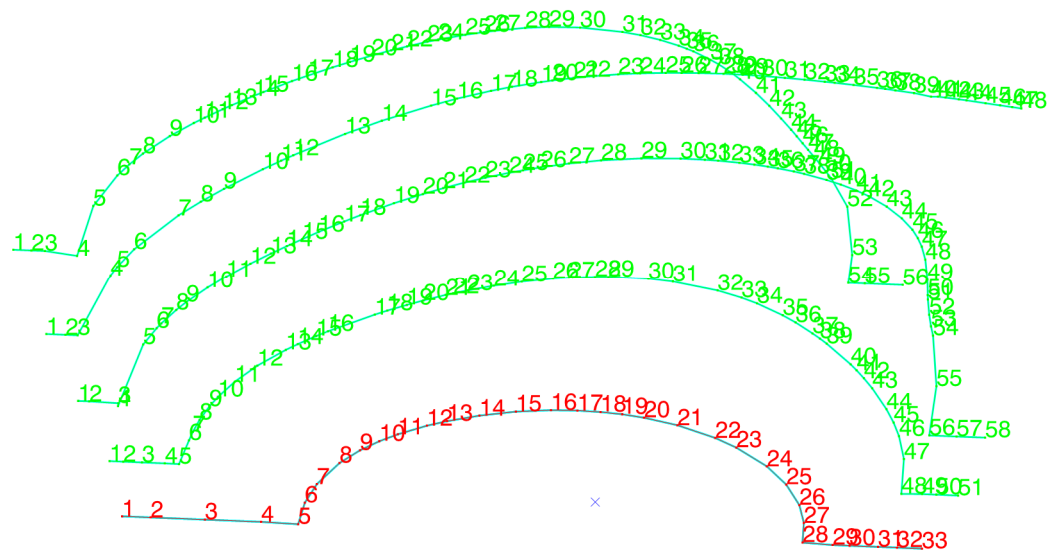
f) Reorientar (*Reorient*):



- 1) Seleccione los escaneos a reorientar mediante la selección múltiple. Seleccione el escaneo de referencia que impondrá su orientación al resto de escaneos. Dicho escaneo de referencia se visualizará en color rojo.



- 2) Haga clic en *Apply*. Los escaneos que no tienen la misma orientación que el escaneo de referencia, se reorientan. No se crea ningún escaneo nuevo.




### 3.10. Mesh Edition (Edición de una malla)

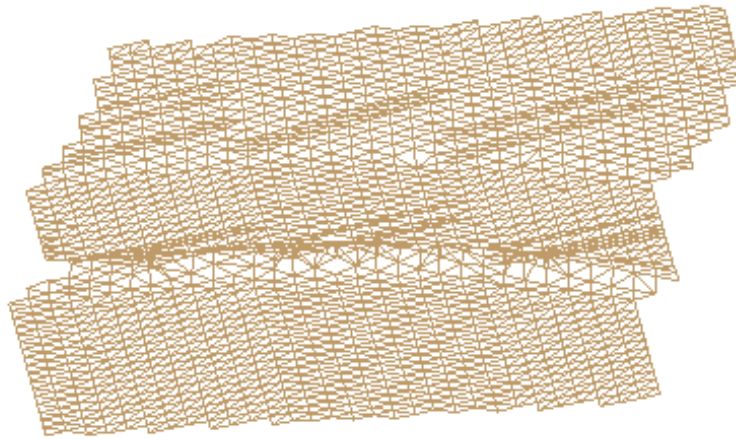
#### 3.10.1. Añadir puntos (Add point)

Este comando muestra cómo agregar puntos a mallas. Puede agregar un nuevo vértice bien seleccionando un punto existente o indicando su ubicación en la malla. Este comando permite una sola acción si sobre dicho icono sólo se hace clic una vez; haciendo doble clic permite una acción múltiple. No crea ninguna nueva malla.

Para salir de este comando:

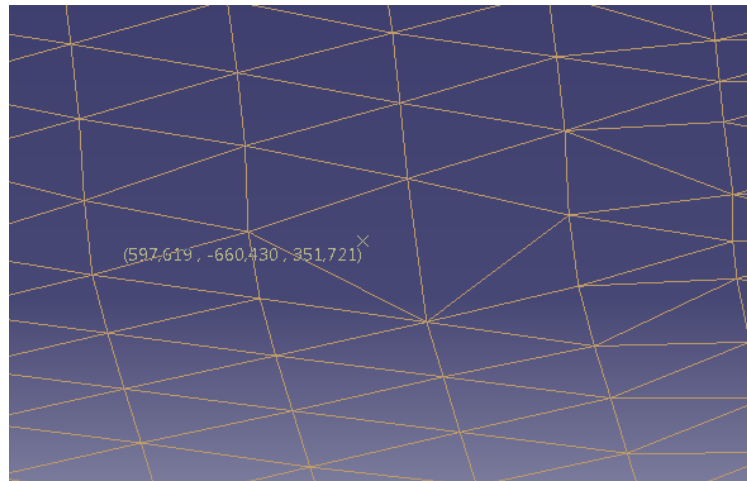
- Pulse la tecla *Esc* en el teclado.
- Haga clic en el icono de nuevo.
- Haga clic en otro icono.

Para facilitar el trabajo, CATIA recomienda cambiar al modo de visualización *Wireframe* .

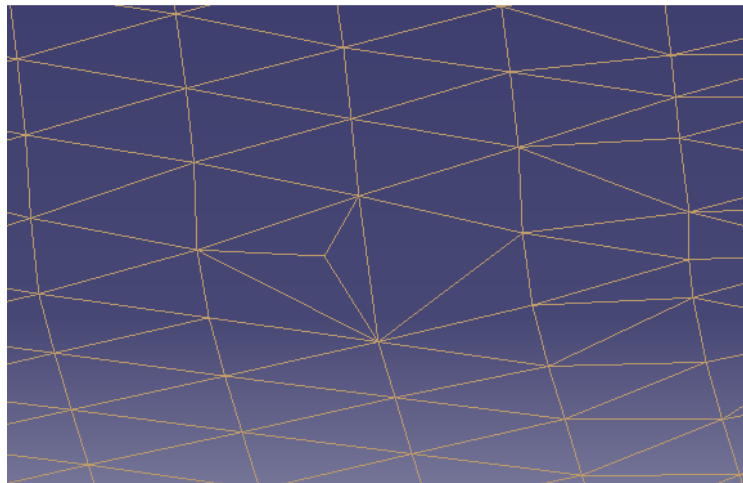


Abra el modelo [MeshEdition1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

1. Haga clic en el comando *Add point*  perteneciente a la barra de herramientas *Mesh Edition* y seleccione la malla.



2. Seleccione un punto existente. Dicho punto se añadirá a la malla como un nuevo vértice.



También puede hacer clic en cualquier lugar de la malla en el que desee agregar un vértice. Se creará un nuevo vértice y se añadirá a la malla, sin ningún punto existente subyacente.


### 3.10.2. Mover puntos (*Move point*)

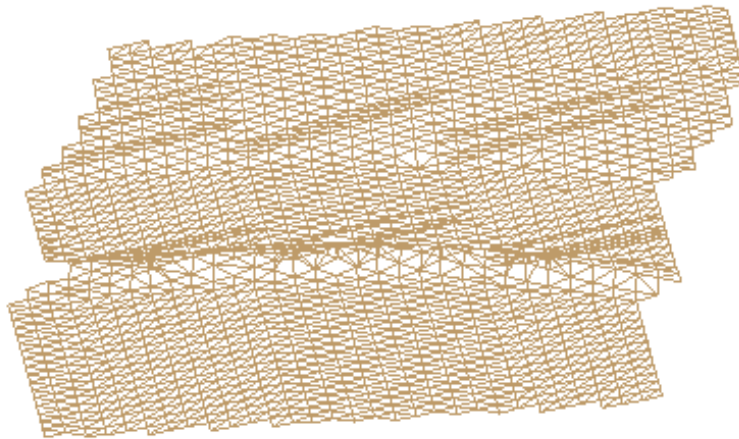
Este comando muestra cómo mover un punto de una malla. Se puede mover un vértice bien arrastrando y soltando dicho punto, o editando los valores dentro de su cuadro de diálogo, que aparece al hacer clic sobre dicho punto.

Este comando permite una sola acción si sobre dicho icono sólo se hace clic una vez; haciendo doble clic permite una acción múltiple. No crea ninguna nueva malla.

Para salir de este comando:


- Pulse la tecla *Esc* en el teclado.
- Haga clic en el icono de nuevo.
- Haga clic en otro icono.

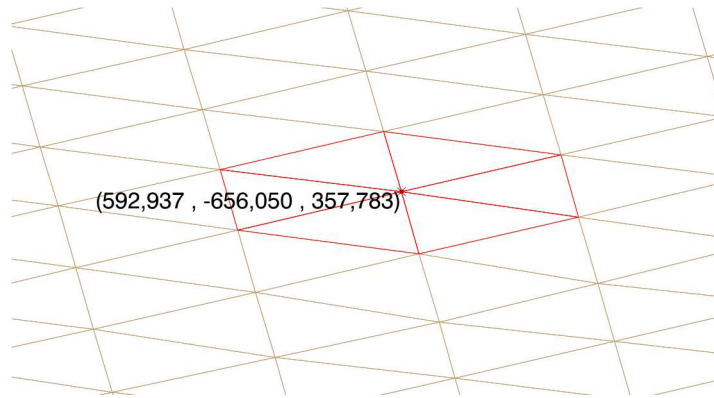
Para facilitar el trabajo, CATIA recomienda cambiar al modo de visualización *Wireframe* .



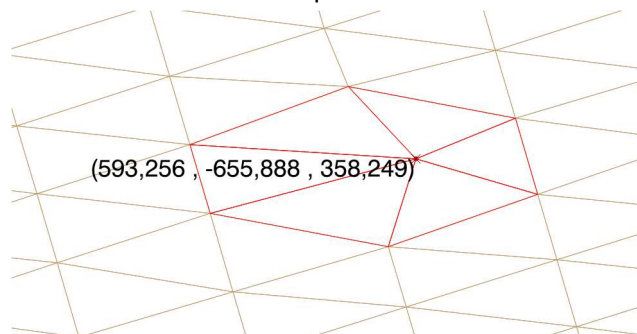
Abra el modelo [MeshEdition1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

Tenga en cuenta que no se puede mover un vértice para colocarlo sobre otro vértice ya existente.

1. Haga clic en el comando *Move point*  perteneciente a la barra de herramientas *Mesh Edition* y seleccione el punto que desea mover. A continuación se visualizarán sus coordenadas:



2. Arrastre y suelte el vértice hasta su nueva posición:



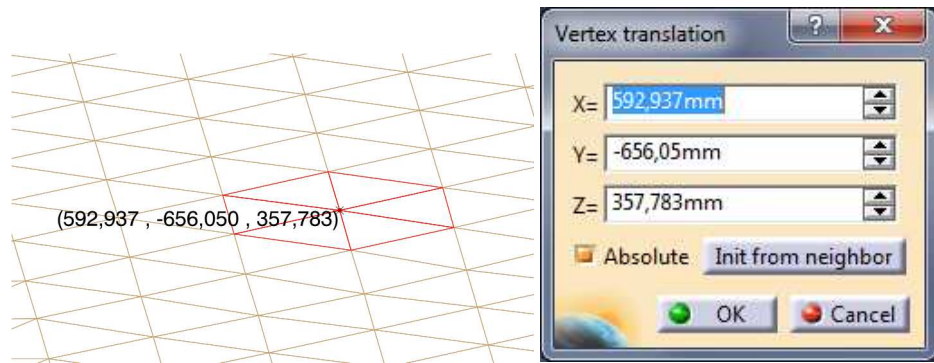
O suelte el ratón. El cuadro de diálogo *Vertex translation* se visualizará con las coordenadas del vértice seleccionado. Introduzca las nuevas coordenadas de dicho vértice:



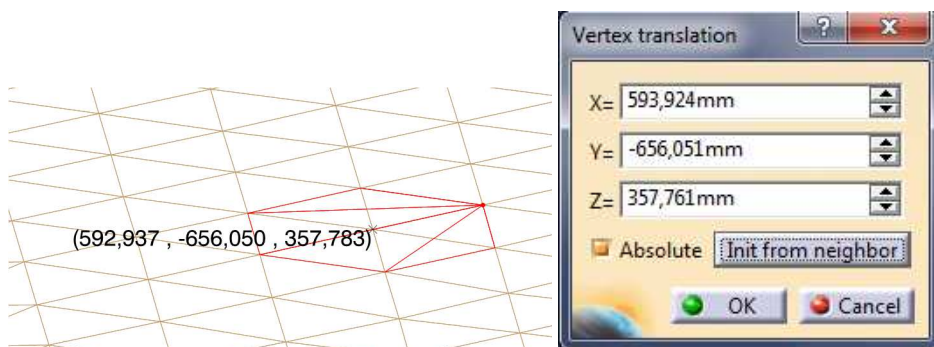
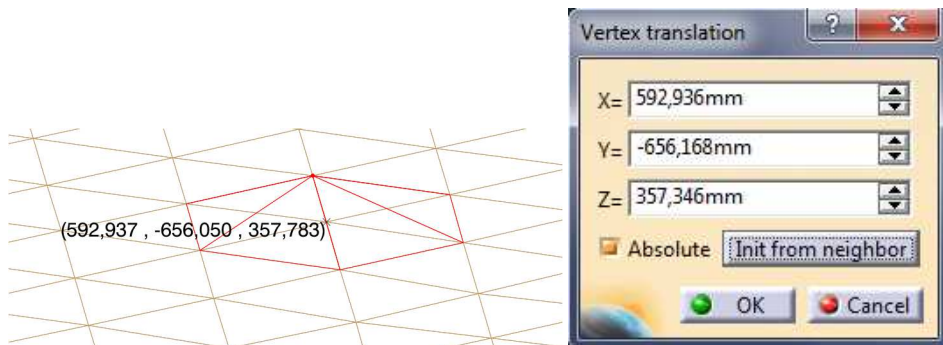
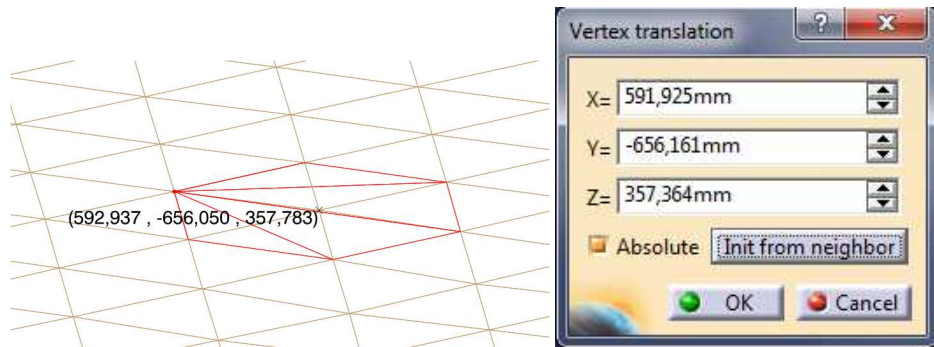
3. Haga clic en *OK* para validar y salir del cuadro de diálogo.

- Haga clic en *Init from neighbor* para visualizar el cuadro de diálogo con las coordenadas de un vértice vecino:



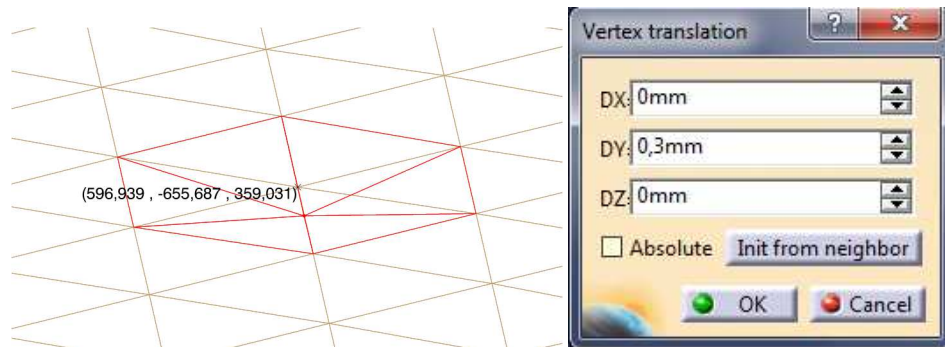


Cada vez que haga clic en *Init from neighbor*, se propondrán las coordenadas de un nuevo vértice vecino en el cuadro de diálogo:



Puede editar sus valores dentro del cuadro de diálogo.

- Desactive la opción *Absolute* para mover el vértice a lo largo de una dirección.



### 3.10.3. Eliminar elementos (*Remove element*)

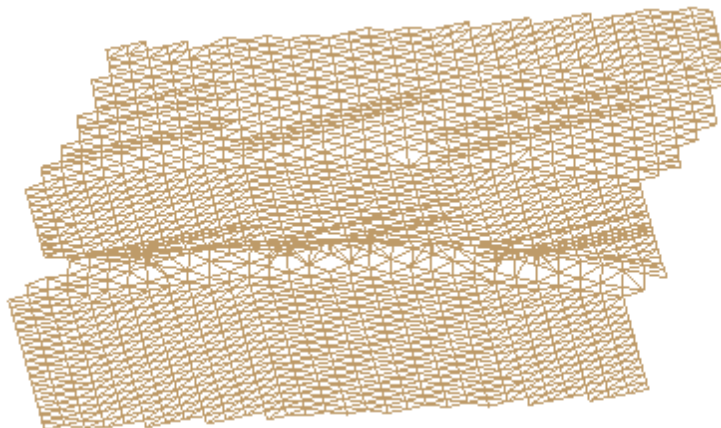
Este comando muestra cómo eliminar un vértice, una arista o un triángulo de una malla.

Este comando permite una sola acción si sobre dicho icono sólo se hace clic una vez; haciendo doble clic permite una acción múltiple. No crea ninguna nueva malla.

Para salir de este comando:


- Pulse la tecla *Esc* en el teclado.
- Haga clic en el icono de nuevo.
- Haga clic en otro icono.

Para facilitar el trabajo, CATIA recomienda cambiar al modo de visualización *Wireframe* .



Abra el modelo [MeshEdition1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

Al seleccionar un elemento, se elimina inmediatamente de una vez.

1. Haga clic en el comando *Remove element*  perteneciente a la barra de herramientas *Mesh Edition*. A continuación se visualizará la barra de herramientas *Tools Palette* (Paleta de herramientas):





Seleccione en esta paleta de herramientas el tipo de elemento que desee eliminar (punto, arista, triángulo).

2. Seleccione el elemento a eliminar e inmediatamente dicho elemento se eliminará.


### 3.10.4. Colapsar elementos (*Collapse element*)

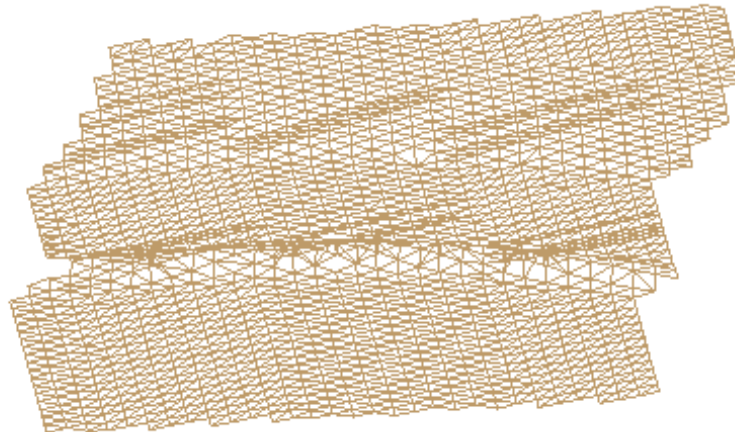
Este comando muestra cómo colapsar elementos.

Este comando permite una sola acción si sobre dicho icono sólo se hace clic una vez; haciendo doble clic permite una acción múltiple. No crea ninguna nueva malla.

Para salir de este comando:


- Pulse la tecla *Esc* en el teclado.
- Haga clic en el icono de nuevo.
- Haga clic en otro icono.

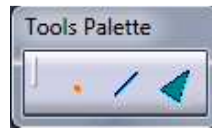
Para facilitar el trabajo, CATIA recomienda cambiar al modo de visualización *Wireframe* .



Abra el modelo [MeshEdition1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

Al seleccionar un elemento, se colapsa inmediatamente.

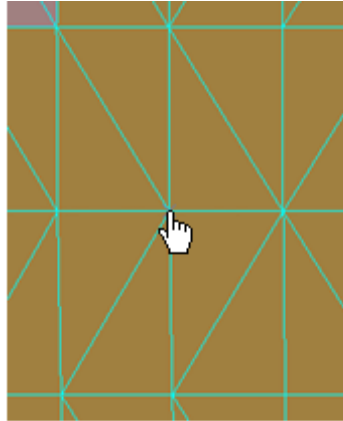
1. Haga clic en el comando *Collapse element*  perteneciente a la barra de herramientas *Mesh Edition*. A continuación se visualizará la barra de herramientas *Tools Palette* (Paleta de herramientas):



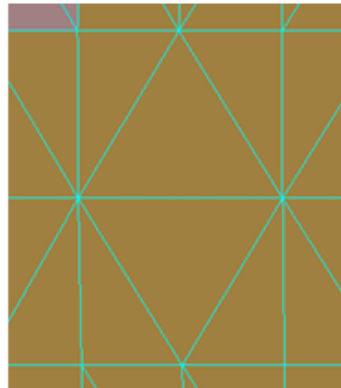
Seleccione en esta paleta de herramientas el tipo de elemento que desee colapsar (punto, arista, triángulo).

2. Los elementos se colapsan de la siguiente manera:

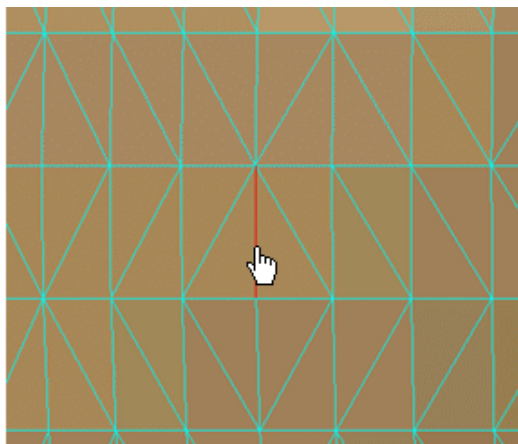
- Seleccione el vértice que quiera colapsar:



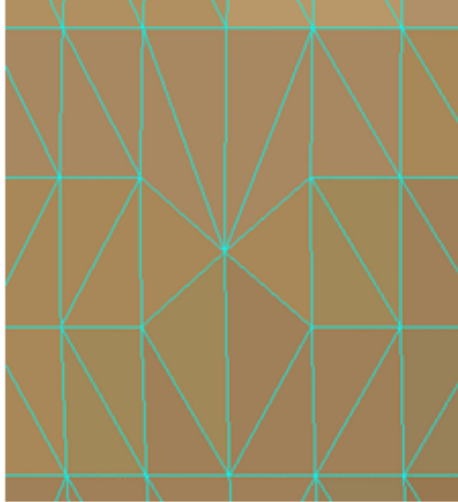
El vértice seleccionado se colapsará como se muestra a continuación:



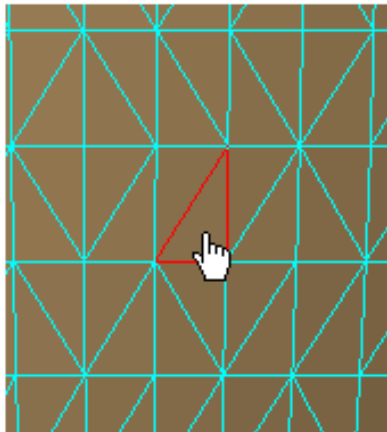
- Seleccione la arista que quiera colapsar:



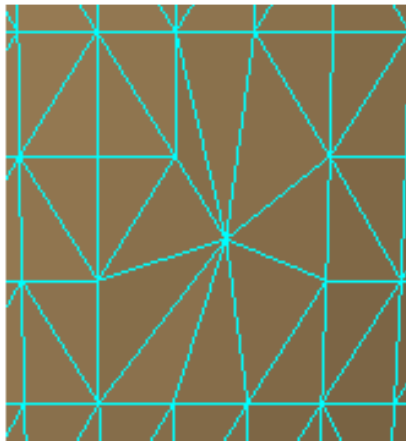
La arista seleccionada se colapsará como se muestra a continuación:



- Seleccione el triángulo que quiera colapsar:



El triángulo seleccionado se colapsará como se muestra a continuación:




### 3.10.5. Voltear las aristas (*Flip edge*)

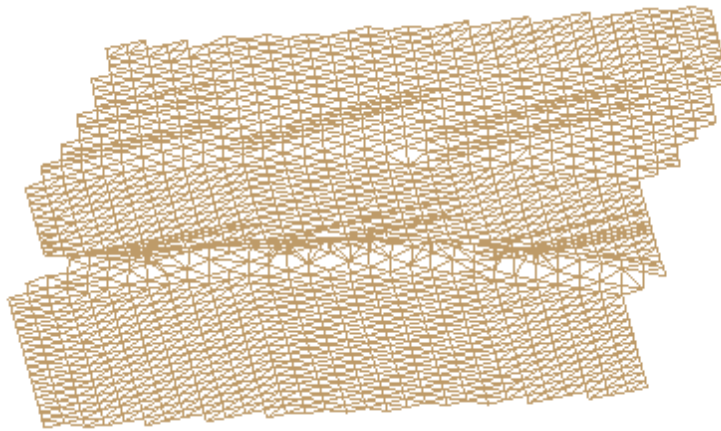
Este comando muestra cómo voltear las aristas.

Este comando permite una sola acción si sobre dicho icono sólo se hace clic una vez; haciendo doble clic permite una acción múltiple. No crea ninguna nueva malla.

Para salir de este comando:


- Pulse la tecla *Esc* en el teclado.
- Haga clic en el icono de nuevo.
- Haga clic en otro icono.

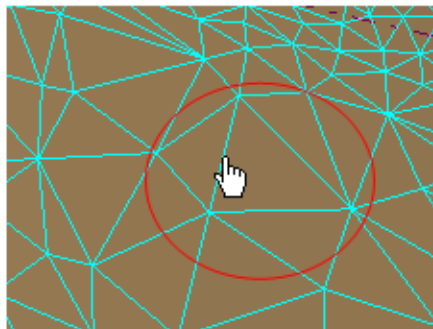
Para facilitar el trabajo, CATIA recomienda cambiar al modo de visualización *Wireframe* .



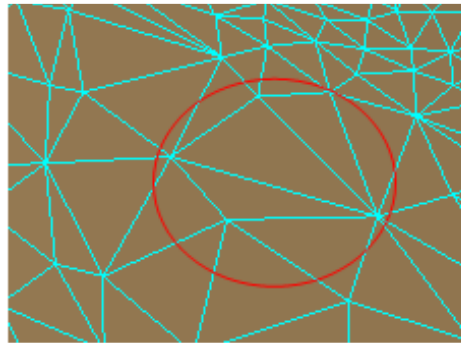
Abra el modelo [MeshEdition1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

- Al seleccionar una arista, se voltea inmediatamente.
- No se pueden voltear los bordes libres.
- No se puede voltear una arista si al voltearla produce un resultado *non-manifold*.

1. Haga clic en el comando *Flip edge*  perteneciente a la barra de herramientas *Mesh Edition* y seleccione la arista que desea voltear:



La arista seleccionada se volteará como se muestra a continuación:




### 3.11. Curve Creation

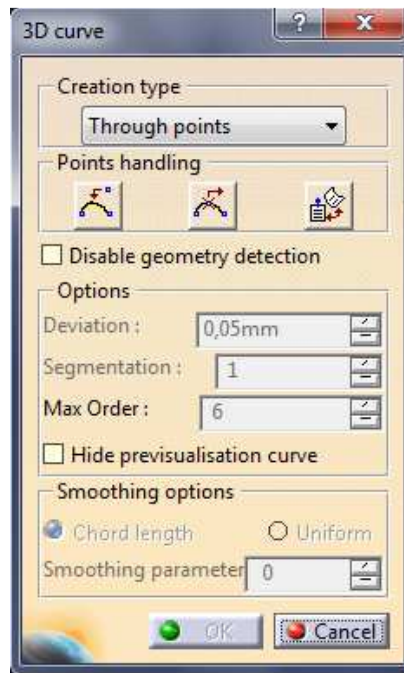
#### 3.11.1. Crear curvas 3D asociativas (3D curve)

Este comando explica cómo crear una curva 3D. Una curva 3D es una curva a la que se le pueden agregar o eliminar puntos (puntos de control o puntos de paso) tanto en el momento de su creación como al editarla posteriormente.

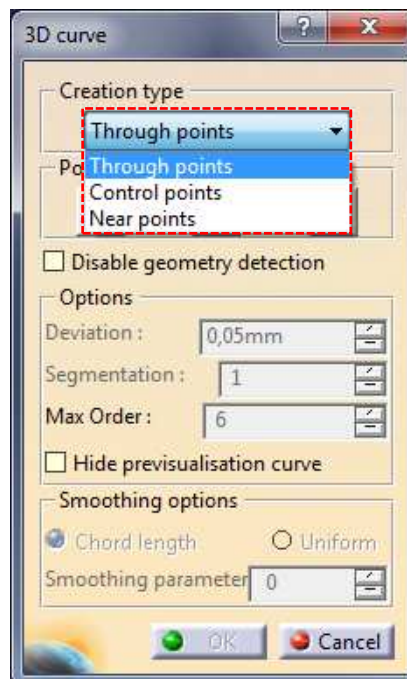
Estas curvas se pueden crear en el espacio o sobre un elemento geométrico, o en ambos casos. Cuando la curva se encuentra sobre un elemento geométrico y posteriormente es modificada, la curva se actualiza automáticamente, siempre que se elija la opción de actualización automática en *Tools > Options > Mechanical Design > Assembly Design > General tab > Update > Automatic*.

Abra un nuevo documento CATPart.

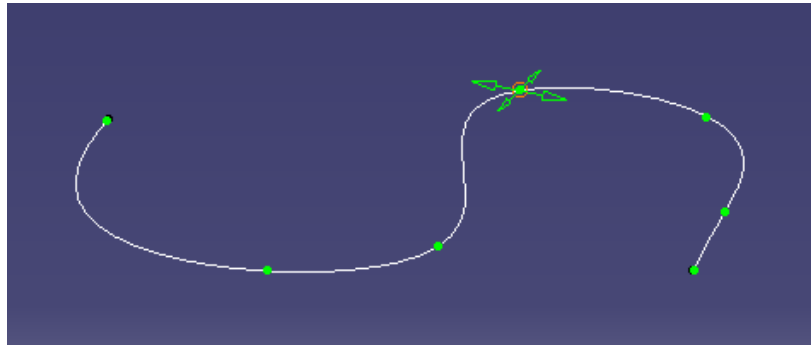
1. Haga clic en el comando *3D Curve*  perteneciente a la barra de herramientas *Curve Creation*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



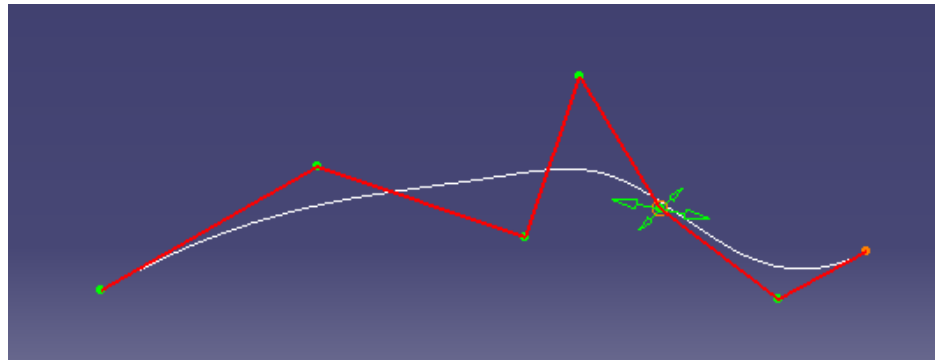
2. Seleccione el tipo de curva a crear:



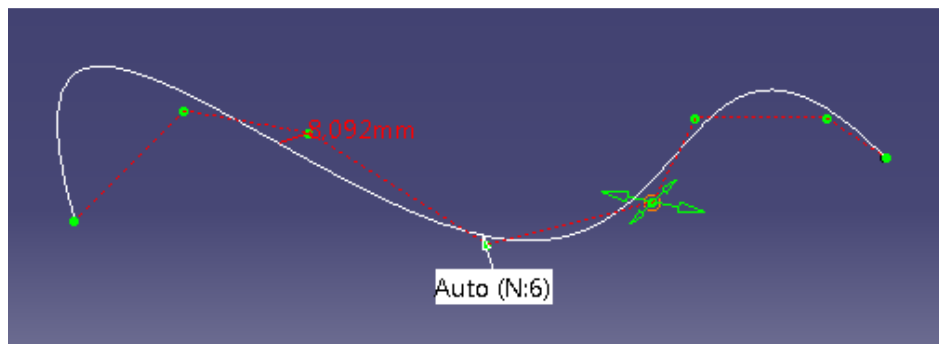
- *Through points* (A través de puntos): la curva resultante es una curva multiarco que pasa a través de cada punto seleccionado.



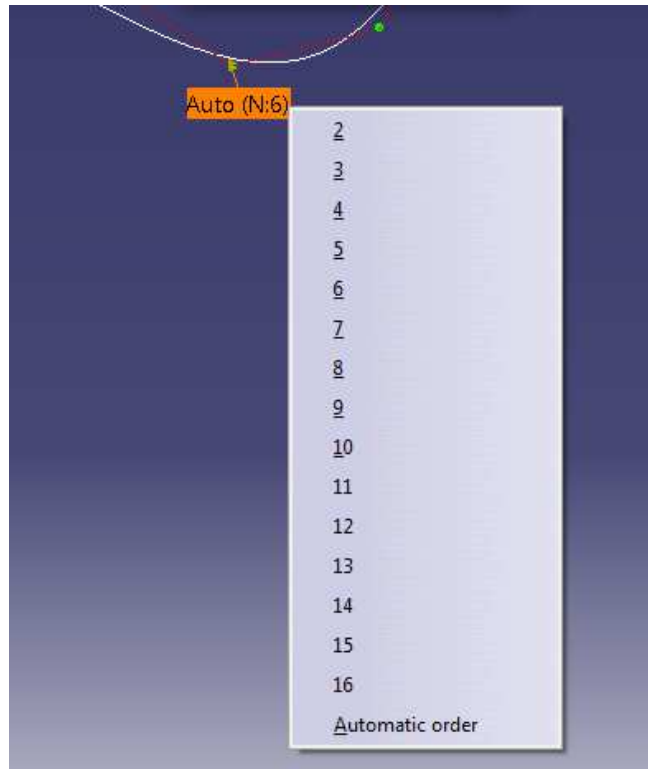
- *Control points* (Puntos de control): los puntos que seleccione van a ser los puntos de control de la curva resultante.



- *Near points* (Cerca de puntos): la curva resultante es de un solo arco, con un grado establecido y suavizada a través de los puntos seleccionados.



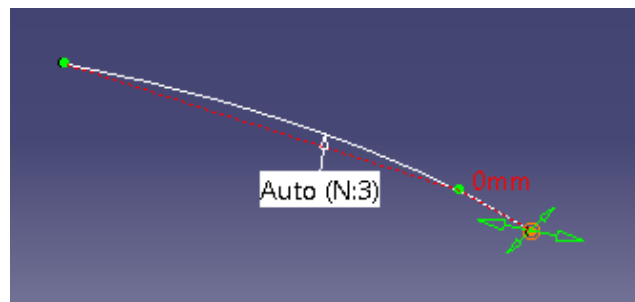
Se puede editar el orden haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre la etiqueta del valor de orden, y eligiendo un nuevo valor de orden.



Si dicha etiqueta no está visible, seleccione la casilla *Order* al final de la siguiente ruta para activarla: *Tools > Options > Shape > FreeStyle > General > Display > Order*.

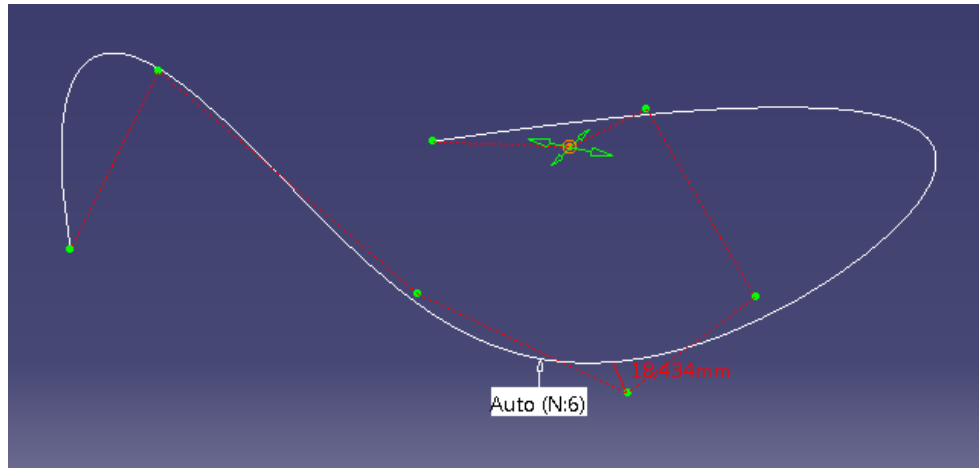
La opción *Automatic order* (Orden automático) permite calcular automáticamente un orden que respetará en el mejor de los casos todas las restricciones de la curva.

El valor calculado se muestra cerca de la etiqueta *Auto*.



- La opción *Deviation* (Desviación) permite al usuario ajustar la desviación máxima entre la curva y los puntos de construcción.



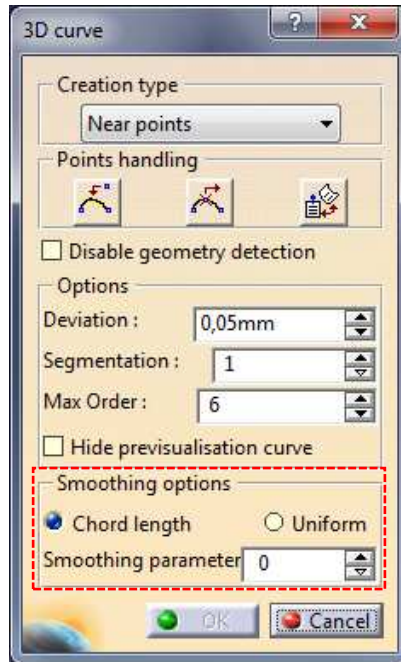


- La opción *Segmentation* (Segmentación) permite al usuario establecer el número máximo de límites de arco. Estos arcos están hechos de puntos y se insertan en la curva automáticamente. El valor mínimo se establece en 1.
- La opción *Max Order* permite establecer un límite para el cálculo de una curva de un solo arco. Esta opción sólo está disponible con los tipos de curva *Control Points* y *Near Points*, siempre que se seleccione la opción *Automatic Order*.
  - *Control Points*: cuando se sobrepasa el valor *Max order*, la curva de un solo arco se convierte en una curva multiarco. Como consecuencia, el valor *Max order* ya no se tiene en cuenta, ya que los arcos tienen siempre el valor 6 como orden.
  - *Near Points*: no se puede crear una curva 3D con un orden mayor que el valor *Max order*. El valor *Max order* siempre se tendrá en cuenta, independientemente del resultado (curvas monoarco o multiarco).

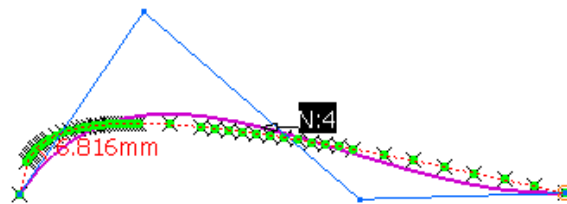
El valor mínimo para la opción *Max order* se establece en 5 para el tipo de curvas *Control Points* y en 2 para las curvas *Near Points*. Si el valor definido en *Tools > Options > Shape > FreeStyle* se establece en 5, entonces, para *Control Points*, el valor de *Max order* es 6 (los límites mínimo y máximo deben ser diferentes).

El valor máximo para la opción *Max order* es el mismo que el definido en *Tools > Options > Shape > FreeStyle*. Si disminuye el valor en *Tools > Options* y este valor es menor que el valor *Max order*, entonces este último valor es el que prevalece.

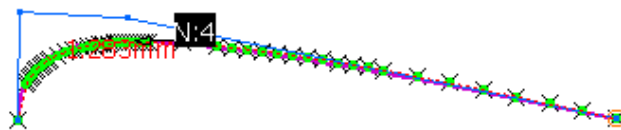
Las opciones de suavizado (*Smoothing options*) están disponibles para parametrizar la curva:



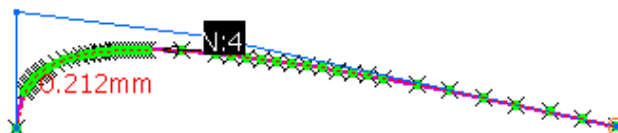
- *Chord Length* (opción que viene predeterminada por CATIA):  
Con Smoothing parameter = 0



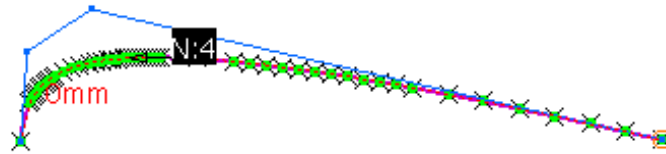
- *Uniform*:  
Con Smoothing parameter = 0



- *Smoothing parameter*: permite una mejor distribución de los puntos de control de la curva suavizada.
  - Con Smoothing parameter = 50



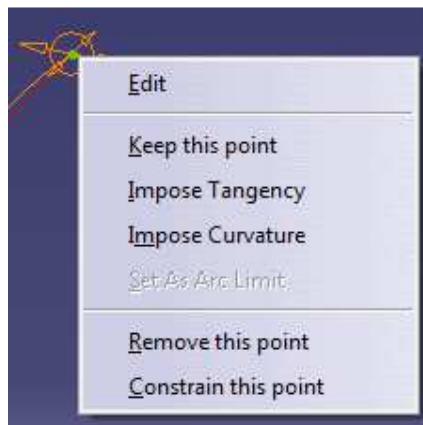
- Con Smoothing parameter = 130



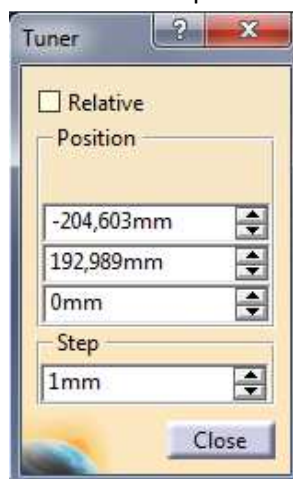
Las opciones *Deviation*, *Segmentation* y *Smoothing* sólo están disponibles para el tipo de curva *Near Points*.

- Mueva el puntero sobre un punto. A continuación, se muestra un manipulador que permite modificar la ubicación del punto a medida que crea la curva. Por defecto, este manipulador aparece en el último punto creado.


Un menú contextual propone varias opciones para construir la curva 3D. Haga clic con el botón derecho del ratón sobre el manipulador para visualizar dicho menú contextual:



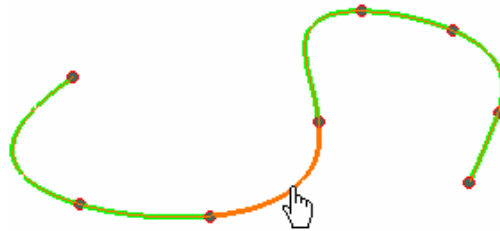
Puede seleccionar *Edit* dentro del menú contextual para visualizar el cuadro de diálogo *Tuner* e introducir las nuevas coordenadas del punto seleccionado:



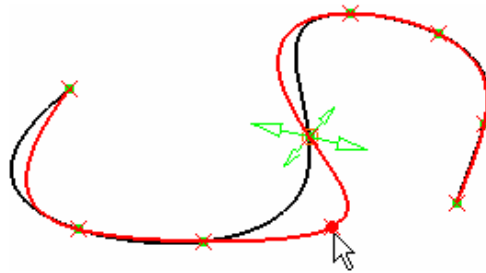
También puede seleccionar otras opciones como por ejemplo *Impose Tangency*, que lo que hace es establecer una restricción de tangencia de la curva en ese punto.


- Haga clic en el icono *Insert a point*  dentro del cuadro de diálogo. La curva se congela.

5. Haga clic en el segmento entre dos puntos existentes donde desea añadir un nuevo punto.




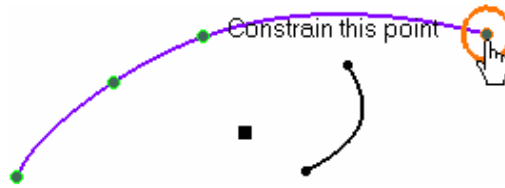
Una vez que el punto se ha creado, se puede volver a editar la curva.



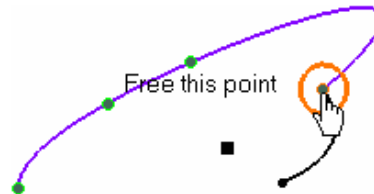
6. Haga clic en el icono *Remove a point*  dentro del cuadro de diálogo y seleccione uno de los puntos existentes. La curva es recalculada inmediatamente sin el punto seleccionado.



7. Haga clic en el icono *Free or constrain a point*  dentro del cuadro de diálogo y después seleccione un punto.
- Si el punto es un punto en el espacio (libre), mueva el puntero cerca del punto o del alambre al que debe estar vinculado. A continuación, puede mover el puntero sobre un elemento geométrico y:
    - Mover el punto hasta el punto indicado haciendo clic sobre él.
    - Mantener pulsada la tecla *Ctrl* para proyectar este punto en este elemento de acuerdo a la distancia más corta desde la posición inicial del punto.



- Si el punto estaba en otro punto o en un alambre (curva, línea, spline, etc.), es liberado de su restricción en este elemento y se puede mover a cualquier nueva ubicación en el espacio.



Puede ajustar un punto sobre una superficie utilizando *Free or constrain a point*. El punto va a permanecer sobre la superficie, pero no restringido. Se puede mover utilizando los manipuladores.


- Haga clic en *OK* para crear la curva. Un elemento *3DCurve.x* se creará en el árbol de especificaciones.
  - Active la casilla *Disable geometry detection* cuando necesite crear un punto cercano a un elemento geométrico sin restringirlo a la geometría existente.
  - Active la casilla *Hide previsualisation curve* para ocultar la pre-visualización de la curva que está creando.

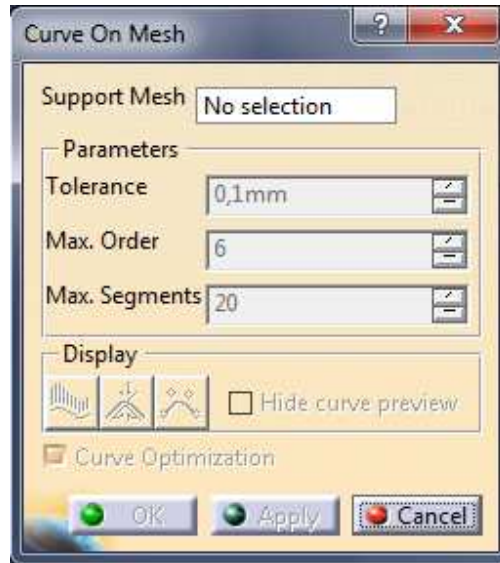
### 3.11.2. Crear una curva en una malla (*Curve On Mesh*)

Este comando muestra cómo crear una curva totalmente apoyada sobre una malla:

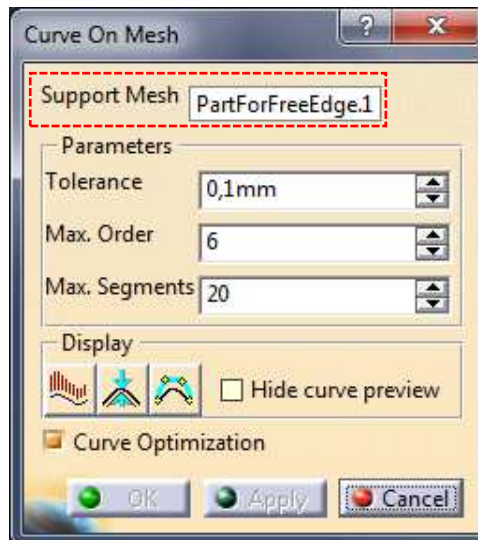
- Seleccione puntos de la malla.
- Puede cambiar la orientación de la vista durante la creación de la curva.
- No están permitidas mallas con más de una celda.
- Se puede controlar la continuidad de la curva en la malla.
- Se puede crear una curva de múltiples celdas.
- Se puede crear una curva cerrada.
- Los puntos de división de la curva son los puntos seleccionados para crear la curva sobre la malla. Los puntos intermedios son puntos que se construyen automáticamente entre los puntos de división. Se encuentran sobre la malla y forman un escaneo que posteriormente se suaviza para crear la curva.

Abra el modelo [FreeEdges1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

1. Haga clic en el comando *Curve On Mesh*  perteneciente a la barra de herramientas *Curve Creation*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:

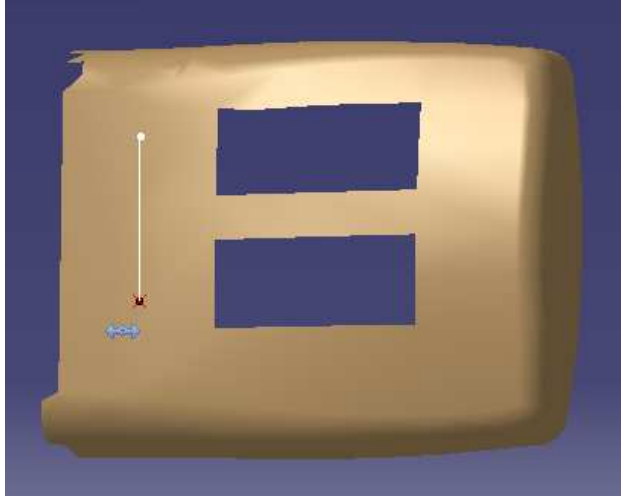


2. Seleccione la malla en la que se apoyará la curva y su nombre se visualizará en el cuadro de diálogo dentro del campo *Support Mesh*. El resto del cuadro de diálogo se activará. No se permite la selección múltiple.



La casilla *Curve Optimization* viene seleccionada por defecto. Sin embargo, si selecciona una malla grande como soporte, desactive dicha casilla para mejorar el rendimiento durante la creación de la curva. Tenga en cuenta que cuando desactive esta casilla, el orden y el número de segmentos de la curva no estarán optimizados y pueden ser iguales a los valores máximos.

3. Seleccione los puntos sobre la malla para crear la curva:



Los puntos que seleccione son los puntos de división de la curva. Dichos puntos se proyectan sobre la malla a lo largo de la dirección de la vista. Los puntos intermedios entre cada par de puntos de división se calculan automáticamente, y el escaneo resultante se suaviza para crear la curva.

Se puede ajustar la tolerancia de suavizado (*Tolerance*), así como el orden máximo (*Max. Order*) y el número máximo de segmentos (*Max. Segments*) de la curva. También puede restringir ambos extremos de la curva escogiendo un punto 3D existente, una curva, un plano o una arista o borde.

4. Haga clic en *OK* para crear la curva y salir del cuadro de diálogo.


### 3.11.3. Crear curvas de los escaneos (*Curve from Scan*)

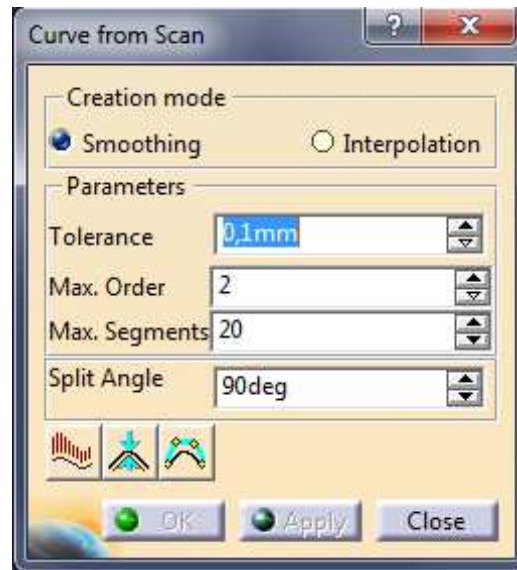
Este comando muestra cómo crear curvas de un escaneo o un conjunto de escaneos.

El comando *Curve from Scan* intenta crear curvas con la tolerancia definida y con el menor número posible de segmentos del menor orden posible.

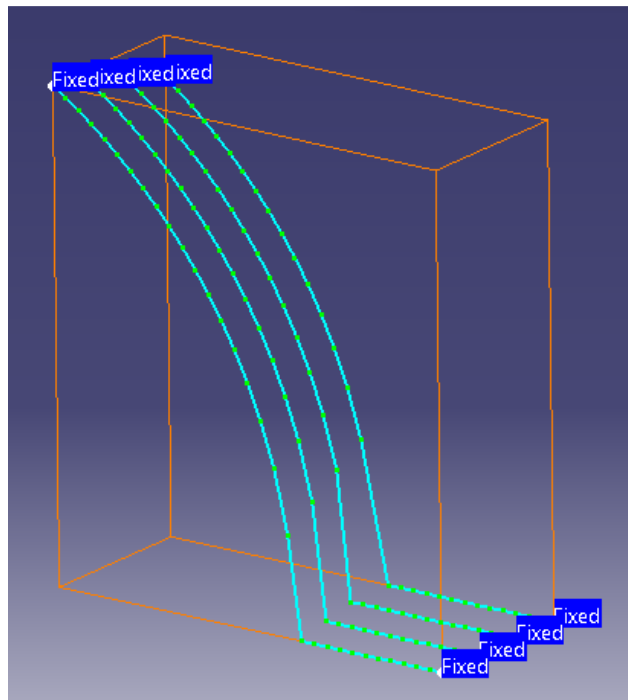
El comando *Curve from Scan* propone una definición dinámica de los puntos de división.

Abra el modelo [CurveFromScan.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

1. Haga clic en el comando *Curve from Scan*  perteneciente a la barra de herramientas *Curve Creation* y seleccione un conjunto de escaneos. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:

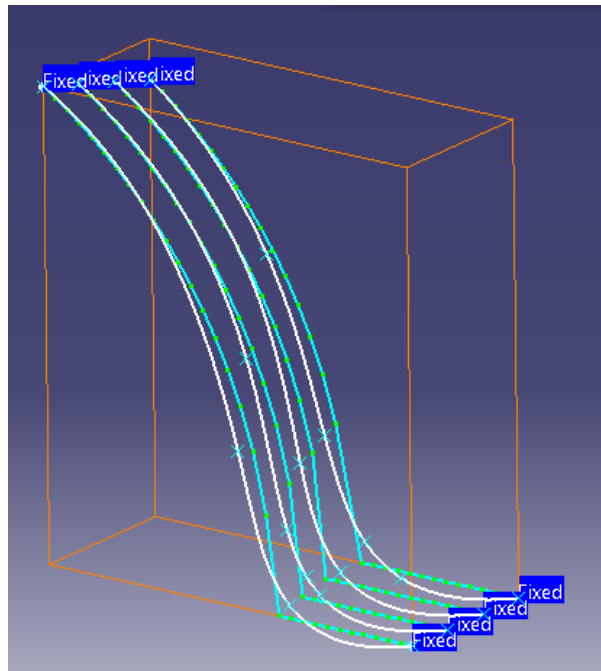


El escaneo se muestra en el modo “Polilínea+Punto” con el símbolo gráfico actual. De forma predeterminada, los puntos extremos son fijos.

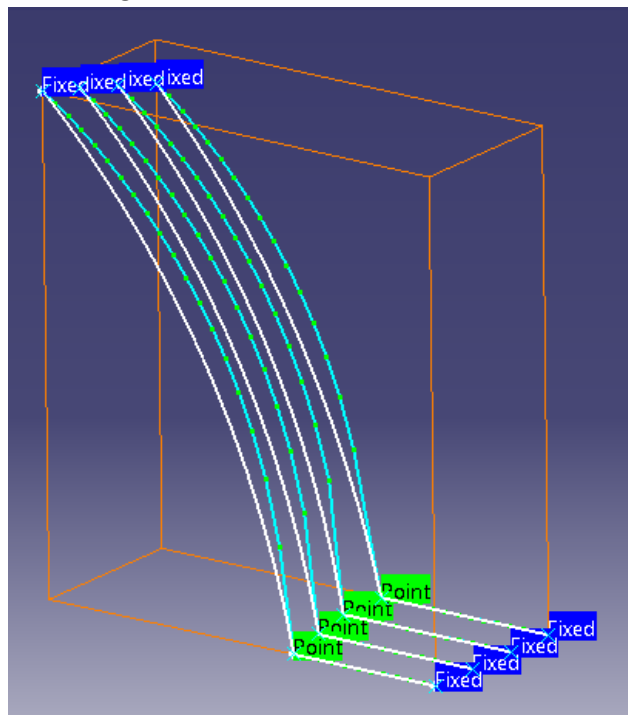



- Las modificaciones de los escaneos no son dinámicas.  
Haga clic en *Apply* para tener en cuenta los nuevos valores de los parámetros.
  - Los escaneos se pueden seleccionar en el árbol de especificaciones.
2. Haga clic en *Smoothing* (Suavizado).
  3. Haga clic en *Apply*. Una curva temporal se muestra en blanco, indicando que la tolerancia es conocida.

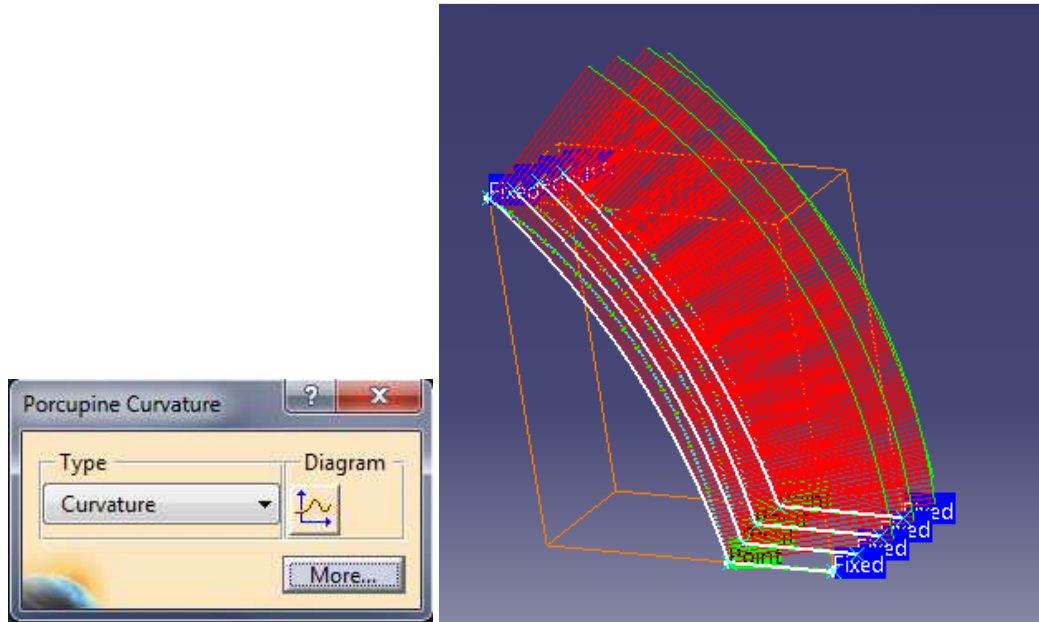







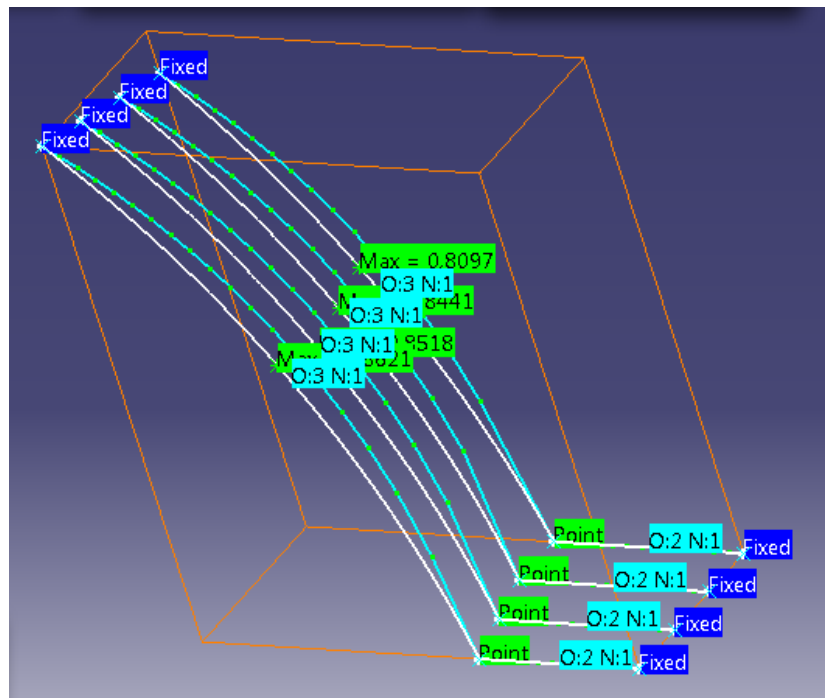
4. Cambie el valor del parámetro *Split Angle* a 60 grados. Un punto de división se inserta automáticamente en el ángulo.



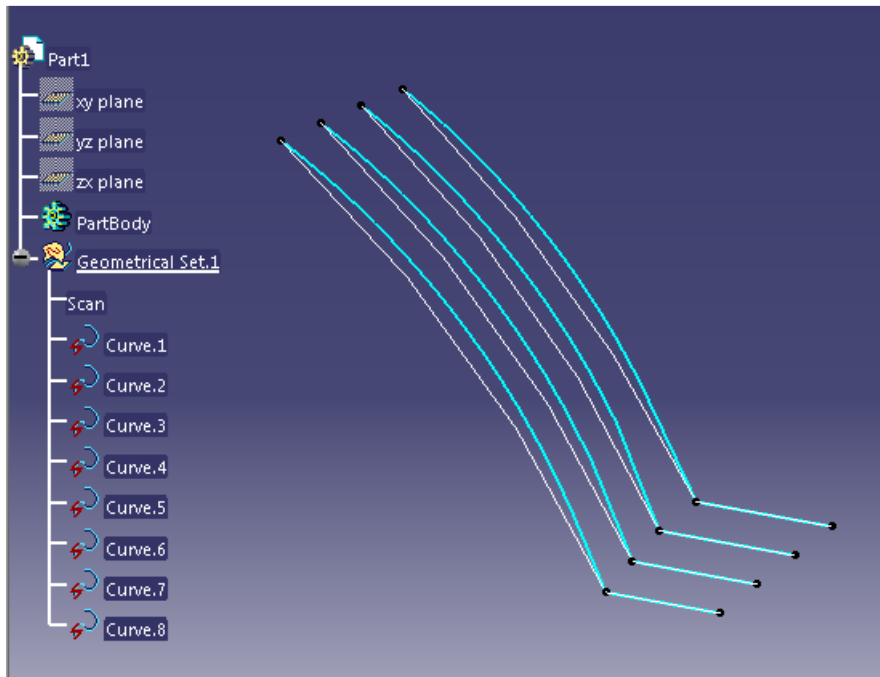
5. En el cuadro de diálogo, haga clic en el icono *Analyses the curvature of the resulting curves*  para mostrar el análisis de curvatura.



6. Desactive el icono *Analyses the curvature of the resulting curves*  y ahora haga clic en el icono *Displays the maximum deviation*  para mostrar la desviación máxima, y en el icono *Displays the order and the number of segments*  para mostrar el orden y el número de segmentos.



7. Haga clic en *OK* para salir de la acción y crear las curvas. Elementos bajo el nombre *Curve.x* se crean en el árbol de especificaciones.




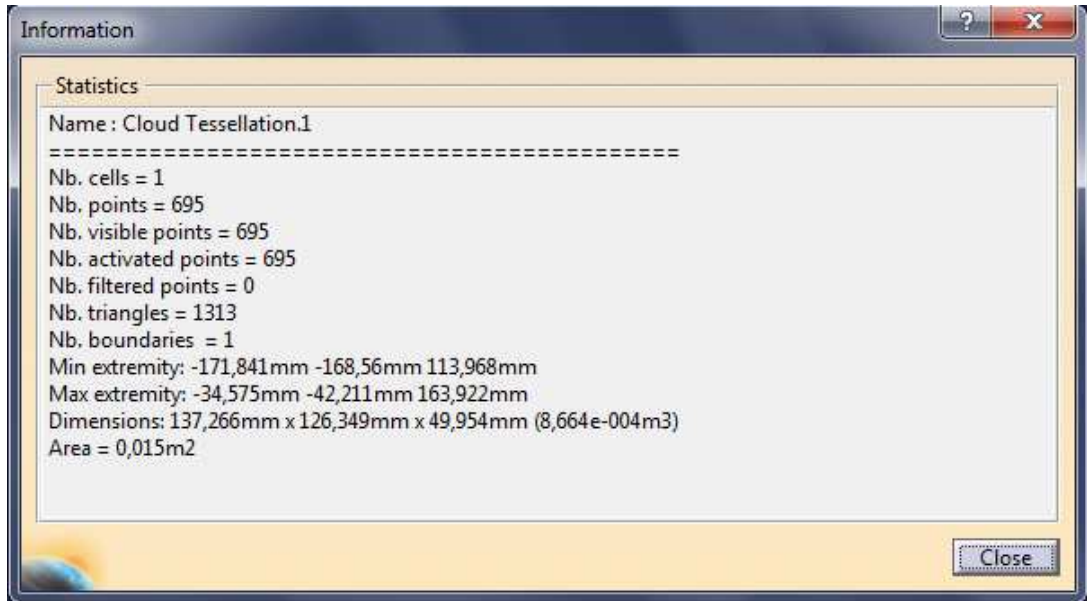
## 3.12. Cloud Analysis

### 3.12.1. Visualización de información (*Information*)

Este comando muestra cómo obtener información sobre una nube de puntos o una malla.

Abra el modelo [Info1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

1. Haga clic en el comando *Information*  y seleccione una nube (nube de puntos o malla).
2. A continuación aparecerá un cuadro de información, con las estadísticas sobre la nube seleccionada:
  - Número de celdas.
  - Número de puntos, número de puntos visibles, número de puntos activos, número de puntos filtrados.
  - Número de triángulos y número de fronteras o límites.
  - Coordenadas de los extremos principales del cuadro delimitador y sus dimensiones.




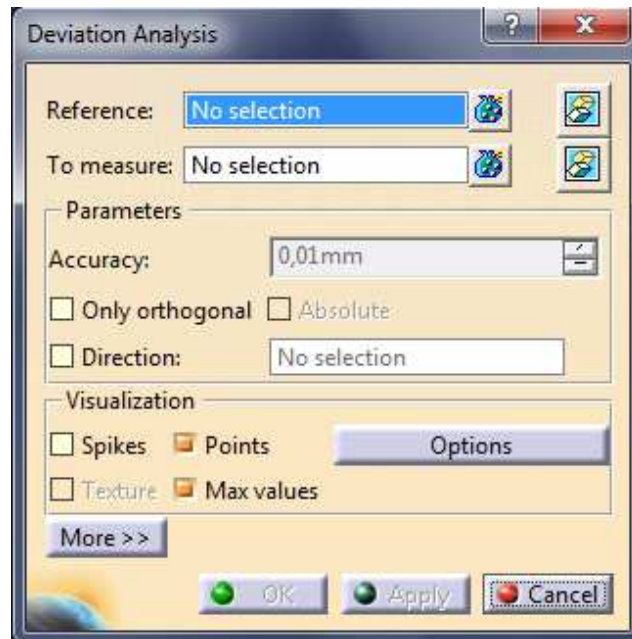
3. Si selecciona otra nube, el cuadro de información se actualiza con las estadísticas de esa nube.
4. Cuando haya terminado, haga clic en *Close* para salir de la acción.

### 3.12.2. Realizar un análisis de desviaciones (*Deviation Analysis*)

Este comando muestra cómo realizar un análisis de desviación entre los datos de referencia y los datos a medir.

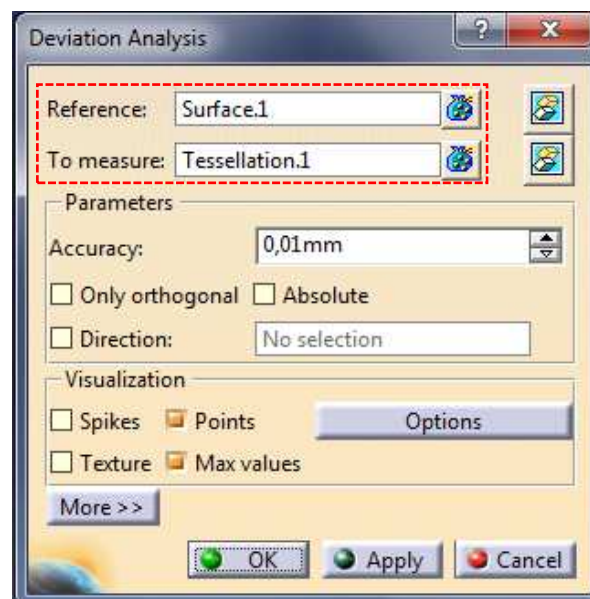
- Abra el modelo [DeviationAnalysis1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").
- Seleccione *View > Render Style > Shading with Material*.



1. Haga clic en el comando *Deviation Analysis*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Analysis*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho parámetro:



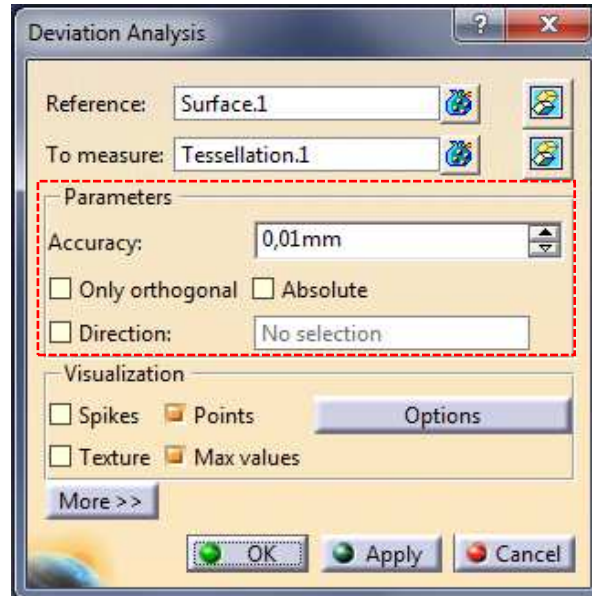
2. Seleccione la referencia (*Reference*) y los datos a medir (*To measure*):
- Los datos de referencia pueden ser un volumen, una superficie, un punto, una curva o una nube de puntos.
  - Los datos a medir pueden ser nubes de puntos, puntos, curvas, superficies o volúmenes.
  - Cuando los datos a medir son curvas, superficies o volúmenes, éstos son discretizados.

En el siguiente ejemplo, se ha elegido *Surface.1* como referencia y *Tessellation.1* como datos a medir.

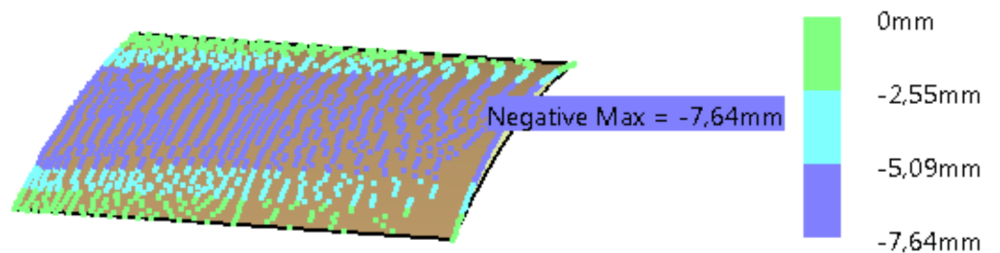


La selección múltiple  está disponible. Además el icono *Hide/Show*  también está disponible para ocultar o mostrar las referencias y los datos a medir.

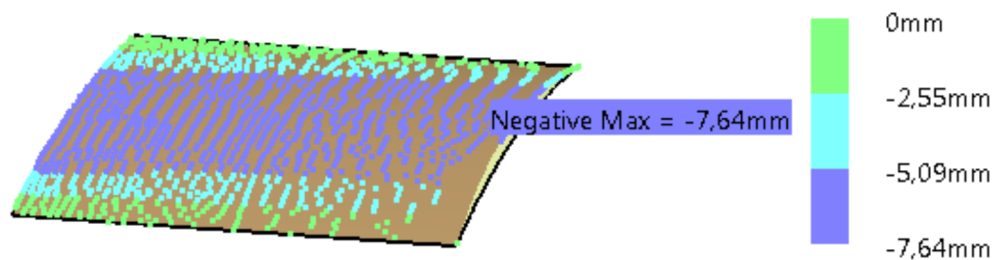
3. Establezca los parámetros de cálculo:



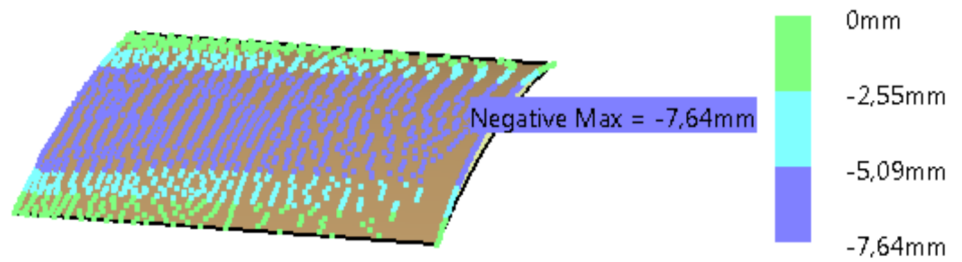
- *Accuracy* (Precisión): precisión de cálculo, sólo está disponible cuando se selecciona al menos un volumen o una superficie como referencia.
- *Only orthogonal* (Sólo ortogonal): seleccione esta casilla para eliminar los puntos que no se proyecten ortogonalmente sobre la referencia.
  - *Only Orthogonal* no está seleccionada:



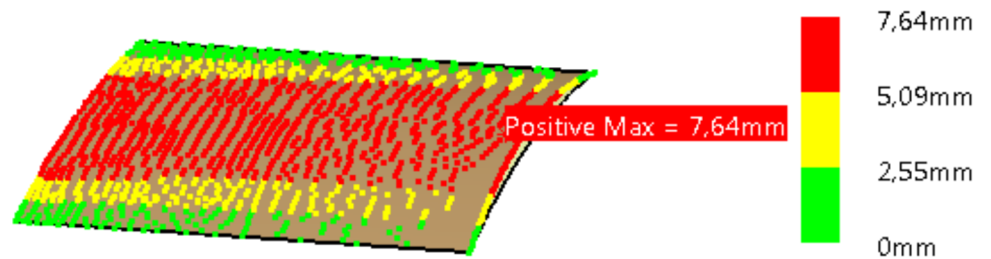
- *Only Orthogonal* sí está seleccionada:



- *Absolute* (Absoluto): seleccione esta casilla para realizar el análisis con sólo valores absolutos:
  - *Absolute* no está seleccionada:

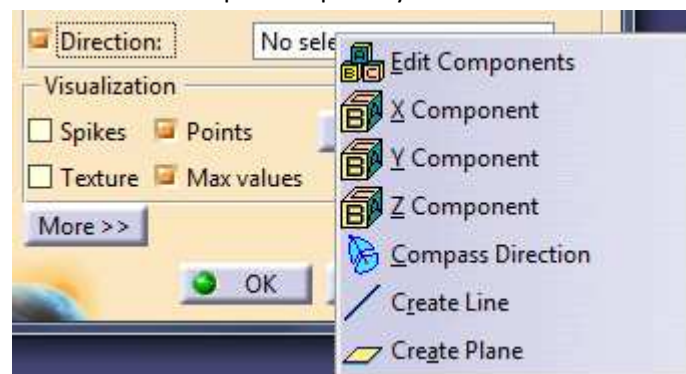


- o *Absolute* sí está seleccionada:



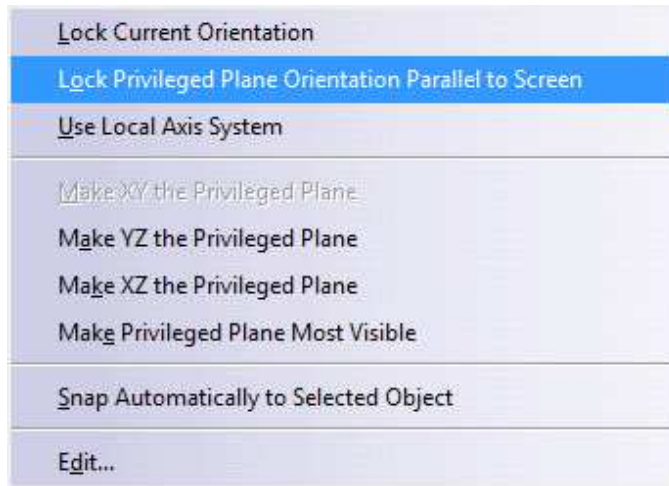
- *Direction* (Dirección): seleccione esta casilla para definir una dirección de proyección seleccionando un plano o una línea.

Un menú contextual está disponible para ayudarle a definir esta dirección:



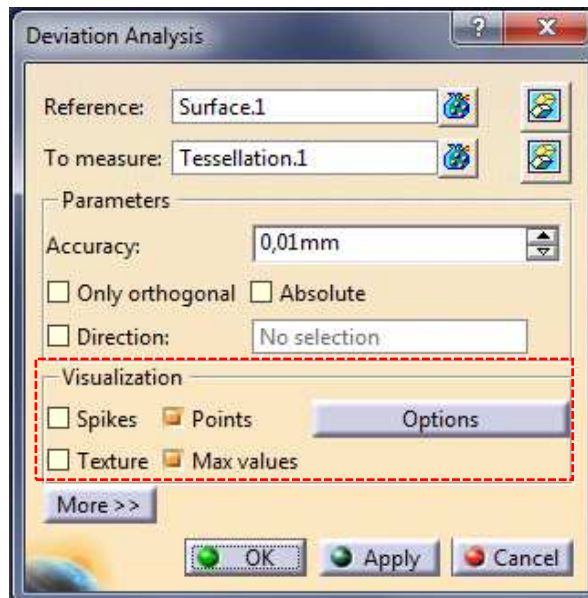
También puede establecer esta dirección seleccionando *Lock Privileged Plane Orientation Parallel to Screen* en el menú contextual del compás y a continuación seleccionando *Compass Direction* en el menú contextual del campo *Direction* dentro del cuadro de diálogo.





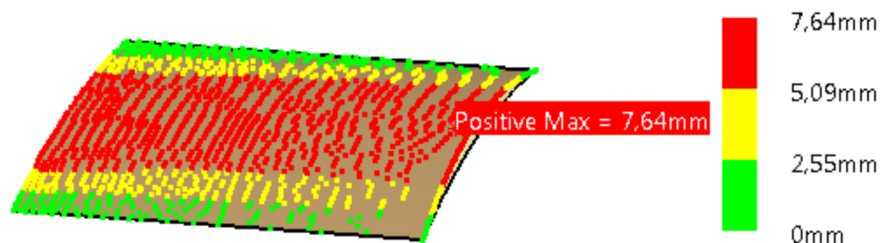
Si cambia la dirección, no se olvide de actualizar los cambios.

4. Establezca los parámetros de visualización (*Visualization*):



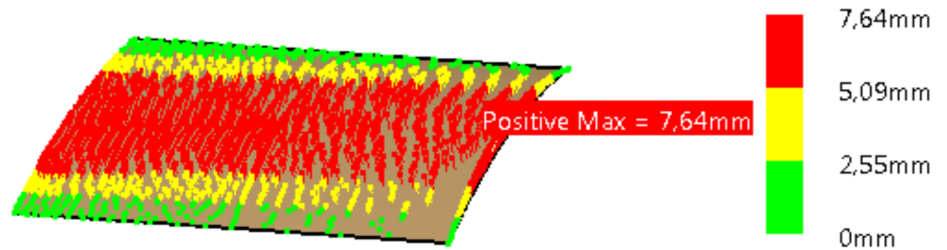
- *Spikes* (Picos): seleccione esta casilla para activar la visualización de los picos de desviación.

- *Spikes* no está seleccionada:

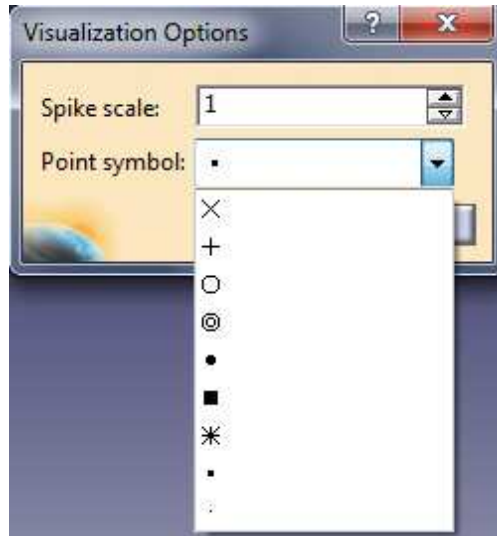


- *Spikes* sí está seleccionada:

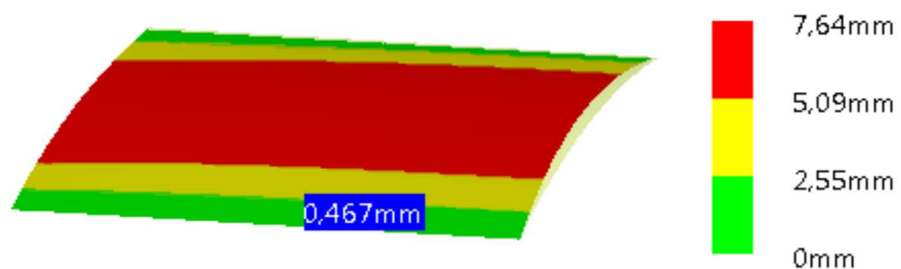




- *Points* (Puntos): seleccione esta casilla para visualizar los puntos de desviación.
- *Options* (Opciones): este botón está relacionado con las casillas *Spikes* y *Points*.



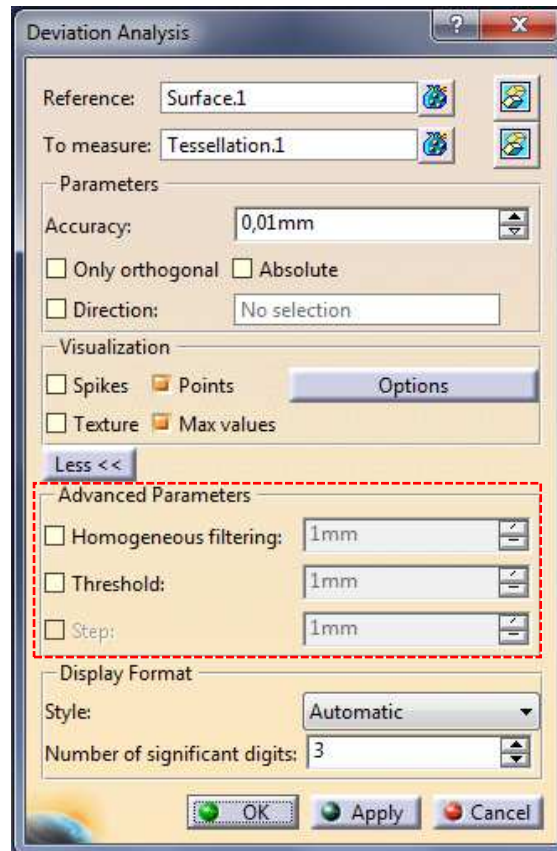
- *Spike scale* permite cambiar la longitud de los picos.
- *Point symbol* permite cambiar la visualización del símbolo de los puntos.
- *Texture* (Textura): seleccione esta casilla para visualizar las desviaciones como texturas.



- *Texture* se aplica a los datos a medir.
- Los datos a medir deben ser una malla, una superficie o un volumen.
- *Render Style* debe establecerse con *Shading with Material*. Si éste no es el caso, aparecerá un mensaje pidiéndole que cambie a este tipo de *Render Style*.
- *Max values* (Valores máximos): seleccione esta casilla para mostrar los valores de desviación máximos (positivo y negativo) y sus ubicaciones en los datos a medir.

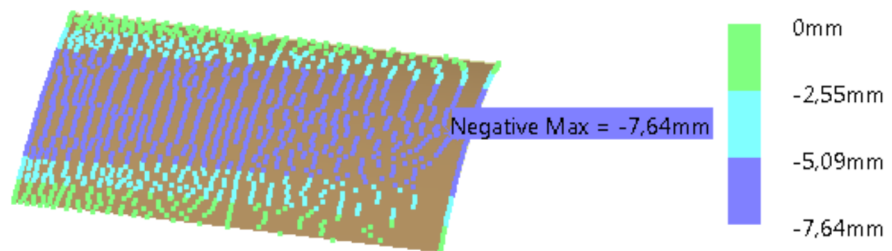
5. Haga clic en *More* para configurar los parámetros avanzados (*Advanced Parameters*) y el formato de visualización (*Display Format*).

- *Advanced Parameters*:

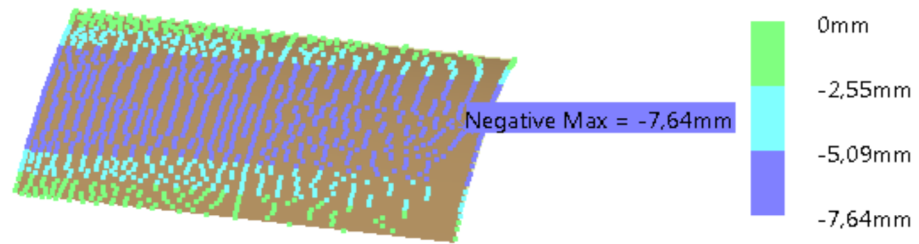


- *Homogeneous filtering* (Filtrado homogéneo): seleccione esta casilla para reducir el número de puntos de los datos a medir (*To measure*) a tener en cuenta. Se aplica un filtrado de esfera, el parámetro representa el radio de esta esfera.

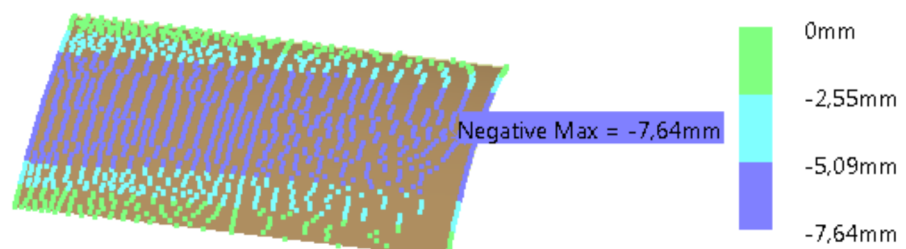
- *Homogeneous filtering* no está seleccionada:



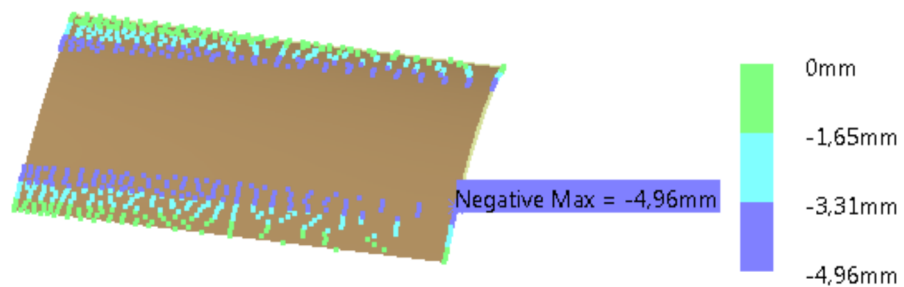
- *Homogeneous filtering* sí está seleccionada:



- *Threshold* (Umbral): seleccione esta casilla para eliminar los puntos con una desviación superior a este umbral.

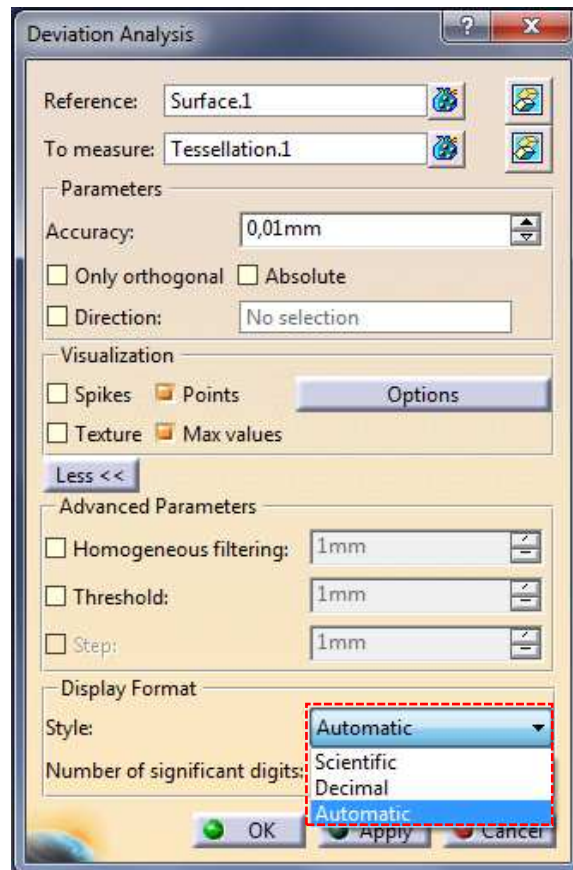


- *Threshold* no está seleccionada:

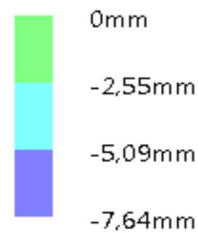


- *Threshold* sí está seleccionada:

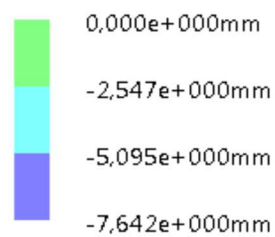
- *Step* (Paso): este parámetro se utiliza para discretizar los datos a medir (*To measure*) cuando son curvas, superficies o volúmenes. Controla la longitud de los triángulos de discretización para superficies o volúmenes, o de los segmentos para curvas. Si no selecciona esta casilla e introduce un valor, el comando calcula el paso, pero en algunos casos es mejor que defina su propio valor de paso.
- *Display Format*:
  - *Style*: hay disponibles tres estilos:



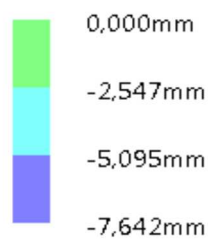
- *Automatic:*



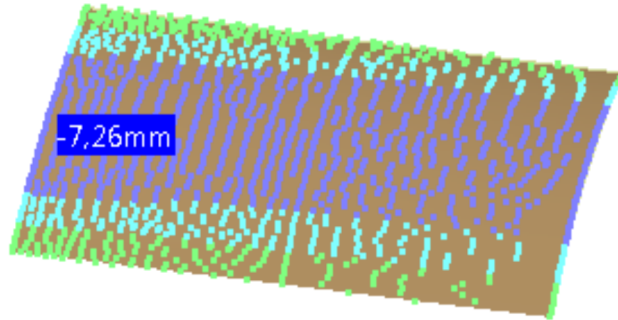
- *Scientific:*



- *Decimal:*

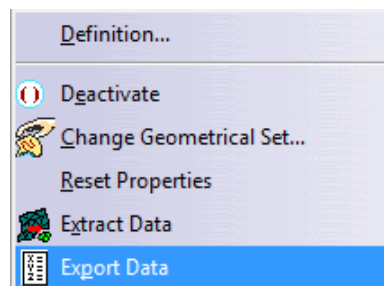


- *Number of significant digits* (Número de cifras significativas): permite definir el número de cifras significativas, entre 1 y 15.
6. Haga clic en *Apply* para tener en cuenta cualquier modificación. Cuando mueva el puntero sobre el elemento a medir puede ver el valor de la desviación entre el punto señalado con el puntero y los datos de referencia.

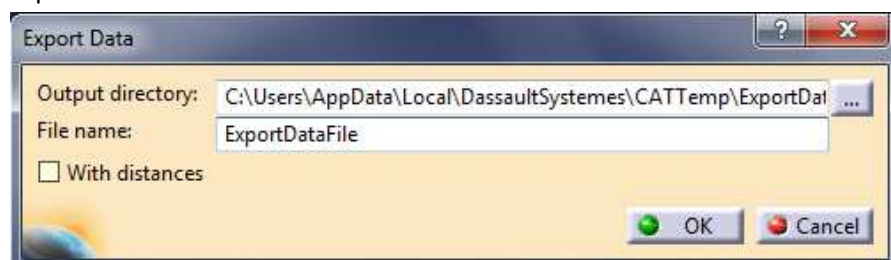


Sólo está disponible con los modos de visualización *Points* y *Spikes*.

7. Haga clic en *OK* para crear el análisis de desviación y salir del cuadro de diálogo. Un elemento se crea en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Deviation Analysis.x*. Este elemento es editable.
8. Cuando tenga disponible la licencia del módulo *Realistic Shape Optimizer*, puede exportar el análisis de desviación como un archivo ASCII:
- Haga clic con el botón derecho del ratón sobre el elemento *Deviation Analysis.x* creado en el árbol de especificaciones para abrir su menú contextual y seleccione *Export Data*:



- Aparecerá el siguiente cuadro de diálogo en el que podrá seleccionar el directorio (*Output directory*) donde se almacenará el archivo de exportación. Además podrá introducir el nombre del archivo de exportación dentro del campo *File name*.




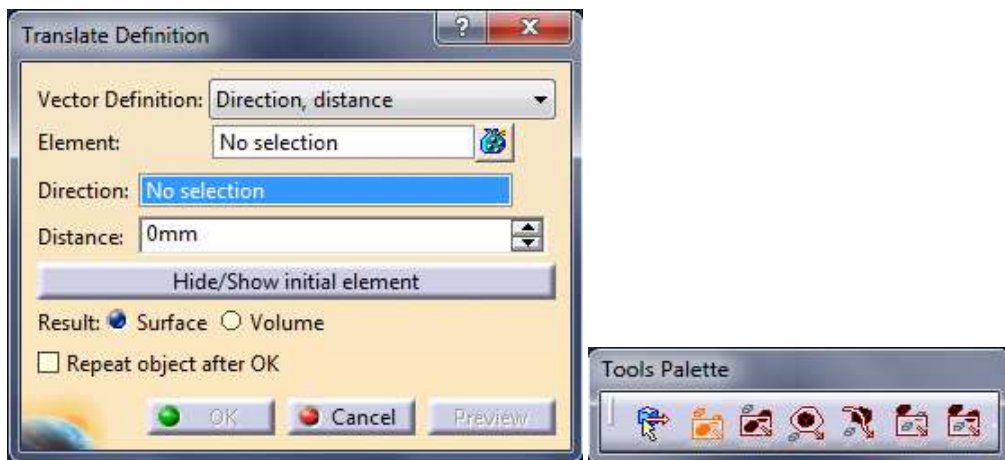
### 3.13. Cloud Transformations

#### 3.13.1. Traslaciones (*Translate*)

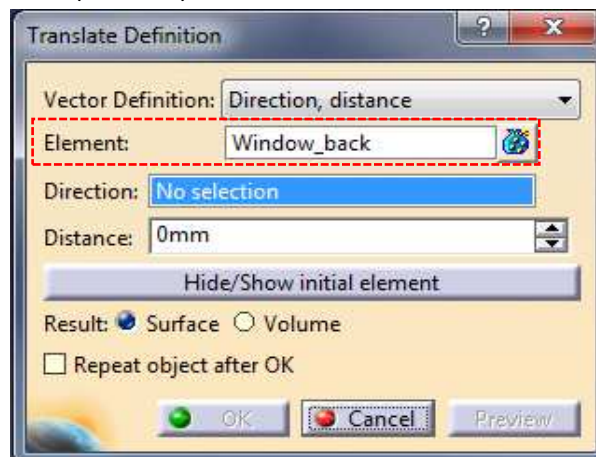
Este comando muestra cómo trasladar uno o más puntos, líneas o elementos de superficie.

Abra el modelo [Translate1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

1. Haga clic en el comando *Translate*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Transformations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando así como la barra de herramientas *Tools Palette*.

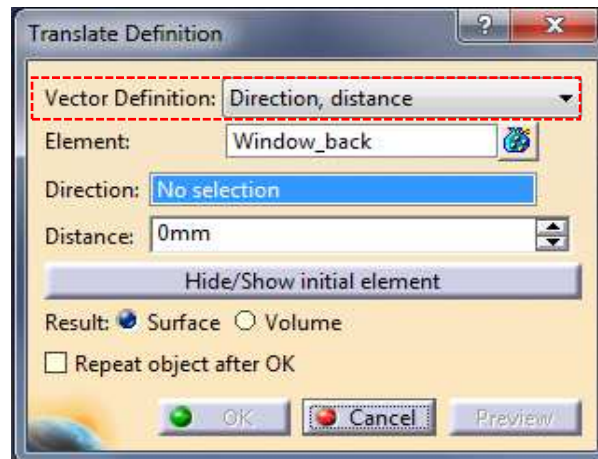


2. Seleccione el elemento (*Element*) a trasladar.

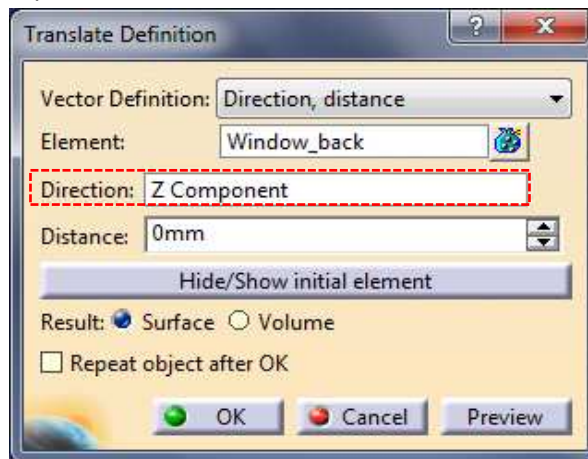


3. Seleccione la definición del vector mediante el campo *Vector Definition*.
  - a. *Direction, distance* (Dirección, distancia)

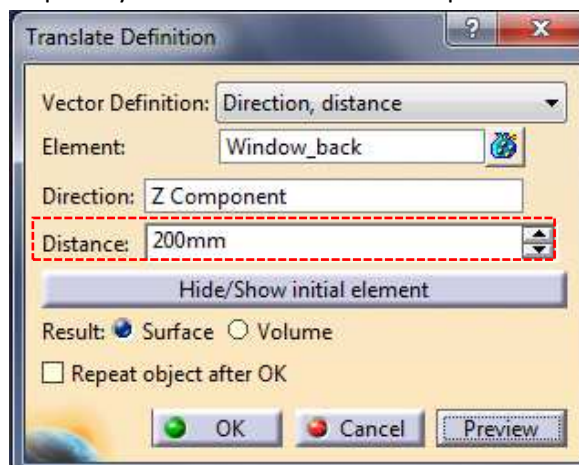


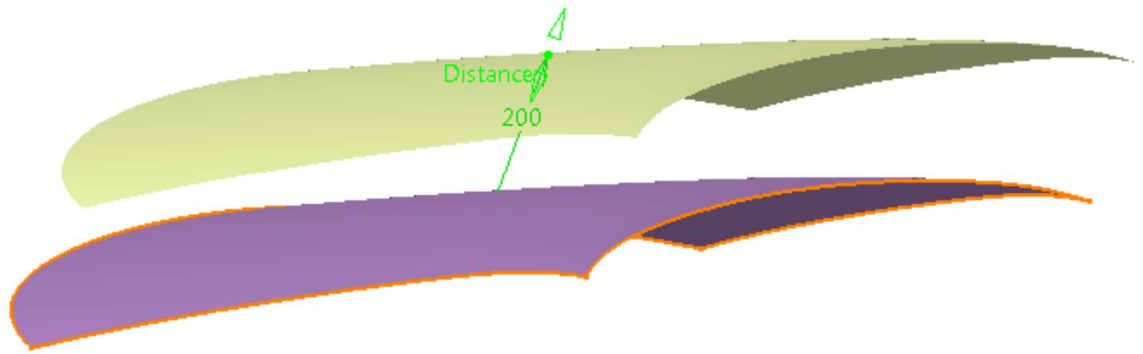


4. Seleccione una línea para tomar su orientación como la dirección de traslación o un plano para tomar su normal como la dirección de traslación. También puede especificar la dirección por medio de componentes del vector X, Y, Z usando el menú contextual en el campo *Direction*.

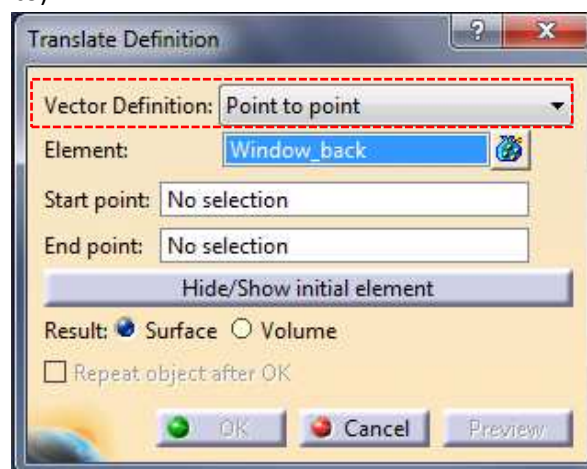


5. Especifique la distancia de traslación introduciendo un valor en el campo *Distance* o utilizando las flechas que hay a la derecha de dicho campo.

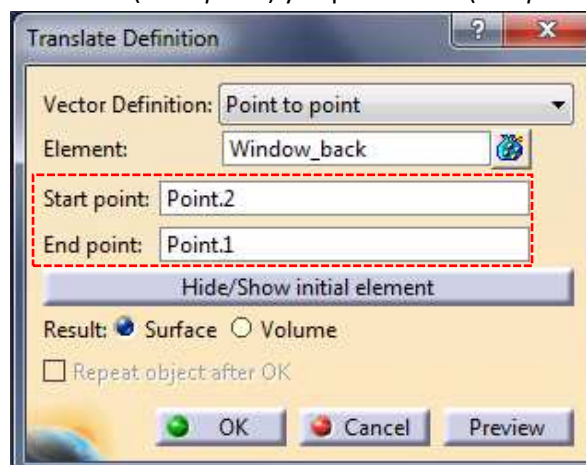




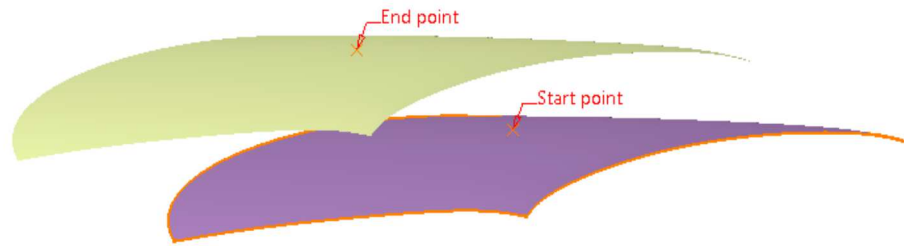
b. *Point to point* (Punto a punto)



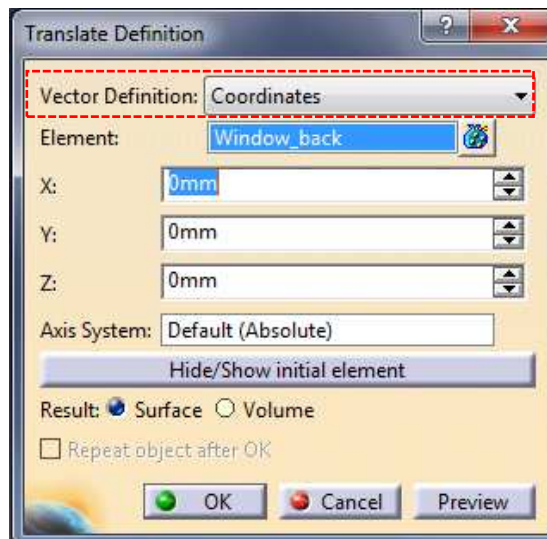
4. Seleccione el punto de inicio (*Start point*) y el punto final (*End point*).



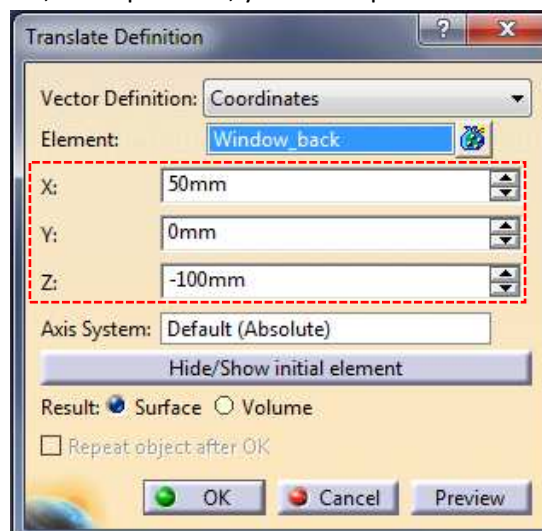




## c. Coordinates (Coordenadas)

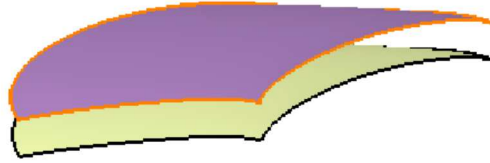


4. Defina las coordenadas X, Y, y Z. En el ejemplo que viene a continuación, se han elegido 50mm para la X, 0mm para la Y, y -100mm para la Z.



5. Cuando se inicia el comando en el momento de la creación, el valor inicial en el campo *Axis System* es el actual sistema de ejes local. Si ningún sistema de ejes local es el actual, este campo se establece por defecto.

Cada vez que se seleccione un sistema de ejes local, las coordenadas del elemento a trasladar cambian respecto al sistema de ejes seleccionado de manera que no se cambie la ubicación del elemento trasladado. Este no es el caso con coordenadas valoradas por fórmulas: si se selecciona un sistema de ejes, la fórmula definida permanece sin cambios.



6. Haga clic en *OK* para crear el elemento trasladado.

El elemento se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Translate.x*.

El elemento original permanece sin cambios.

- Puede seleccionar un sistema de ejes como elemento a trasladar, siempre que haya sido creado previamente.
- Haga clic en el botón *Hide/Show initial element* para ocultar o mostrar el elemento original para la traslación.
- Seleccione si desea que el resultado de la transformación sea una superficie o un volumen eligiendo la opción *Surface* o *Volume* dentro del cuadro de diálogo.

Esta opción sólo se refiere a los volúmenes ya que la transformación de una superficie sólo puede ser una superficie. Así, en el caso de una selección múltiple de superficies y volúmenes, esta opción sólo afecta a los volúmenes.

Tenga en cuenta que:

- El reemplazar un elemento de entrada no cambia el tipo de resultado.
- La opción entre superficie y volumen no está disponible cuando se edita el elemento.
- Seleccione la casilla *Repeat object after OK* para crear varias superficies trasladadas, cada una separada de la superficie inicial por un múltiplo del valor de distancia (*Distance*).

Simplemente indique en el cuadro de diálogo *Object Repetition* el número de instancias que deben ser creadas y haga clic en *OK*.






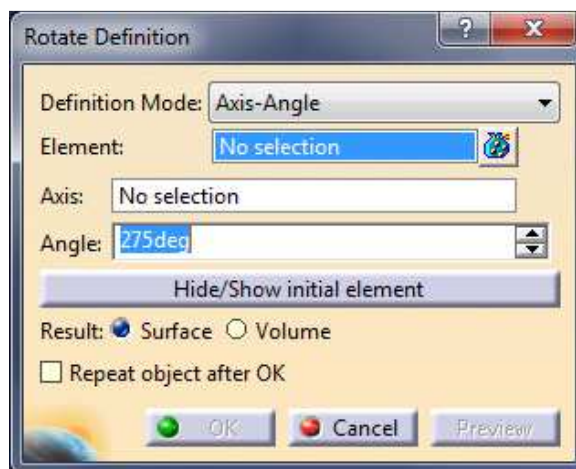
- Si selecciona un sólido como el elemento de entrada, el resultado será una superficie o un volumen.

### 3.13.2. Rotaciones (*Rotate*)

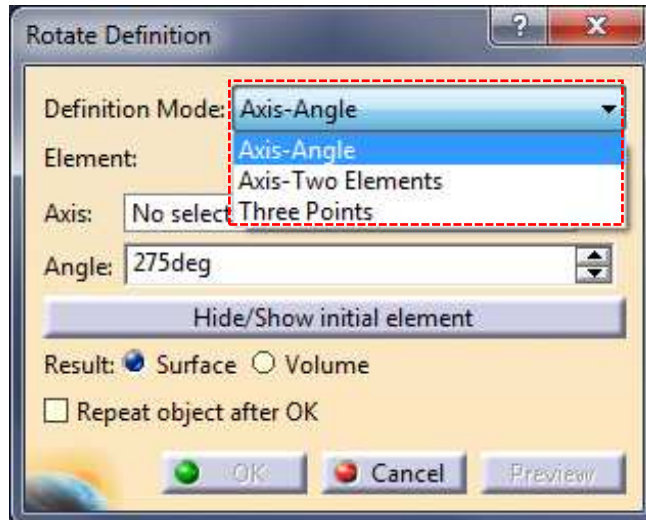
Este comando muestra cómo girar o rotar un elemento geométrico alrededor de un eje.

Abra el modelo [Transform1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

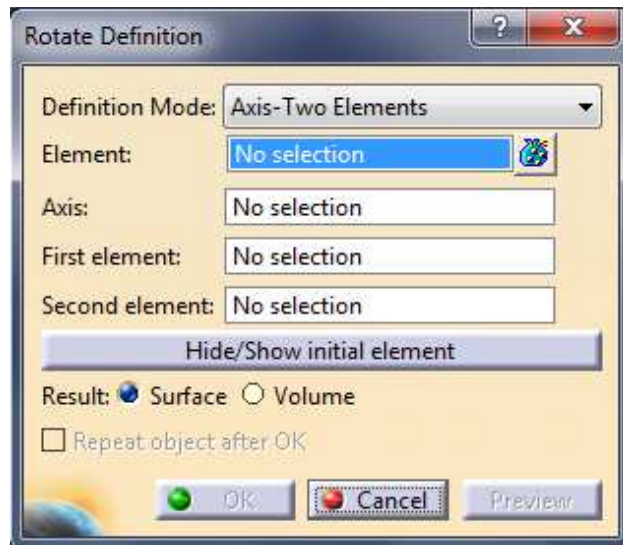
1. Haga clic en el comando *Rotate*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Transformations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando así como la barra de herramientas *Tools Palette*.



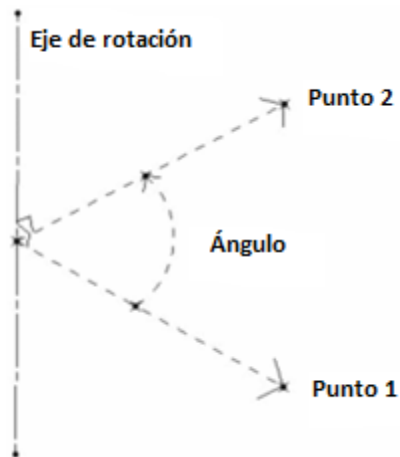
2. Defina el tipo de rotación:



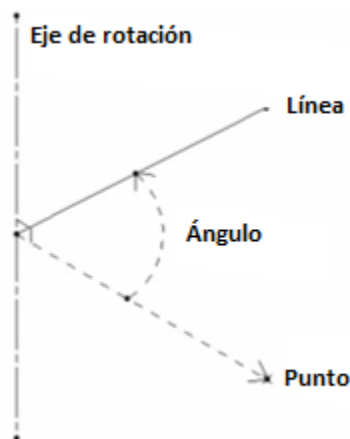
- *Axis-Angle* (modo predeterminado): el eje de rotación se define por un elemento lineal y el ángulo se define por un valor que puede ser modificado en el cuadro de diálogo o en la geometría 3D (usando los manipuladores).
- *Axis-Two Elements*: el eje de rotación se define por un elemento lineal y el ángulo se define por dos elementos geométricos (punto, línea o plano).



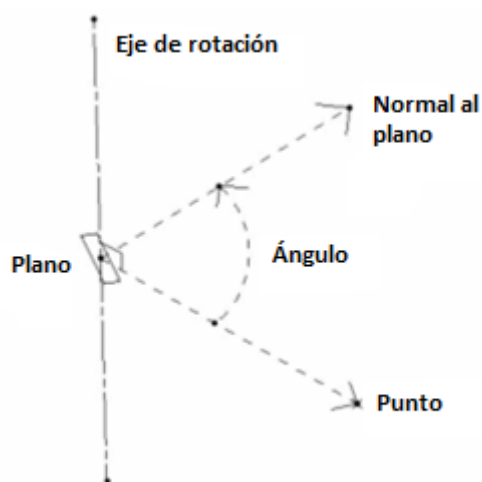
- *Axis/point/point* (Eje/punto/punto): el ángulo entre los vectores se define por los puntos seleccionados y su proyección ortogonal sobre el eje de rotación.



- *Axis/point/line* (Eje/punto/línea): el ángulo entre el vector se define por el punto seleccionado y su proyección ortogonal sobre el eje de rotación y la línea seleccionada.

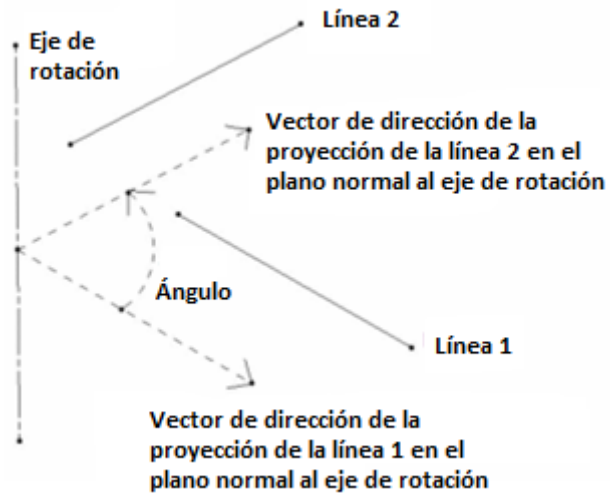


- *Axis/point/plane* (Eje/punto/plano): el ángulo entre el vector se define por el punto seleccionado y su proyección ortogonal sobre el eje de rotación y la normal al plano seleccionado.

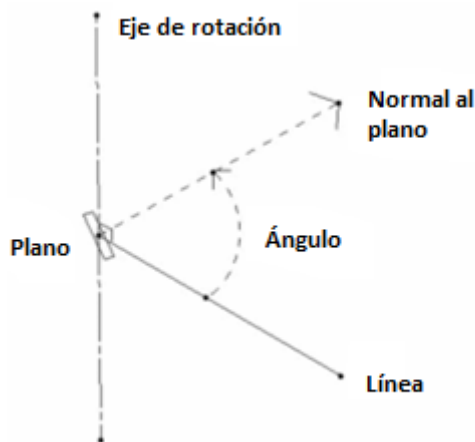


- *Axis/line/line* (Eje/línea/línea): el ángulo entre los vectores de dirección de la proyección se define por las dos líneas seleccionadas en el plano normal al eje de rotación.

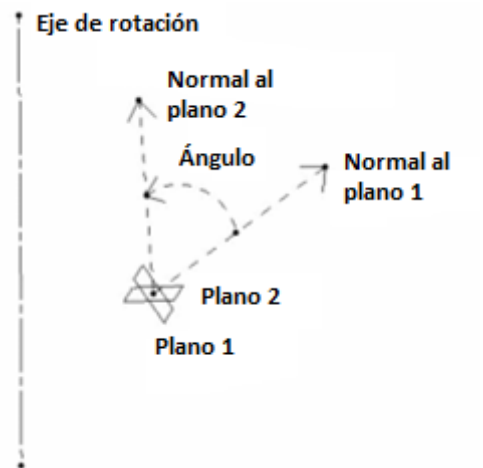
En el caso de que ambas líneas sean paralelas al eje de rotación, el ángulo se define por los puntos de intersección del plano normal al eje de rotación y estas líneas.



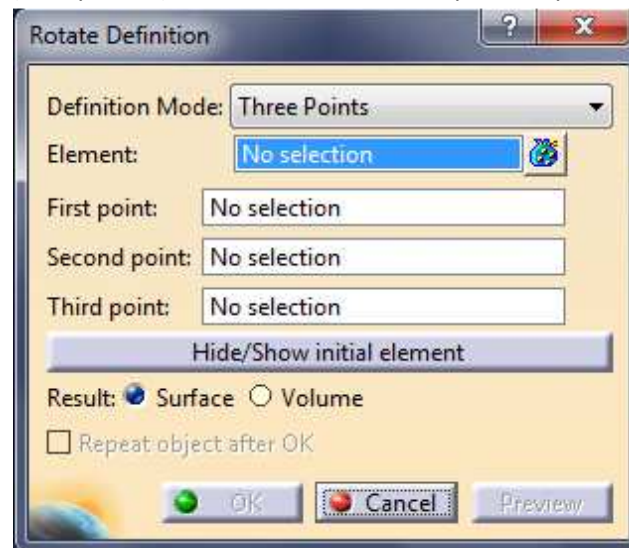
- *Axis/line/plane* (Eje/línea/plano): el ángulo se define entre la línea seleccionada y la normal al plano.



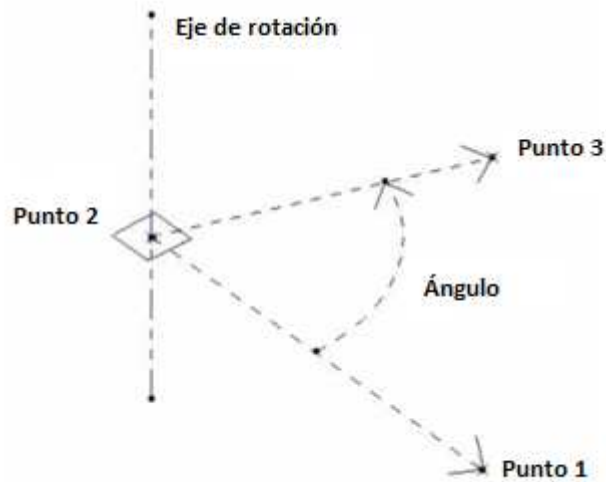
- *Axis/plane/plane* (Eje/plano/plano): el ángulo se define entre las normales a los dos planos seleccionados.



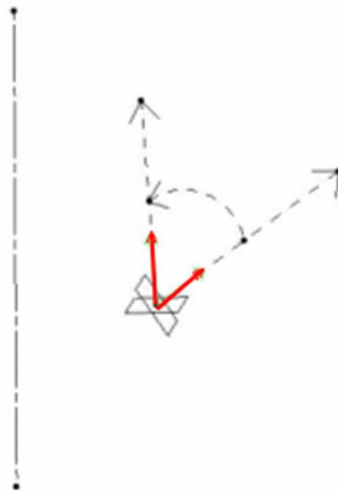
- *Three Points* (Tres puntos): la rotación es definida por tres puntos.



- El eje de rotación se define por la normal al plano creado por los tres puntos, pasando por el segundo punto.
- El ángulo de rotación se define por los dos vectores creados por los tres puntos (entre el vector formado por los puntos 1 y 2, y el vector formado por los puntos 2 y 3).



La orientación de los elementos (líneas o planos) se visualiza en la geometría 3D mediante una flecha roja. Puede hacer clic en la flecha para invertir la orientación y el ángulo se recalcula automáticamente. Por defecto, la flecha se visualiza en la dirección normal al elemento (línea o plano). Por ejemplo, en el modo *plano/plano*, la flecha se muestra en cada plano:



3. Seleccione el elemento (*Element*) que desea rotar.
4. Seleccione los elementos de entrada dependiendo del tipo de rotación elegida.
5. Haga clic en *OK* para crear el elemento rotado.

El elemento rotado se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Rotate.x*.

#### Parámetros opcionales

- Haga clic en el botón *Hide/Show initial element* para ocultar o mostrar el elemento original para la rotación.
- Seleccione si desea que el resultado de la transformación sea una superficie o un volumen eligiendo la opción *Surface* o *Volume* dentro del cuadro de diálogo.

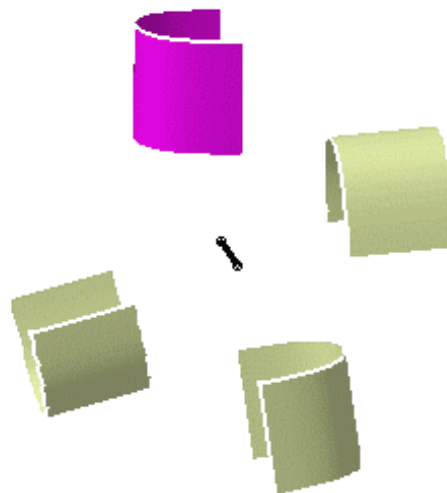
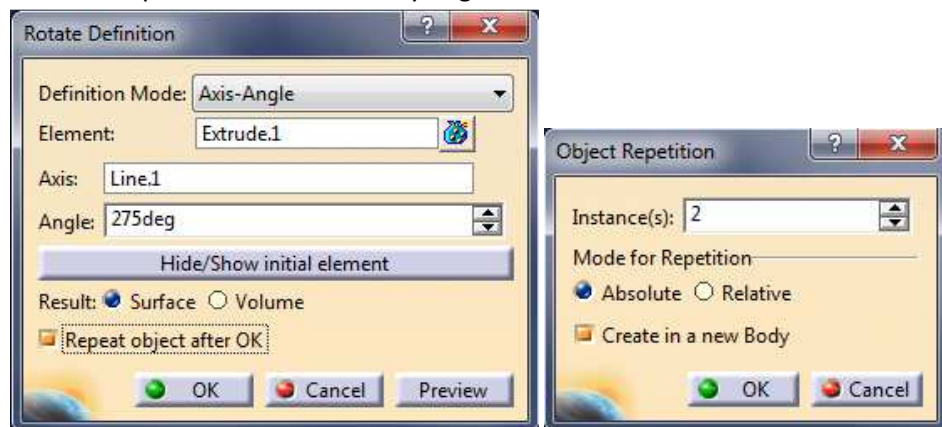


Esta opción sólo se refiere a los volúmenes ya que la transformación de una superficie sólo puede ser una superficie. Así, en el caso de una selección múltiple de superficies y volúmenes, esta opción sólo afecta a los volúmenes.

Tenga en cuenta que:

- El reemplazar un elemento de entrada no cambia el tipo de resultado.
  - La opción entre superficie y volumen no está disponible cuando se edita el elemento.
- Seleccione la casilla *Repeat object after OK* para crear varias superficie rotadas, cada una separada de la superficie inicial por un múltiplo del valor del ángulo (*Angle*).

Simplemente indique en el cuadro de diálogo *Object Repetition* el número de instancias que deben ser creadas y haga clic en *OK*.




La casilla *Repeat object after OK* no está disponible con los tipos de rotación *Axis-Two Elements* y *Three Points*.

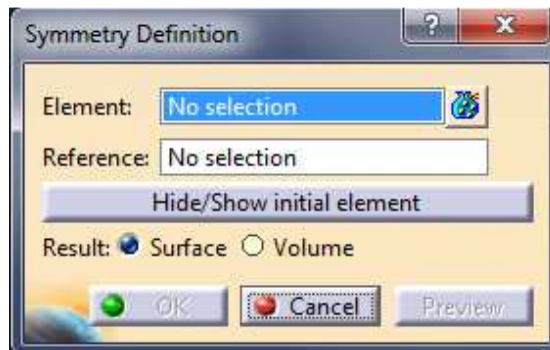
- Puede seleccionar un sistema de ejes como elemento a rotar, siempre que haya sido creado previamente.
- Si selecciona un sólido como el elemento de entrada, el resultado será una superficie o un volumen.

### 3.13.3. Simetrías (*Symmetry*)

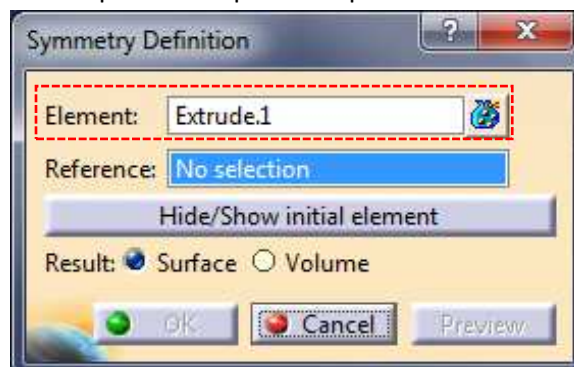
Este comando muestra cómo obtener un elemento geométrico mediante una operación de simetría.

Abra el modelo [Transform1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

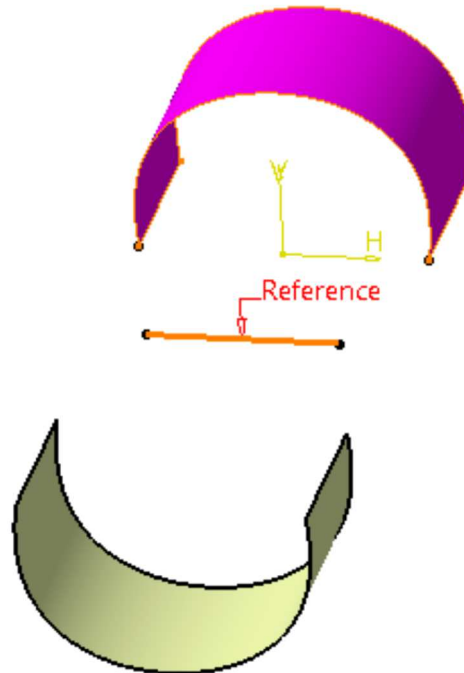
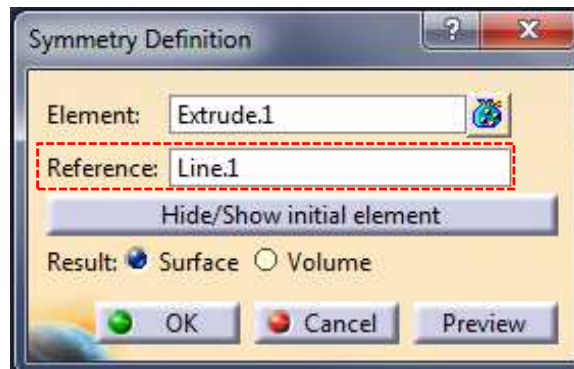
1. Haga clic en el comando *Symmetry*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Transformations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando así como la barra de herramientas *Tools Palette*.



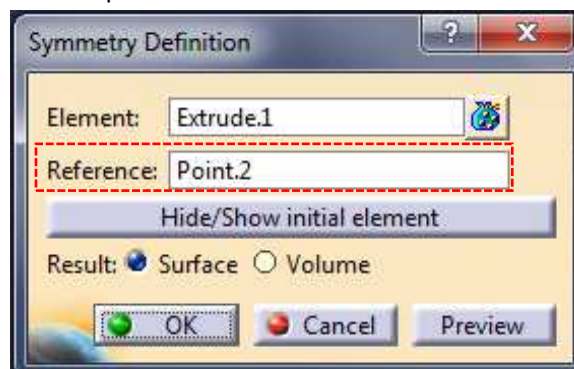
2. Seleccione el elemento al que desea aplicar la operación de simetría.

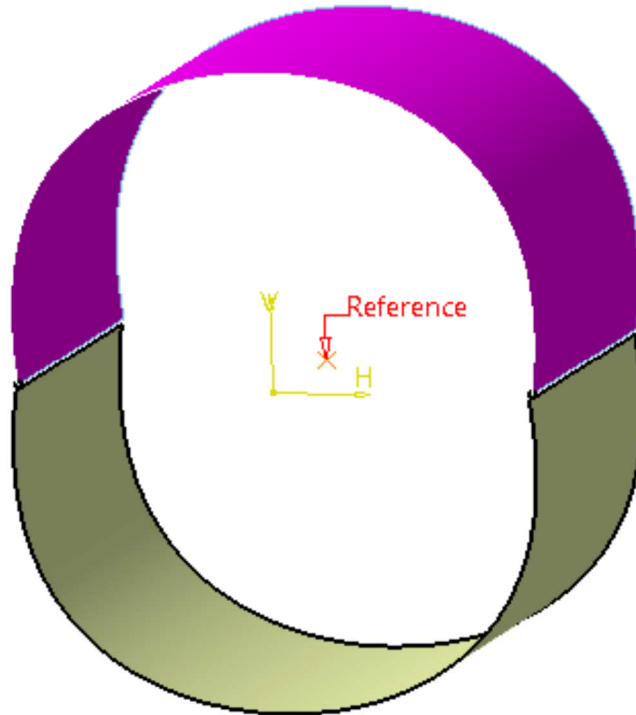


3. Seleccione un punto, línea o plano como elemento de referencia, es decir, como elemento de simetría.
  - A continuación se muestra el resultado de la simetría cuando el elemento de referencia usado es una línea:



- A continuación se muestra el resultado de la simetría cuando el elemento de referencia usado es un punto:





4. Haga clic en *OK* para crear el elemento simétrico. El elemento simétrico se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Symmetry.x*.

- Puede seleccionar un sistema de ejes como elemento a transformar, siempre que haya sido creado previamente.
- Haga clic en el botón *Hide/Show initial element* para ocultar o mostrar el elemento original para la simetría.
- Seleccione si desea que el resultado de la transformación sea una superficie o un volumen eligiendo la opción *Surface* o *Volume* dentro del cuadro de diálogo.

Esta opción sólo se refiere a los volúmenes ya que la transformación de una superficie sólo puede ser una superficie. Así, en el caso de una selección múltiple de superficies y volúmenes, esta opción sólo afecta a los volúmenes.


Tenga en cuenta que:

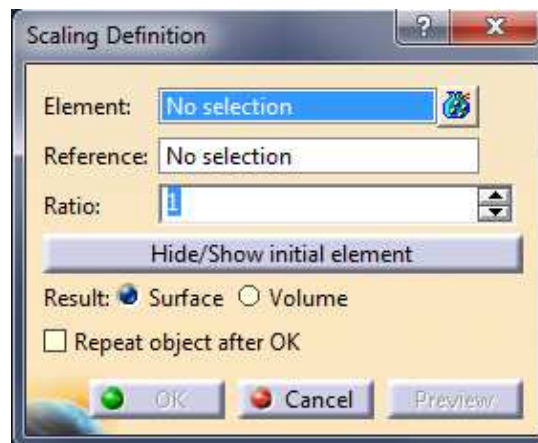
- El reemplazar un elemento de entrada no cambia el tipo de resultado.
- La opción entre superficie y volumen no está disponible cuando se edita el elemento.
- Si selecciona un sólido como el elemento de entrada, el resultado será una superficie o un volumen.

### 3.13.4. Escalado (*Scaling*)

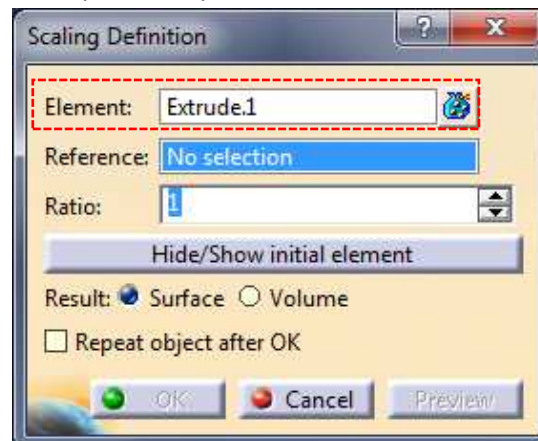
Este comando muestra cómo transformar un elemento geométrico mediante una operación de escalado, es decir, mediante una operación de cambio de escala.

Abra el modelo [Transform1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

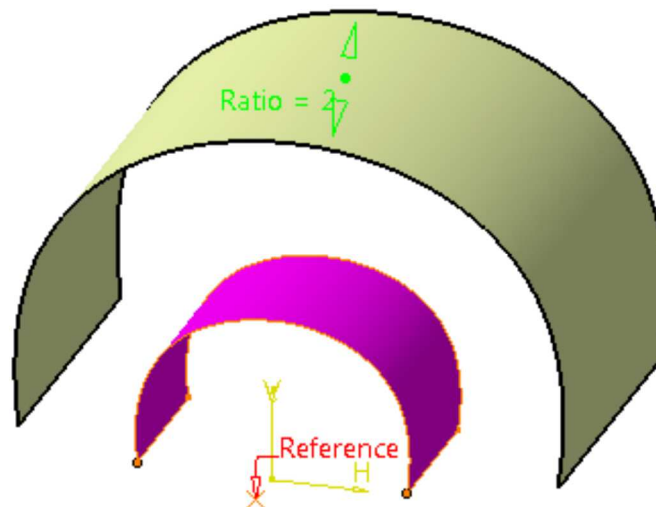
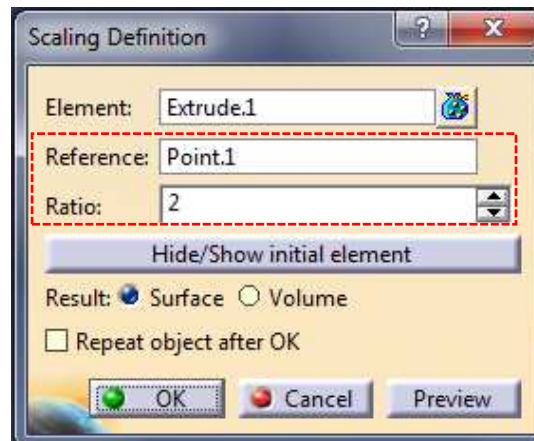
1. Haga clic en el comando *Scaling*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Transformations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando así como la barra de herramientas *Tools Palette*.



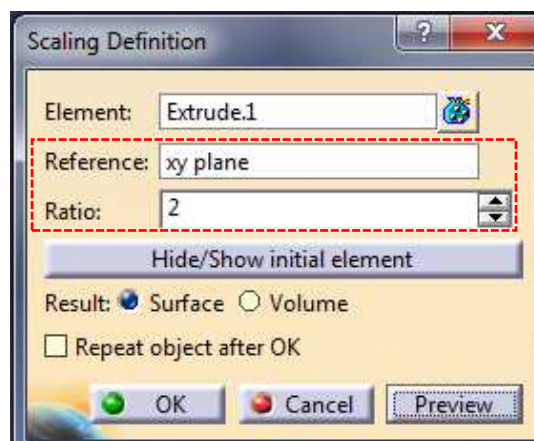
2. Seleccione el elemento al que se le aplicará el cambio de escala.

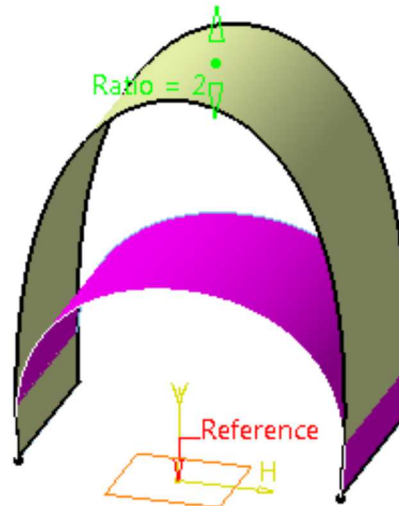


3. Seleccione un punto, un plano o una superficie plana como elemento de referencia.
4. Especifique la relación de escala introduciendo un valor en el campo *Ratio* o usando las flechas que hay a la derecha de dicho campo.
  - A continuación se muestra el resultado cuando el elemento de referencia usado es un punto:



- A continuación se muestra el resultado cuando el elemento de referencia usado es un plano:



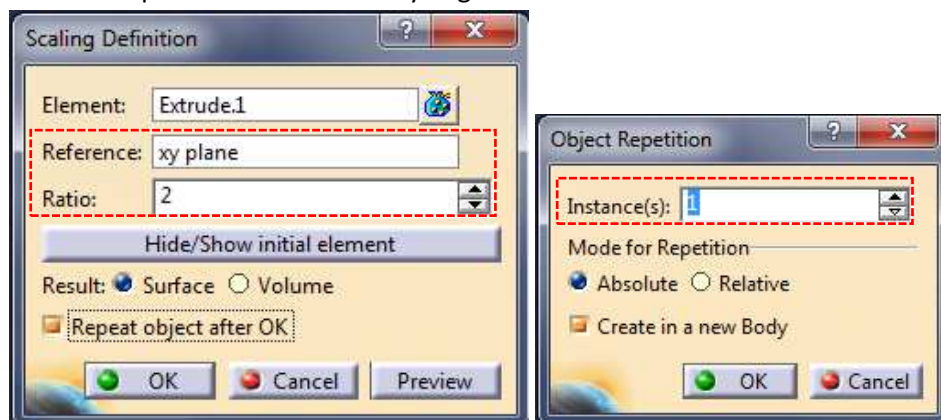


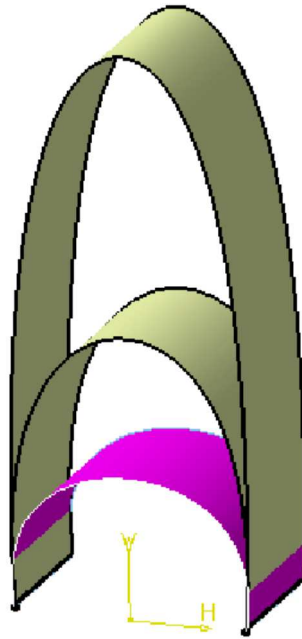
5. Haga clic en *OK* para crear el elemento escalado.

El elemento escalado se crea en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Scaling.x*.

- Seleccione la casilla *Repeat object after OK* para crear varias superficies escaladas, cada una separada de la superficie inicial por un múltiplo del valor de *Ratio*.

Simplemente indique en el cuadro de diálogo *Object Repetition* el número de instancias que deben ser creadas y haga clic en *OK*.





- Haga clic en el botón *Hide/Show initial element* para ocultar o mostrar el elemento original para el escalado.
- Seleccione si desea que el resultado de la transformación sea una superficie o un volumen eligiendo la opción *Surface* o *Volume* dentro del cuadro de diálogo.

Esta opción sólo se refiere a los volúmenes ya que la transformación de una superficie sólo puede ser una superficie. Así, en el caso de una selección múltiple de superficies y volúmenes, esta opción sólo afecta a los volúmenes.

Tenga en cuenta que:


- El reemplazar un elemento de entrada no cambia el tipo de resultado.
  - La opción entre superficie y volumen no está disponible cuando se edita el elemento.
- Si selecciona un sólido como el elemento de entrada, el resultado será una superficie o un volumen.

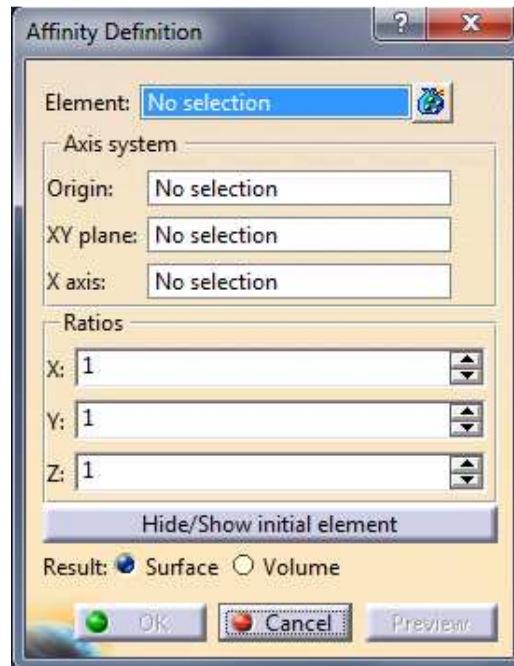
### 3.13.5. Transformaciones por afinidad (*Affinity*)

Este comando muestra cómo aplicar una operación de afinidad a un elemento geométrico.

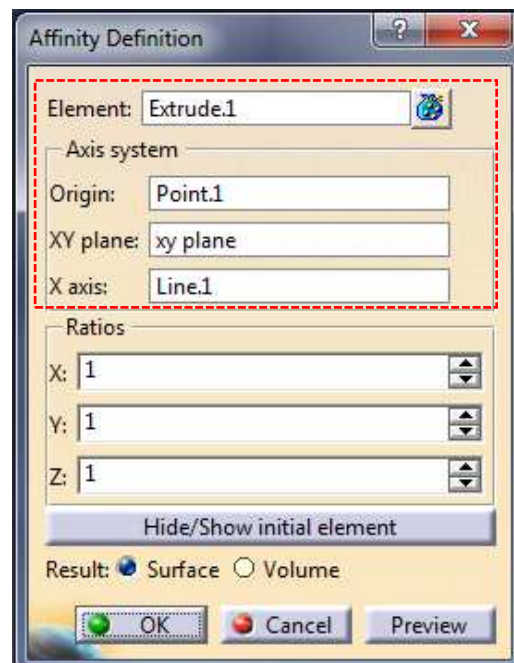
Abra el modelo [Transform1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").



- Haga clic en el comando *Affinity*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Transformations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando así como la barra de herramientas *Tools Palette*.

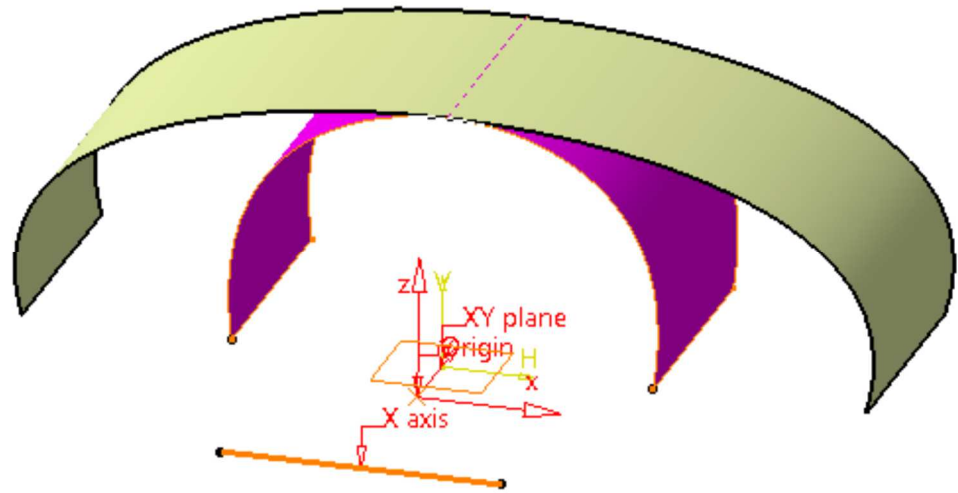


- Seleccione el elemento a ser transformado por afinidad.
- Especifique las características del sistema de ejes que se utilizará para la operación de afinidad:
  - El origen (campo *Origin*).
  - El plano XY (campo *XY plane*).
  - El eje X (campo *X axis*).

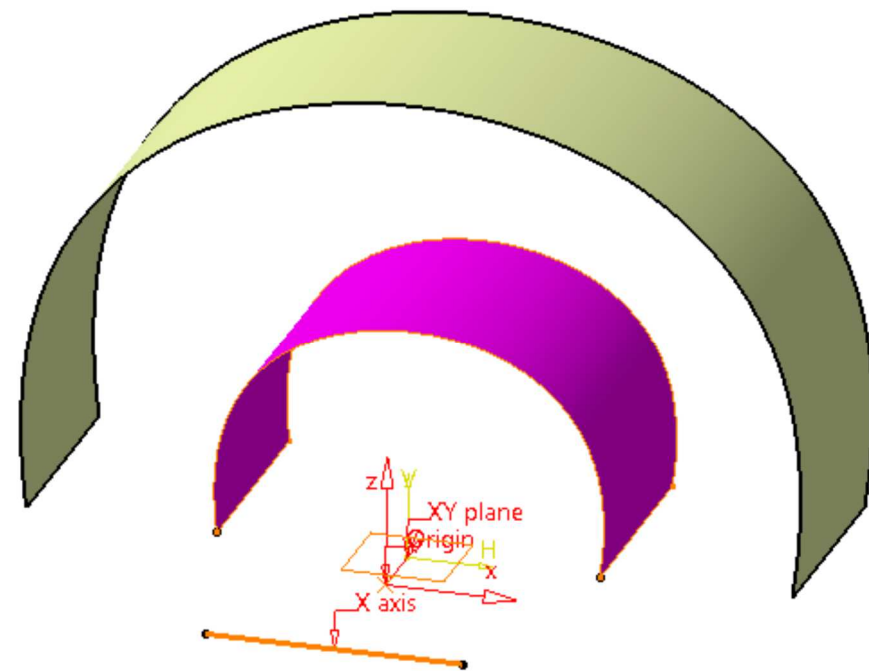


4. Especifique las razones de afinidad (*Ratio*) introduciendo el valor deseado en los campos X, Y y Z.

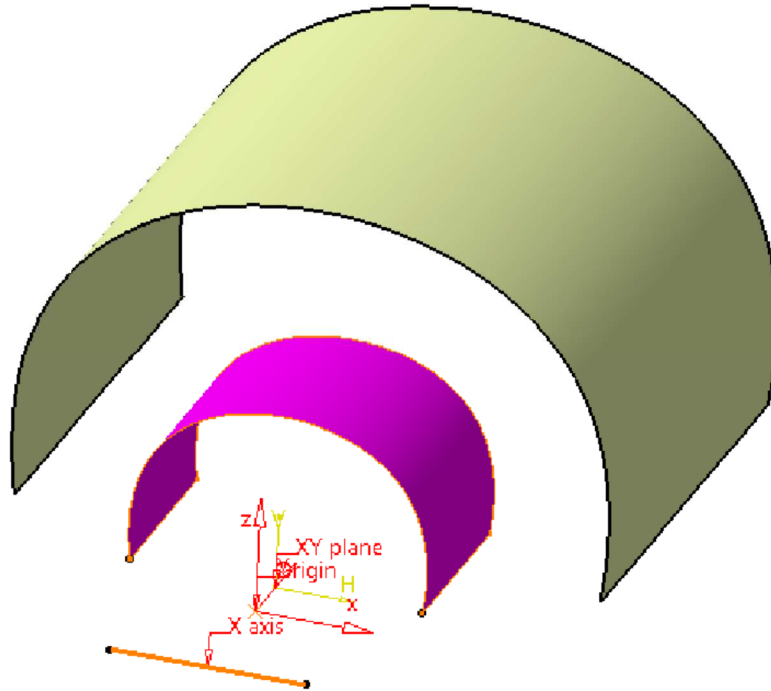
- *Ratios* X=2, Y=1, Z=1



- *Ratios* X=2, Y=1, Z=2



- *Ratios* X=2, Y=2.5, Z=2



5. Haga clic en *OK* para crear el elemento de afinidad.

El elemento se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Affinity.x*.

- Haga clic en el botón *Hide/Show initial element* para ocultar o mostrar el elemento original para la operación de afinidad.
- Seleccione si desea que el resultado de la transformación sea una superficie o un volumen eligiendo la opción *Surface* o *Volume* dentro del cuadro de diálogo.

Esta opción sólo se refiere a los volúmenes ya que la transformación de una superficie sólo puede ser una superficie. Así, en el caso de una selección múltiple de superficies y volúmenes, esta opción sólo afecta a los volúmenes.

Tenga en cuenta que:


- El reemplazar un elemento de entrada no cambia el tipo de resultado.
- La opción entre superficie y volumen no está disponible cuando se edita el elemento.
- Si selecciona un sólido como el elemento de entrada, el resultado será una superficie o un volumen.

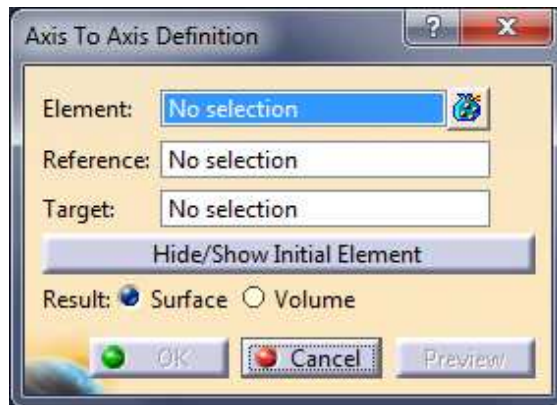
### 3.13.6. Transformación de elementos de un eje a otro (*Axis To Axis*)

Este comando muestra cómo transformar la geometría posicionada de acuerdo a un sistema de ejes dado en un nuevo sistema de ejes. La geometría se duplica y se posiciona de acuerdo

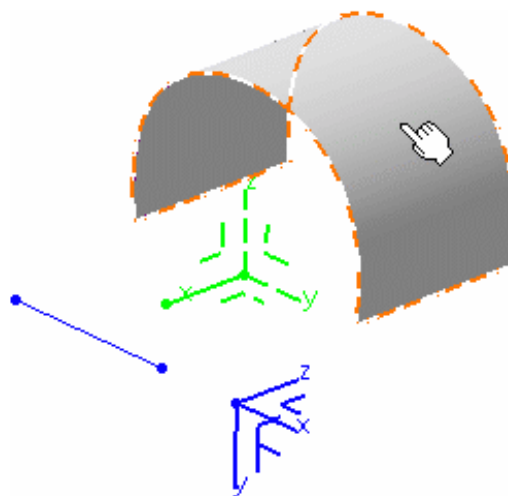
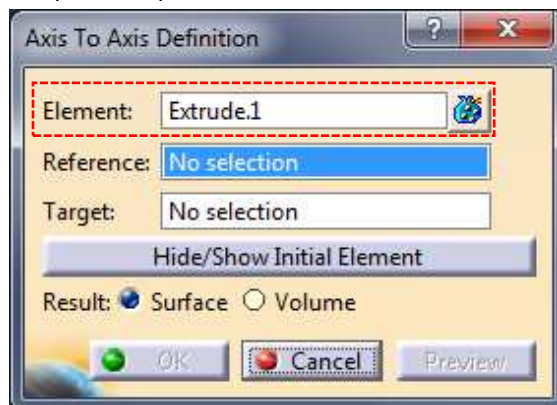
con el nuevo sistema de ejes. Se pueden transformar uno o más elementos a la vez, utilizando la selección múltiple.

Abra el modelo [Transform2.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

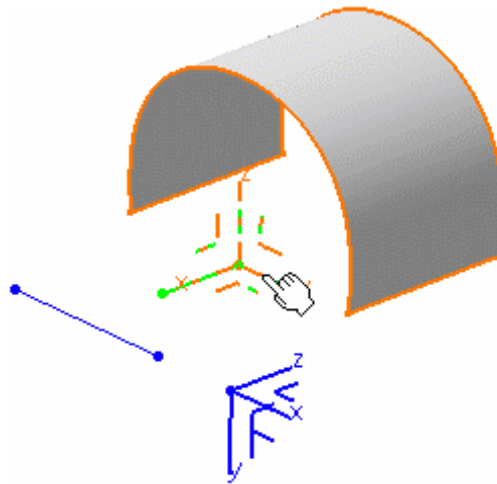
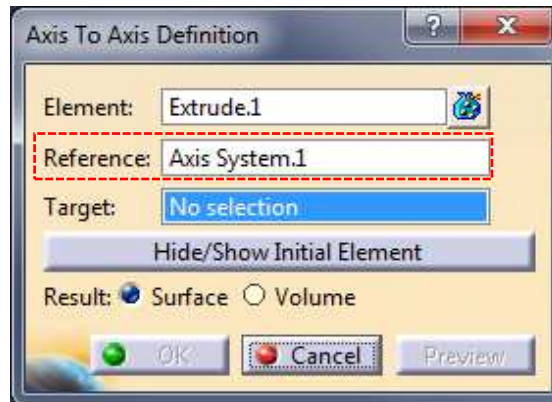
1. Haga clic en el comando *Axis To Axis*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Operations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando así como la barra de herramientas *Tools Palette*.



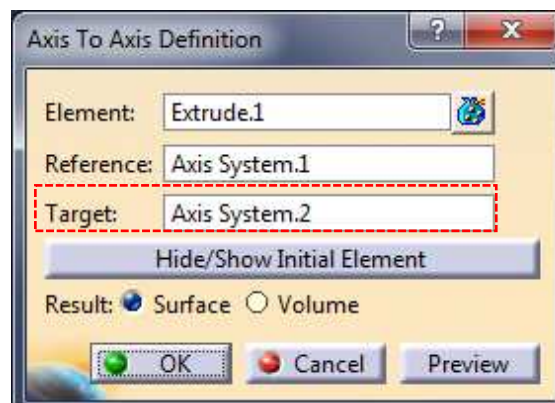
2. Seleccione el elemento (*Element*) a transformar en un nuevo sistema de ejes.

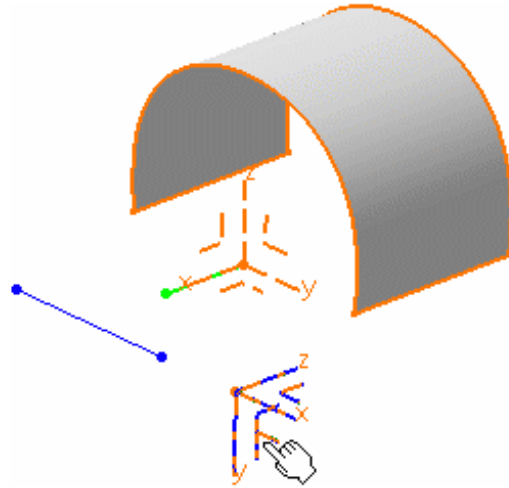


3. Seleccione el sistema de ejes inicial (*Reference*).

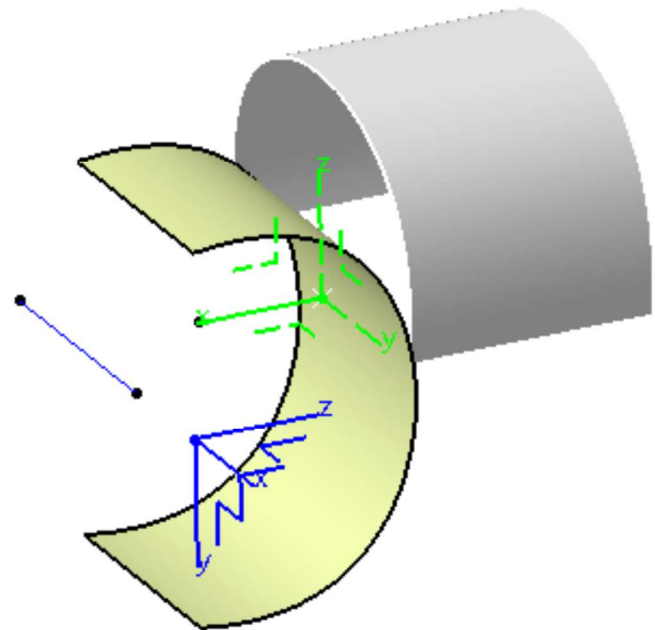
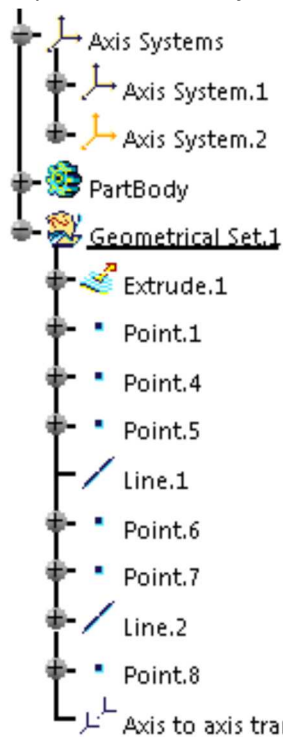


4. Seleccione el sistema de ejes de destino (*Target*), es decir, el nuevo sistema de ejes en el que se debe colocar el elemento.





5. Haga clic en *OK* para crear el elemento transformado. La nueva geometría está ahora posicionada en el nuevo sistema de ejes. El elemento se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Axis To Axis transformation.x*.



- Haga clic en el botón *Hide/Show initial element* para ocultar o mostrar el elemento original para la operación de afinidad.
- Puede seleccionar un sistema de ejes como elemento a transformar, siempre que haya sido creado previamente.
- Seleccione si desea que el resultado de la transformación sea una superficie o un volumen eligiendo la opción *Surface* o *Volume* dentro del cuadro de diálogo.

Esta opción sólo se refiere a los volúmenes ya que la transformación de una superficie sólo puede ser una superficie. Así, en el caso de una selección múltiple de superficies y volúmenes, esta opción sólo afecta a los volúmenes.

Tenga en cuenta que:



- El reemplazar un elemento de entrada no cambia el tipo de resultado.
- La opción entre superficie y volumen no está disponible cuando se edita el elemento.
- Si selecciona un sólido como el elemento de entrada, el resultado será una superficie o un volumen.

## 3.14. WireFrame

### 3.14.1. Creación de puntos (*Point*)


Este comando muestra los diversos métodos para la creación de puntos: *coordinates*, *on curve*, *on plane*, *on surface*, *circle/sphere center*, *tangent on curve* y *between*.

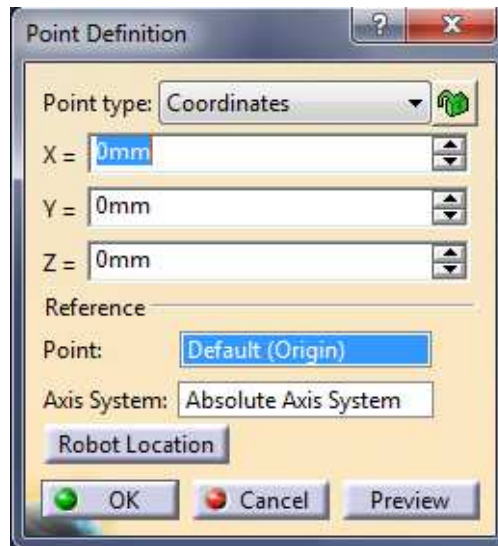
Abra el modelo [Points3D1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

Un nuevo botón de bloqueo  está disponible a la derecha del campo *Point type* para evitar un cambio automático del tipo de punto mientras selecciona la geometría. Simplemente haga clic en dicho botón para que pase a estar en color rojo .

Por ejemplo, si elige el tipo *Coordinates*, no será capaz de seleccionar una curva. Si desea seleccionar una curva, elija otro tipo de creación de punto en la lista desplegable. El estado de este botón se almacena como el valor por defecto: por lo tanto, si está en rojo y usted lanza el mismo comando de nuevo u otro comando que también tenga este botón, el botón estará también en rojo.

#### a) *Coordinates* (Coordinadas)

1. Haga clic en el comando *Point*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de punto *Coordinates* en la lista desplegable del campo *Point type*:

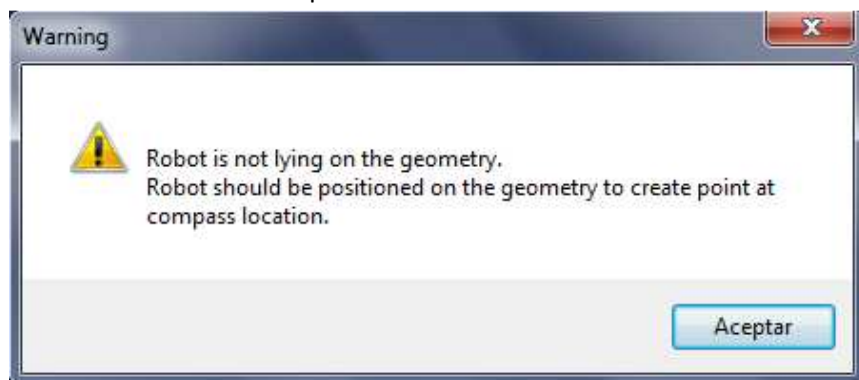


3. Introduzca las coordenadas X, Y y Z en el sistema de ejes actual.
4. Opcionalmente, seleccione un punto de referencia.

Cuando el comando se lanza en el momento de la creación, el valor inicial en el campo *Axis System* es el sistema de ejes local actual. Si no hay ningún sistema de ejes local como actual, el campo se establece por defecto.

Cada vez que se selecciona un sistema de ejes local, las coordenadas del punto se cambian con respecto al sistema de ejes seleccionado de manera que no se cambia la posición del punto. Este no es el caso de los puntos valorados por fórmulas: si se selecciona un sistema de ejes, la fórmula definida permanece sin cambios.

- Si crea un punto usando el método *Coordinates* y ya está definido un sistema de ejes y establecido como el actual, las coordenadas del punto se definen de acuerdo al sistema de ejes actual.
  - El sistema de ejes local actual debe ser diferente del absoluto.
5. Haga clic en el botón *Robot Location*. Si el compás está tendido sobre la geometría, las coordenadas X, Y y Z del punto se modifican de acuerdo a la ubicación del compás. Sin embargo, si el compás no está tendido sobre la geometría, es decir, que está en la ubicación predeterminada, al hacer clic en este botón se mostrará un mensaje de error, y el punto será creado usando las coordenadas específicas existentes.




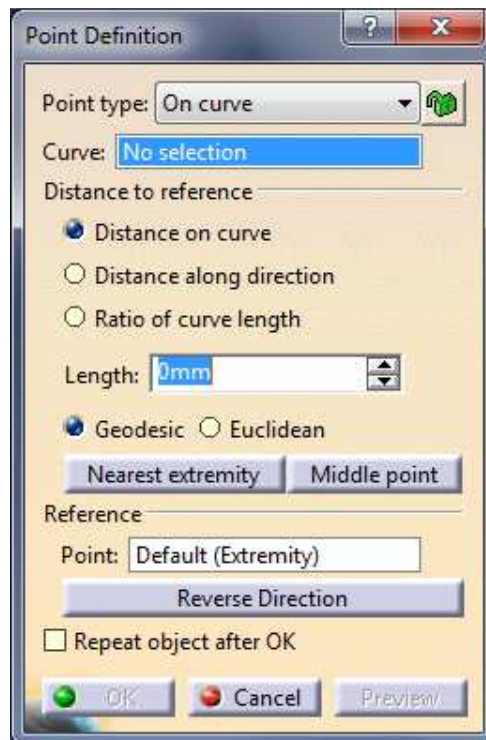


El botón *Robot Location* no está disponible cuando cualquiera de las coordenadas X, Y o Z se especifica usando una fórmula.

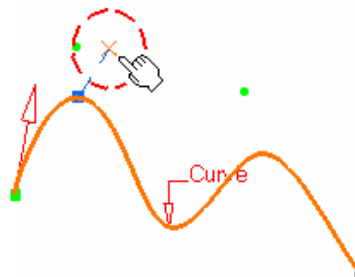
- Haga clic en *OK* para crear el punto. El punto se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Point.x*.

b) *On curve* (Sobre una curva)

- Haga clic en el comando *Point*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
- Seleccione el tipo de punto *On curve* en la lista desplegable del campo *Point type*:

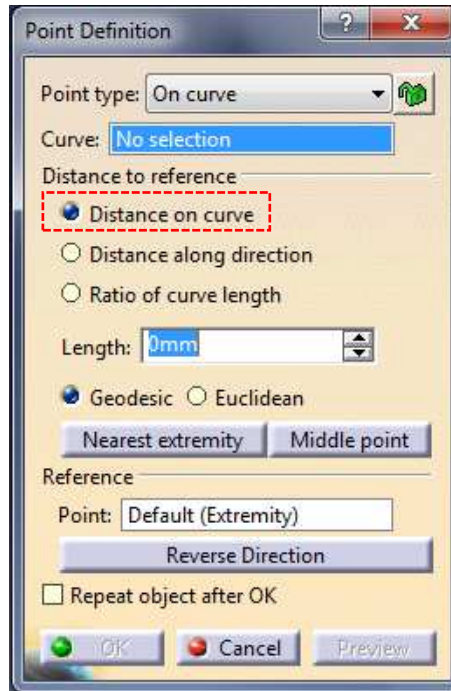


- Seleccione una curva.
- Opcionalmente, seleccione un punto de referencia.  
Si este punto no está en la curva, se calcula la distancia mínima entre el punto y la curva.

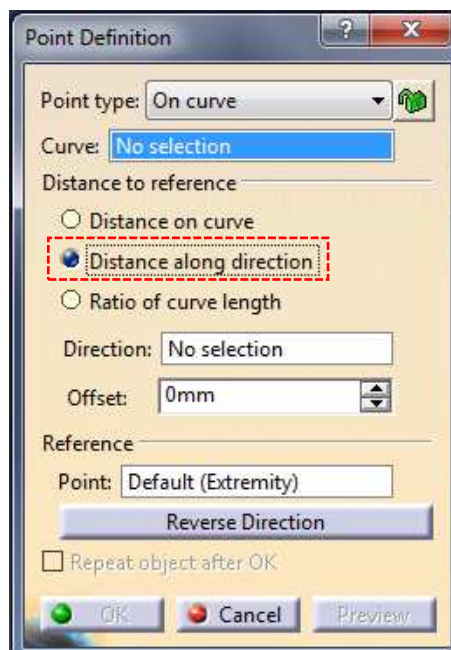


Si no se selecciona ningún punto, el extremo de la curva se utiliza como referencia.

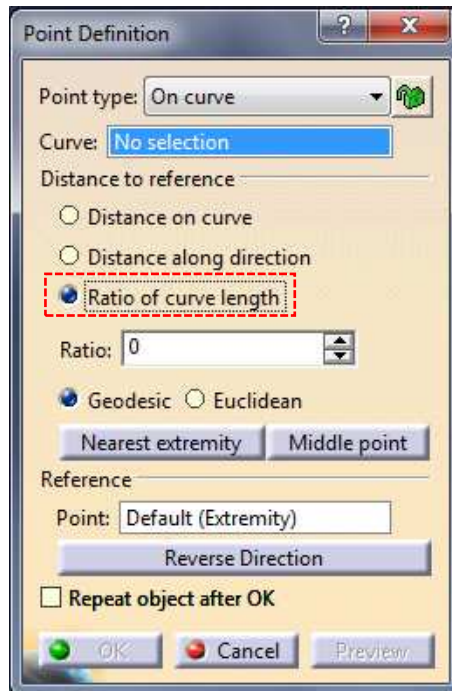
5. Seleccione un punto opcional para determinar dónde se va a crear el nuevo punto:
  - *Distance on curve*: el punto se crea a una distancia dada a lo largo de la curva desde el punto de referencia. Se debe especificar un valor de distancia.



- *Distance along direction*: el punto se crea a lo largo de una dirección especificada y a una distancia determinada del punto de referencia. Se deben especificar los valores de dirección y distancia.



- *Ratio of curve length*: el punto se crea en una proporción (*Ratio*) dada entre el punto de referencia y el extremo de la curva. El valor del *Ratio* debe especificarse.



Si selecciona *Distance along direction*, uno de los extremos de la curva se establece como referencia por defecto en el campo *Point*. Se puede cambiar dicho punto de referencia a través del menú contextual a *Default (Origin)*.

Si el punto de referencia existente ya está establecido como *Default (Origin)*, puede cambiar dicho punto a *Default (Extremity)*.

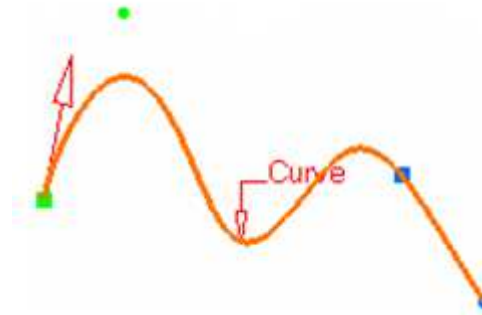
Si se establece un punto predefinido que no sea el origen o el extremo, puede borrar dicha selección seleccionando *Clear Selection* en el menú contextual. El punto de referencia es entonces establecido como *Default (Origin)* o *Default (Extremity)*, cualquiera que fuera la última selección antes de seleccionar ese punto predefinido.

6. Introduzca el valor de la distancia o el valor del *Ratio*:

Si se especifica una distancia, puede ser:

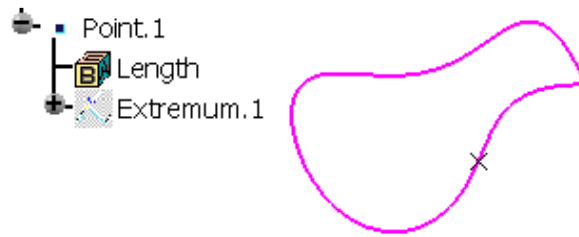
- Una distancia geodésica (*Geodesic*): la distancia se mide a lo largo de la curva.
- Una distancia euclídea o euclidiana (*Euclidean*): la distancia se mide en relación con el punto de referencia (valor absoluto). Por lo tanto, *Distance on curve* y *Ratio of curve length* no están disponibles.

Se muestra el punto correspondiente.




- No es posible crear un punto con una distancia euclidiana si la distancia o el valor del *Ratio* se define fuera de la curva.
  - Estas opciones sólo están disponibles en los modos *Distance on curve* y *Ratio of curve length*.
7. Puede seleccionar *Nearest extremity* para visualizar el punto en el extremo más cercano de la curva o *Middle point* para visualizar el punto medio de la curva.
    - Tenga cuidado de que la flecha esté orientada hacia el interior de la curva cuando se utiliza la opción de punto medio (*Middle point*).
    - Estas opciones sólo están disponibles en los modos *Distance on curve* y *Ratio of curve length*.
  8. Haga clic en *Reverse Direction* para visualizar el punto en el otro lado del punto de referencia (si se seleccionó un punto originalmente) o el punto desde el otro extremo (si no se seleccionó un punto originalmente).
  9. Seleccione la casilla *Repeat object after OK* para crear puntos equidistantes en la curva, utilizando como referencia el punto creado actualmente. Esta opción está disponible con *Distance on curve* y *Ratio of curve length*.
  10. Haga clic en *OK* para crear el punto. El punto se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Point.x*.
    - Si la curva es infinita y no se da un punto de referencia explícitamente, por defecto, el punto de referencia es la proyección del origen del modelo.
    - Si la curva es una curva cerrada, el sistema detecta un vértice en la curva que puede ser utilizado como punto de referencia, o crea un punto extremo y lo resalta (puede seleccionar otro punto si lo desea) o el sistema le propone que seleccione manualmente un punto de referencia.

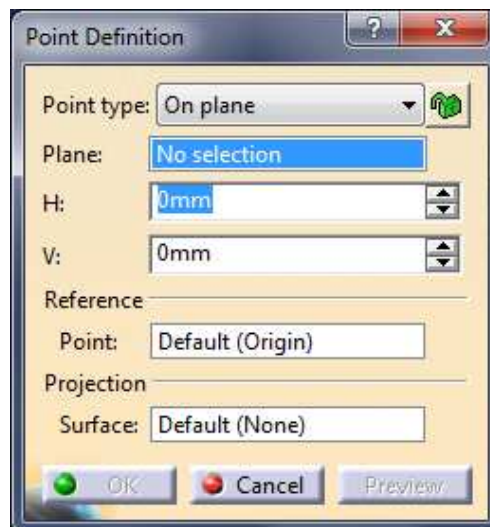
Los puntos extremos creados en una curva cerrada se crean bajo el comando de su padre y se ocultan en el árbol de especificaciones.



- Si el punto de entrada se selecciona automáticamente y usted cambia el tipo, éste no se conservará para el nuevo tipo. Por ejemplo, un elemento extremo no se conservará si cambia el tipo de *On curve* a *Coordinates*.
- Si la entrada de la curva es una parte de un elemento geométrico (por ejemplo una arista), y aunque un punto extremo ya exista en este elemento geométrico, se crea un nuevo extremo.

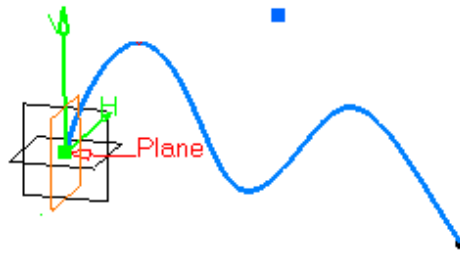
c) *On plane* (Sobre un plano)

1. Haga clic en el comando *Point*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de punto *On plane* en la lista desplegable del campo *Point type*:




3. Seleccione un plano.  
Si selecciona uno de los planos de cualquier sistema de ejes como plano, el origen de este sistema de ejes se establece como el punto de referencia. Si modifica el origen del sistema de ejes, el punto de referencia también es modificado.
4. Puede seleccionar un punto para definir una referencia para calcular las coordenadas en el plano. Si no se selecciona un punto, se toma como referencia la proyección del origen del modelo en el plano.
5. Opcionalmente, seleccione una superficie sobre la cual el punto se proyectará normalmente al plano.

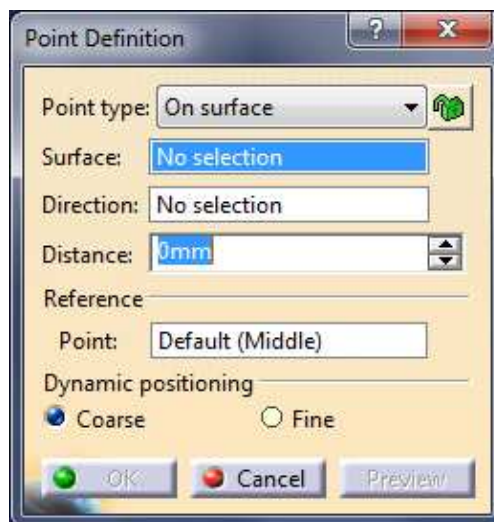
- Haga clic en el plano para mostrar un punto.



- Haga clic en *OK* para crear el punto. El punto se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Point.x*.

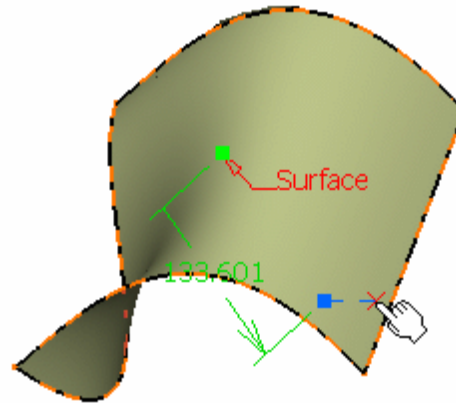
d) *On surface* (Sobre una superficie)

- Haga clic en el comando *Point*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
- Seleccione el tipo de punto *On surface* en la lista desplegable del campo *Point type*:

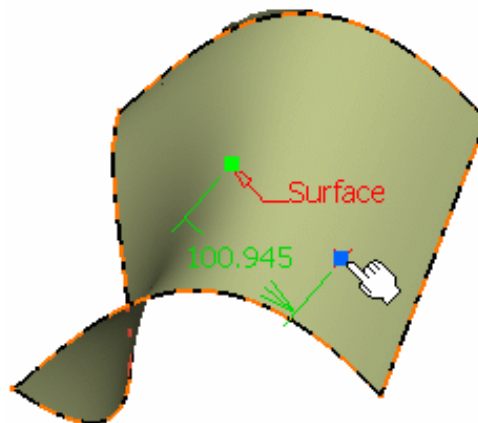


- Seleccione la superficie en la que se creará el punto.
- Opcionalmente, seleccione un punto de referencia. De forma predeterminada, se toma como referencia el punto medio de la superficie.
- Puede seleccionar un elemento para tomar su orientación como la dirección de referencia o un plano para tomar su normal como la dirección de referencia.  
También puede usar el menú contextual para especificar las componentes X, Y y Z de la dirección de referencia.
- Introduzca una distancia a lo largo de la dirección de referencia para mostrar un punto.
- Elija el posicionamiento dinámico (*Dynamic positioning*) del punto:

- *Coarse* (comportamiento predeterminado): la distancia calculada entre el punto de referencia y el clic del ratón es una distancia euclídea. Por lo tanto, el punto creado puede que no esté situado en la ubicación del clic del ratón (vea la imagen que se muestra a continuación). El manipulador (simbolizado por una cruz roja) se actualiza continuamente cada vez que pase el puntero del ratón sobre la superficie.




- *Fine*: la distancia calculada entre el punto de referencia y el clic del ratón es una distancia geodésica. Por lo tanto, el punto creado se encuentra precisamente en la ubicación del clic del ratón. El manipulador no se actualiza cuando pase el puntero del ratón sobre la superficie, sólo se actualiza cuando haga clic sobre la superficie.



8. Haga clic en *OK* para crear el punto. El punto se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Point.x*.
  - La opción de posicionamiento dinámico es persistente, pero no se almacena en el elemento. Por lo tanto, en la edición, el posicionamiento dinámico puede que no sea el que usted haya seleccionado.
  - A veces, el cálculo de la distancia geodésica falla. En este caso, una distancia euclídea podría ser utilizada y el punto creado podría no

estar situado en la ubicación del clic del ratón. Este es el caso con superficies cerradas o superficies con agujeros. CATIA recomienda dividir estas superficies antes de crear el punto.

e) *Circle / Sphere / Ellipse center* (Centro de círculo, esfera o elipse)

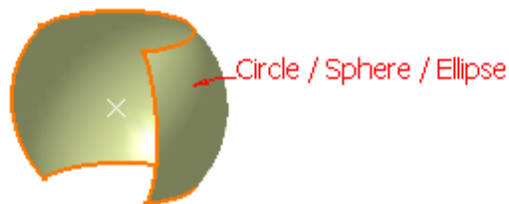
1. Haga clic en el comando *Point*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de punto *Circle / Sphere / Ellipse center* en la lista desplegable del campo *Point type*.



3. Seleccione un círculo, arco de círculo, elipse o arco elíptico, esfera o porción de una esfera.




Un punto se muestra en el centro del elemento seleccionado.

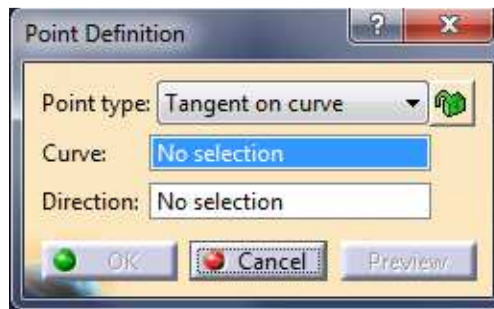


4. Haga clic en *OK* para crear el punto. El punto se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Point.x*.

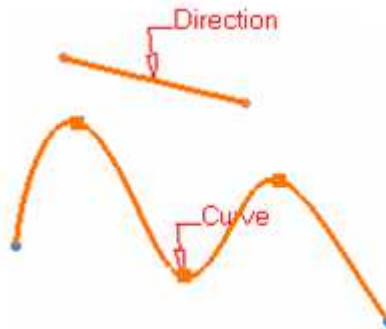
f) *Tangent on curve* (Tangente a una curva)

1. Haga clic en el comando *Point*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de punto *Tangent on curve* en la lista desplegable del campo *Point type*.






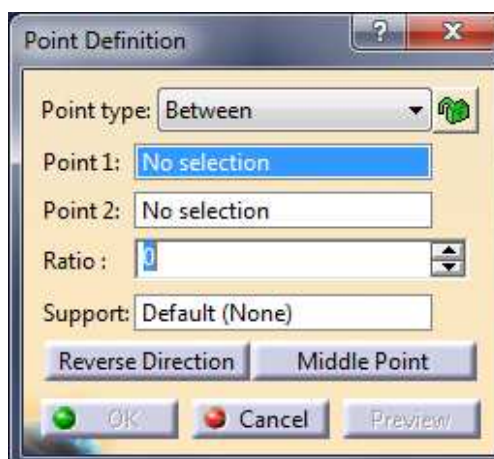
3. Seleccione una curva plana y una línea de dirección.



4. Haga clic en *OK* para crear el punto. El punto se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Point.x*.

g) *Between* (Entre puntos)

1. Haga clic en el comando *Point*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de punto *Between* en la lista desplegable del campo *Point type*.



3. Seleccione dos puntos cualesquiera.



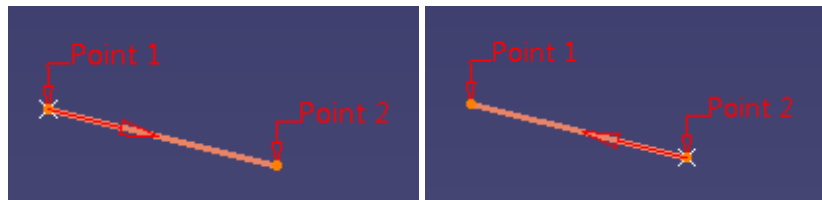
4. Introduzca el valor del *Ratio*, que es el porcentaje de la distancia desde el primer punto seleccionado, en la cual debe estar el nuevo punto.

También puede hacer clic en *Middle Point* para crear un punto en el punto medio exacto ( $ratio = 0.5$ ). Tenga cuidado de que la flecha se oriente hacia el interior de la curva cuando se utiliza la opción *Middle Point*. Si la curva es cerrada, el punto se crea a lo largo de la orientación de la curva.

5. Seleccione un soporte (*Support*) opcional, que puede ser una superficie o una curva.

Si se selecciona un soporte, el punto se crea entre los dos puntos de medida a lo largo del soporte. Si el soporte es una curva, se utiliza la distancia a lo largo de la curva. Si el soporte es una superficie, el punto creado se encuentra en la curva geodésica calculada entre los dos puntos de la superficie.

- Si el valor del *ratio* es menor que 0 o mayor que 1, el punto se crea a lo largo de la curva tangente extrapolado al soporte. En este caso, el punto creado puede que no resida en el soporte.
  - Para una curva cerrada, el punto se crea a lo largo de la orientación de la curva. Si desea crear el punto a lo largo de otra parte de la curva cerrada, los puntos de entrada deben ser seleccionados en el orden inverso.
  - Los puntos deben permanecer sobre el soporte, de lo contrario se emite un mensaje de error.
  - En algunos casos, puede que no sea posible crear un punto en una superficie con un agujero o en una superficie cerrada (por ejemplo, si la curva geodésica encuentra un agujero).
6. Haga clic en el botón *Reverse Direction* para medir el *ratio* desde el segundo punto seleccionado.



Si el valor del *ratio* es mayor que 1, el punto está situado en la línea virtual más allá de los puntos seleccionados.

7. Haga clic en *OK* para crear el punto. El punto se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Point.x*.
  - Los parámetros pueden editarse en la geometría 3D.



- Se puede aislar un punto con el fin de cortar los vínculos que tiene con la geometría utilizada para crearlo. Para ello, utilice el menú contextual *Isolate*.

### 3.14.2. Creación de líneas (*Line*)

Este comando muestra los diversos métodos para crear líneas: *point-point*, *point-direction*, *angle/normal to curve*, *tangent to curve*, *normal to surface* y *bisecting*.

Además muestra cómo crear una línea hasta un elemento (*line up to an element*), cómo definir el tipo de longitud (*length type*) y cómo volver a seleccionar automáticamente el segundo punto (*automatically reselect the second point*).


Abra el modelo [Lines1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

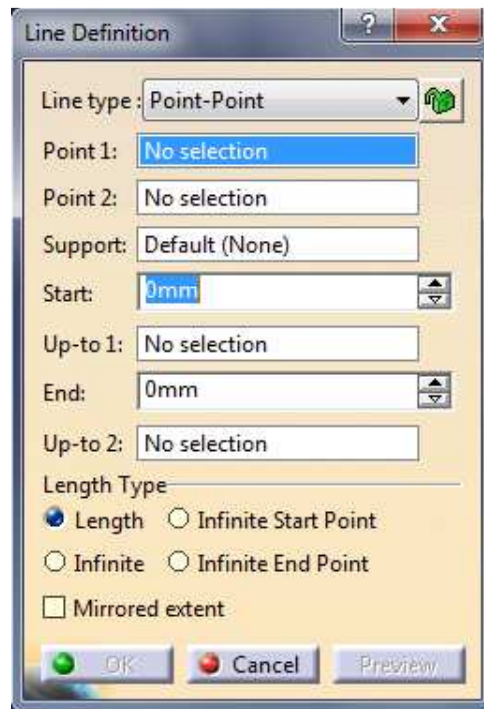
Un nuevo botón de bloqueo  está disponible a la derecha del campo *Line type* para evitar un cambio automático del tipo de línea mientras selecciona la geometría. Simplemente haga clic en dicho botón para que pase a estar en color rojo .

Por ejemplo, si elige el tipo *Point-Point*, no será capaz de seleccionar una línea. Si desea seleccionar una línea, elija otro tipo de creación de líneas en la lista desplegable. El estado de este botón se almacena como el valor por defecto: por lo tanto, si está en rojo y usted lanza el mismo comando de nuevo u otro comando que también tenga este botón, el botón estará también en rojo.

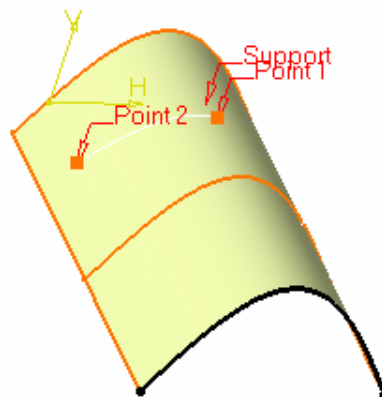
#### 3.14.2.1. Tipos de línea

##### a) *Point-Point* (Punto a punto)

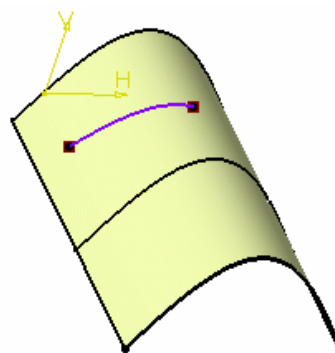
1. Haga clic en el comando *Line*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de línea *Point-Point* en la lista desplegable del campo *Line type*:



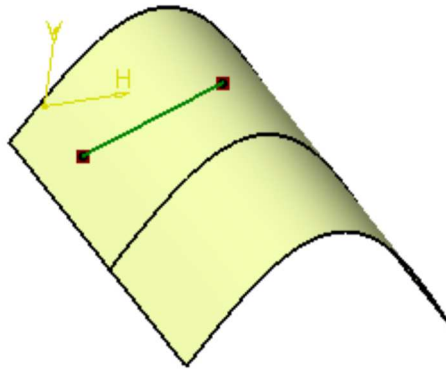
3. Seleccione dos puntos.  
Se muestra una línea entre los dos puntos.



4. Si es necesario, seleccione una superficie de apoyo (*Support*).  
En este caso, se crea una línea geodésica, es decir, pasa de un punto a otro de acuerdo a la distancia más corta a lo largo de la geometría de la superficie.



Si no se selecciona superficie, se crea la línea entre los dos puntos basándose en la distancia más corta.




Si selecciona dos puntos en una superficie cerrada (un cilindro, por ejemplo), el resultado puede ser inestable. Por lo tanto, CATIA recomienda dividir la superficie y sólo mantener la parte en la que estará la línea geodésica.

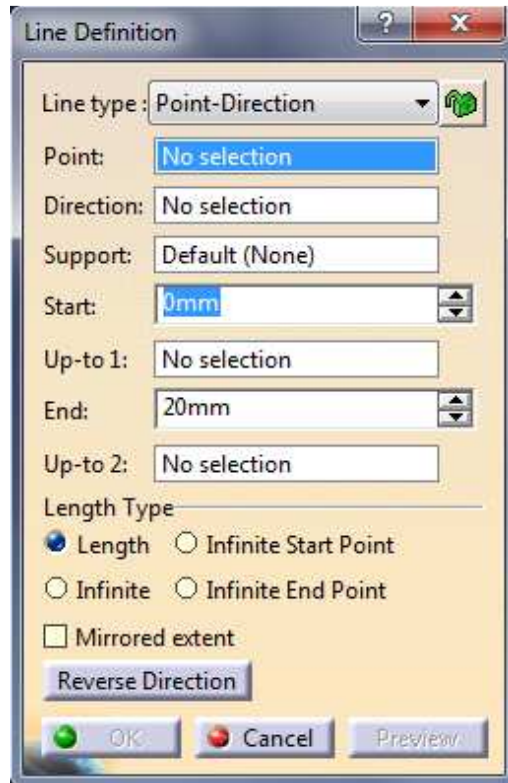
5. Especifique los puntos inicial (*Start*) y final (*End*) de la nueva línea.
6. Active la casilla *Mirrored extent* para crear una línea simétricamente en relación a los puntos inicio y final seleccionados.

Las proyecciones de los puntos 3D ya deben existir en el soporte seleccionado.

7. Haga clic en *OK* para crear la línea. La línea se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Line.x*.

b) *Point-Direction* (Punto-Dirección)

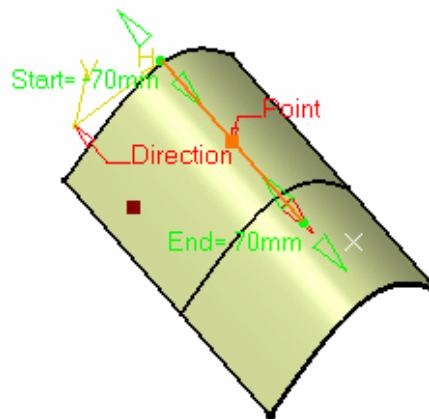
1. Haga clic en el comando *Line*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de línea *Point-Direction* en la lista desplegable del campo *Line type*:



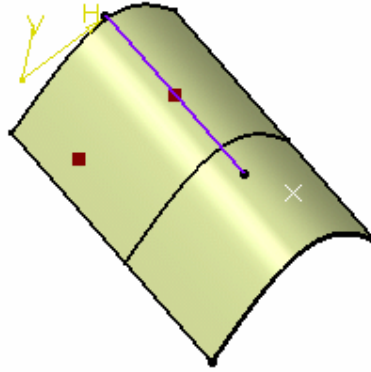
3. Seleccione un punto de referencia (*Point*) y una línea de dirección (*Direction*).

Un vector paralelo a la línea de dirección se muestra en el punto de referencia.

Se muestran los puntos propuestos de inicio (*Start*) y final (*End*) de la nueva línea.




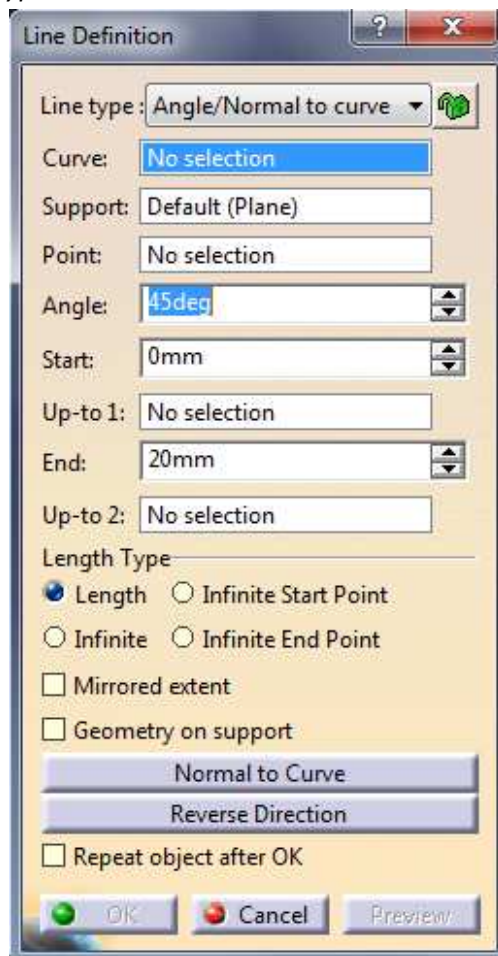
4. Si es necesario, seleccione una superficie de apoyo (*Support*). En este caso, se crea una línea geodésica, es decir, la dirección de la línea creada corresponde a la proyección de la dirección dada sobre la superficie de apoyo.
5. Especifique los puntos de inicio (*Start*) y final (*End*) de la nueva línea. Aparecerá la línea correspondiente.



- Haga clic en *OK* para crear la línea. La línea se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Line.x*.

c) *Angle/Normal to curve* (Ángulo/Normal a curva)

- Haga clic en el comando *Line*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
- Seleccione el tipo de línea *Angle/Normal to curve* en la lista desplegable del campo *Line type*:

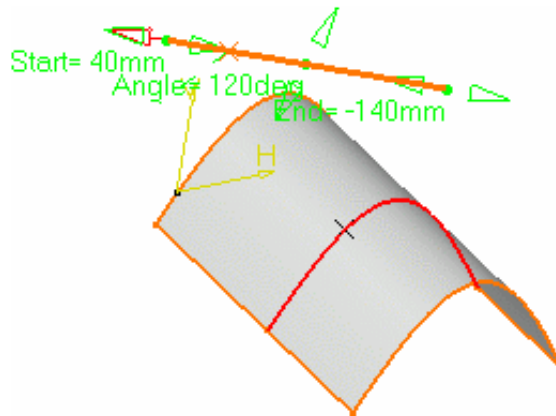


- Seleccione una curva de referencia (*Curve*) y una superficie de apoyo (*Support*) que contenga esta curva.

- Si la curva seleccionada es plana, entonces la superficie de apoyo se establece por defecto (*Default (Plane)*).
- Si se define una superficie de apoyo explícita, un menú contextual está disponible para borrar la selección.

CATIA aconseja que se evite la creación de líneas cuando la dirección no se encuentra sobre la superficie de apoyo, así como la edición del ángulo entre la dirección y la superficie de apoyo en estos casos.

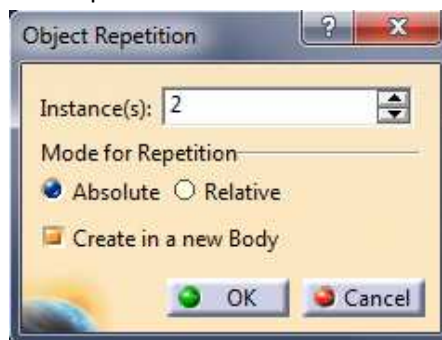
4. Seleccione un punto (*Point*).
5. Introduzca un valor del ángulo (*Angle*).



Una línea se muestra en el ángulo dado con respecto a la tangente a la curva de referencia en el punto seleccionado. Estos elementos se muestran en el plano tangente a la superficie en el punto seleccionado. Puede hacer clic en el botón *Normal to Curve* para especificar un ángulo de 90 grados.

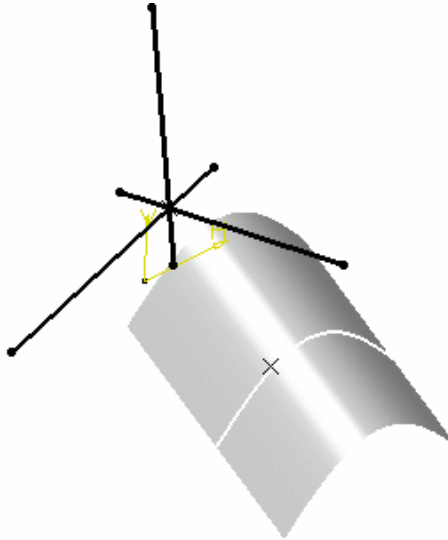
Se muestran los puntos de inicio (*Start*) y final (*End*) de la línea.

6. Especifique los puntos de inicio y final de la nueva línea. A continuación aparecerá la línea correspondiente.
7. Haga clic en la casilla *Repeat object after OK* si desea crear más líneas con la misma definición que la línea creada actualmente. En este caso, aparecerá el cuadro de diálogo *Object Repetition* para introducir el número de casos a crear antes de pulsar *OK*.



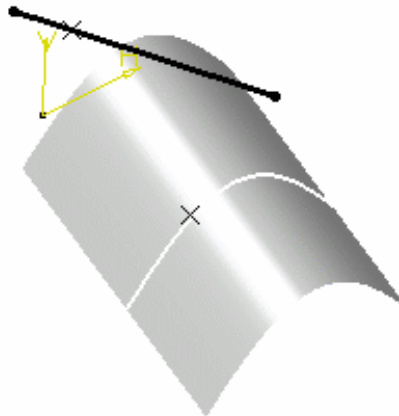
Se crearán tantas líneas como se indiquen en dicho cuadro de diálogo, cada una separada de la línea inicial por un múltiplo del valor del ángulo.



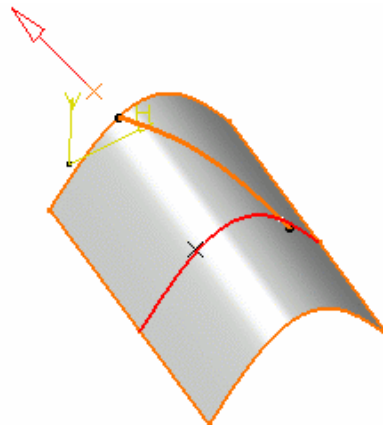


Seleccione la casilla *Geometry on Support* si desea crear una línea geodésica sobre una superficie de apoyo.

- Opción *Geometry on support* desactivada.




- Opción *Geometry on support* activada.

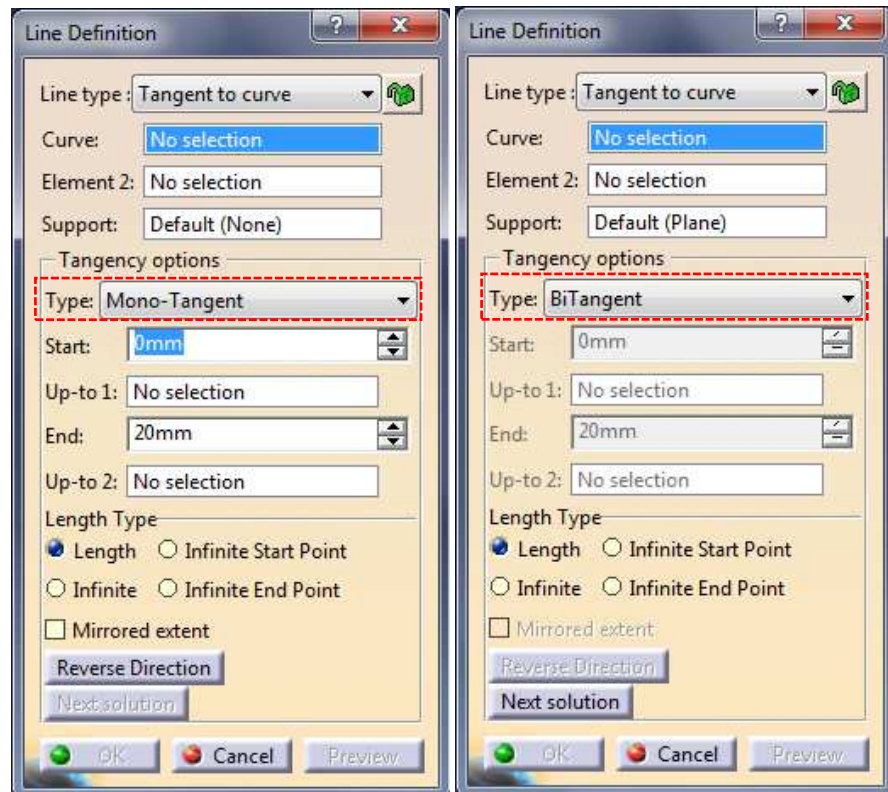


Este tipo de línea permite editar los parámetros de la línea.

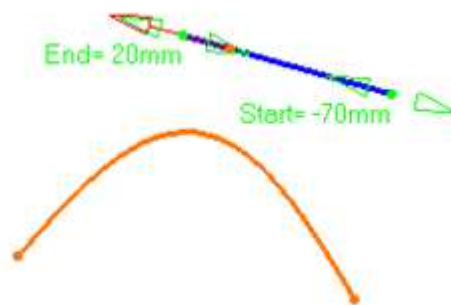
8. Haga clic en *OK* para crear la línea. La línea se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Line.x*.

d) *Tangent to curve* (Tangente a curva)

- Haga clic en el comando *Line*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
- Seleccione el tipo de línea *Tangent to curve* en la lista desplegable del campo *Line type*:

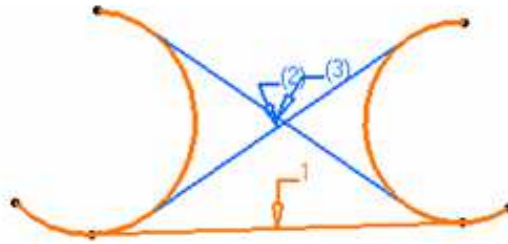


- Seleccione una curva de referencia (*Curve*) y un punto (*Point*) u otra curva (*Curve*) para definir la tangencia.
  - Si se selecciona un punto (modo *mono-tangent*): se muestra un vector tangente a la curva en el punto seleccionado.



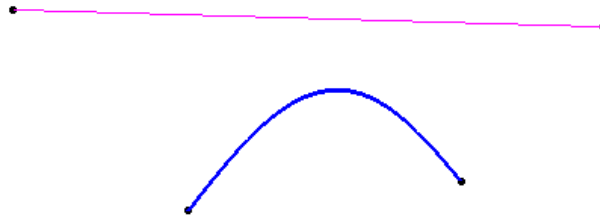
- Si se selecciona una segunda curva (o un punto en el modo *bi-tangent*), es necesario seleccionar un plano de apoyo (*Support*). La línea será tangente a ambas curvas. Si se define un plano de apoyo explícito, un menú contextual está disponible para borrar la selección.

Cuando son posibles varias soluciones, puede elegir una (solución número 1 visualizada en color naranja) directamente en la geometría, o usando el botón *Next Solution*.




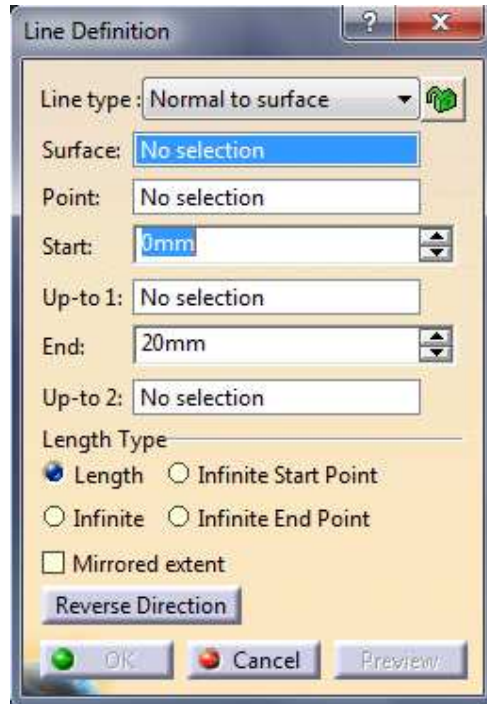
4. Especifique los puntos de inicio (*Start*) y final (*End*) para definir la nueva línea.
5. Haga clic en *OK* para crear la línea. La línea se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Line.x*.

En el ejemplo siguiente se ha seleccionado una curva y un punto como segundo elemento (*Element 2*).

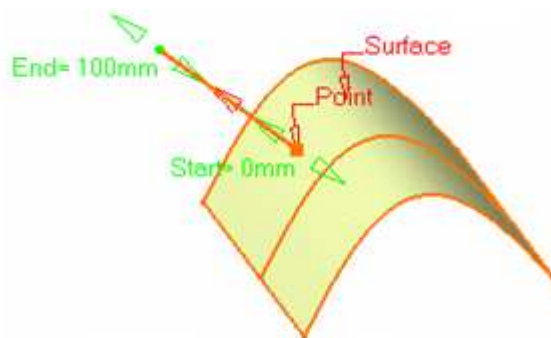


e) *Normal to surface* (Normal a una superficie)

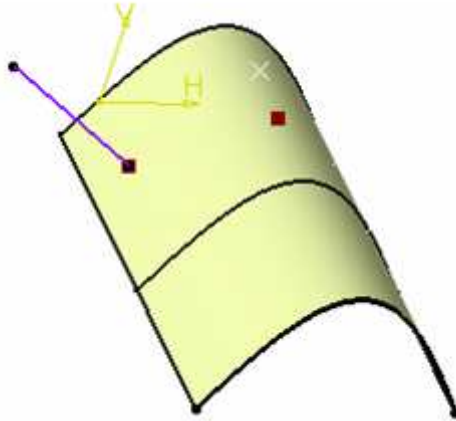
1. Haga clic en el comando *Line*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de línea *Normal to surface* en la lista desplegable del campo *Line type*:



3. Seleccione una superficie (*Surface*) de referencia y un punto (*Point*). Un vector normal a la superficie se muestra en el punto de referencia. Se muestran los puntos de inicio (*Start*) y final (*End*) de la nueva línea.




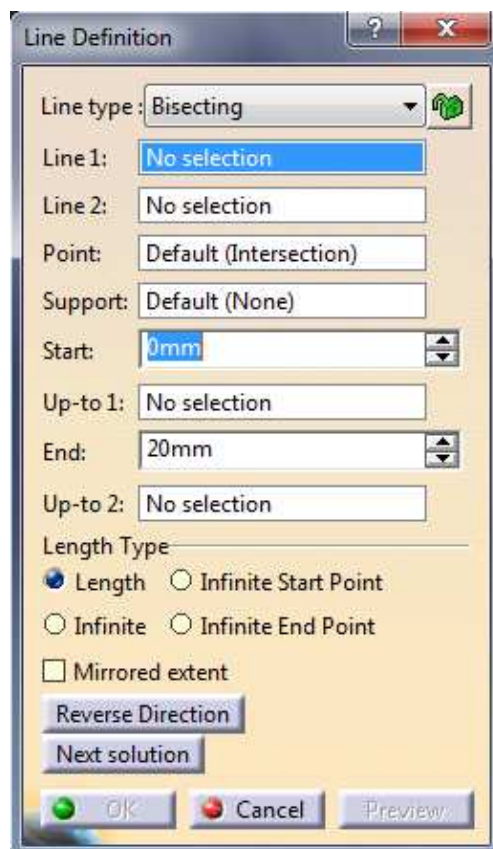
- Si el punto no está sobre la superficie de apoyo, se calcula la distancia mínima entre el punto y la superficie, y el vector normal a la superficie se muestra en el punto de referencia resultante.
4. Especifique los puntos de inicio (*Start*) y final (*End*) para definir la nueva línea. A continuación aparecerá la línea correspondiente.



- Haga clic en *OK* para crear la línea. La línea se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Line.x*.

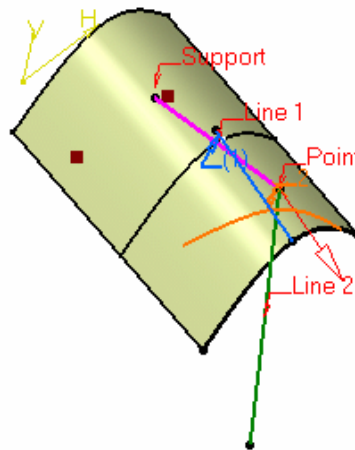
f) *Bisecting* (Bisectriz)

- Haga clic en el comando *Line*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
- Seleccione el tipo de línea *Bisecting* en la lista desplegable del campo *Line type*:



- Seleccione dos líneas. Su línea bisectriz es la línea que divide en dos partes iguales el ángulo entre estas dos líneas.

4. Seleccione un punto como el punto de partida de la línea. Por defecto, este punto es la intersección de la línea bisectriz y la primera línea seleccionada.
5. Seleccione la superficie de apoyo sobre la que la línea bisectriz será proyectada, si es necesario.
6. Especifique la longitud de la línea mediante la definición de los valores de inicio (*Start*) y final (*End*). Estos valores se basan en los puntos de inicio y final de la línea por defecto. A continuación aparecerá la bisectriz.
7. Se puede elegir entre dos soluciones, usando el botón *Next Solution*, o directamente haciendo clic en las flechas numeradas de la geometría.



8. Haga clic en *OK* para crear la línea. La línea se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Line.x*.
- Independientemente del tipo de línea, los valores de inicio (*Start*) y final (*End*) se especifican introduciendo valores de distancia o utilizando los manipuladores gráficos.
  - Los valores de inicio y final no deben ser iguales.
  - Active la casilla *Mirrored extent* para crear una línea simétricamente en relación al punto inicial seleccionado. Sólo está disponible si está activada la opción *Length* dentro de las opciones *Length type*.
  - En la mayoría de los casos, se puede seleccionar un soporte sobre el que la línea se va a crear. En este caso, el punto o los puntos seleccionados se proyectan sobre este soporte.
  - Se puede invertir la dirección de la línea haciendo clic en el vector mostrado o seleccionando el botón *Reverse Direction* (no está disponible con el tipo de línea *Point-Point*).
  - Los parámetros se pueden editar en la geometría 3D.
  - Se puede aislar una línea con el fin de cortar los vínculos que tiene con la geometría utilizada para crearla. Para ello, utilice el menú contextual *Isolate*.

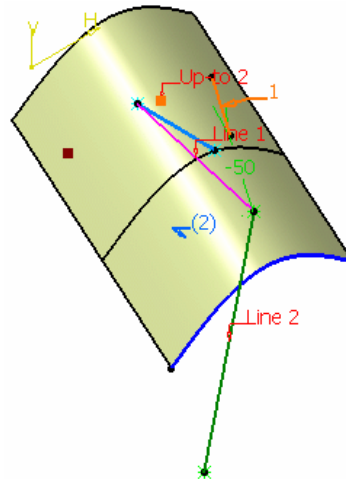
### 3.14.2.2. Crear una línea hasta un elemento

Este apartado muestra cómo crear una línea hasta un punto, una curva o una superficie.

#### a) Hasta un punto (*Up to a point*)

- Seleccione un punto en los campos *Up-to 1* y/o *Up-to 2*.

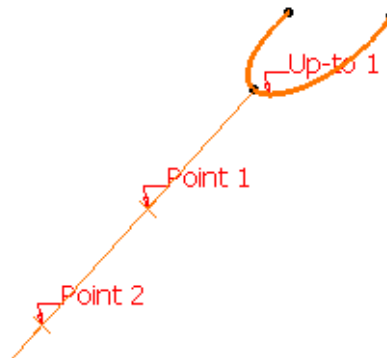
A continuación se muestra un ejemplo con el tipo de línea *Bisecting*, la opción *Length* dentro de *Length type* activada y un punto como elemento en el campo *Up-to 2*.



#### b) Hasta una curva (*Up to a curve*)

- Seleccione una curva en los campos *Up-to 1* y/o *Up-to 2*.

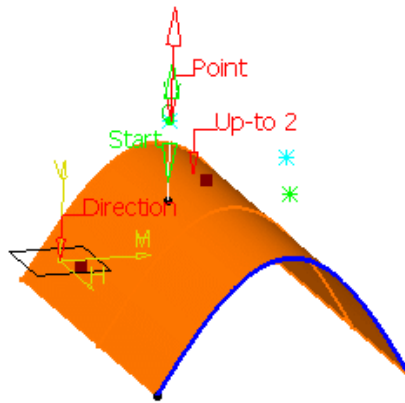
A continuación se muestra un ejemplo con el tipo de línea *Point-Point*, la opción *Infinite End Point* dentro de *Length type* activada y una curva como elemento en el campo *Up-to 2*.



#### c) Hasta una superficie (*Up to a surface*)

- Seleccione una superficie en los campos *Up-to 1* y/o *Up-to 2*.

A continuación se muestra un ejemplo con el tipo de línea *Point-Direction*, la opción *Length* dentro de *Length type* activada y una superficie como elemento en el campo *Up-to 2*.



- Si el elemento seleccionado no interseca con la línea que se está creando, se realiza una extrapolación. Sólo es posible si el elemento es lineal y se encuentra en el mismo plano que la línea que se está creando. Sin embargo, si el elemento *Up-to* es una curva o una superficie no se realiza extrapolación.
- Los campos *Up-to 1* y *Up-to 2* no están disponibles cuando se selecciona *Infinite* dentro de las opciones de *Length type*, el campo *Up-to 1* no está disponible cuando se selecciona *Infinite Start Point* y el campo *Up-to 2* no está disponible cuando se selecciona *Infinite End Point*.
- El campo *Up-to 1* no está disponible cuando se activa la opción *Mirrored extent*.

### 3.14.2.3. Definir el tipo de longitud

Seleccione el tipo de longitud (*Length type*):


- *Length*: la línea se definirá de acuerdo a los valores de los puntos de inicio (*Start*) y final (*End*).
- *Infinite*: la línea será infinita.
- *Infinite Start Point*: la línea será infinita desde el punto de inicio (*Start*).
- *Infinite End Point*: la línea será infinita desde el punto final (*End*).

De forma predeterminada, CATIA selecciona el tipo de longitud *Length*.

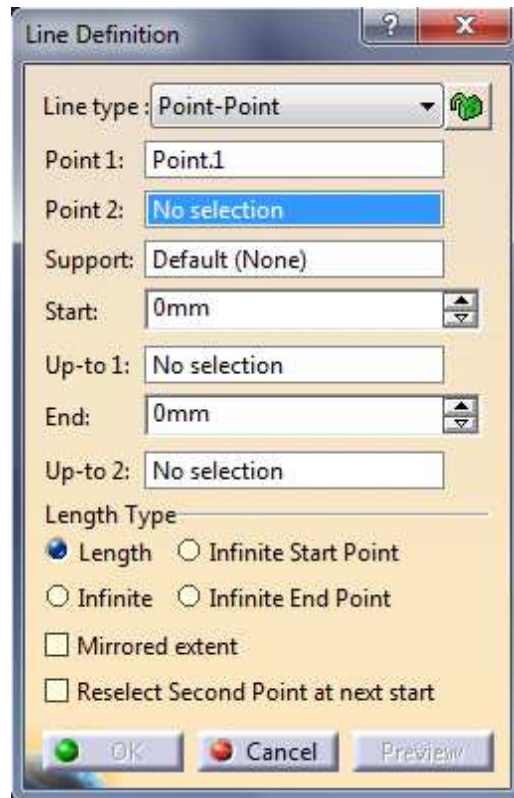
Los valores de los puntos de inicio (*Start*) y/o final (*End*) no están disponibles cuando se selecciona cualquiera de las opciones *Infinite*.

### 3.14.2.4. Volver a seleccionar automáticamente el segundo punto

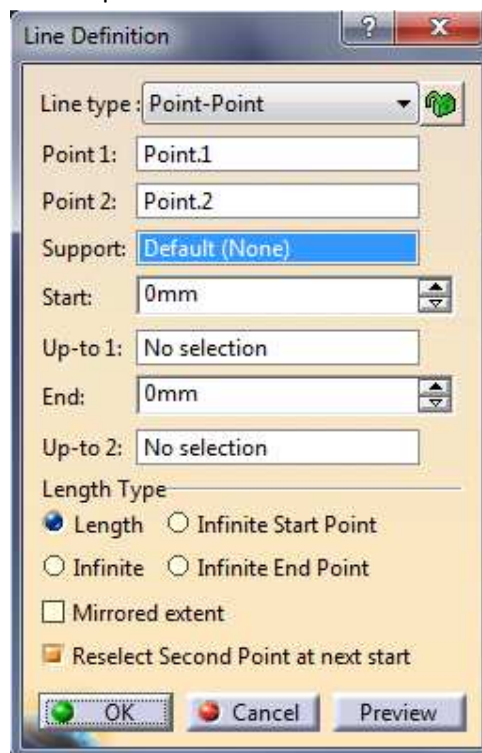
Este apartado sólo está disponible para el tipo de línea *Point-Point*.

1. Haga doble clic en el comando *Line*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Cree el primer punto.  
La opción *Reselect Second Point at next start* aparece en el cuadro de diálogo.



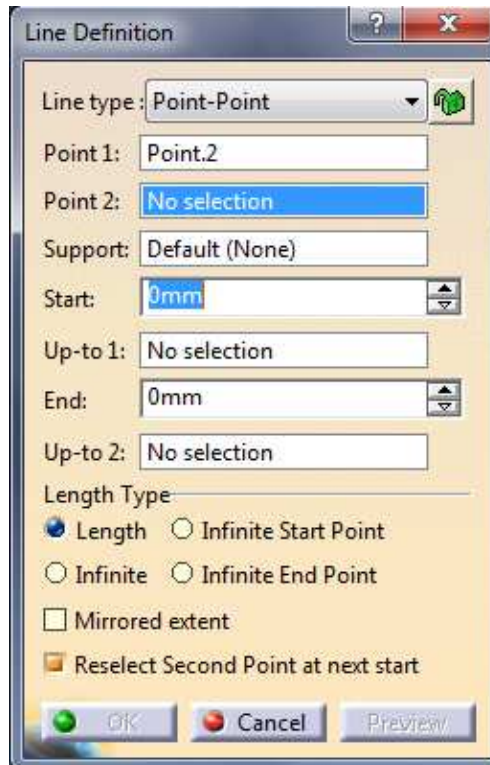


3. Seleccione dicha opción para que sea capaz de reutilizar el segundo punto más adelante.
4. Cree el segundo punto.
5. Haga clic en *OK* para crear la primera línea.



El cuadro de diálogo *Line Definition* se abre de nuevo con el primer punto inicializado con el segundo punto de la primera línea.

6. Haga clic en *OK* para crear la segunda línea.





Para detener la acción de repetición, simplemente desactive la opción o haga clic en *Cancel* dentro del cuadro de diálogo.

### 3.14.3. Creación de planos (*Plane*)

Este comando muestra los diversos métodos para crear planos: *offset from plane*, *parallel through point*, *angle/normal to a plane*, *through three points*, *through two lines*, *through point and line*, *through planar curve*, *normal to curve*, *tangent to surface*, *equation* y *mean through points*.


Abra el modelo [Planes1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

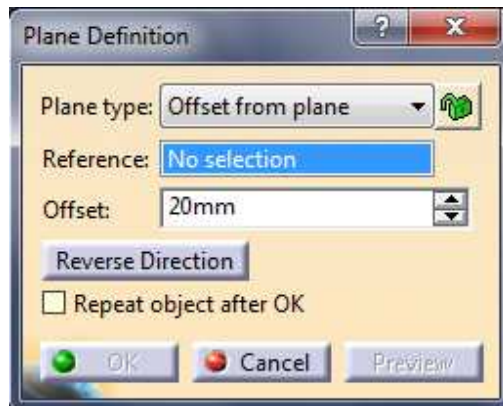
Un nuevo botón de bloqueo  está disponible a la derecha del campo *Plane type* para evitar un cambio automático del tipo de plano mientras selecciona la geometría. Simplemente haga clic en dicho botón para que pase a estar en color rojo .

Por ejemplo, si elige el tipo *Through two lines*, no será capaz de seleccionar un plano. Si desea seleccionar un plano, elija otro tipo de creación de planos en la lista desplegable. El estado de este botón se almacena como el valor por defecto: por lo tanto, si está en rojo y usted lanza el

mismo comando de nuevo u otro comando que también tenga este botón, el botón estará también en rojo.

a) *Offset from plane* (Plano desplazado del plano de referencia una cierta distancia)

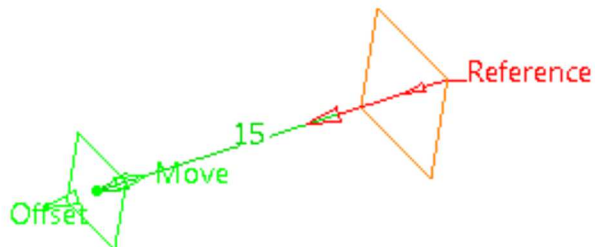
1. Haga clic en el comando *Plane*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de plano *Offset from plane* en la lista desplegable del campo *Plane type*:



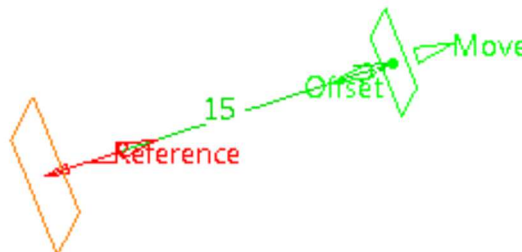
Una vez que haya definido el plano, éste se representa mediante un símbolo cuadrado verde, que puede mover usando el manipulador gráfico.

3. Seleccione un plano de referencia (*Reference*) y después introduzca un valor de *Offset* (Desplazamiento).

Se muestra un plano desplazado del plano de referencia.



4. Haga clic en *Reverse Direction* para invertir la dirección de desplazamiento, o simplemente haga clic en la flecha de la geometría.

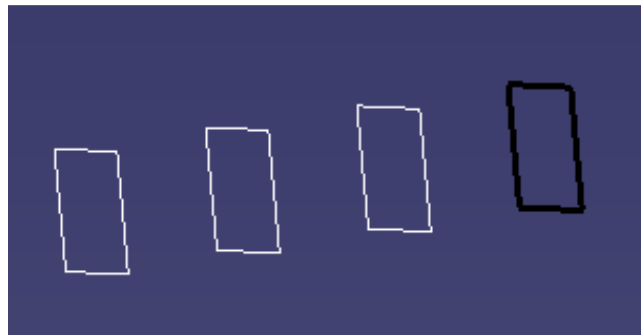


5. Seleccione la casilla *Repeat object after OK* si desea crear más planos desplazados.

En este caso, se muestra el cuadro de diálogo *Object Repetition* para que introduzca el número de planos que quiera crear a mayores antes de pulsar *OK*.




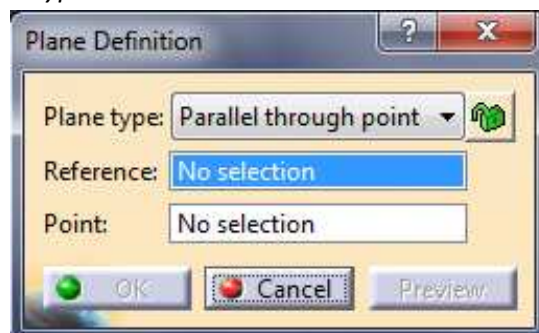
Se crearán tantos planos a mayores como se indiquen en el cuadro de diálogo, cada uno separado del plano inicial por un múltiplo del valor del *Offset*.



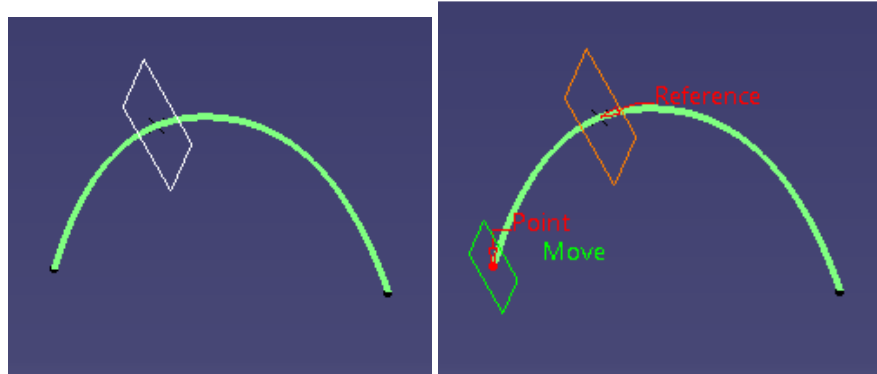
6. Haga clic en *OK* para crear el plano. El plano se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Plane.x*.

b) *Parallel through point* (Paralelo a través de punto)

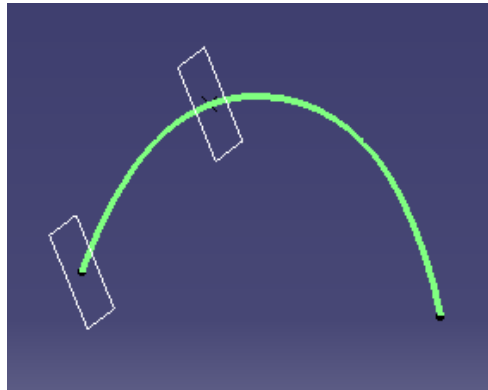
1. Haga clic en el comando *Plane*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de plano *Parallel through point* en la lista desplegable del campo *Plane type*:




3. Seleccione un plano de referencia (*Reference*) y un punto (*Point*). Se muestra un plano paralelo al plano de referencia y que pasa por el punto seleccionado.

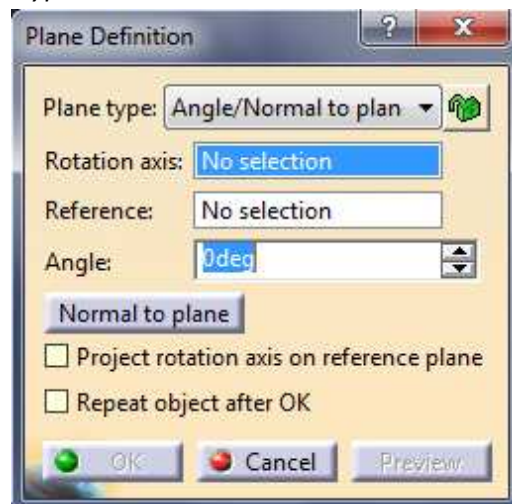


4. Haga clic en *OK* para crear el plano. El plano se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Plane.x*.



c) *Angle/Normal to plane* (Ángulo/Normal a plano)

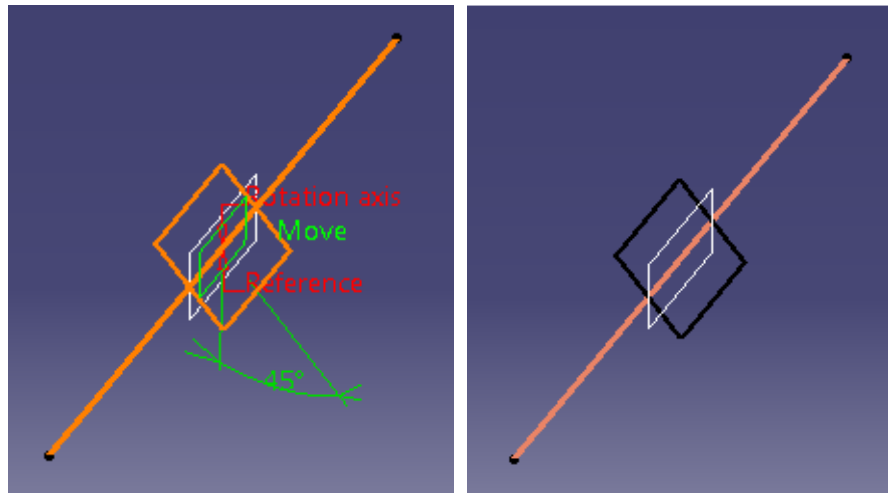
1. Haga clic en el comando *Plane*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de plano *Angle/Normal to plane* en la lista desplegable del campo *Plane type*:



3. Seleccione un plano de referencia (*Reference*) y un eje de rotación (*Rotation axis*).

Este eje puede ser cualquier línea o un elemento implícito, como por ejemplo un eje de un cilindro. Para seleccionar este último, mantenga pulsada la tecla *Shift* mientras mueve el puntero del ratón sobre el elemento y hace clic sobre él.

4. Introduzca un valor del ángulo (*Angle*).

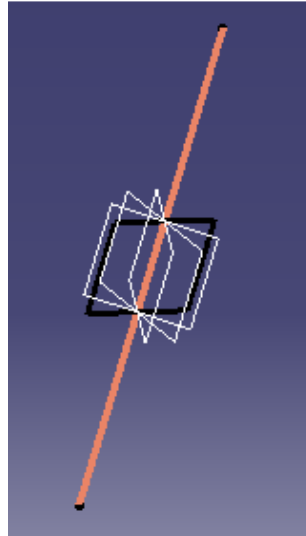


El plano se visualiza como si su centro se correspondiese a la proyección del centro del plano de referencia en el eje de rotación. Está orientado en el ángulo especificado al plano de referencia.

5. Seleccione la casilla *Project rotation axis on reference plane* si desea proyectar el eje de rotación en el plano de referencia. Si el plano de referencia no es paralelo al eje de rotación, el plano creado se rota alrededor del eje para tener el ángulo apropiado con respecto al plano de referencia.
6. Seleccione la casilla *Repeat object after OK* si desea crear más planos en un ángulo desde el plano inicial. En este caso, se muestra el cuadro de diálogo *Object Repetition* para que introduzca el número de planos que desea crear a mayores antes de pulsar *OK*.




Se crearán tantos planos a mayores como se indiquen en el cuadro de diálogo, cada uno separado del plano inicial por un múltiplo del valor del ángulo.

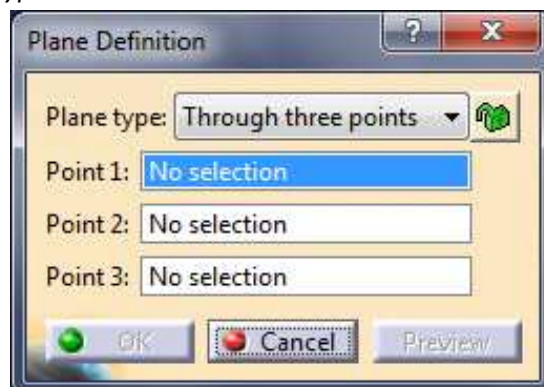


Este tipo de plano permite editar los parámetros del plano.

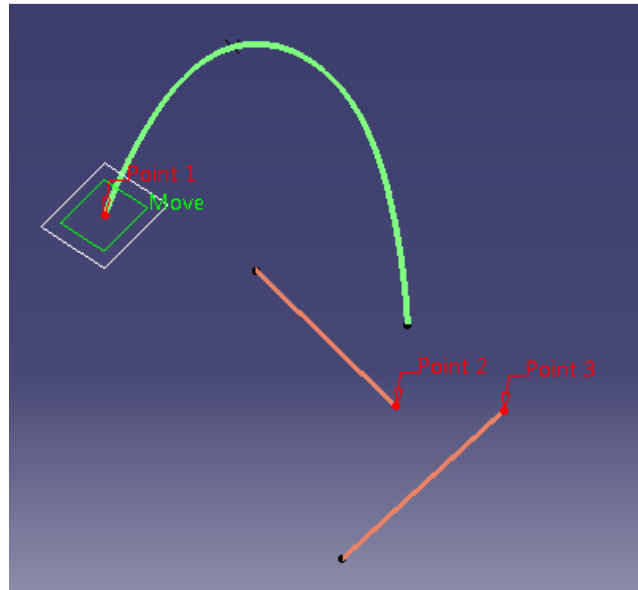
- Haga clic en *OK* para crear el plano. El plano se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Plane.x*.

d) *Through three points* (A través de tres puntos)

- Haga clic en el comando *Plane*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
- Seleccione el tipo de plano *Through three points* en la lista desplegable del campo *Plane type*:




- Seleccione tres puntos. Se mostrará un plano que pase por los tres puntos. Puede moverlo simplemente arrastrándolo a la ubicación deseada.



4. Haga clic en *OK* para crear el plano. El plano se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Plane.x*.

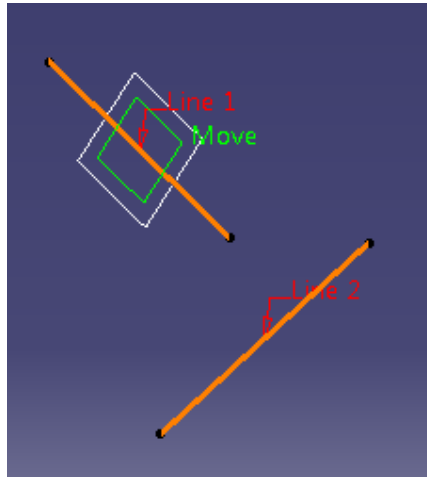
e) *Through two lines* (A través de dos líneas)

1. Haga clic en el comando *Plane*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de plano *Through two lines* en la lista desplegable del campo *Plane type*:




3. Seleccione dos líneas. Se mostrará el plano que pase por las direcciones de las dos líneas. Cuando estas dos líneas no sean coplanarias, el vector de la segunda línea se mueve a la ubicación de la primera línea para definir la segunda dirección del plano.

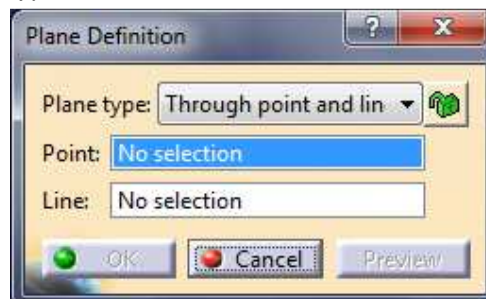




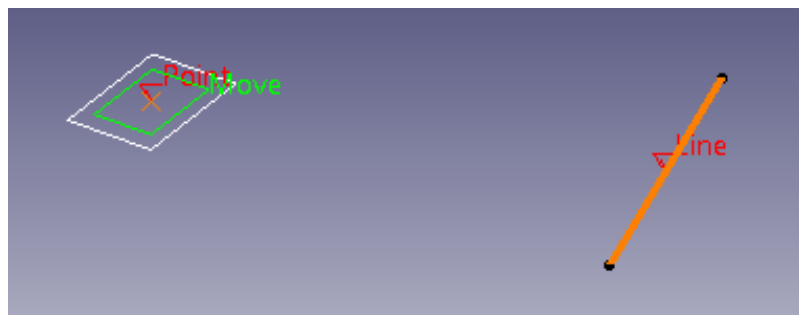
4. Seleccione la casilla *Forbid non coplanar lines* para especificar que ambas líneas estén en el mismo plano.
5. Haga clic en *OK* para crear el plano. El plano se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Plane.x*.

f) *Through point and line* (A través de punto y línea)

1. Haga clic en el comando *Plane*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de plano *Through point and line* en la lista desplegable del campo *Plane type*:




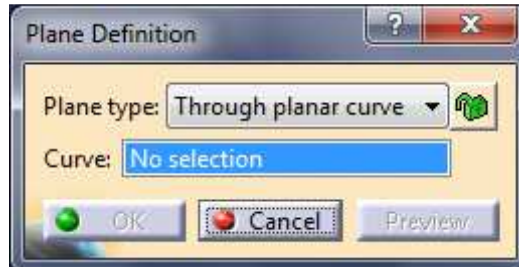
3. Seleccione un punto (*Point*) y una línea (*Line*). Se mostrará un plano que pase por el punto y la línea.



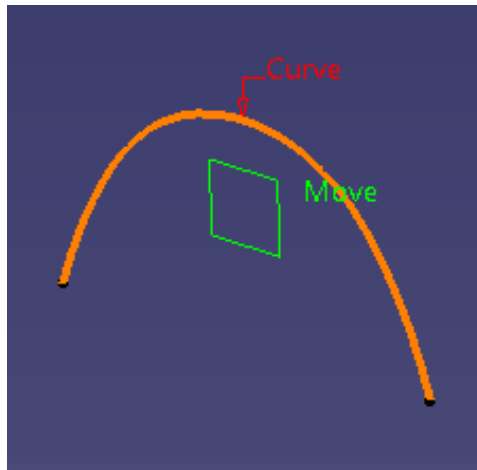
4. Haga clic en *OK* para crear el plano. El plano se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Plane.x*.

g) *Through planar curve* (A través de una curva plana)

1. Haga clic en el comando *Plane*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de plano *Through planar curve* en la lista desplegable del campo *Plane type*:




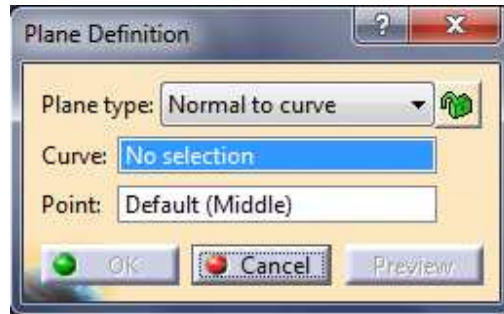
3. Seleccione una curva plana (*Curve*). Se mostrará un plano que contenga dicha curva.



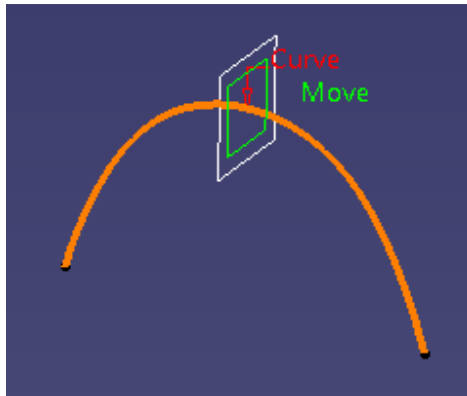
4. Haga clic en *OK* para crear el plano. El plano se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Plane.x*.

h) *Normal to curve* (Normal a curva)

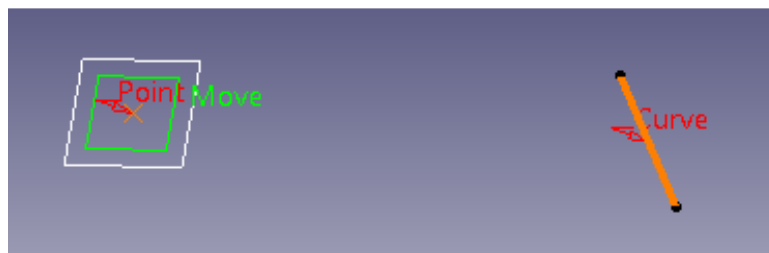
1. Haga clic en el comando *Plane*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de plano *Normal to curve* en la lista desplegable del campo *Plane type*:




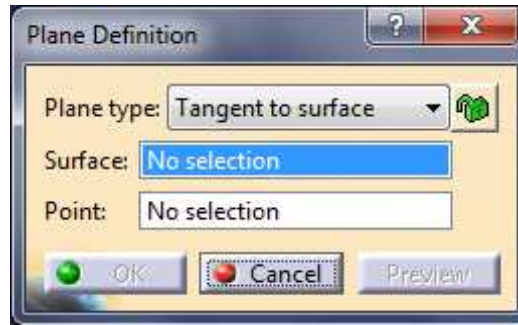
3. Seleccione una curva de referencia (*Curve*).
4. Puede seleccionar un punto (*Point*). De forma predeterminada, se selecciona el punto medio de la curva.



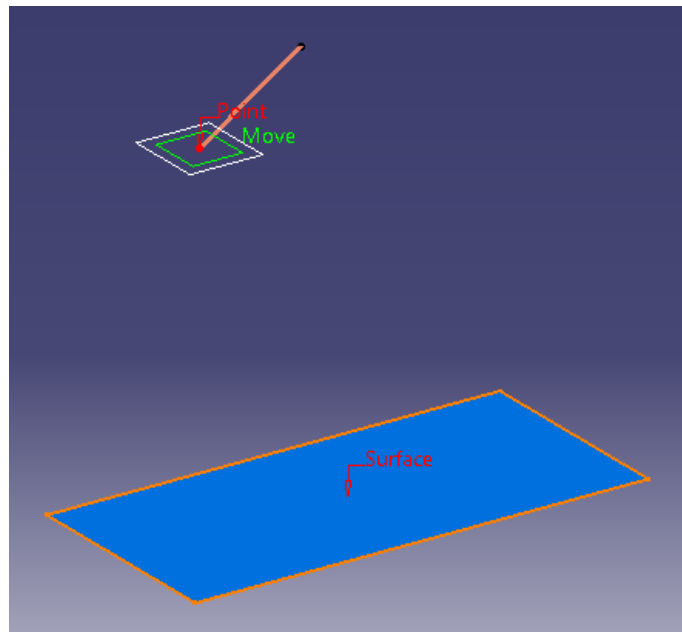
Se puede seleccionar un punto que no pertenezca a la curva. Se muestra un plano normal a la curva con su origen en el punto especificado. La normal se calcula en el punto de la curva que esté más cerca del punto seleccionado.



5. Haga clic en *OK* para crear el plano. El plano se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Plane.x*.
  - i) *Tangent to surface* (Tangente a superficie)
    1. Haga clic en el comando *Plane*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
    2. Seleccione el tipo de plano *Tangent to surface* en la lista desplegable del campo *Plane type*:




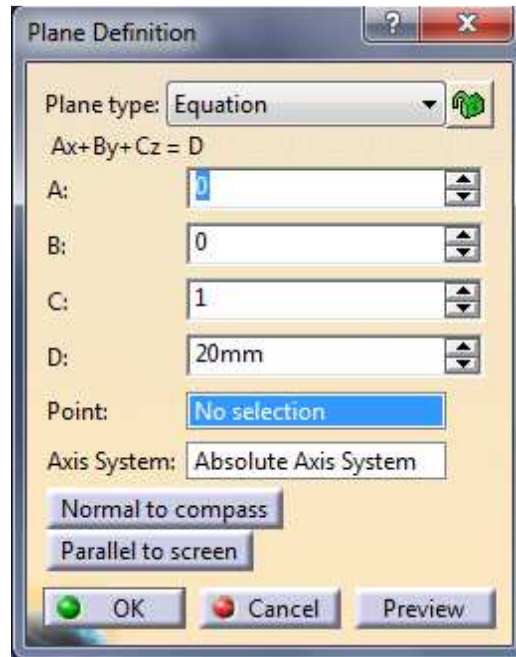
3. Seleccione una superficie de referencia (*Surface*) y un punto (*Point*). Se mostrará un plano tangente a la superficie en el punto especificado.



4. Haga clic en *OK* para crear el plano. El plano se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Plane.x*.

j) *Equation* (Ecuación)

1. Haga clic en el comando *Plane*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de plano *Equation* en la lista desplegable del campo *Plane type*:




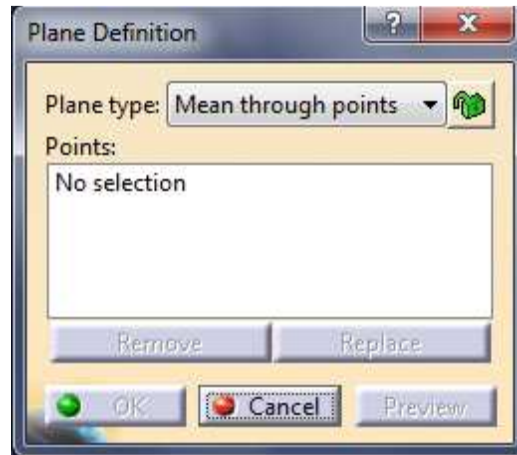
3. Introduzca las componentes A, B, C y D de la ecuación del plano  $Ax + By + Cz = D$ .
4. Seleccione un punto para posicionar el plano a través de este punto. Será capaz de modificar las componentes A, B y C, pero la componente D no está disponible.

Cuando el comando se lanza al inicio de la creación, el valor inicial en el campo Axis System (sistema de ejes) es el actual sistema de ejes local. Si ningún sistema de ejes local es el actual, el campo se establece por defecto. Cada vez que seleccione un sistema de ejes local, los valores A, B, C y D cambian con respecto al sistema de ejes seleccionado de manera que no cambie la ubicación del plano. Este no es el caso con los valores valorados por fórmulas: si selecciona un sistema de ejes, la fórmula definida se mantiene sin cambios.

5. Haga clic en *Normal to compass* para posicionar el plano perpendicular a la dirección del compás.
6. Haga clic en *Parallel to screen* para posicionar el plano paralelo a la vista actual de la pantalla.
7. Haga clic en *OK* para crear el plano. El plano se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Plane.x*.

k) *Mean through points* (Plano medio a través de puntos)

1. Haga clic en el comando *Plane*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de plano *Mean through points* en la lista desplegable del campo *Plane type*:



3. Seleccione tres o más puntos para mostrar el plano medio a través de estos puntos.

Cuando tres o más puntos están presentes, el comando calcula primero un centro de gravedad y luego calcula la matriz de inercia en este nuevo punto. En el siguiente paso, se calculan los valores propios (autovalores) y vectores propios (autovectores) de esta matriz. Los vectores propios describen las bases del eje medio del sub-espacio afín, generado por el conjunto de puntos de entrada.

Por lo tanto, el origen devuelto es el centro de gravedad y los vectores devueltos son los vectores propios de la matriz de inercia, de la que se calcula un plano medio.

Es posible editar el plano primero seleccionando un punto en la lista del cuadro de diálogo y después eligiendo una opción ya sea:

- *Remove* (eliminar el punto seleccionado).
  - *Replace* (reemplazar el punto seleccionado por otro punto).
4. Haga clic en *OK* para crear el plano. El plano se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Plane.x*.
    - Los parámetros se pueden editar en la geometría 3D.
    - Se puede aislar un plano con el fin de cortar los vínculos que tiene con la geometría utilizada para crearlo. Para ello, utilice el menú contextual *Isolate*.



#### 3.14.4. Creación de círculos (*Circle*)

Este comando muestra los diversos métodos para crear círculos y arcos circulares: *center and radius*, *center and point*, *two points and radius*, *three points*, *center and axis*, *bitangent and radius*, *bitangent and point*, *tritangent y center and tangent*.

Además muestra cómo definir el radio o el diámetro de un círculo (*circle radius or diameter*) y crear ejes (*create axes*).

Abra el modelo [Circles1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").


Tenga en cuenta que necesita poner el *geometrical set* deseado como el *geometrical set* de trabajo actual para ser capaz de realizar las operaciones correspondientes.

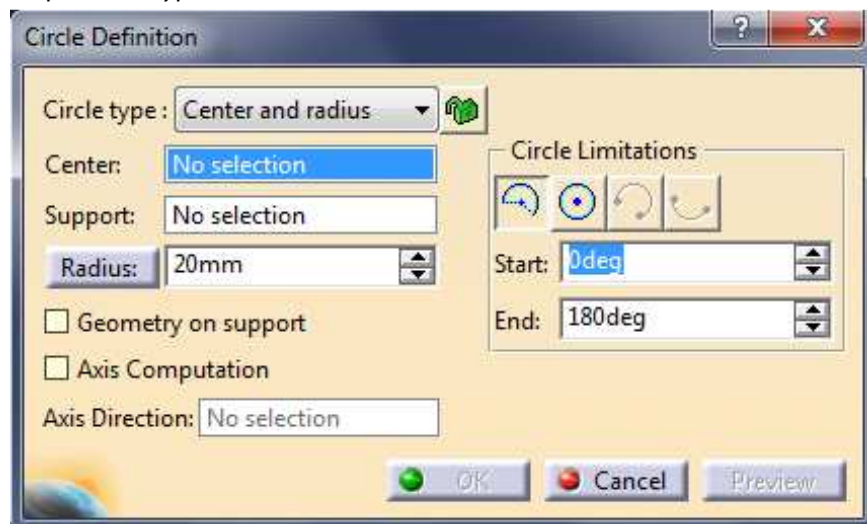
Un nuevo botón de bloqueo  está disponible a la derecha del campo *Circle type* para evitar un cambio automático del tipo de círculo mientras selecciona la geometría. Simplemente haga clic en dicho botón para que pase a estar en color rojo .

Por ejemplo, si elige el tipo *Center and radius*, no será capaz de seleccionar un eje. Si desea seleccionar un eje, elija otro tipo de creación de círculos en la lista desplegable. El estado de este botón se almacena como el valor por defecto: por lo tanto, si está en rojo y usted lanza el mismo comando de nuevo u otro comando que también tenga este botón, el botón estará también en rojo.

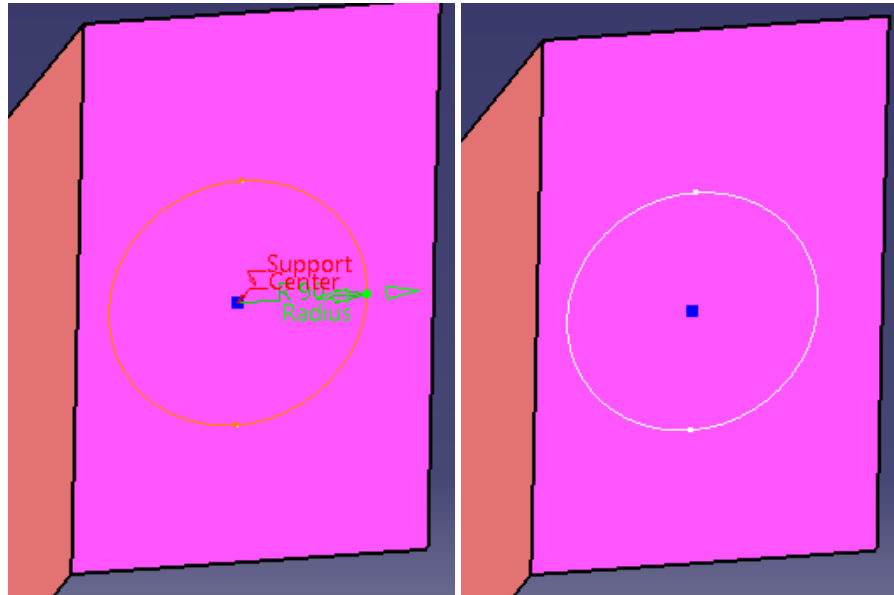
### 3.14.4.1. Definir el tipo de círculo

#### a) *Center and radius* (Centro y radio)

- Haga clic en el comando *Circle*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
- Seleccione el tipo de círculo *Center and radius* en la lista desplegable del campo *Circle type*:




- Seleccione un punto como centro del círculo (*Center*).
- Seleccione el plano o superficie de apoyo (*Support*) donde se va a crear el círculo.
- Introduzca el valor del radio (*Radius*).  
Dependiendo de la opción *Circle Limitations* activa, se muestra el correspondiente círculo o arco circular.  
Para un arco circular, puede especificar los ángulos de inicio (*Start*) y final (*End*) del arco.

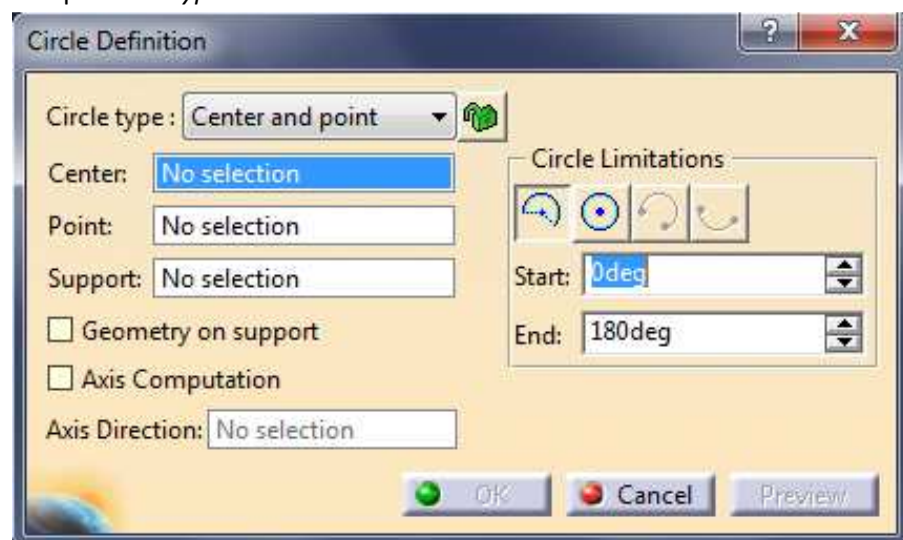


Si se selecciona una superficie de apoyo, el círculo se creará en el plano tangente a la superficie en el punto seleccionado. Los ángulos de inicio y final se pueden especificar introduciendo valores o usando los manipuladores gráficos.

6. Haga clic en *OK* para crear el círculo o el arco circular. El círculo se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Circle.x*.

b) *Center and point* (Centro y punto)

1. Haga clic en el comando *Circle*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de círculo *Center and point* en la lista desplegable del campo *Circle type*:



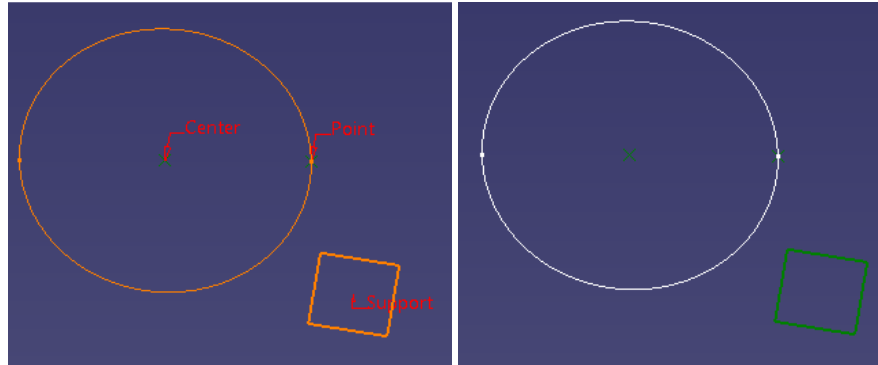
3. Seleccione un punto como centro (*Center*).
4. Seleccione un punto donde se va a crear el círculo (*Point*).



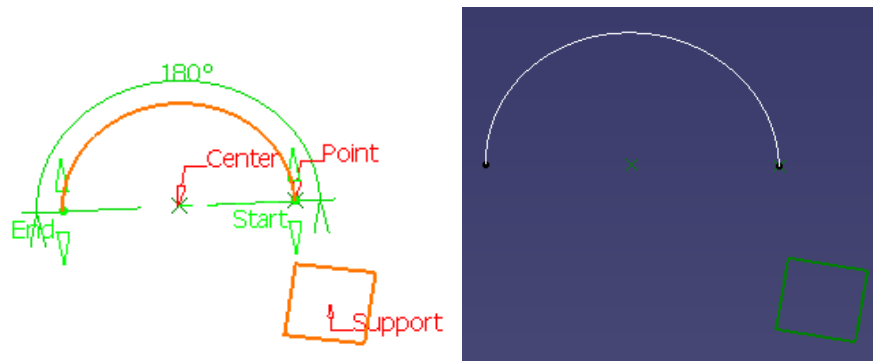
5. Seleccione el plano o la superficie de apoyo (*Support*) donde se va a crear el círculo.

El círculo, cuyo centro es el primer punto seleccionado y pasando por el segundo punto o por la proyección de este segundo punto sobre el plano tangente a la superficie en el primer punto, se previsualiza.

Dependiendo de la opción *Circle Limitations* activa, se muestra el correspondiente círculo o arco circular.




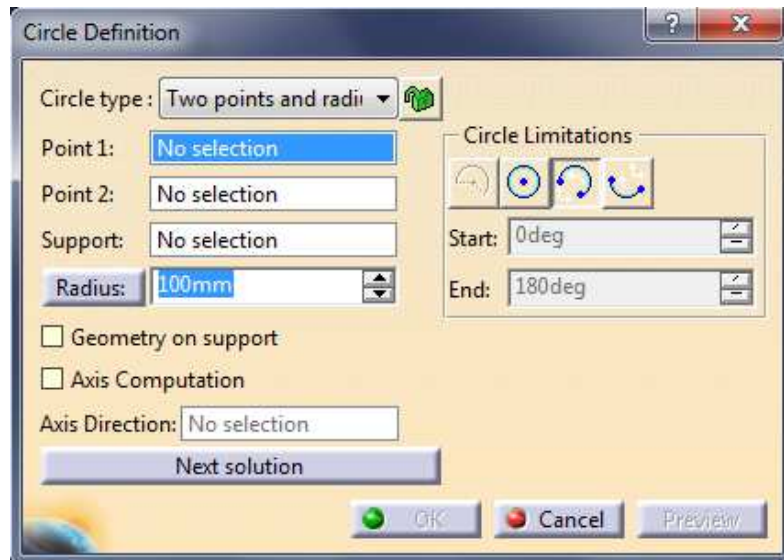
Para un arco circular, puede especificar los ángulos de inicio (*Start*) y final (*End*) del arco.



6. Haga clic en *OK* para crear el círculo o arco circular. El círculo se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Circle.x*.

c) *Two points and radius* (Dos puntos y radio)

1. Haga clic en el comando *Circle*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de círculo *Two points and radius* en la lista desplegable del campo *Circle type*:



3. Seleccione dos puntos sobre una superficie o en el mismo plano.
4. Seleccione el plano o la superficie de apoyo (*Support*).  
También puede seleccionar una dirección como apoyo o soporte. El soporte se calcula usando esta dirección y los dos puntos de entrada.
5. Introduzca el valor del radio (*Radius*).

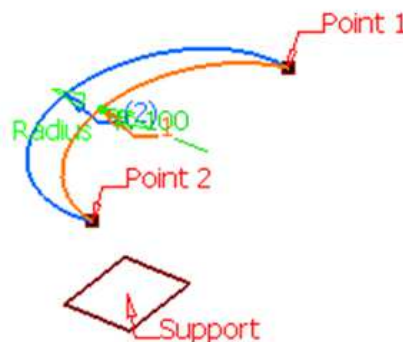
El círculo, que pasa por el primer punto seleccionado y el segundo punto o la proyección de este segundo punto en el plano tangente a la superficie en el primer punto, se previsualiza.

Dependiendo de la opción *Circle Limitations* activa, se muestra el correspondiente círculo o arco circular.

Para un arco circular, se puede especificar el arco recortado o complementario utilizando los dos puntos seleccionados como puntos finales.

Puede usar el botón *Next Solution* para mostrar el arco alternativo.

- Con un plano como soporte:




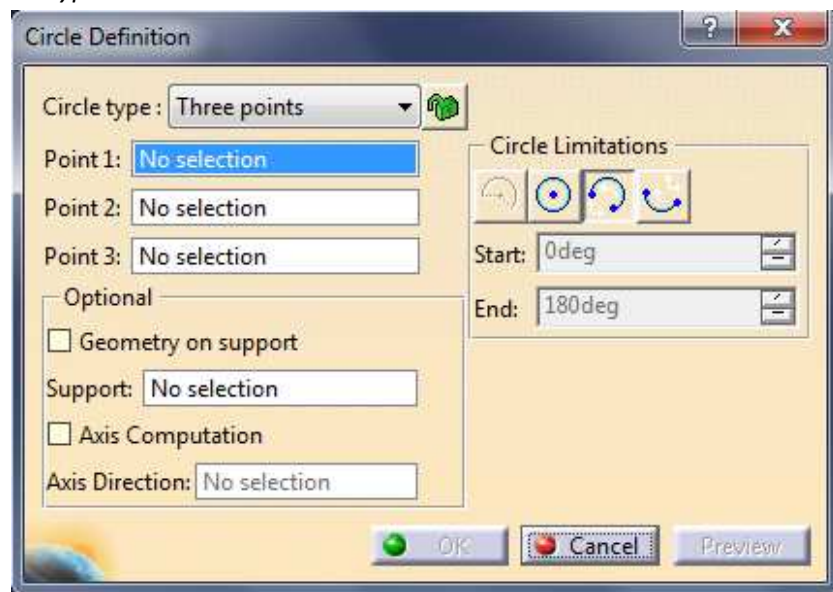
- Con una dirección como soporte:



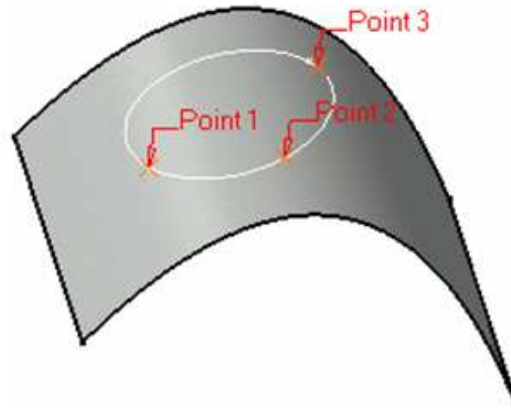
- Haga clic en *OK* para crear el círculo o arco circular. El círculo se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Circle.x*.

d) *Three points* (Tres puntos)

- Haga clic en el comando *Circle*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
- Seleccione el tipo de círculo *Three points* en la lista desplegable del campo *Circle type*:




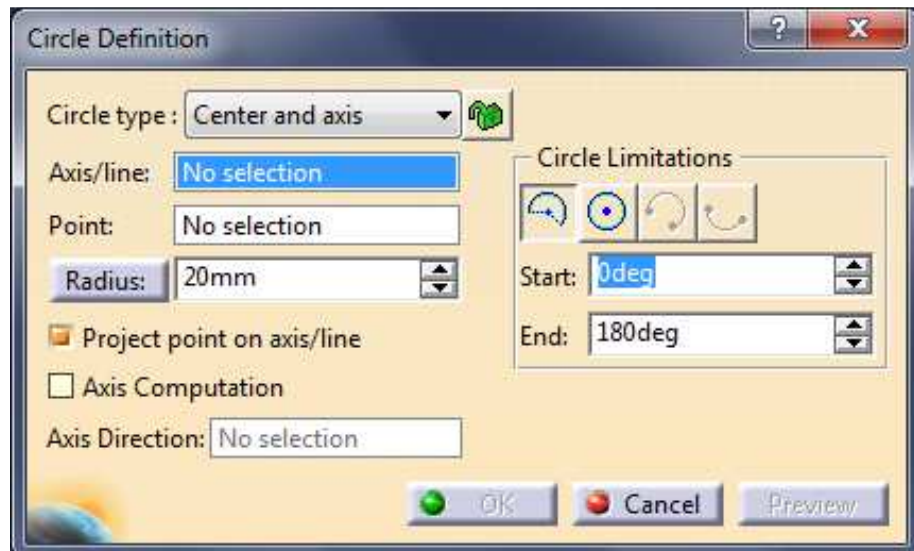
- Seleccione tres puntos sobre los que se va a crear el círculo. Dependiendo de la opción *Circle Limitations* activa, se muestra el correspondiente círculo o arco circular. Para un arco circular, se puede especificar el arco recortado o complementario utilizando dos de los puntos seleccionados como puntos finales.



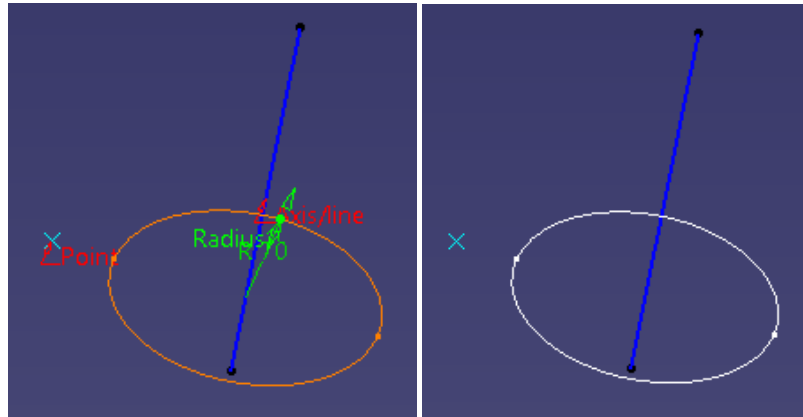
4. Haga clic en *OK* para crear el círculo o arco circular. El círculo se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Circle.x*.

e) *Center and axis* (Centro y eje)

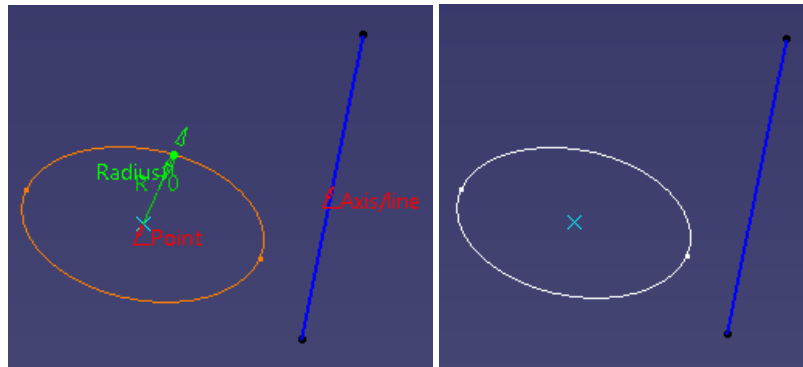
1. Haga clic en el comando *Circle*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de círculo *Center and axis* en la lista desplegable del campo *Circle type*:



3. Seleccione el eje/la línea (*Axis/line*). Puede ser cualquier curva lineal.
4. Seleccione un punto (*Point*).
5. Introduzca el valor del radio (*Radius*).
6. Configure la opción *Project point on axis/line*:
  - Con esta opción activada (con proyección), el círculo se centra en el punto de referencia y es proyectado sobre el eje/la línea de entrada y se encuentra en el plano normal al eje/la línea que pasa por el punto de referencia. La línea se extenderá hasta alcanzar la proyección si es necesario.




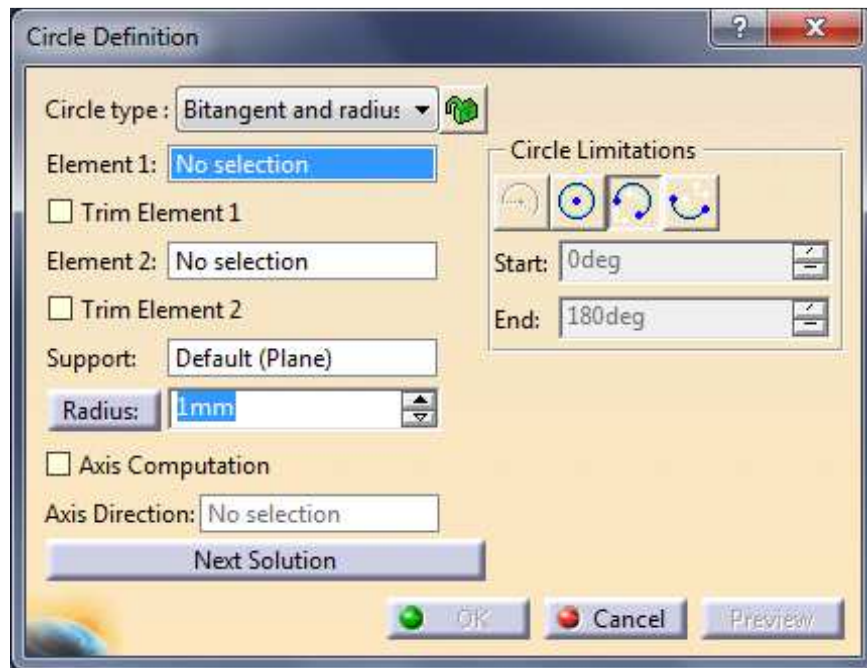
- Con esta opción desactivada (sin proyección), el círculo se centra en el punto de referencia y se encuentra en el plano normal al eje/línea que pasa por el punto de referencia.



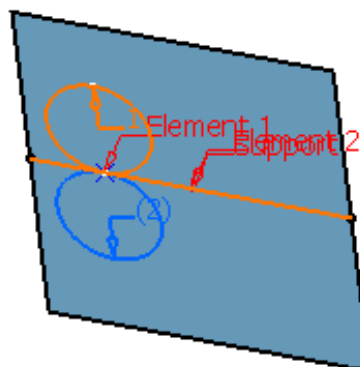
7. Haga clic en *OK* para crear el círculo o arco circular. El círculo se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Circle.x*.

f) *Bitangent and radius* (Bitangente y radio)

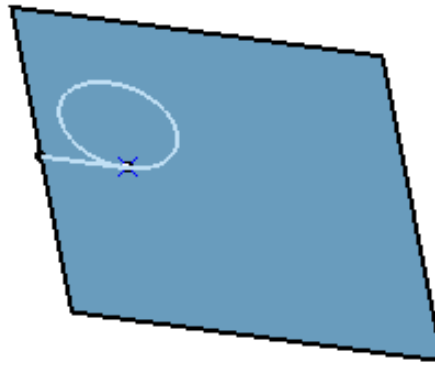
1. Haga clic en el comando *Circle*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de círculo *Bitangent and radius* en la lista desplegable del campo *Circle type*:




3. Seleccione dos elementos (punto o curva) a los cuales el círculo debe ser tangente.
4. Seleccione una superficie de apoyo (*Support*).  
Si una de las entradas seleccionadas es una curva plana, entonces la superficie de apoyo o soporte se establece de forma predeterminada (*Default (Plane)*).  
Si es necesario definir una superficie de apoyo o un soporte explícito, un menú contextual está disponible para borrar la selección con el fin de seleccionar el soporte deseado.
5. Introduzca el valor del radio (*Radius*).  
Pueden ser posibles varias soluciones, por lo tanto haga clic en la región en la que desee crear el círculo.  
Dependiendo de la opción *Circle Limitations* activa, se muestra el correspondiente círculo o arco circular.  
Para un arco circular, se puede especificar el arco recortado o complementario utilizando los dos puntos tangentes como puntos finales.




Puede activar las casillas *Trim Element 1* y *Trim Element 2* para recortar el primer elemento o el segundo elemento, o ambos elementos.  
A continuación se muestra un ejemplo con el primer elemento recortado:

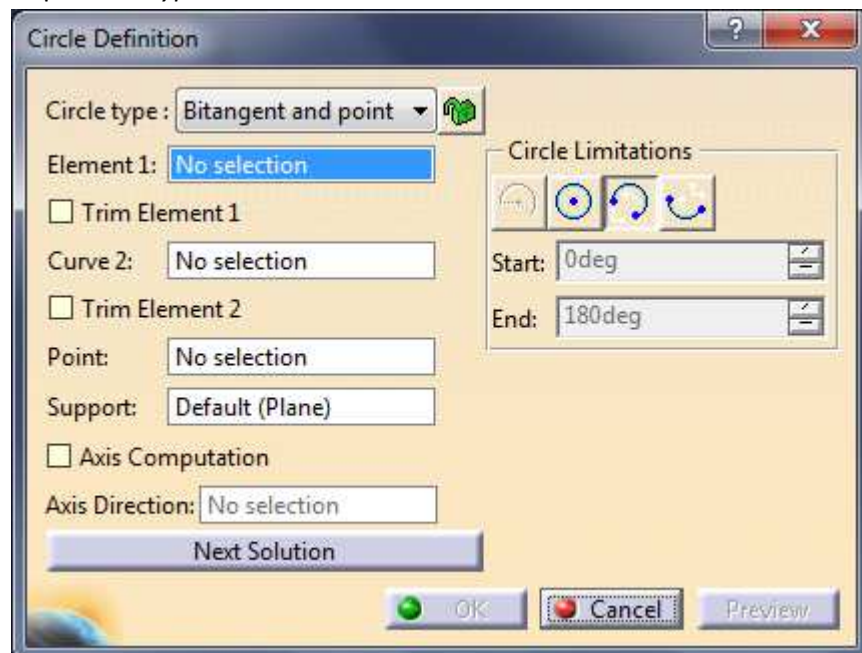


Las casillas *Trim Element 1* y *Trim Element 2* sólo están disponibles con la opción *Trimmed Circle Limitations* .

- Haga clic en *OK* para crear el círculo o arco de círculo. El círculo se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Circle.x*.

g) *Bitangent and point* (Bitangente y punto)

- Haga clic en el comando *Circle*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
- Seleccione el tipo de círculo *Bitangent and point* en la lista desplegable del campo *Circle type*:



- Seleccione un punto o una curva a la cual el círculo debe ser tangente.
- Seleccione una curva (*Curve*) y un punto (*Point*) de esta curva. El punto se proyectará sobre la curva.

5. Seleccione un plano o una superficie plana de apoyo (*Support*).

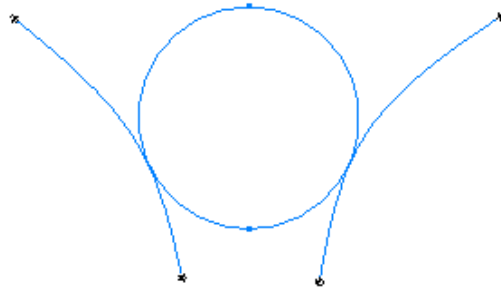
Si una de las entradas seleccionadas es una curva plana, entonces la superficie de apoyo o soporte se establece de forma predeterminada (*Default (Plane)*).

Si es necesario definir una superficie de apoyo o un soporte explícito, un menú contextual está disponible para borrar la selección con el fin de seleccionar el soporte deseado.

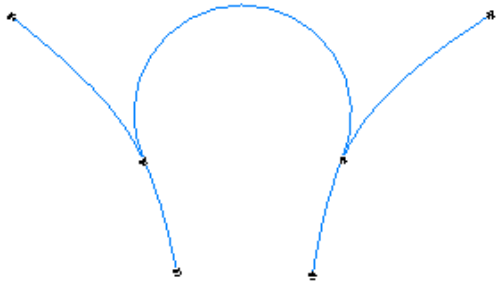
Pueden ser posibles varias soluciones, por lo tanto haga clic en la región en la que desee crear el círculo.

Dependiendo de la opción *Circle Limitations* activa, se muestra el correspondiente círculo o arco circular.

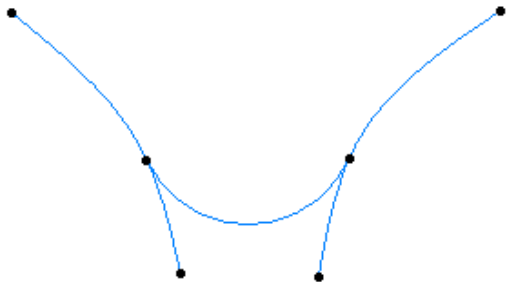
- Círculo completo:



- Círculo recortado:



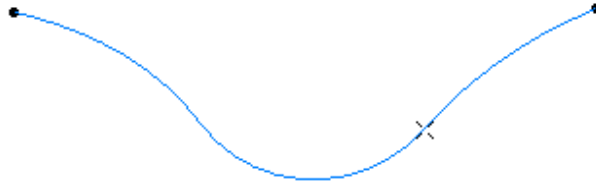
- Círculo complementario:




Puede activar las casillas *Trim Element 1* y *Trim Element 2* para recortar el primer elemento o el segundo elemento, o ambos elementos.

A continuación se muestra un ejemplo con ambos elementos recortados:






Las casillas *Trim Element 1* y *Trim Element 2* sólo están disponibles con la opción *Trimmed Circle Limitations* .

- Haga clic en *OK* para crear el círculo o arco de círculo. El círculo se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Circle.x*.

#### h) *Tritangent* (Tritangente)

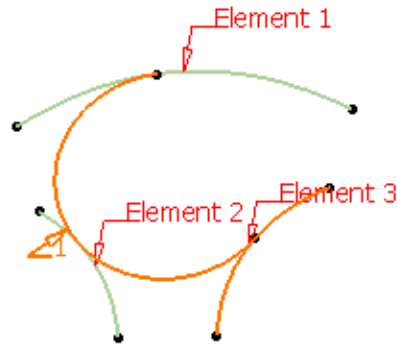
- Haga clic en el comando *Circle*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
- Seleccione el tipo de círculo *Tritangent* en la lista desplegable del campo *Circle type*:



- Seleccione tres elementos a los cuales el círculo debe ser tangente.
- Seleccione una superficie plana de apoyo (*Support*).  
Si una de las entradas seleccionadas es una curva plana, entonces la superficie de apoyo o soporte se establece de forma predeterminada (*Default (Plane)*).  
Si es necesario definir una superficie de apoyo o un soporte explícito, un menú contextual está disponible para borrar la selección con el fin de seleccionar el soporte deseado.  
Pueden ser posibles varias soluciones, por lo tanto seleccione el arco de círculo que desee crear.

Dependiendo de la opción *Circle Limitations* activa, se muestra el correspondiente círculo o arco circular. El primer y el tercer elemento definen dónde termina la limitación.


Para un arco circular, se puede especificar el arco recortado o el complementario utilizando los dos puntos tangentes como puntos finales.



Puede activar las casillas *Trim Element 1* y *Trim Element 3* para recortar el primer elemento o el tercer elemento, o ambos elementos.

A continuación se muestra un ejemplo con el tercer elemento recortado:




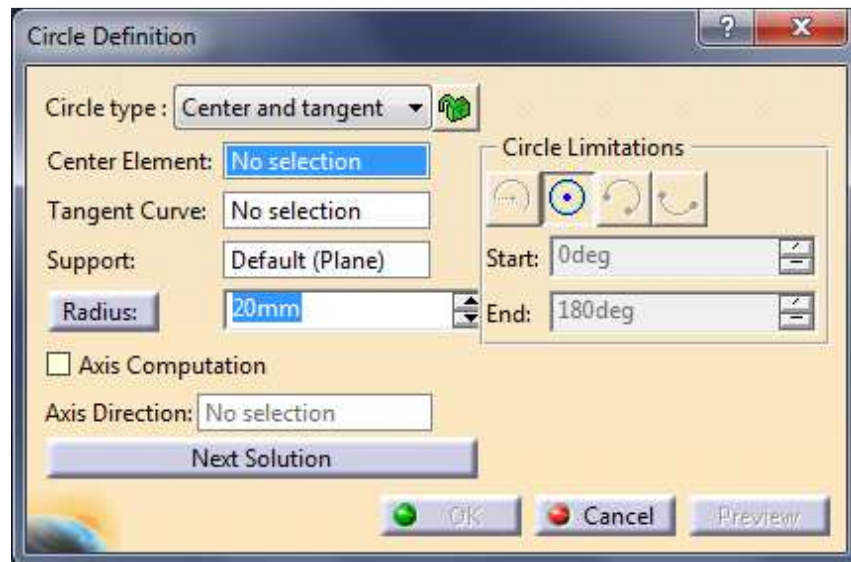
Las casillas *Trim Element 1* y *Trim Element 3* sólo están disponibles con la opción *Trimmed Circle Limitations* .

No se puede crear un círculo tritangente si un punto de entrada se encuentra en un alambre de entrada. CATIA recomienda utilizar el tipo de creación de círculos *Bitangent and point*.

5. Haga clic en *OK* para crear el círculo o arco circular. El círculo se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Circle.x*.

i) *Center and tangent* (Centro y tangente)

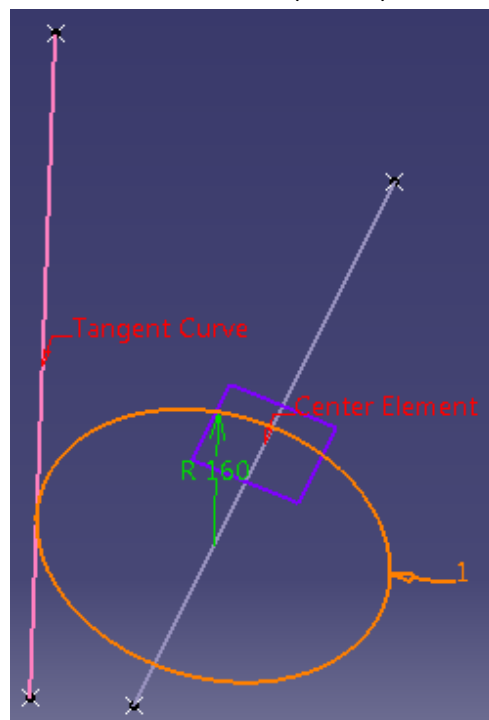
1. Haga clic en el comando *Circle*  perteneciente a la barra de herramientas *WireFrame*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione el tipo de círculo *Center and tangent* en la lista desplegable del campo *Circle type*:



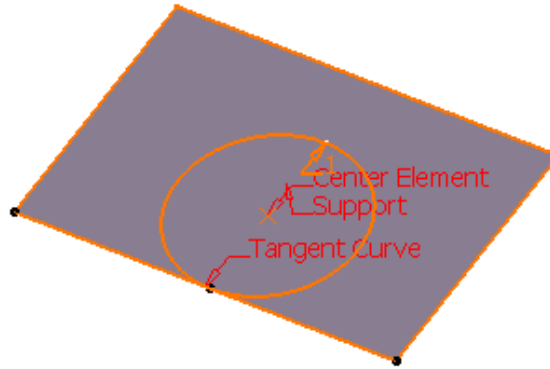
El centro del círculo se localizará sobre una curva o sobre un punto, y el círculo será tangente a la curva tangente (*Tangent Curve*).

Hay dos formas de crear un círculo del tipo *Center and tangent*:

- i. *Center curve and radius* (Centro de la curva y radio):
  - a. Seleccione una curva sobre la que estará el centro del círculo (*Center Element*).
  - b. Seleccione una curva tangente (*Tangent Curve*).
  - c. Introduzca el valor del radio (*Radius*).



- ii. *Line tangent to curve definition* (Línea tangente a la curva):
  - a. Seleccione un punto como elemento central, es decir, como centro del círculo (*Center Element*).
  - b. Seleccione una curva tangente (*Tangent Curve*).



- Si una de las entradas seleccionadas es una curva plana, entonces la superficie de apoyo o soporte se establece de forma predeterminada (*Default (Plane)*). Si es necesario definir una superficie de apoyo o un soporte explícito, un menú contextual está disponible para borrar la selección con el fin de seleccionar el soporte deseado.
  - Tenga en cuenta que sólo se pueden crear círculos completos.
3. Haga clic en *OK* para crear el círculo. El círculo se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Circle.x*.

#### 3.14.4.2. Utilizando las opciones de diámetro/radio

Puede hacer clic en el botón *Radius* (radio) para cambiar a un valor de diámetro. Por el contrario, haga clic en el botón *Diameter* (diámetro) para cambiar de nuevo al valor del radio.

Esta opción está disponible con los tipos de círculo *Center and radius*, *Two points and radius*, *Bitangent and radius*, *Center and tangent* y *Center and axis*.

Tenga en cuenta que el valor no cambia cuando se cambia de radio a diámetro y viceversa.

#### 3.14.4.3. Utilizando la opción de cálculo de ejes (*Axis Computation*)

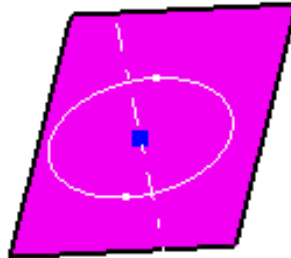
Puede seleccionar la casilla *Axis computation* para crear automáticamente ejes mientras crea o modifica un círculo. Una vez que dicha opción está seleccionada, se habilita el campo *Axis Direction*.

- Si no selecciona una dirección, se creará un eje normal al círculo.
- Si selecciona una dirección, se crearán dos elementos más como ejes: un eje alineado con la dirección de referencia y un eje normal a la dirección de referencia.

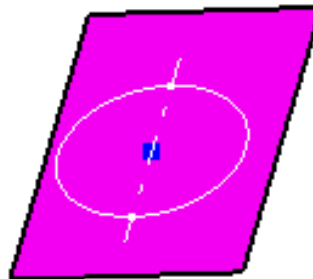
En el árbol de especificaciones, los ejes se agregan debajo del elemento *Circle* creado. Puede editar sus direcciones pero no puede modificarlos.

Si el modo *Datum* está activo, los ejes no se agregan debajo del elemento *Circle* creado, pero se crean una o tres líneas de referencia.

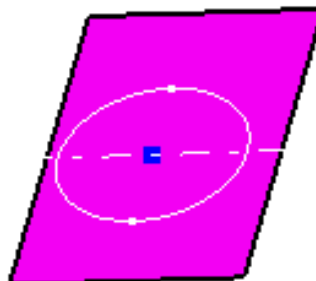
- Eje normal al círculo:



- Eje alineado con la dirección de referencia (plano yz):



- Eje normal a la dirección de referencia (plano yz):



- Si selecciona la casilla *Geometry on Support* y el soporte seleccionado no es plano, entonces el cálculo de los ejes (*Axis Computation*) no es posible.
- Puede seleccionar la casilla *Geometry on Support* si desea que el círculo sea proyectado sobre una superficie de apoyo. Esta opción está disponible para los tipos de círculo *Center and radius*, *Center and point*, *Two points and radius* y *Three points*.
- Cuando son posibles varias soluciones, haga clic en *Next Solution* para pasar a otro arco de círculo, o seleccione directamente el arco que desee en la geometría 3D.
- Un círculo puede tener varios puntos como centro si el elemento seleccionado está compuesto de varios arcos de círculo con diferentes centros.
- Los parámetros se pueden editar en la geometría 3D.
- Puede aislar un círculo con el fin de cortar los vínculos que tiene con la geometría utilizada para crearlo. Para ello, utilice el menú contextual *Isolate*.



## **4. MANUAL QUICK SURFACE RECONSTRUCTION (QSR)**



## 4. QUICK SURFACE RECONSTRUCTION

El módulo *Quick Surface Reconstruction* de CATIA V5, recupera rápida y fácilmente superficies a partir de datos digitalizados que han sido previamente limpiados y con los que se ha formado una malla triangular a través del módulo *Digitized Shape Editor*.

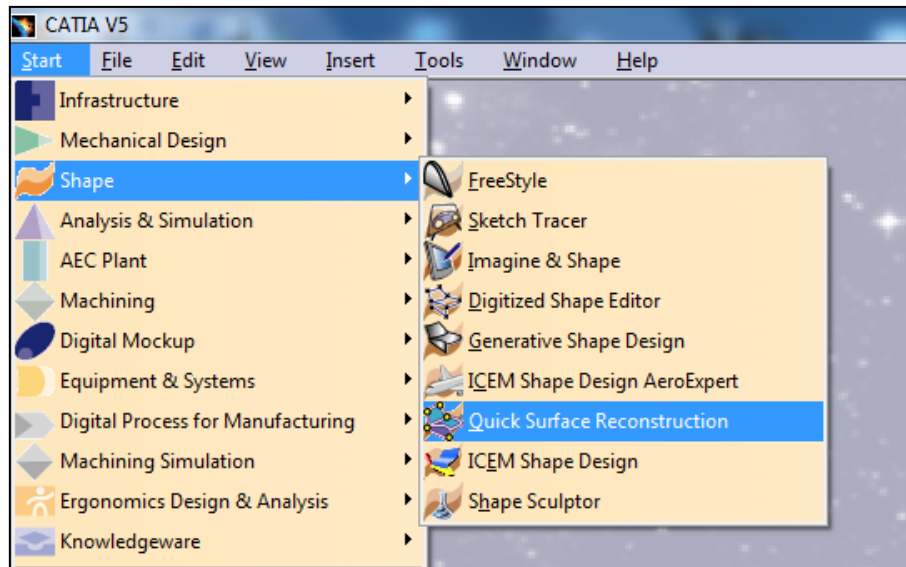
*Quick Surface Reconstruction* ofrece varios métodos para recuperar superficies dependiendo del tipo de forma.

- Superficies de forma libre, sin características tales como cilindros, planos, etc.
- Formas mecánicas (plano, cilindro, esfera, cono).

Este manual ha sido diseñado para mostrar cómo reconstruir superficies utilizando las potentes herramientas de los diferentes comandos de este módulo.

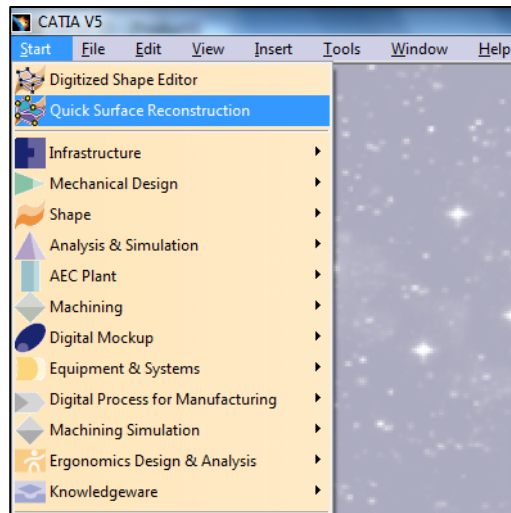
### 4.1. Acceso al espacio de trabajo de Quick Surface Reconstruction (QSR)

Para acceder al espacio de trabajo de *Quick Surface Reconstruction*, se inicia una sesión de CATIA y a continuación se selecciona: *Start* → *Shape* → *Quick Surface Reconstruction*

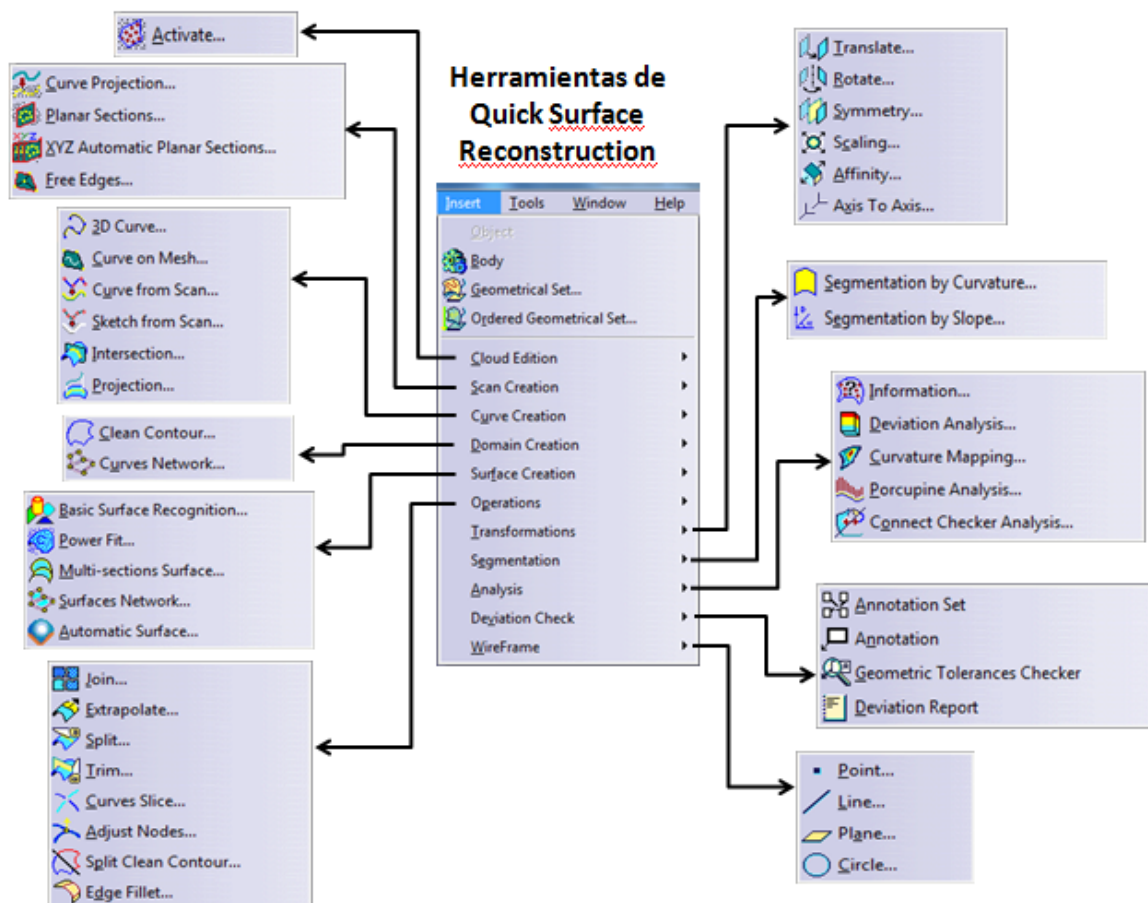


Otra forma de acceder al módulo *Quick Surface Reconstruction* es hacerlo como uno de los módulos favoritos, del mismo modo que se hizo para el módulo *Digitized Shape Editor* (ver manual de *Digitized Shape Editor*).





## 4.2. Interfaz de usuario de Quick Surface Reconstruction (QSR)

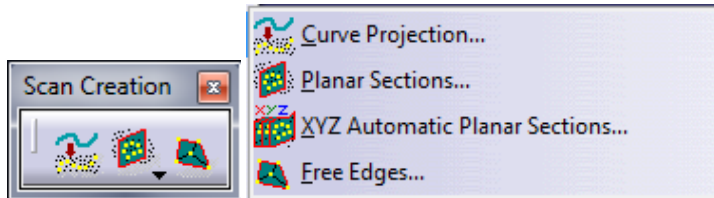


Todas estas herramientas se encuentran a su vez agrupadas en diferentes barras de herramientas:

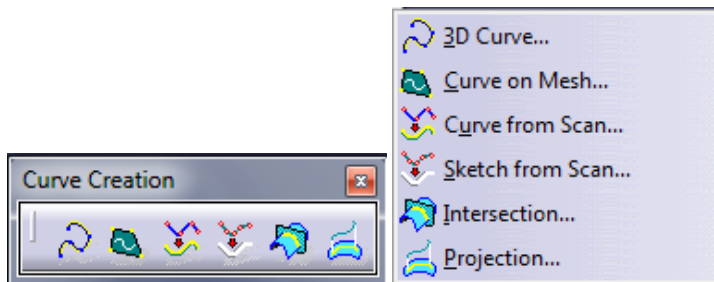
- Barra de herramientas Cloud Edition:



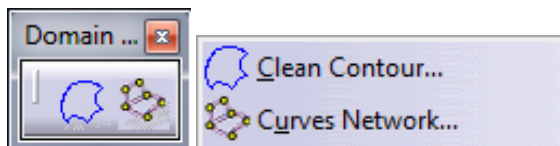
- Barra de herramientas Scan Creation:



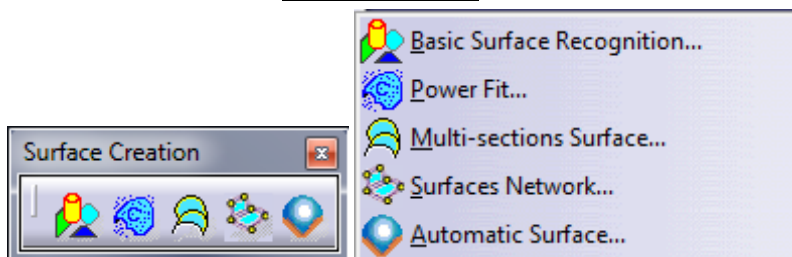
- Barra de herramientas Curve Creation:



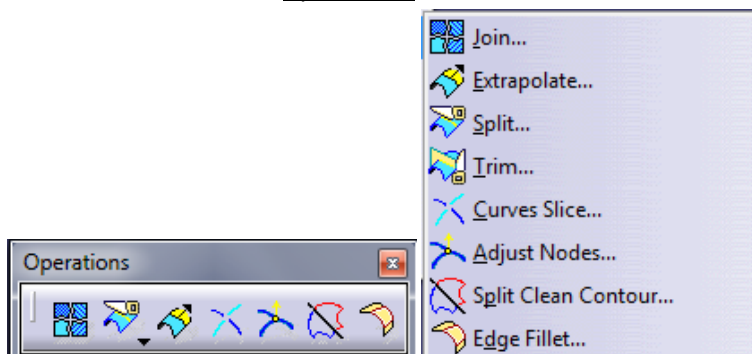
- Barra de herramientas Domain Creation:



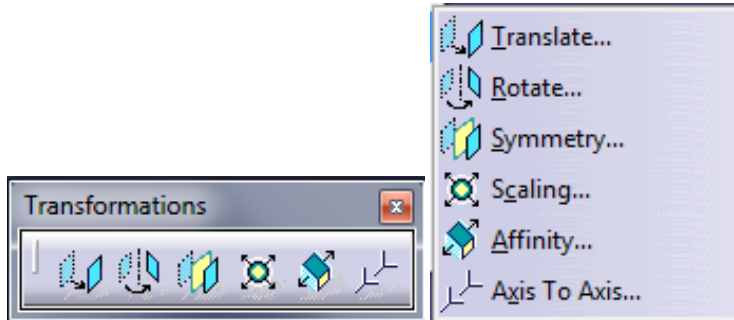
- Barra de herramientas Surface Creation:



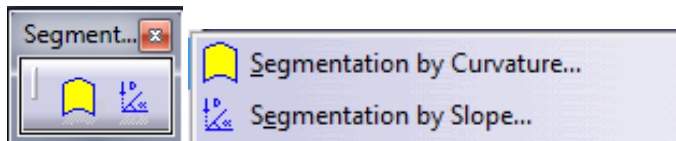
- Barra de herramientas Operations:



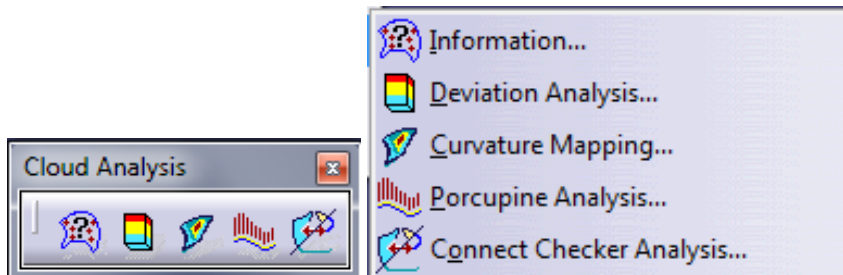
- Barra de herramientas Transformations:



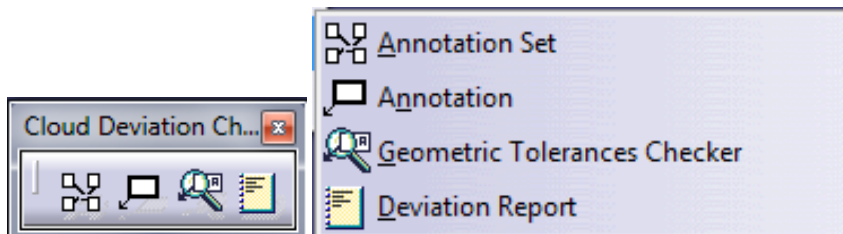
- Barra de herramientas Segmentation:



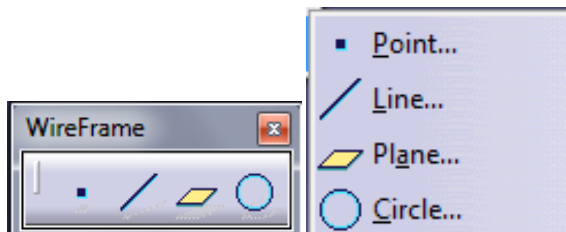
- Barra de herramientas Cloud Analysis:



- Barra de herramientas Cloud Deviation Check:



- Barra de herramientas Wireframe:



### **4.3. Cloud Edition**

#### **4.3.1. Activación de una parte de una nube de puntos o malla (*Activate*)**

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.5.2.

### **4.4. Scan Creation**

#### **4.4.1. Proyección de curvas (*Curve Projection*)**

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.9.1.

#### **4.4.2. Creación de secciones planas (*Planar Sections*)**

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.9.2.

#### **4.4.3. Creación de secciones planas automáticas (*XYZ Automatic Planar Sections*)**

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.9.3.

#### **4.4.4. Creación de bordes libres (*Free Edges*)**

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.9.5.

### **4.5. Curve Creation**

#### **4.5.1. Crear curvas 3D asociativas (*3D Curve*)**

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.11.1.

#### **4.5.2. Crear una curva en una malla (*Curve on Mesh*)**

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.11.2.


### 4.5.3. Crear curvas a partir de escaneos (*Curve from Scan*)

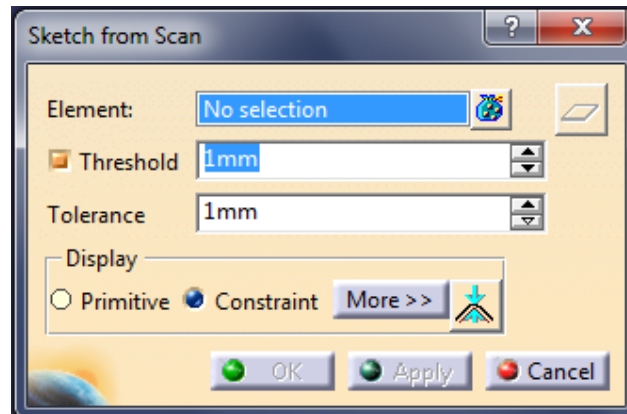
Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.11.3.


### 4.5.4. Crear un boceto a partir de escaneos (*Sketch from Scan*)

Este comando muestra cómo recuperar primitivas básicas (línea, círculo, elipse) de escaneos planos. Estas primitivas se crean como bocetos (sketches).

Abra el modelo [SketchFromScans01.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

1. Haga clic en el comando *Sketch from Scan*  y a continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:

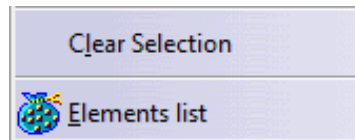



2. Seleccione los escaneos que desea procesar:
  - Seleccione el primer escaneo.
  - Si necesita seleccionar más escaneos, bien haga clic dentro del campo *Element* y seleccione el escaneo en el espacio 3D, o use la selección múltiple .

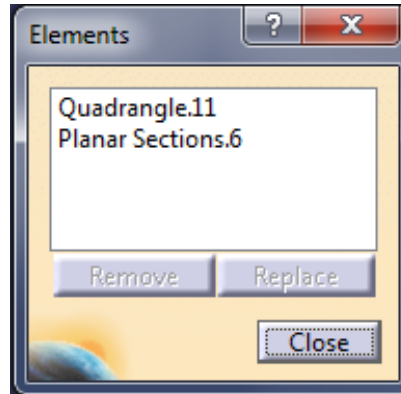
Si selecciona un sólo escaneo, su nombre se visualizará en el campo *Element*, pero si se seleccionan varios escaneos, en el campo *Element* aparecerá el número de escaneos seleccionados y no su nombre.

En este ejemplo se ha seleccionado un escaneo cerrado (*Quadrangle.11*) y un escaneo abierto (*Planar Sections.6*).

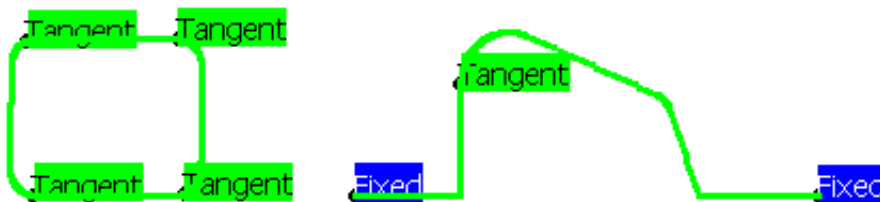
- A partir de R18, son aceptados como entrada los escaneos no planos.
- A partir de R18, las mallas se aceptan como entrada, para procesar sus bordes libres.
- Puede seleccionar *Geometrical sets*, salidas múltiples y conjuntos de selección.
- Utilice el menú contextual para borrar toda la selección o para visualizar la lista de los elementos seleccionados.



- Haga clic en el icono de la selección múltiple  situado a la derecha del campo *Element* para visualizar, eliminar (*Remove*) o reemplazar (*Replace*) los elementos seleccionados.

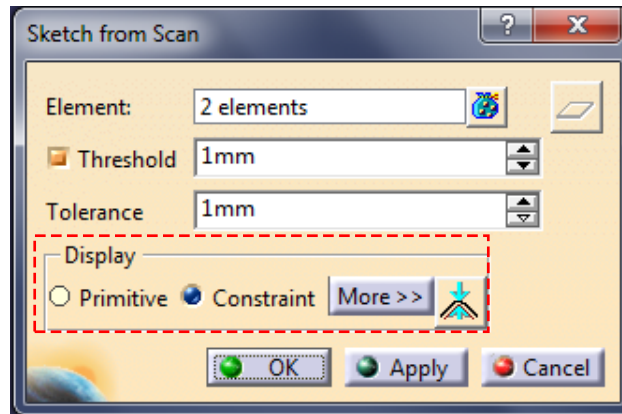


- Los elementos seleccionados se resaltan y se proponen los puntos de división con sus restricciones asociadas.



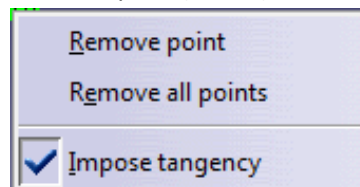
Esos puntos de división no son necesariamente los puntos finales de las primitivas creadas. Puede mover dichos puntos pulsando la tecla *Ctrl* y arrastrándolos hasta la nueva posición.

A partir de R18, los puntos de división fijos (*Fixed*) ya no se proponen para escaneos cerrados, reduciendo así el número de primitivas creadas y mejorando la salida. Los puntos fijos (*Fixed*) todavía sí se proponen como puntos finales de escaneos abiertos. Para gestionar los puntos de división, asegúrese de que está seleccionada la casilla *Constraint* (Restricción) dentro del campo *Display* (Visualización).

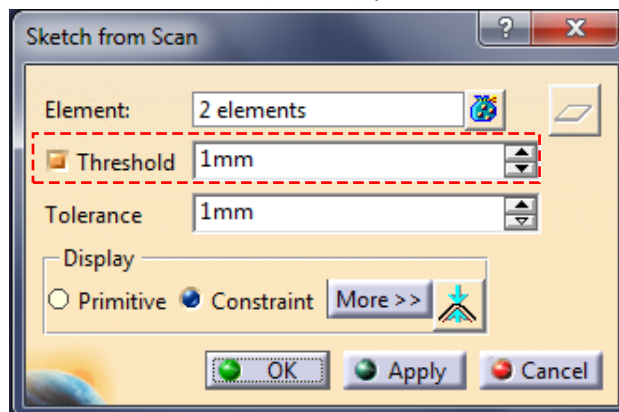


Puede gestionar los puntos de división:

- Manualmente:
  - Seleccione un punto del escaneo para añadir un punto de división.
  - Use el menú contextual para eliminar uno o todos los puntos.
  - Seleccione *Impose tangency* en el menú contextual para establecer una restricción de tangencia, o desactive *Impose tangency* para establecer una restricción de paso (Punto).



- Automáticamente:
  - Seleccione la casilla *Threshold* (Umbral) y defina su valor.

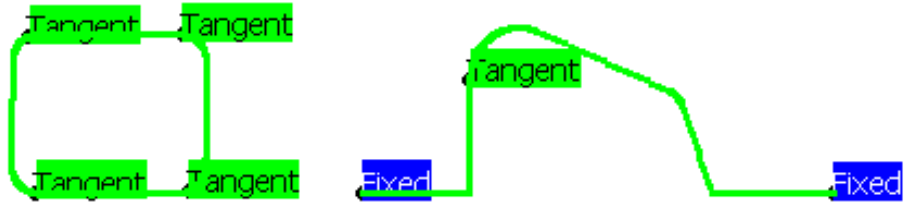


*Threshold* actúa igual que el valor *Sag*.

El escaneo se corta en segmentos, de acuerdo con el valor de *Threshold*.

Los puntos finales de esos segmentos, es decir, los extremos de esos segmentos, son posibles puntos de división.

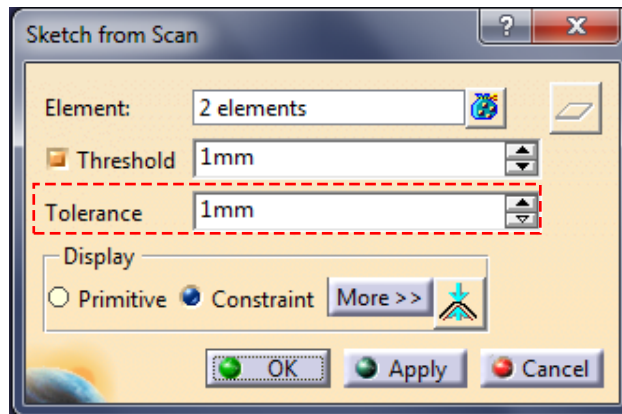
Si la casilla *Threshold* está activada:



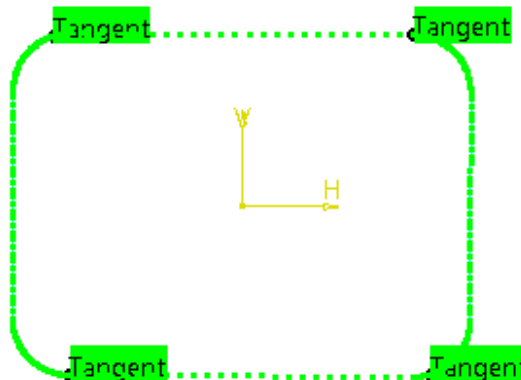
Sin embargo, con la casilla *Threshold* desactivada, sólo los extremos de las exploraciones abiertas se proponen como puntos de división fijos (*Fixed*).



- Si es necesario, cambie la tolerancia (*Tolerance*), que es la desviación permitida entre los elementos de salida y los puntos de la exploración.

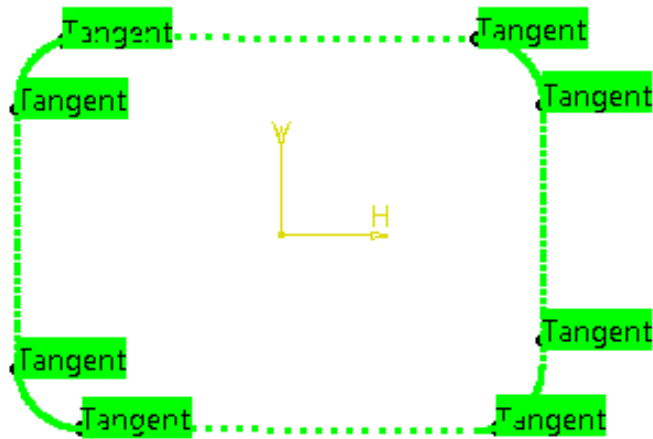


- Haga clic en *Apply* e inmediatamente se llevará a cabo un cálculo automático del boceto. Puede ver que el boceto en *Quadrangle.11* no está completo.

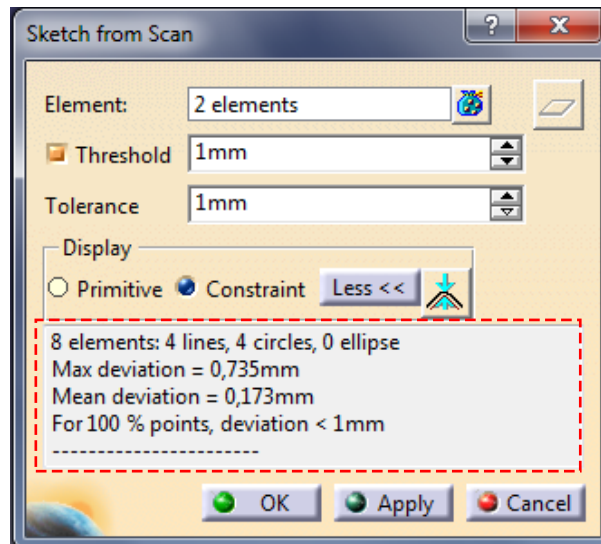



- Cree puntos de división adicionales como se muestra a continuación. Haga clic en *Apply* y ahora ya verá que el boceto está completo.

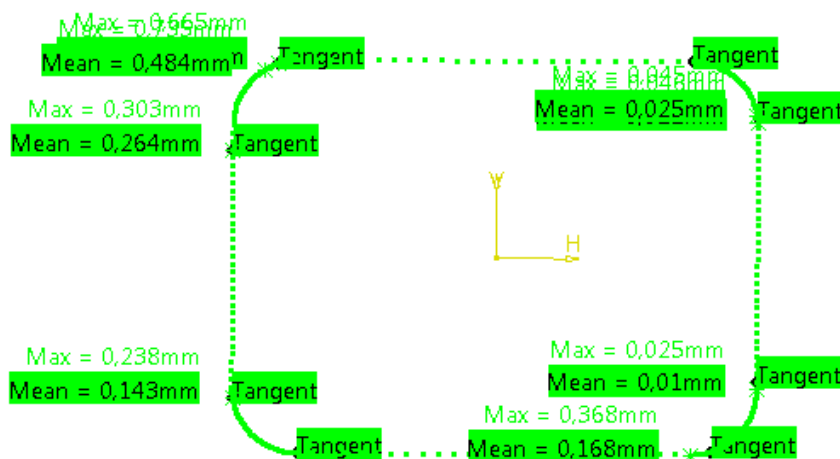




- Haga clic en *More* para mostrar las estadísticas globales en el cuadro de diálogo. Estas estadísticas reflejan el número de elementos reconocidos, la desviación máxima, la desviación media y el porcentaje de puntos bajo tolerancia.



- Haga clic en el icono  para visualizar los resultados de desviaciones locales en el área gráfica:



Las desviaciones máxima y media, así como el porcentaje de puntos bajo tolerancia, si hubiera, se muestran en el área gráfica para cada segmento de puntos:

- Estas estadísticas se muestran en verde si la desviación máxima es inferior a la tolerancia. De lo contrario, se mostrarían en color rojo.
- El porcentaje de puntos bajo la tolerancia requerida se muestra sólo si la desviación máxima es superior a la tolerancia. De lo contrario, el porcentaje es igual al 100% y su visualización no es relevante.

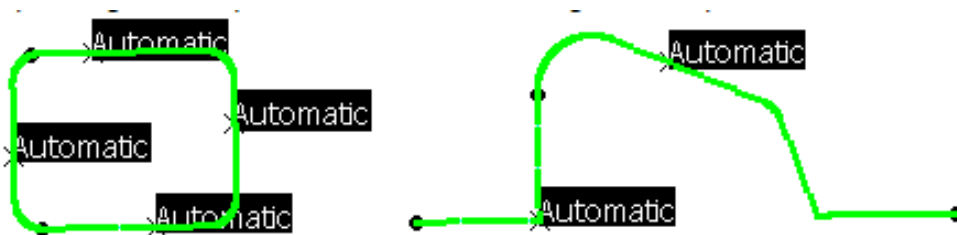
9. Haga clic en *OK*. Se crea un boceto (sketch) en el árbol de especificaciones para cada exploración de entrada.



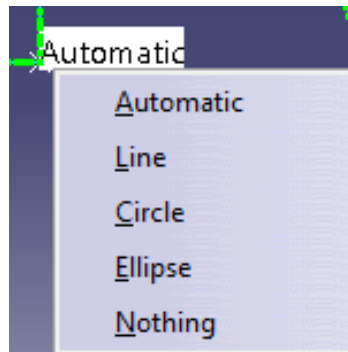
- Su plano de referencia es el del escaneo.
- Las restricciones necesarias se crean en el boceto (si es posible).
- Se crea una restricción fija y se aplica a cada primitiva.

### Primitive

Si establece la opción *Primitive* en el campo *Display*, las restricciones en los puntos de división serán reemplazadas por opciones de reconocimiento en cada segmento. Por defecto, se propone un reconocimiento automático:



Para cada segmento, se puede imponer otra opción de cálculo usando el menú contextual:



- *Automatic*: se calcula la mejor primitiva.
- *Nothing*: no se calcula nada.
- *Line, Circle, Ellipse*: se calcula la mejor línea, el mejor círculo o la mejor elipse.


#### 4.5.5. Creación de intersecciones (*Intersection*)

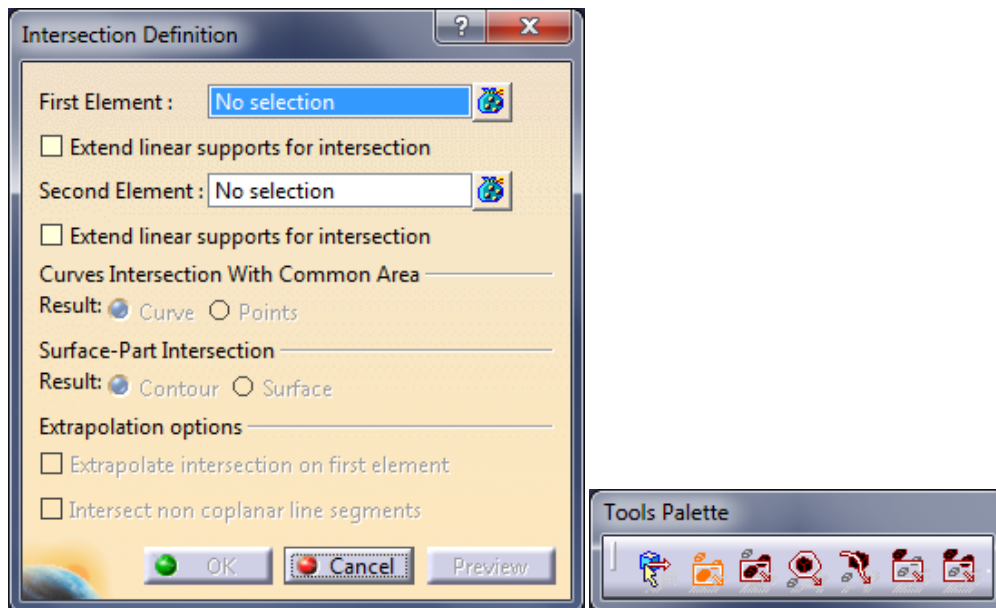
Este comando muestra cómo crear geometría alámbrica mediante la intersección de elementos.

Puede intersecar:

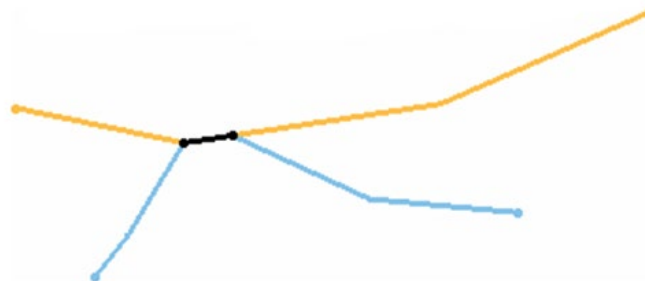
- Elementos alámbricos
- Elementos sólidos
- Superficies

Abra el modelo [Intersection1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

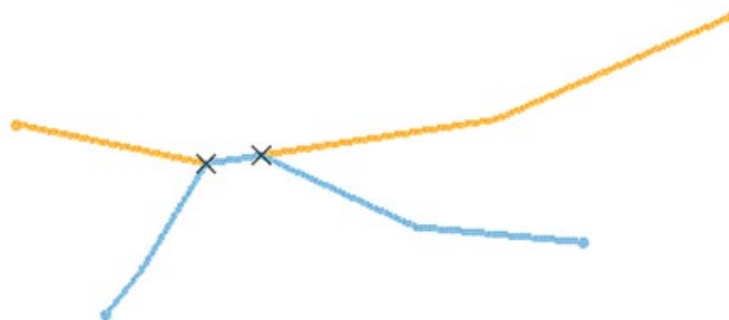
1. Haga clic en el comando *Intersection*  perteneciente a la barra de herramientas *Curve Creation*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando así como la barra de herramientas *Tools Palette*.



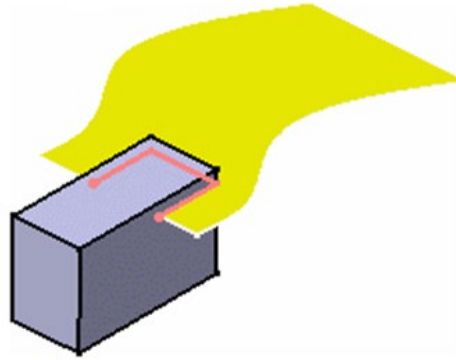
2. Seleccione los dos elementos que se intersecan y se mostrará la intersección. La selección múltiple está disponible en la primera y segunda selección, es decir, está disponible tanto para el primer elemento seleccionado como para el segundo, lo que significa que se pueden seleccionar varios elementos para ser intersecados así como varios elementos de intersección. Por ejemplo, puede seleccionar un *Geometrical set* entero.
3. Elija el tipo de intersección a mostrar.
  - Una curva (*Curve*), cuando la intersección es entre dos curvas:



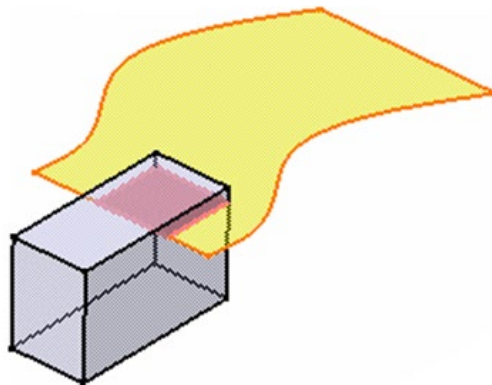
- Puntos (*Points*), cuando la intersección es entre dos curvas:



- Un contorno (*Contour*), cuando se interseca un elemento sólido con una superficie.



- Una superficie (*Face*), cuando se interseca un elemento sólido con una superficie.



4. Haga clic en *OK* para crear el elemento de intersección. El elemento de intersección se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Intersect.x*.  
Por ejemplo, a continuación se muestra la curva resultante de la intersección de dos superficies:



### Parámetros adicionales

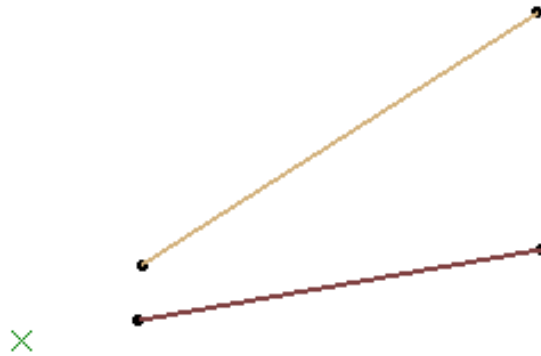
Se pueden definir varias opciones para mejorar la precisión de la intersección.

Abra el modelo [Intersection2.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

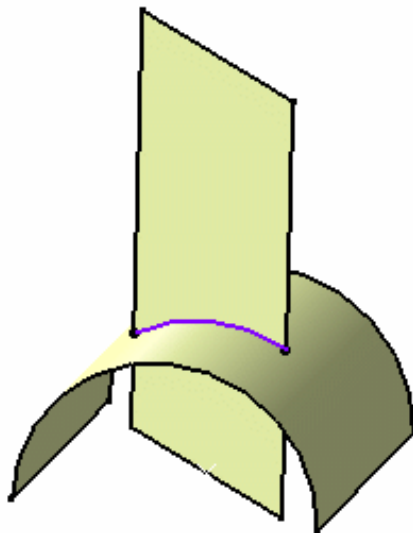
- *Extend linear supports for intersection* permite extender los elementos seleccionados, tanto el primero, el segundo o ambos elementos. Esta opción es especialmente útil si trabaja en un *Ordered Geometrical Set*. En algunos casos confusos (por ejemplo ángulos llanos), esta opción puede dar un resultado más preciso, ya que toma en cuenta la geometría en lugar de la topología.

De forma predeterminada, ambas opciones están desactivadas.

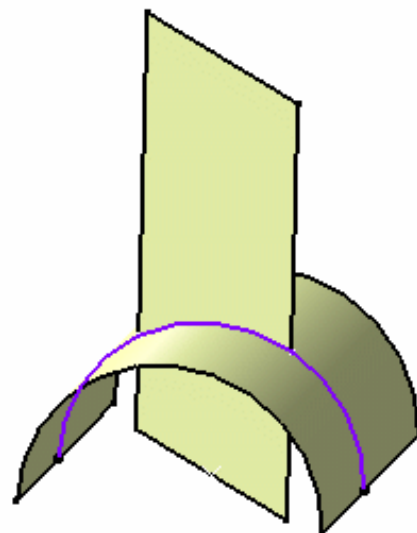
A continuación se muestra un ejemplo con esta opción activada en ambos elementos:



- *Extrapolate intersection on first element* permite realizar una extrapolación en el primer elemento seleccionado, en el caso de una intersección de superficie con superficie. En todos los demás casos, esta opción no estará disponible.



Intersección sin extrapolación

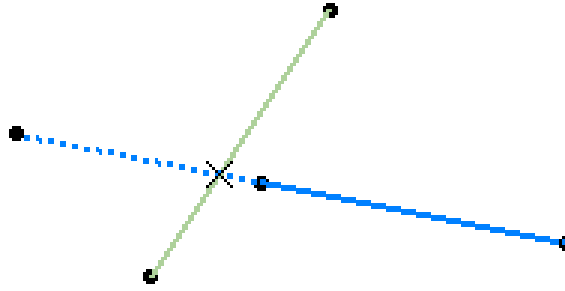


Intersección con extrapolación

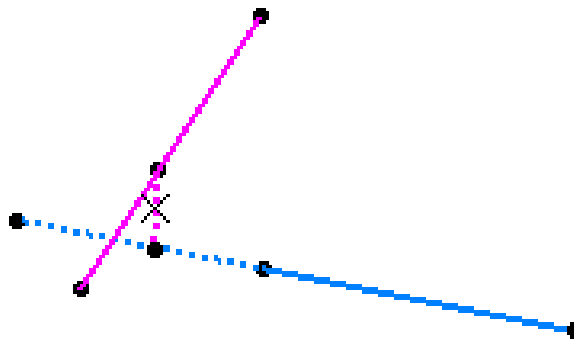
- *Intersect non coplanar line segments* permite realizar una intersección de dos líneas que no se intersecan. Al seleccionar esta opción, las dos opciones de *Extend linear supports for intersection* también se seleccionan.

Ejemplos:

- Intersección entre la línea verde y la línea azul: el punto de intersección se calcula después de la extrapolación de la línea azul.



- Intersección entre la línea rosa y la línea azul: la intersección se calcula como el punto medio de la distancia mínima entre las dos líneas.



Recomendaciones de CATIA:

- Si selecciona un *body* (cuerpo) o un *hybrid body* (cuerpo híbrido) que contiene tanto elementos alámbricos como elementos sólidos como entrada, sólo los elementos sólidos se tienen en cuenta para calcular la intersección.
- Evite el uso de elementos de entrada que sean tangentes entre sí ya que esto puede dar lugar a inestabilidades geométricas en la zona de tangencia.
- Si la intersección se detiene en un borde y siempre que el borde se pueda combinar con el elemento de intersección (si la distancia es inferior a 0.1 mm), entonces se proyecta sobre el elemento de intersección. La proyección se integra en el resultado de la intersección.

#### 4.5.6. Creación de proyecciones (*Projection*)

Este comando muestra cómo crear geometría proyectando uno o más elementos sobre un soporte o apoyo. La proyección puede ser normal o a lo largo de una dirección.


Puede proyectar:

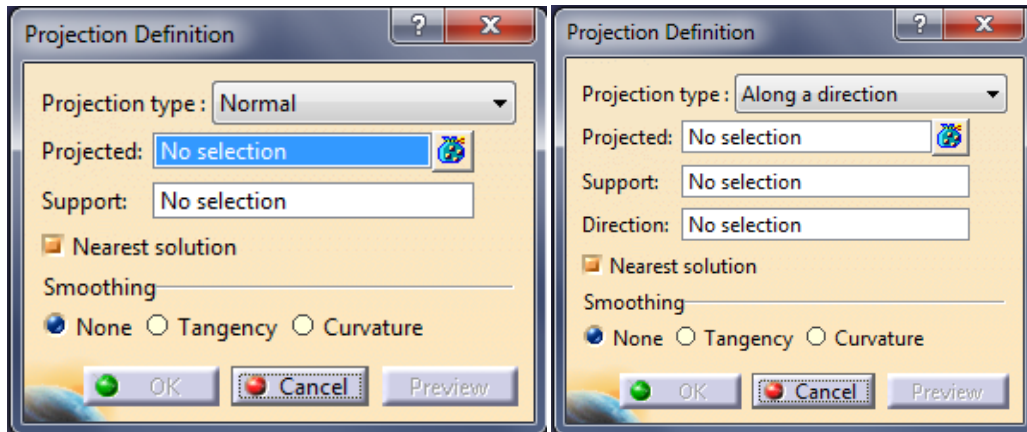
- Un punto sobre una superficie o alambre de apoyo o soporte.
- Geometría alámbrica sobre una superficie de apoyo o soporte.
- Cualquier combinación de puntos y alambres sobre una superficie de apoyo o soporte.

Por lo general, la operación de proyección tiene un efecto derivado, lo que significa que puede haber una pérdida de continuidad cuando se proyecta un elemento sobre otro. Si el elemento inicial presenta continuidad en curvatura, el elemento proyectado resultante presenta al

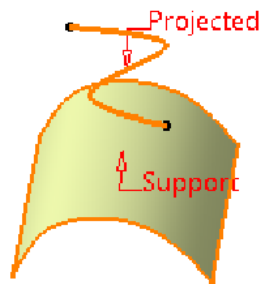
menos continuidad en tangencia. Si el elemento inicial presenta continuidad en tangencia, el elemento proyectado resultante presenta al menos continuidad en posición (en punto).

Abra el modelo [Projection1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

- Haga clic en el comando *Projection*  perteneciente a la barra de herramientas *Curve Creation*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando así como la barra de herramientas *Tools Palette*.

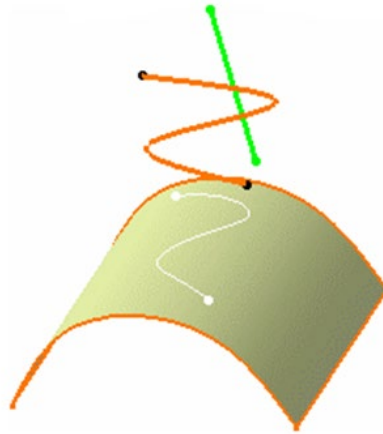


- Seleccione el elemento a ser proyectado e inmediatamente aparecerá su nombre dentro del campo *Projected*.  
Se pueden seleccionar varios elementos a proyectar. En este caso, en el campo *Projected* no aparecerá el nombre de los elementos seleccionados sino que aparecerá el número de elementos seleccionados.
- Seleccione el elemento de apoyo o soporte (*Support*).

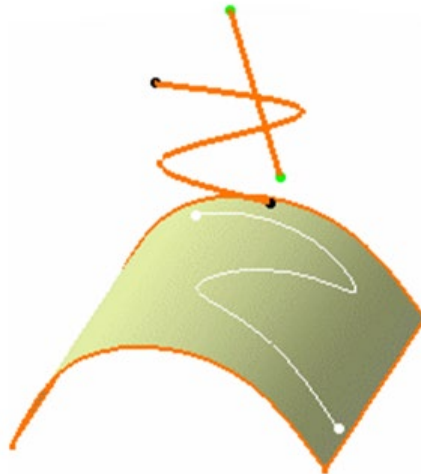


- Use la lista desplegable del campo *Projection type* (tipo de proyección) para especificar el tipo de dirección de la proyección.
  - Normal* (Normal): la proyección se realiza normal al elemento de soporte o apoyo.





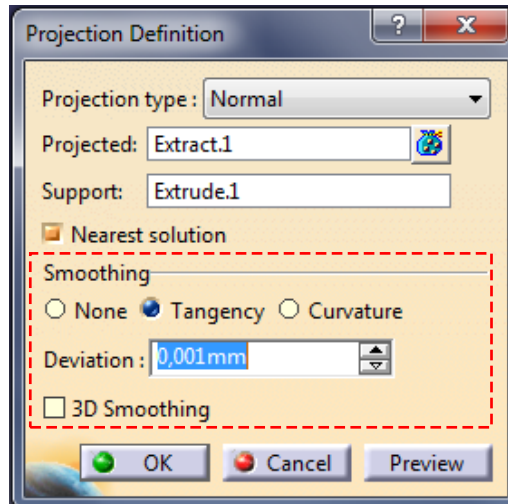
- *Along a direction* (A lo largo de una dirección): es necesario seleccionar una línea para tomar su orientación como la dirección de traslación o un plano para tomar su normal como la dirección de traslación. También se puede especificar la dirección a través de las componentes del vector X, Y, Z utilizando el menú contextual en el campo *Direction* (Dirección).



5. Cuando sean posibles varias proyecciones, se puede activar la casilla *Nearest Solution* dentro del cuadro de diálogo para seleccionar la proyección más cercana. Si dicha casilla no se activa, aparecerá el cuadro de diálogo *Multi-Result Management* para que pueda elegir la solución deseada. Seleccione la opción *Keep all the sub-elements* para tener una solución completa. Si los elementos tienen la misma distancia al soporte, se emite un mensaje de error. Esta distancia corresponde a la distancia máxima entre un punto en el elemento proyectado y su proyección sobre el soporte.
6. Haga clic en *OK* para crear el elemento de proyección. La proyección se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Project.x*.

### Parámetros de suavizado

Se puede suavizar el elemento a ser proyectado seleccionando la opción deseada dentro de la parte de *Smoothing* en el cuadro de diálogo:



- *None* (ninguno): desactiva el resultado de suavización.

Con superficie de apoyo o soporte: el suavizado se realiza de acuerdo a dicho soporte. Como consecuencia, la curva suavizada resultante hereda las discontinuidades del soporte.

- *Tangency* (tangencia): mejora la continuidad actual a continuidad en tangencia.
- *Curvature* (curvatura): mejora la continuidad actual a continuidad en curvatura.
- Puede especificar la desviación máxima para el suavizado G1 (continuidad en tangencia) o el suavizado G2 (continuidad en curvatura) introduciendo un valor o utilizando las flechas situadas a la derecha del campo *Deviation*.

Si el elemento no puede ser suavizado correctamente, se emite un mensaje de advertencia.

Además, una simplificación de la topología se realiza automáticamente para vértices de G2: las celdas con continuidad en curvatura se fusionan.

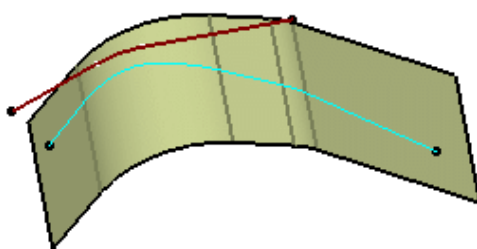
Sólo se suavizan pequeñas discontinuidades con el fin de mantener los vértices afilados de la curva.

Sin superficie de apoyo o soporte:

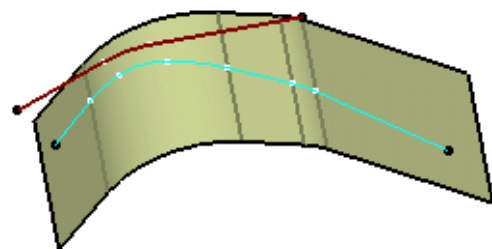
- *3D Smoothing* (suavizado 3D): el suavizado se realiza sin especificar ninguna superficie de apoyo o soporte. Como consecuencia, la curva suavizada resultante tiene una mejor calidad de continuidad y no se establece exactamente en la superficie.

Como consecuencia, puede que tenga que activar la opción *Tolerant laydown* de las opciones generales.

Esta opción sólo está disponible para los tipos de suavizado *Tangency* y *Curvature*.



Resultado con *3D Smoothing* activado



Resultado con *3D Smoothing* desactivado

## 4.6. Domain Creation

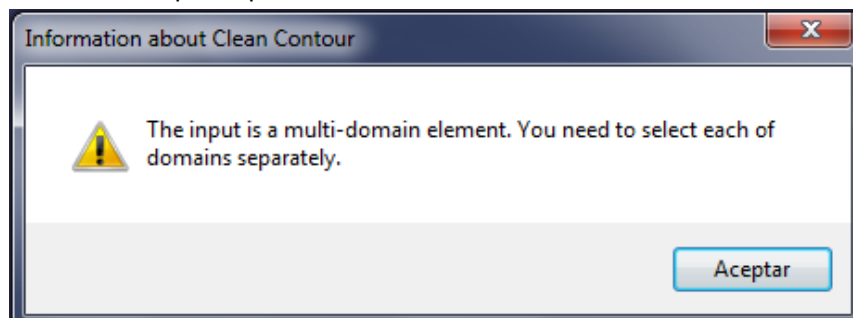
### 4.6.1. Creación de un contorno limpio (*Clean Contour*)

Este comando muestra cómo crear un contorno limpio.

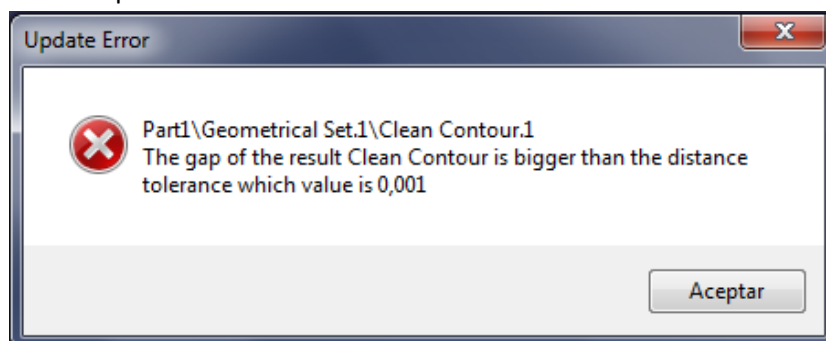
Un contorno limpio se crea a partir de los bordes, aristas o curvas seleccionados, ordenados o no, que están encadenados en un contorno abierto o cerrado:

- Cada elemento de entrada se limpia (se eliminan las rebabas o se recorta).
- Se aplican restricciones de continuidad o fijeza a los elementos que además son tenidas en cuenta durante el proceso de limpieza.
- Después de la creación de la curva de contorno limpia resultante, todas las curvas de entrada se ocultan.
- Es posible crear una curva de referencia (en lugar del elemento) activando el comando *Create Datum* perteneciente a la barra de herramientas *Tools*.
- Los elementos de múltiples dominios no se aceptan como entrada.

Si selecciona un elemento de este tipo, por ejemplo un elemento *Adjusted Node.x*, se mostrará el siguiente mensaje que le solicita seleccionar cada sub-elemento o elemento secundario por separado.



- Puede que sea imposible crear un contorno cerrado de las curvas de entrada:

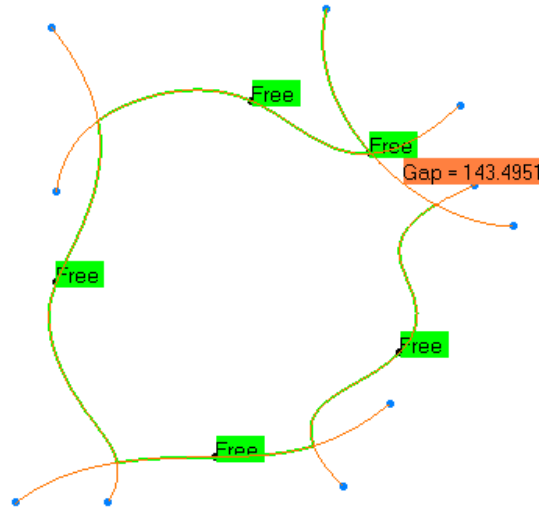


En ese caso, tiene que desactivar la casilla del cuadro de diálogo *Closed Contour* (contorno cerrado).

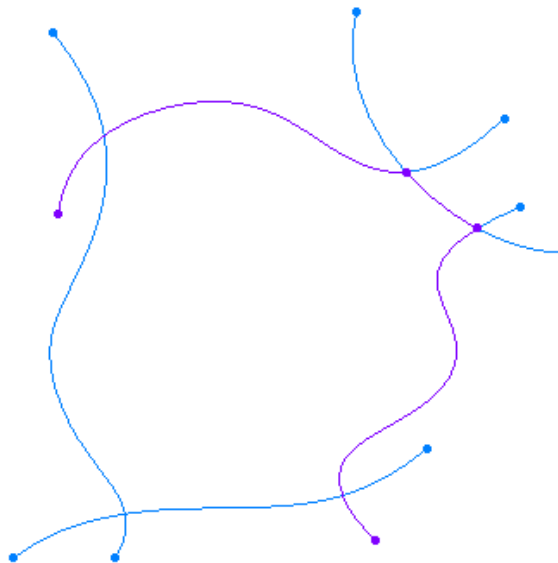
- Ya no es posible crear un contorno limpio de múltiples dominios.

El comando *Clean Contour* establece el orden de encadenamiento de las curvas para crear un contorno. En algunos casos (especialmente con curvas largas), el encadenamiento puede conducir a un resultado inesperado. Puede que tenga que cortar curvas, bordes o aristas con el fin de resolver esta incompatibilidad de encadenamiento. Para más información vea el apartado correspondiente al comando *Curves Slice*.

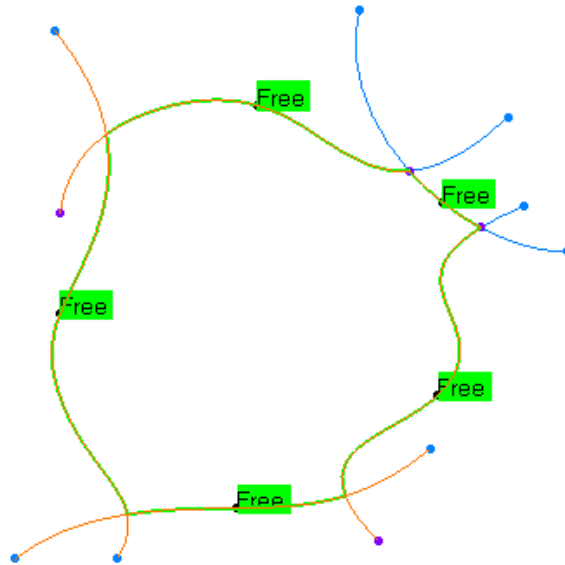
- Curvas originales: contorno limpio imposible



- Curvas cortadas

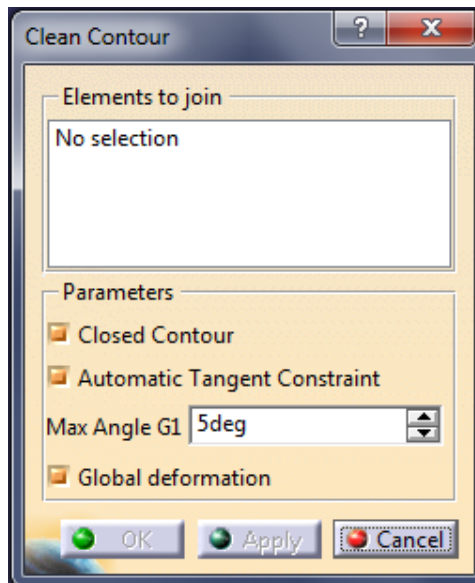


- Contorno limpio



Abra el modelo [CleanContour1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

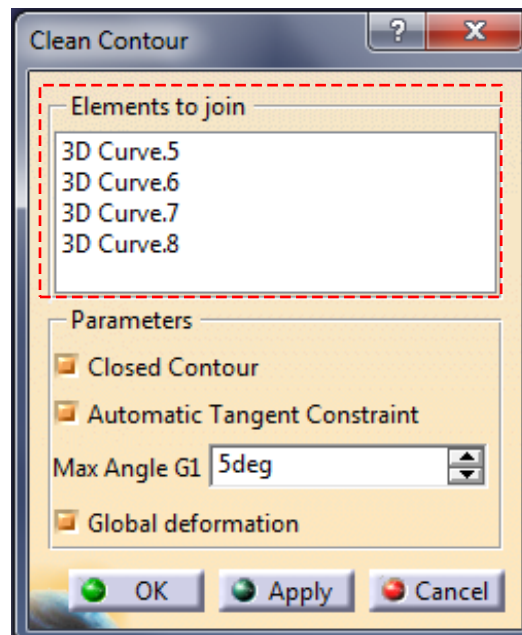
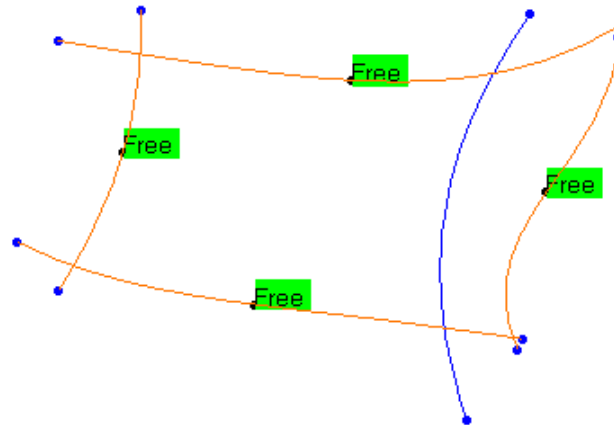
1. Haga clic en el comando *Clean Contour*  perteneciente a la barra de herramientas *Domain Creation*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.



De forma predeterminada, las casillas *Closed Contour*, *Automatic Tangent Constraint* y *Global deformation* vienen activadas.

Su estado es modal.

2. Seleccione las curvas. Las restricciones predeterminadas se muestran en cada curva. Las curvas se muestran en el cuadro de diálogo:



3. Cambie la restricción en una curva haciendo clic en el texto o mediante el menú contextual:



Las condiciones de restricción predeterminadas para un contorno limpio son:

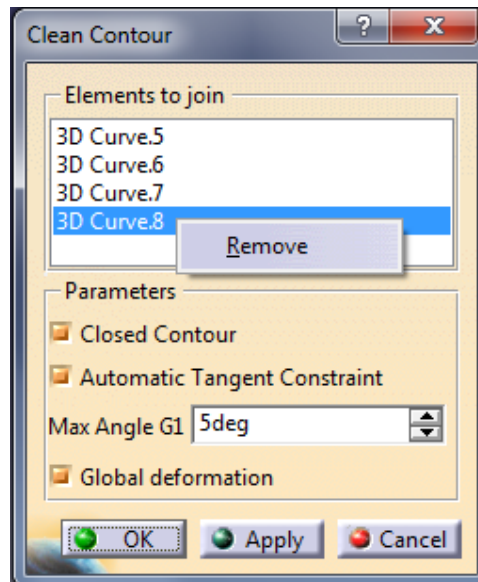
- Si la curva de entrada es el límite o el contorno de una superficie o una curva soportada directamente o indirectamente por una superficie, la restricción predeterminada es de tipo *Fixed* (fija). Esto es editable.
- Para todas las demás curvas de entrada, la restricción predeterminada es de tipo *Free* (libre).

Si desea reemplazar una curva por otra, seleccione la curva a reemplazar y después seleccione la nueva curva.

Hay varias maneras de modificar la lista de los elementos seleccionados:

- Primer método:
  - a. Seleccione el nombre de la curva que desea eliminar en la lista de los elementos seleccionados en el cuadro de diálogo.
  - b. Abra el menú contextual y haga clic en *Remove* (quitar).

La curva se elimina de la lista y ya no estará resaltada en la zona gráfica. Esto es útil cuando la curva a eliminar es demasiado corta para ser seleccionada gráficamente.

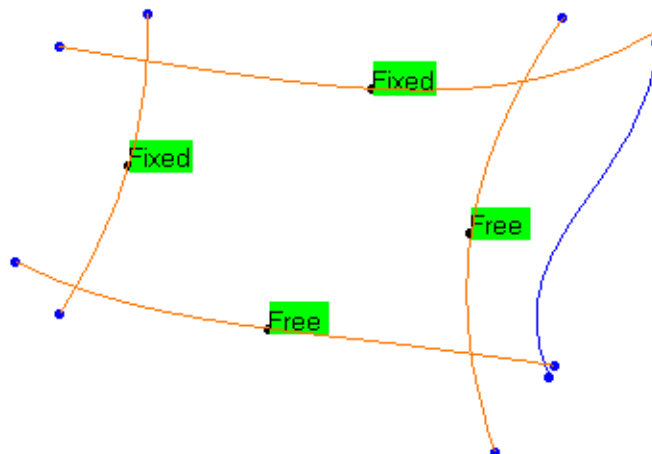


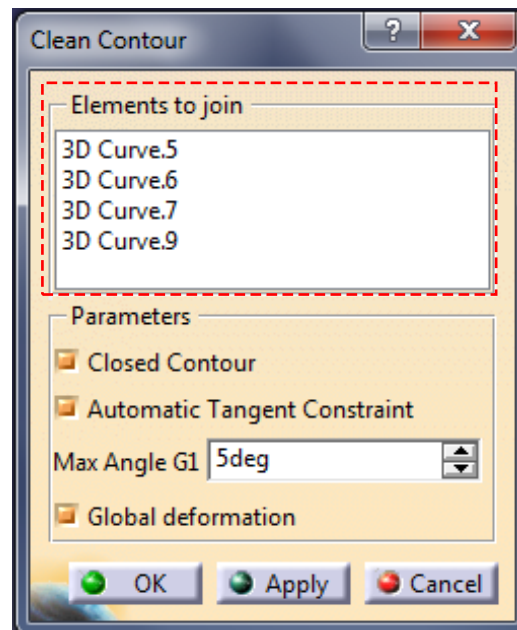
- Segundo método:
  - a. Utilice la función *Undo* (deshacer)/*Redo* (rehacer) para anular la selección de las curvas que haya seleccionado previamente.
- Tercer método:
  - a. Seleccione la curva en la zona gráfica.

Dicha curva se elimina de la lista del cuadro de diálogo y ya no estará resaltada en la zona gráfica.

Si es necesario, puede elegir más curvas para completar la selección. El cuadro de diálogo se actualiza en consecuencia:

Por ejemplo, a continuación se muestra el caso en el que *3D Curve.8* ha sido reemplazada por *3D Curve.9*:





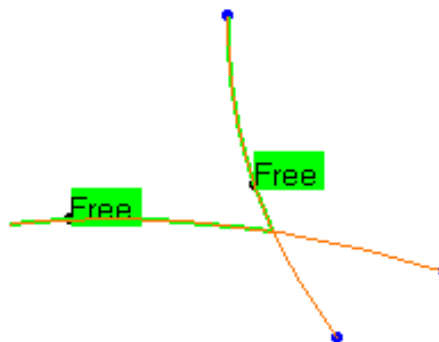
El método *Undo/Redo* ya no está disponible una vez que haya utilizado uno de los otros dos métodos.

El cálculo del contorno limpio se basa en la distancia mínima de las curvas.

La deformación permitida no podrá superar el tamaño del agujero.

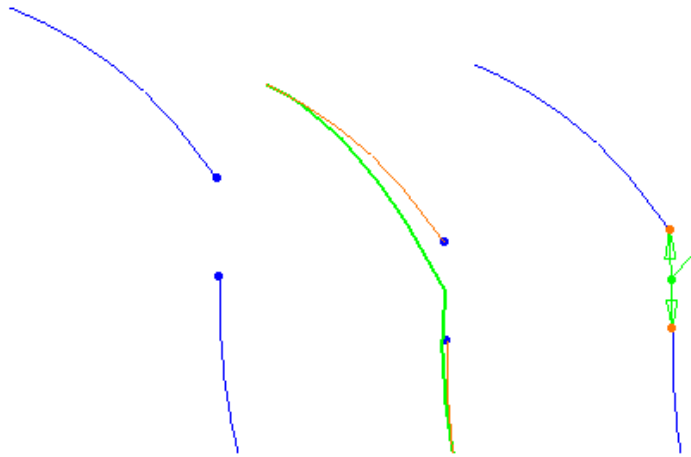
Se da prioridad a la restricción paramétrica sobre la deformación.

- Si los puntos de la distancia mínima entre dos curvas no son puntos finales (extremos) de las curvas, las curvas están restringidas.

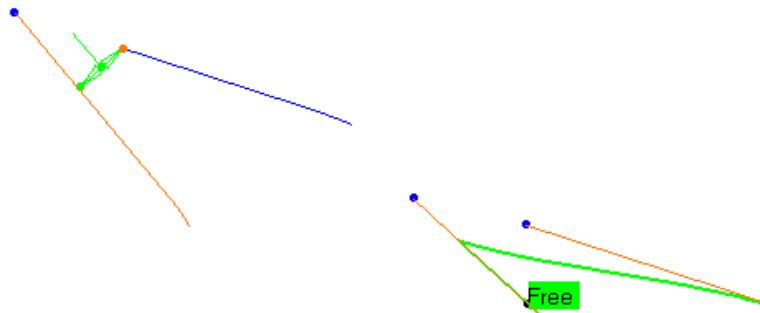


- Si los puntos de la distancia mínima entre dos curvas son puntos finales (extremos) de las curvas, un punto se calcula en el segmento correspondiente a esa distancia mínima, ponderado por la longitud de cada curva:

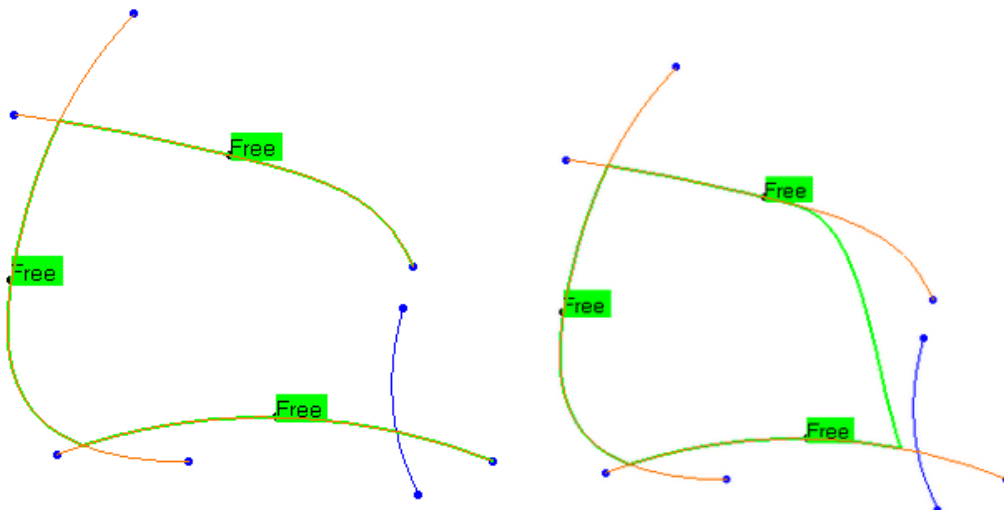




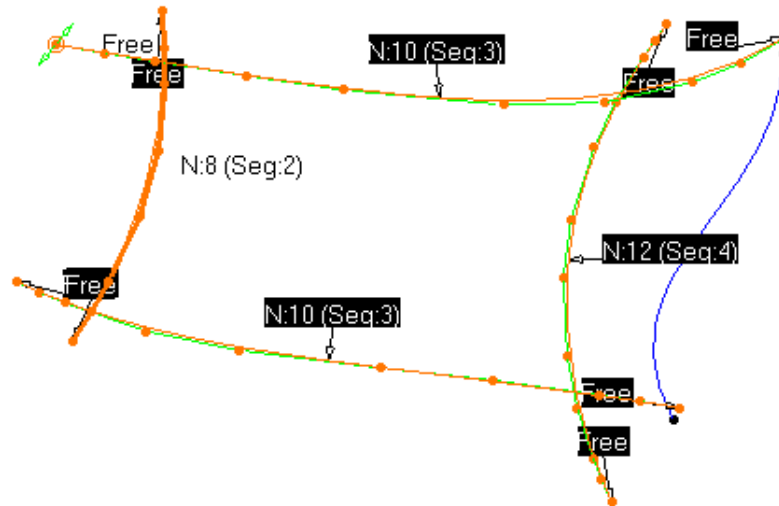
- Si sólo un punto final (extremo) de una curva es un punto de distancia mínima, este punto final se mueve hasta el punto de distancia mínima en la otra curva.



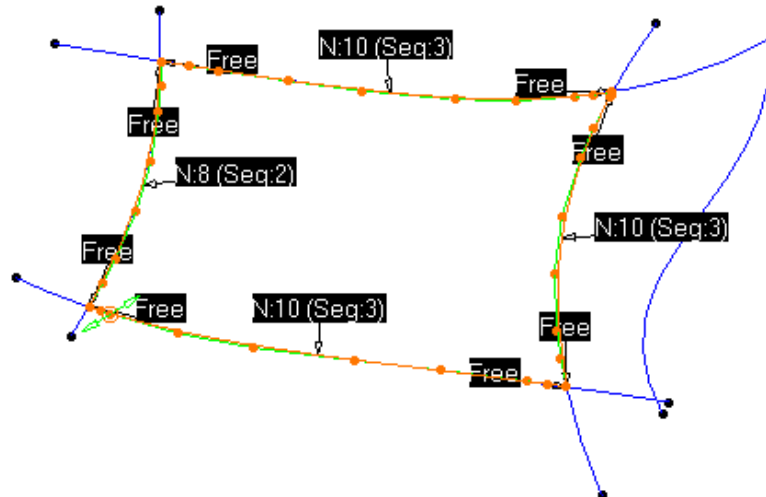
4. Si está seleccionada, la casilla *Closed Contour* cierra el contorno, de acuerdo con las reglas anteriores:



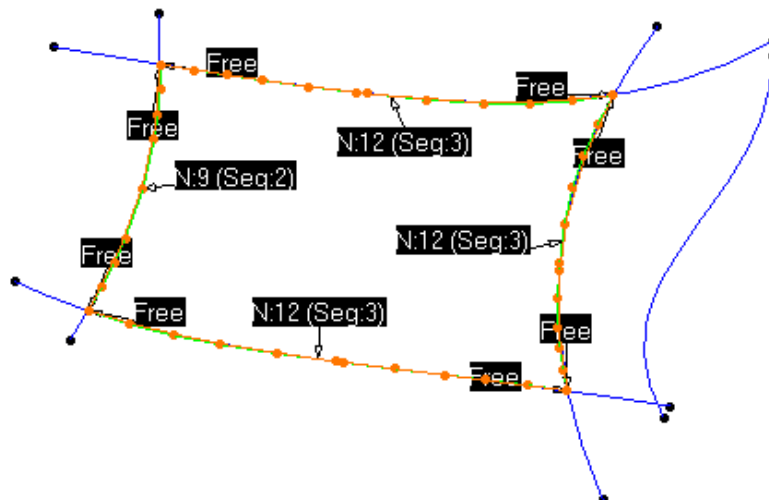
5. Si está seleccionada, la casilla *Automatic Tangent Constraint* obliga a una restricción de tangencia en los puntos finales (extremos) de la curva cuando el ángulo de las tangentes en esos extremos es menor que el valor de *Max Angle G1*.
6. Las curvas se deforman para lograr un contorno limpio:
- La casilla *Global deformation* viene seleccionada por defecto. Su estado es modal.  
Curvas de entrada:



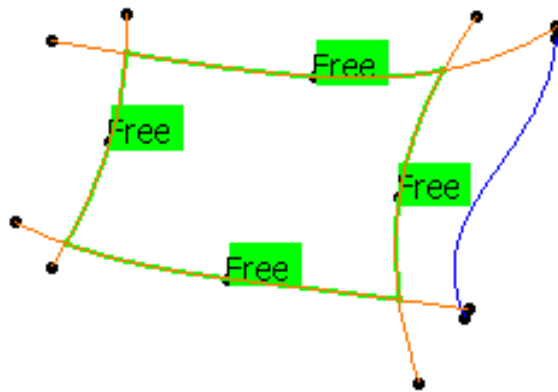
- Si se selecciona la casilla *Global deformation*, la deformación se distribuye de manera más uniforme en todas las curvas. El grado y la estructura de las curvas se mantienen.



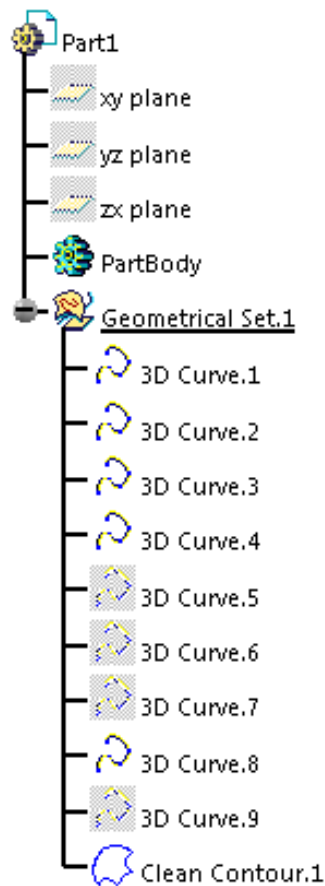
- Si no se selecciona la casilla *Global deformation*, la deformación es local y no se distribuye a lo largo de todas las curvas.



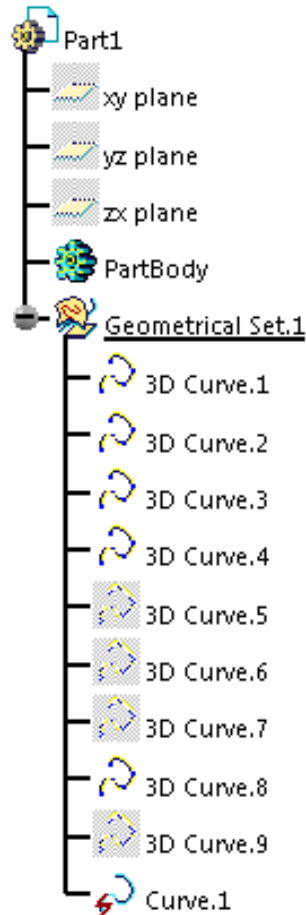
7. Haga clic en *Apply*: un contorno limpio propuesto se muestra en color verde.




8. Haga clic en *OK* para validar. Un contorno limpio se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Clean Contour.x* y las curvas de entrada pasarán a estar ocultas.



En el modo *Datum*, se creará un elemento bajo el nombre *Curve.x*.



#### 4.6.2. Creación de una red de curvas (*Curves Network*)

Este comando muestra cómo crear una red de curvas restringidas para ser utilizada en el comando *Surfaces Network* .

En un primer paso, usted debe haber creado curvas características sobre la nube.

Estas curvas son a menudo aproximadas y requieren cierta preparación:

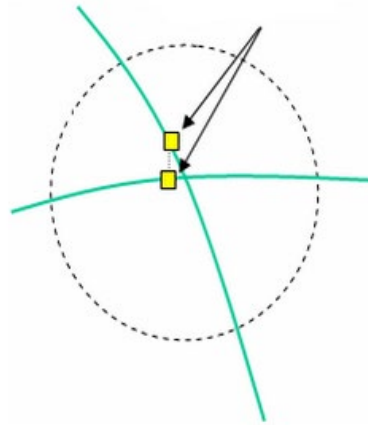
- El comando *Curves Slice* corta las curvas o bordes en varios trozos, de acuerdo con una pseudo-intersección: hay una pseudo-intersección entre dos curvas si se intersectan entre sí en la dirección de la vista (pero no realmente), y si la distancia 3D mínima entre ellas en este punto de corte es menor que el parámetro *Max. Distance*.
- Pseudo-intersección de dos curvas en la dirección de la vista:



- En otro punto de vista:



En la siguiente imagen, las flechas apuntan a la distancia mínima entre las dos curvas:

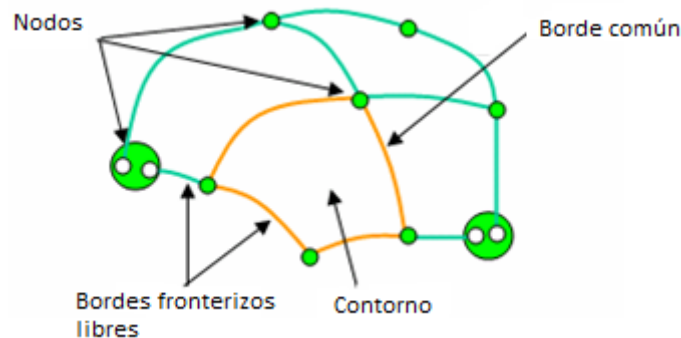


- Quitar las rebabas para eliminar trozos de curva pequeños indeseables, basado en un criterio de longitud mínima (*Min length*).

A continuación, puede crear una red a partir de estas curvas limpias de acuerdo a lo siguiente:

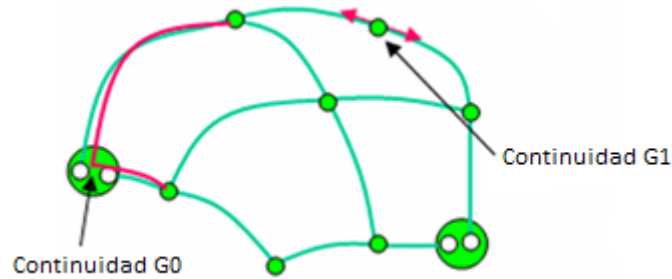
- Una red es un conjunto de contornos cerrados y conectados llamados alambres.
- Un contorno es un conjunto de bordes (aristas) conectados, es necesario que sea cerrado, pero no limitado a 3 o 4 lados.
- Un borde pertenece a un contorno (borde fronterizo libre) o dos contornos (borde común).
- Si no hay bordes fronterizos libres, la red es cerrada.
- Un nodo es el punto de encuentro topológico de dos o más bordes o aristas. Estos bordes pueden pertenecer a contornos diferentes.

Una vez que el comando ha detectado la topología (nodos, contornos, bordes fronterizos libres),




las curvas se adaptan a las restricciones internas de la red tales como:

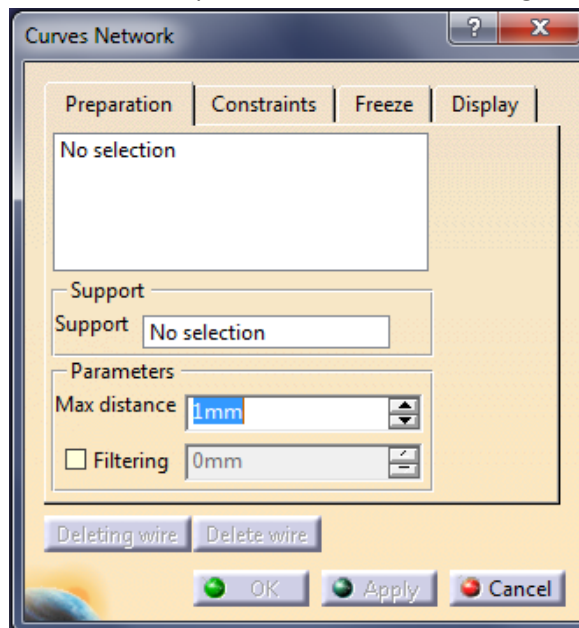
- Restricciones de conexión en los nodos (todos los bordes que terminan en un nodo común deben estar conectados en este punto).



- Restricciones de tangencia entre dos bordes o aristas en un nodo.

Abra el modelo [SurfNetwork.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

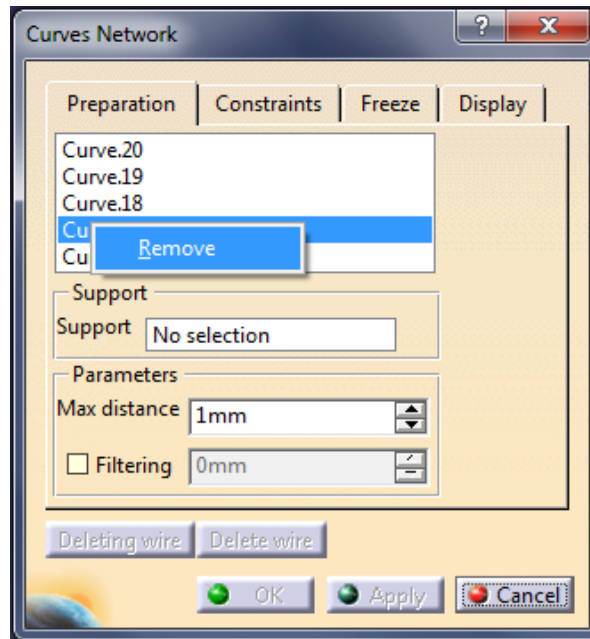
1. Haga clic en el comando *Curves Network*  perteneciente a la barra de herramientas *Domain Creation*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



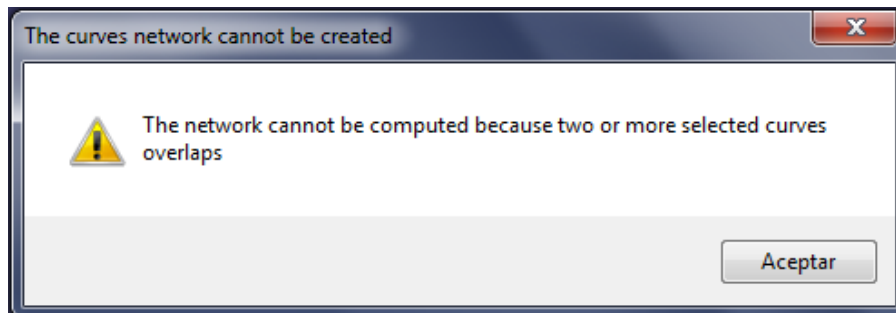
2. Dicho cuadro de diálogo consta de 4 fichas: *Preparation*, *Constraints*, *Freeze* y *Display*. Permanezca en la ficha *Preparation* y seleccione las curvas con las que desee trabajar. Dichas curvas se mostrarán en el cuadro de diálogo.

Puede:

- Seleccionar un contorno limpio (*Clean Contour*), una red de curvas (*Curves Network*) o una unión (*Join*) de curvas, y sus curvas se añadirán a la lista.
- Eliminar una curva de la lista:
  - Seleccione la curva de nuevo en el área gráfica, o
  - Seleccione la curva de nuevo en el árbol de especificaciones, o
  - Seleccione la curva que desea eliminar en la lista del cuadro de diálogo y utilice la acción *Remove* del menú contextual.



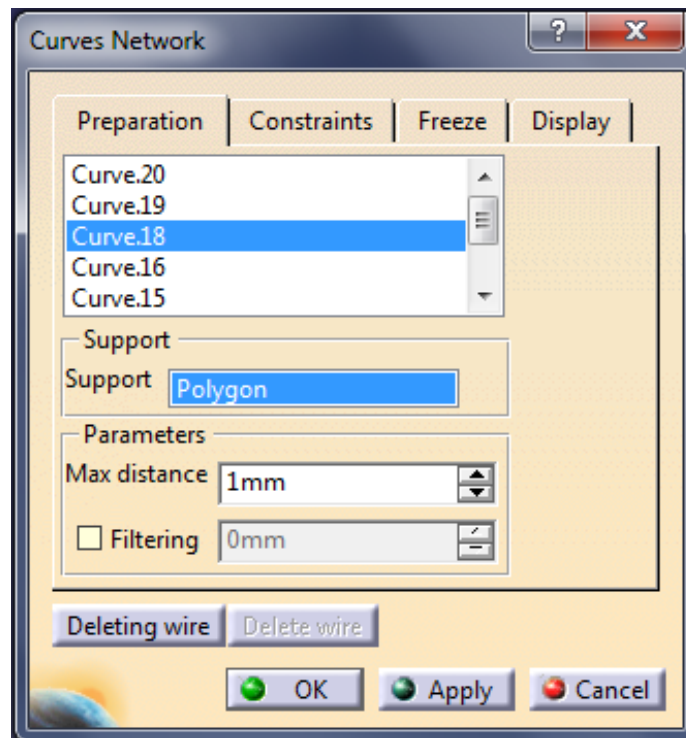
- Seleccione curvas adicionales y se añadirán a la lista.
3. Seleccione la malla como soporte (*Support*). Haga clic en *Apply*.  
Antes de calcular la red, el comando busca curvas superpuestas. Si detecta alguna curva superpuesta, se muestra un mensaje:



Las curvas superpuestas se muestran en color magenta:



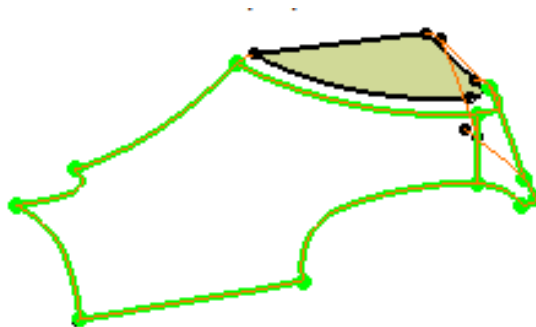
Los alambres se calculan y se muestran. El botón *Deleting wire* pasa a estar disponible.



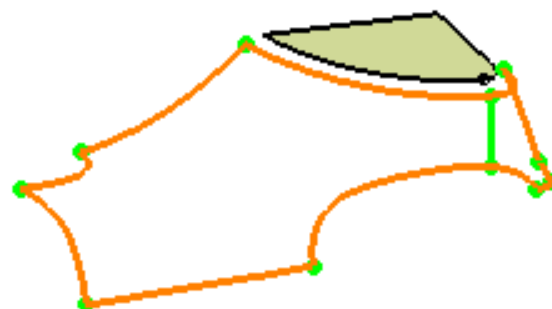
Se crea un alambre en cada contorno de curvas, además de uno grande en el contorno formado por las curvas externas ya que la red se considera cerrada por defecto.

Si la red no forma un volumen cerrado, por lo general no necesita este gran alambre (que crearía una superficie adicional a medida que crea superficies de la red de curvas).

De la misma manera, puede eliminar los alambres correspondientes a los agujeros en la pieza.

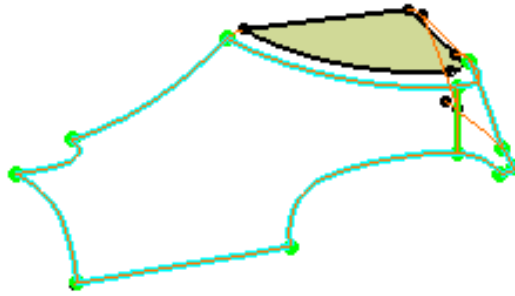


4. Haga clic en *Deleting wire* para activar la selección de alambre. El gran alambre se resalta y el botón *Delete wire* pasa a estar disponible.

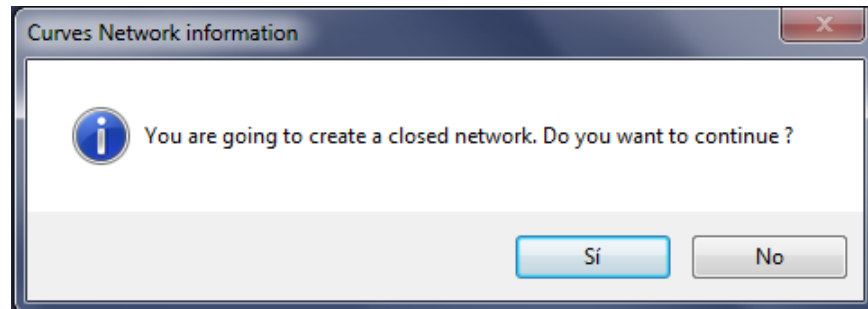




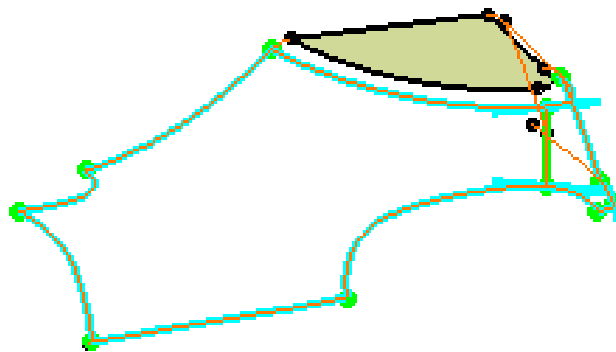
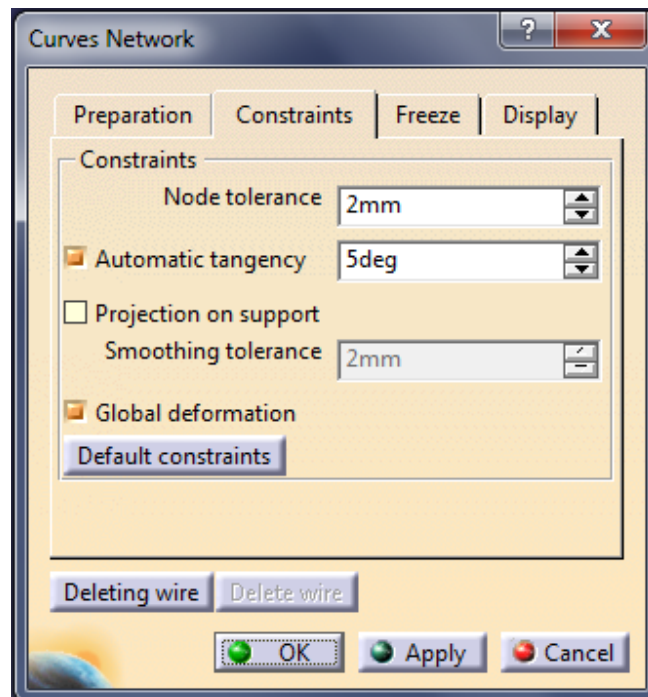
5. Haga clic en *Delete wire* para eliminar este alambre.



- En los casos en los que desee crear una superficie en una red de curvas con un agujero en ella, es decir, sin necesidad de rellenar uno o varios alambres, utilice el botón *Deleting wire* para activar la selección de alambre, seleccione el alambre escogiendo dos de sus bordes o aristas y haga clic en *Delete wire*.
- Si no elimina el alambre grande, aparecerá un mensaje de información cuando haga clic en *OK*.



- Los parámetros *Max Distance* (Distancia máxima) y *Filtering* (Filtrado) son los utilizados en el comando *Curves Slice*.
6. Vaya a la ficha *Constraints* para definir las restricciones. Se destacan las restricciones existentes, como un punto verde para las restricciones de continuidad en los nodos, como una línea azul para las restricciones de tangencia, como una curva roja para las curvas congeladas.



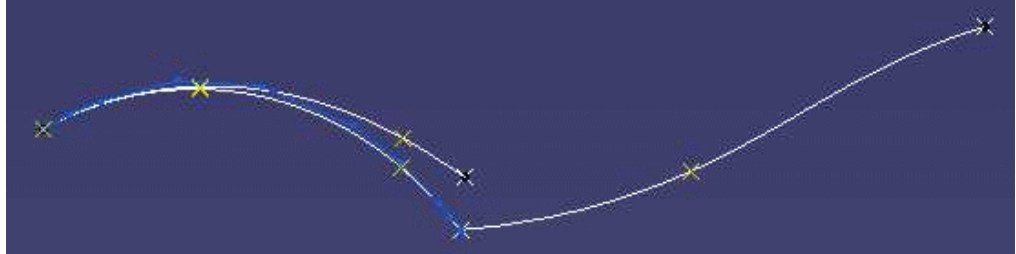
- Las restricciones se aplican globalmente en toda la red.
  - Las restricciones de continuidad en los nodos son implícitas y no se pueden eliminar.
7. El campo *Node tolerance* (tolerancia de nodo) define la distancia máxima entre los bordes extremos a considerar estos bordes conectados en un nodo. Puede modificar este valor, pero no puede ser menor que el parámetro *Max distance* (máxima distancia).  
La tolerancia de nodo se visualiza como una esfera verde cuyo radio es igual a la tolerancia de nodo. El tamaño de esta esfera se actualiza cuando se modifica el valor de la tolerancia de nodo. Puede mover la esfera con el cursor.
  8. Las restricciones de tangencia se activan al seleccionar la casilla *Automatic tangency*. Se puede editar el valor del ángulo de tangencia, pero no olvide hacer clic en *Apply* después de cada modificación.
  9. Seleccione la casilla *Projection on support* para calcular la red de las proyecciones de las curvas en la malla.  
Las curvas proyectadas se suavizan con la tolerancia de suavizado (*Smoothing tolerance*). Este parámetro se puede editar y se aplica a todas las curvas.

10. Puede elegir entre una restricción de deformación global o local (disponible para todos los bordes o aristas deformables).

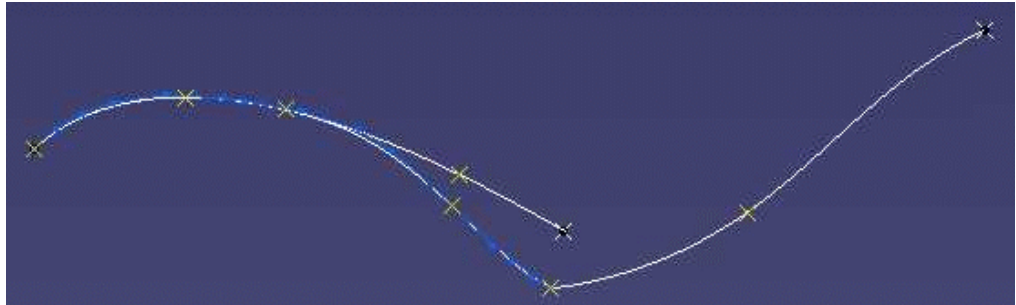
Esta restricción se aplica durante la etapa de adaptación geométrica.

Si se selecciona la casilla de deformación global (*Global deformation*), las deformaciones de los bordes se realizan a lo largo de toda la longitud de los bordes.

- Ejemplo de deformación global:

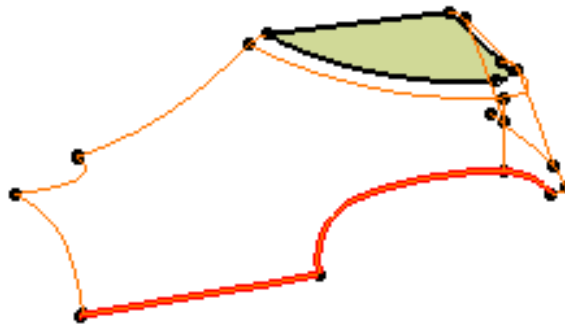


- Ejemplo de deformación local:



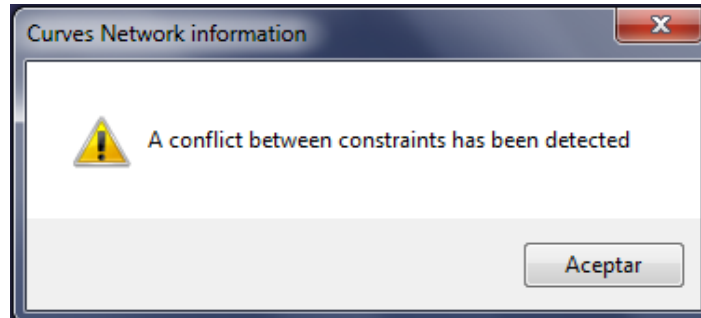
Haga clic en *Default constraints* para volver a las restricciones predeterminadas.

11. Vaya a la ficha *Freeze* para seleccionar las curvas que deben permanecer congeladas.
12. Seleccione una curva a congelar. A continuación se visualizará en rojo en el área gráfica y aparecerá en el cuadro de diálogo de dicha ficha. Haga clic de nuevo sobre ella o utilice *Remove* en el menú contextual para liberarla.

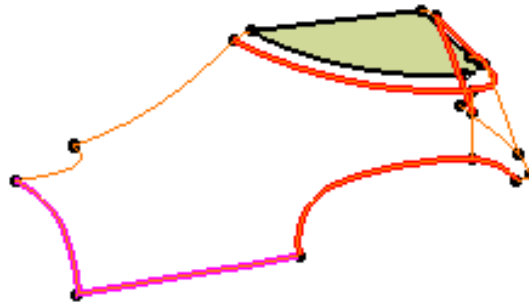


- Sólo se pueden congelar las curvas que hayan sido seleccionadas previamente en la ficha *Preparation*.
- Un borde o una arista de una cara/superficie se congela automáticamente y definitivamente.
- Los bordes fronterizos libres se congelan de forma predeterminada pero se pueden liberar.

- El comando proporciona un solucionador de restricciones para buscar conflictos entre las restricciones.
- Al final de la búsqueda se muestra un mensaje.

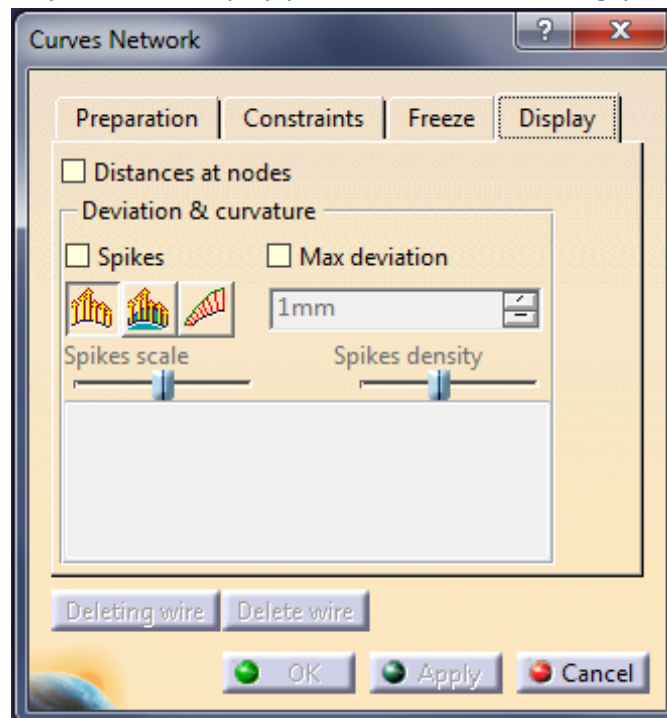


- Una vez que se han seleccionado todas las restricciones, los conflictos se resaltan en color magenta.

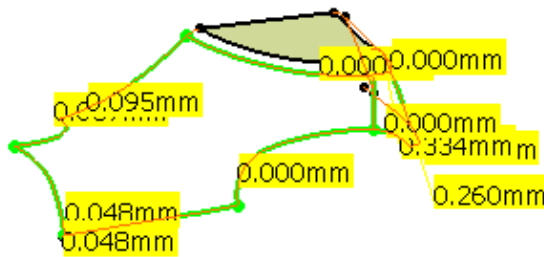


- Modifique las restricciones para resolver los conflictos existentes antes de crear los alambres.

13. Si es necesario, vaya a la ficha *Display* para visualizar defectos o gaps en las curvas.




14. Seleccione la casilla *Distances at nodes* para mostrar la distancia 3D mínima entre dos curvas en su pseudo-intersección.

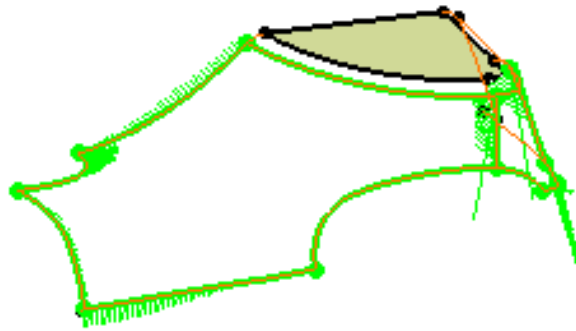



Estas distancias se muestran en amarillo con la excepción de la mayor distancia mínima encontrada que se muestra en negro.

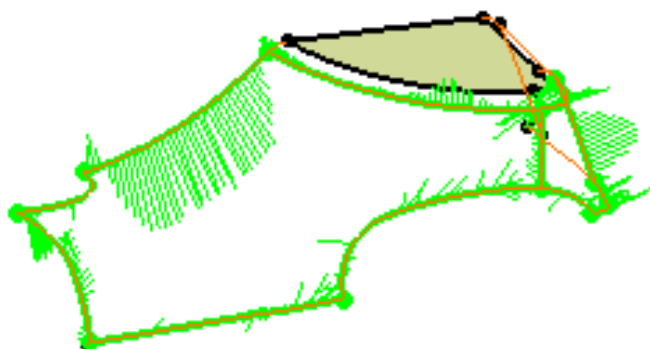
Haga clic en dicha etiqueta negra para actualizar la distancia máxima en la ficha *Preparation* con un valor que tendrá en cuenta todas las pseudo-intersecciones de las curvas.


15. Seleccione la casilla *Spikes* para mostrar los picos de desviación o curvaturas:

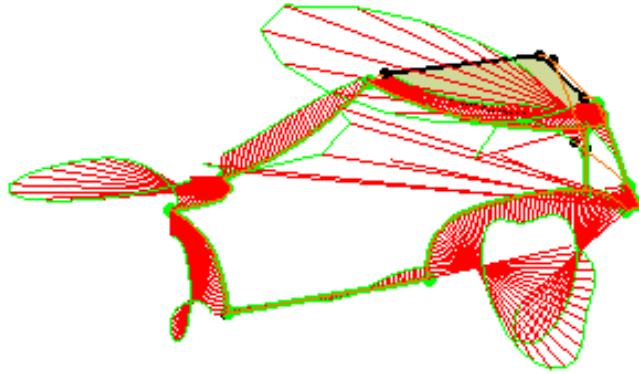
- Haga clic en el icono *Curves-Curves deviation*  para mostrar los picos de desviación entre las curvas de la red y las curvas de entrada.



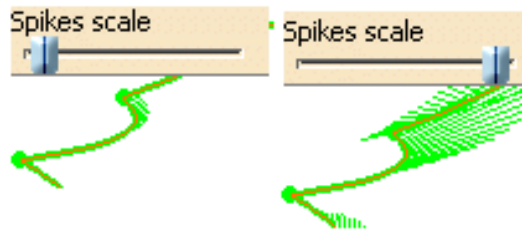
- Haga clic en el icono *Curves-Mesh deviation*  para mostrar los picos de desviación entre las curvas de la red y la malla de soporte.



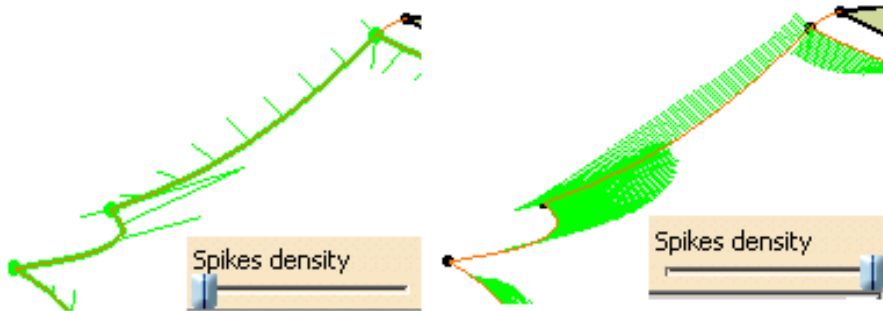
- Haga clic en el icono *Curvature*  para mostrar los picos de curvatura en las curvas de la red. Los picos dentro de la tolerancia se muestran en verde y los picos superiores a la tolerancia se muestran en rojo.




16. Utilice el control deslizante *Spikes scale* para definir el tamaño de los picos:

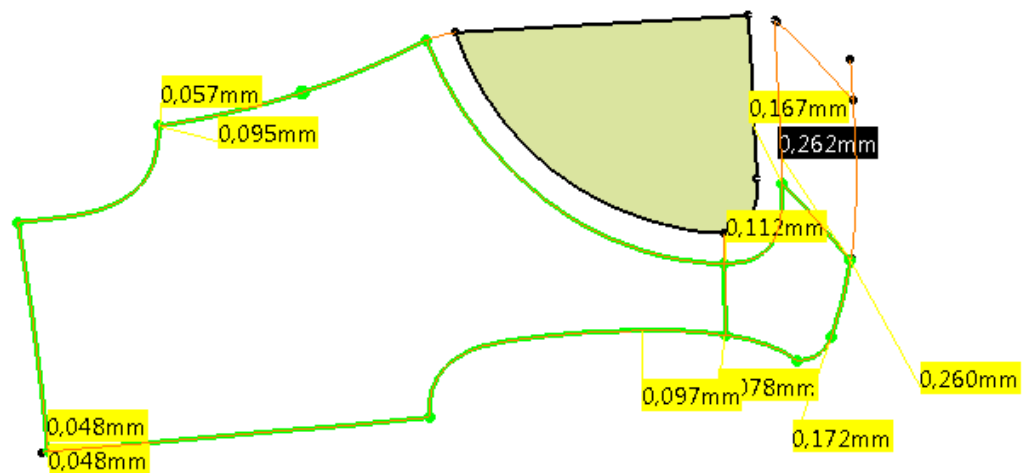



17. Utilice el control deslizante *Spikes density* para definir la densidad de los picos:

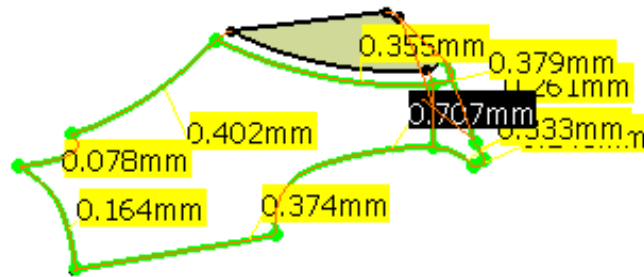


18. Seleccione la casilla *Max deviation* (desviación máxima) y:

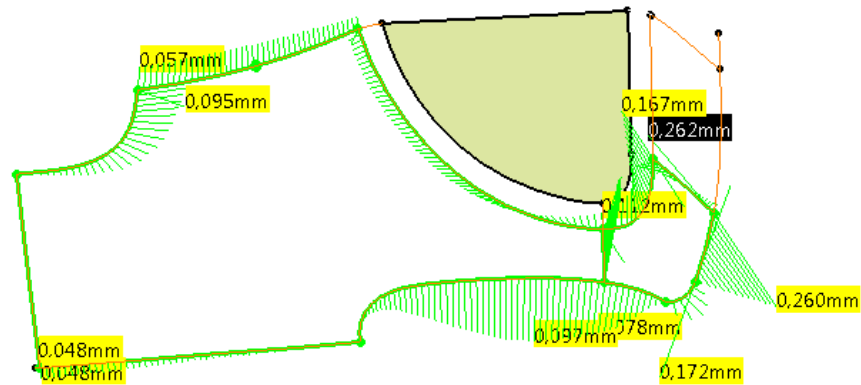
- Haga clic en el icono *Curves-Curves deviation*  para mostrar la desviación máxima entre las curvas de la red y las curvas de entrada.



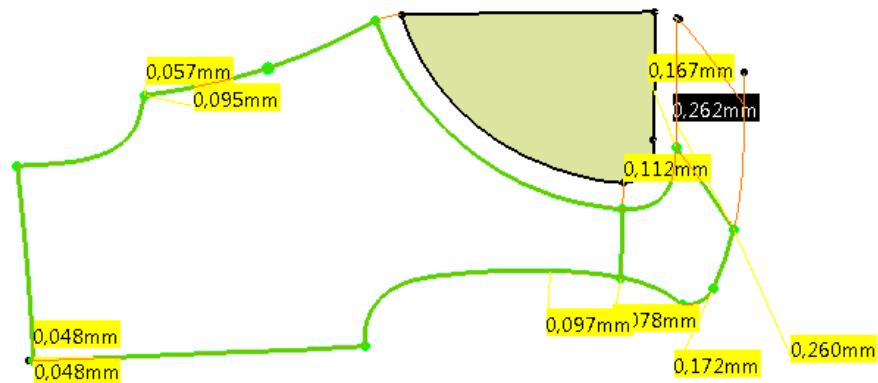
- Haga clic en el icono *Curves-Mesh deviation*  para mostrar los picos de desviación máxima entre las curvas de la red y la malla de soporte.




- Se pueden combinar las casillas de *Spikes* y *Max deviation*.



- Cuando sólo se selecciona la casilla *Max deviation*, se muestra el mayor pico correspondiente.



- La desviación máxima no es relevante para la curvatura .
- Aunque es posible, CATIA recomienda no combinar las casillas *Max deviation* y *Distances at nodes*, ya que sería difícil de leer la información combinada. Es preferible seleccionar dichas casillas de forma alterna.

19. Haga clic en *OK* para validar la red y salir del cuadro de diálogo. La red de curvas se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Curves Network.x*.


## 4.7. Surface Creation

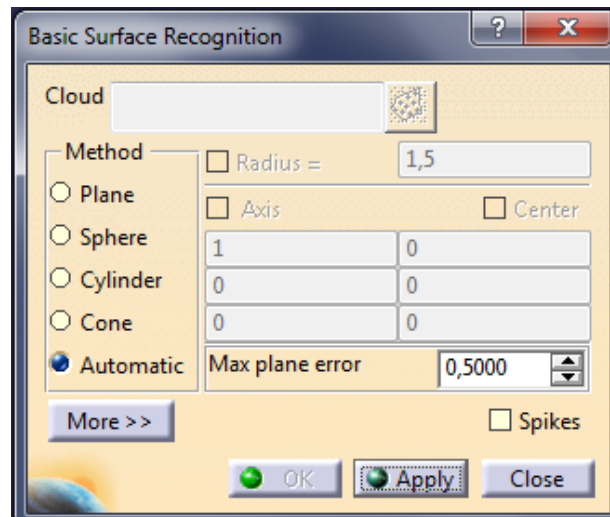
### 4.7.1. Recuperación de superficies básicas (*Basic Surface Recognition*)


Este comando muestra cómo reconocer las formas básicas de una pieza y cómo crear las superficies editables correspondientes:

- En primer lugar, identificar visualmente las partes de la pieza hechas de superficies básicas, es decir, planos, cilindros, esferas, conos.
- Después, activar cada una de las partes por turnos y dejar que la aplicación reconozca y cree la superficie.

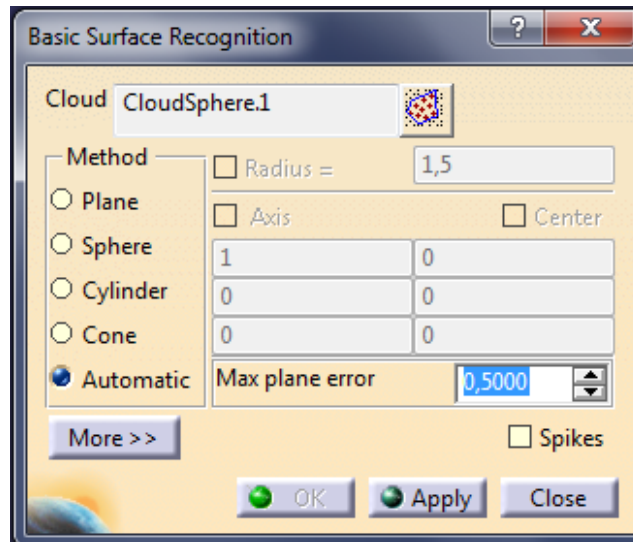
Abra el modelo [Canonic1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).


1. Haga clic en el comando *Basic Surface Recognition*  perteneciente a la barra de herramientas *Surface Creation*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



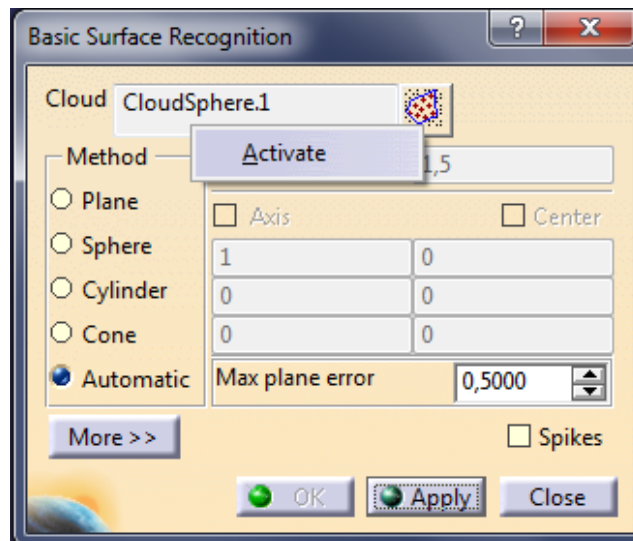
2. Seleccione la nube de puntos o la malla que desee tratar. Su nombre se mostrará en el cuadro de diálogo dentro del campo *Cloud* y el icono del comando *Activate*  situado a la derecha del campo *Cloud* pasará a estar disponible.



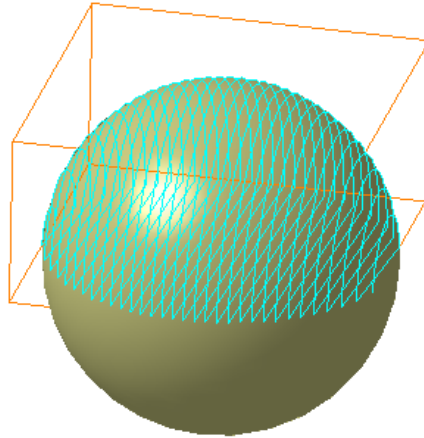


3. Haga clic en *Activate*  y aparecerá el cuadro de diálogo *Activate*. Seleccione el área sobre el que desee trabajar (de la forma indicada en el apartado correspondiente al comando *Activate*) y haga clic en *OK* en el cuadro de diálogo *Activate* cuando haya terminado.

El cuadro de diálogo *Activate* también se puede abrir a través del menú contextual del campo *Cloud*:



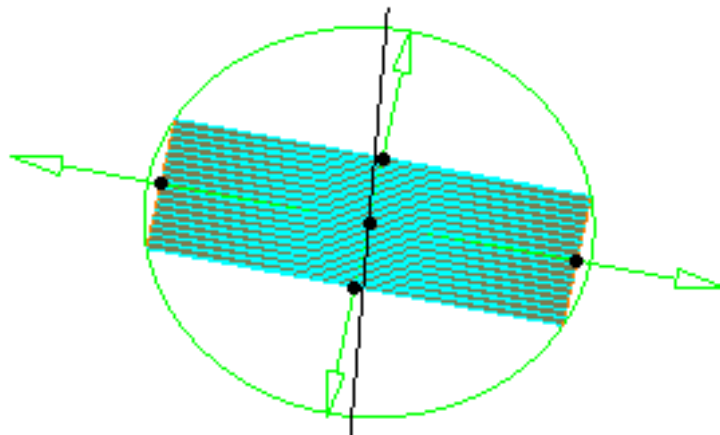
4. Seleccione el tipo de superficie a detectar o haga clic en *Automatic* y en *Apply* para visualizar la forma.



5. Para cada tipo de superficie, puede optar por dejar que la aplicación calcule la superficie o puede establecer algunos datos:
- Para un plano: la normal al plano y su punto de paso.
  - Para una esfera: el centro y el radio.
  - Para un cilindro: el radio, el eje y el centro.
  - Para un cono: ninguno.
  - Para la casilla de verificación automática (*Automatic*): el valor de *Max plane error*.

Estos datos también se muestran en el cuadro de diálogo cuando las superficies son calculadas por la aplicación.

6. Puede activar los campos correspondientes seleccionando sus nombres y editar los valores según sea necesario antes de crear las superficies.
- Si elige un tipo de forma a reconocer, puede editar sus propiedades geométricas (eje, centro y radio) activando las casillas de selección correspondientes e introduciendo nuevos valores.
  - Si la forma reconocida es un plano, puede editarlo gráficamente utilizando los manipuladores de extensión (las flechas) y de rotación (el círculo).

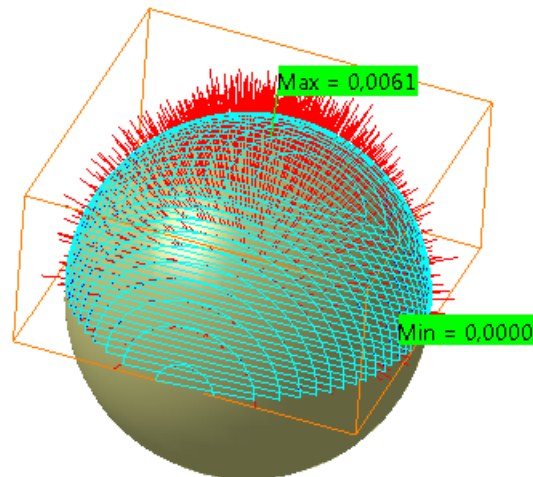


- Si hace clic en *Automatic*, no se pueden modificar directamente las propiedades geométricas de la forma.

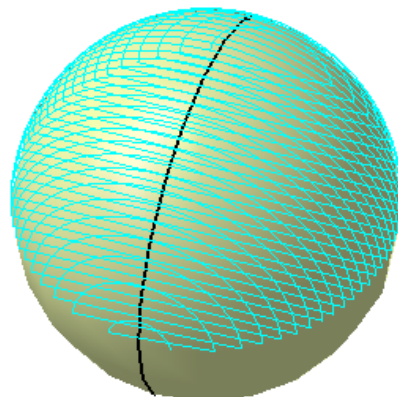
Una vez que la forma ha sido reconocida, seleccione el tipo de forma correspondiente para hacer las correspondientes propiedades editables.

- Haga clic en *Apply* para tener en cuenta esas modificaciones.

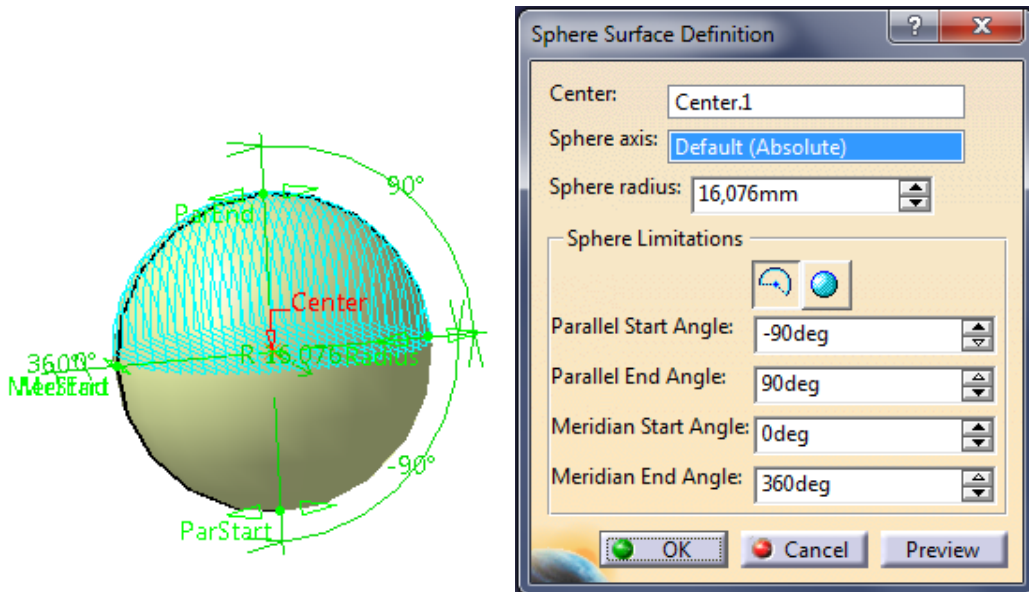
7. Seleccione la casilla *Spikes* para mostrar la desviación entre la superficie canónica y la pieza original.



8. Haga clic en *More>>* para mostrar las estadísticas sobre la acción.
9. Haga clic en *OK* para crear la forma.

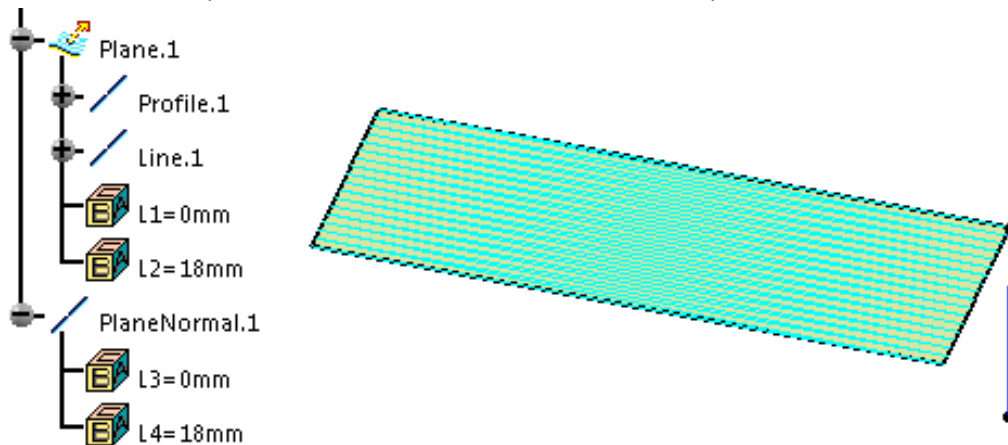


10. Si es necesario, haga doble clic en la forma para editarla:

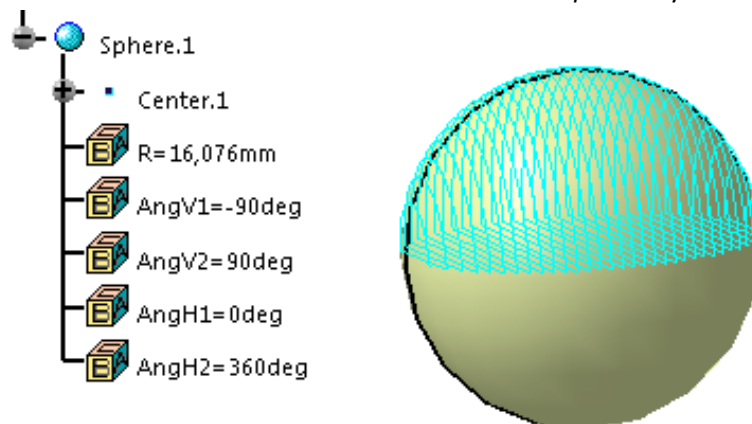


Los siguientes elementos se crean en el árbol de especificaciones:

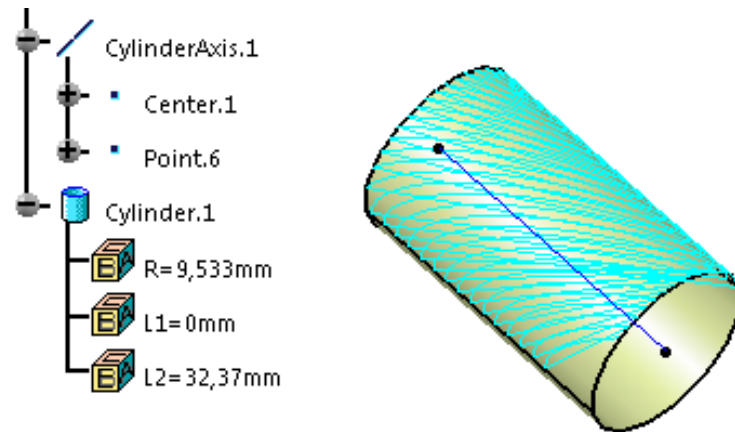
- Para el caso de un plano: se crea un elemento llamado *Plane.x* con sus componentes, y la normal a dicho plano llamada *PlaneNormal.x* con sus componentes.



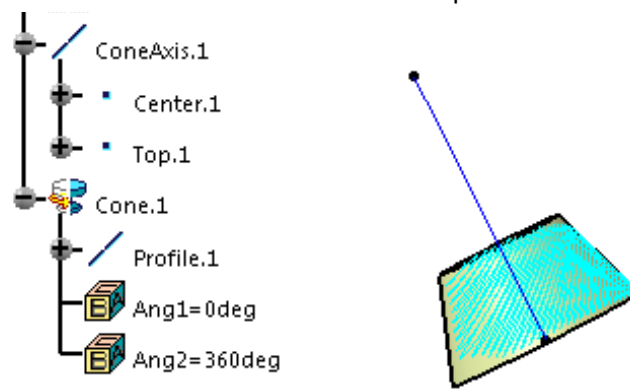
- Para el caso de una esfera: se crea un elemento llamado *Sphere.x* y sus componentes.



- Para el caso de un cilindro: se crea un elemento llamado *Cylinder.x* con sus componentes, y el eje de dicho cilindro llamado *CylinderAxis.x* con sus componentes.



- Para el caso de un cono: se crea un elemento llamado *Cone.x* con sus componentes, y el eje de dicho cono llamado *ConeAxis.x* con sus componentes.




#### 4.7.2. Creación de superficies con Power Fit (*Power Fit*)

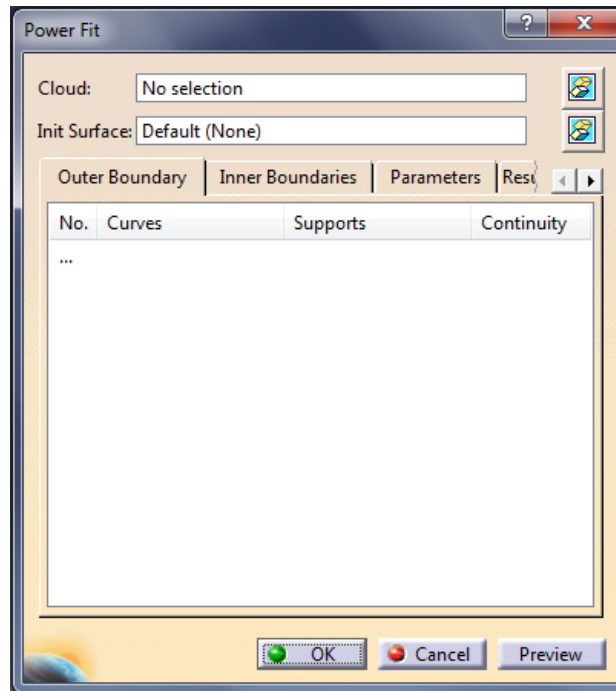
Este comando sirve para crear superficies.

La entrada puede ser una nube (*Cloud*), un contorno exterior (*Outer Boundary*), o ambos. También puede definir contornos o fronteras interiores (*Inner Boundaries*).


Puede seleccionar una superficie inicial o de apoyo (*Init Surface*) para un mejor resultado.

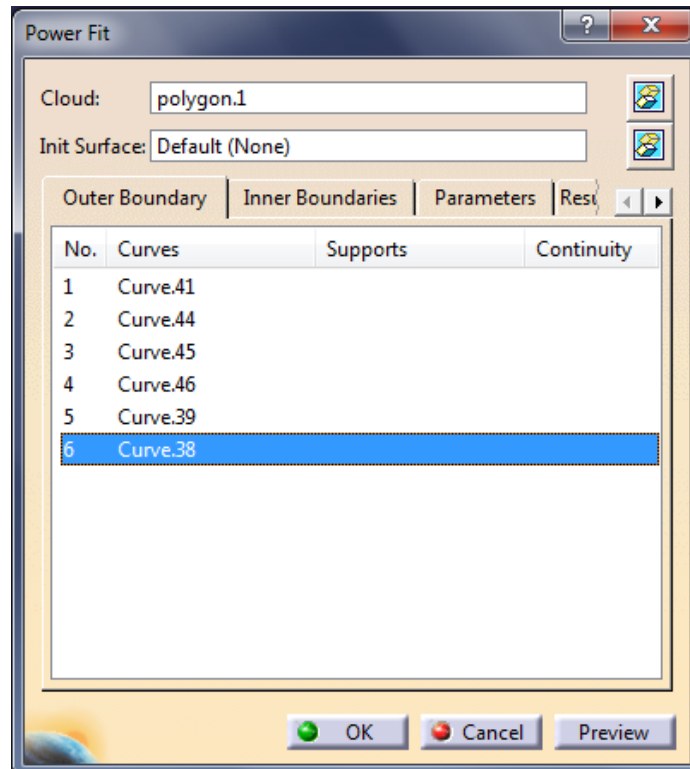
Abra el modelo [PowerFit1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples"). Este modelo consiste en una malla (*polygon.1*) y curvas.

1. Haga clic en el comando *Power Fit*  perteneciente a la barra de herramientas *Surface Creation* y a continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:

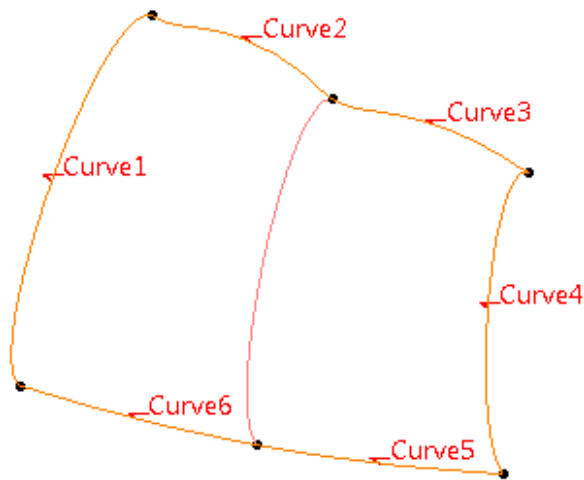


Este comando es modal: los valores utilizados se vuelven a visualizar la próxima vez que abra este cuadro de diálogo.

2. Seleccione la nube (*Cloud*). Puede ser una nube de puntos, o una malla, o una porción de éstas.  
 Sólo se puede procesar una nube o una malla a la vez.  
 El nombre de la nube seleccionada se visualizará en el cuadro de diálogo.  
 Una vez seleccionada, la nube se oculta.
3. Si está trabajando en modo *Datum*:  
 Haga clic en *Activate*  que se ha convertido en activo una vez que haya seleccionado una nube de puntos o una malla, y active la porción de la nube que desea procesar.
4. Seleccione las curvas que formarán el contorno exterior (*Outer Boundary*) y la ficha *Outer Boundary* se actualizará con los nombres de las curvas.



Las curvas se resaltan en el área gráfica.



5. Si es necesario, añada una superficie de apoyo o soporte a una curva. En ese caso, la curva debe estar completamente sobre la superficie que seleccione.

- Seleccione una curva que tiene una superficie de apoyo, o
- Haga clic en una superficie justo después de haber seleccionado una curva, o
- Seleccione una curva ya seleccionada en la lista y haga clic en una superficie en el área gráfica.

La ficha *Outer Boundary* se actualiza:

- Con los nombres de las curvas.
- Con el nombre de su superficie de apoyo o soporte.
- Con el tipo de continuidad a ser aplicada entre la superficie de apoyo y la superficie de salida.


En la columna *Supports* (Apoyos), haga clic con el botón derecho en una curva y seleccione *Remove Support* para eliminar este apoyo.

En la columna *Continuity* (Continuidad), haga clic con el botón derecho en una curva y seleccione *Swap* para cambiar el tipo de continuidad.

6. Si es necesario, coloque el cursor en el campo *Init Surface* y seleccione una superficie para mejorar la superficie resultante, especialmente en las zonas redondeadas.

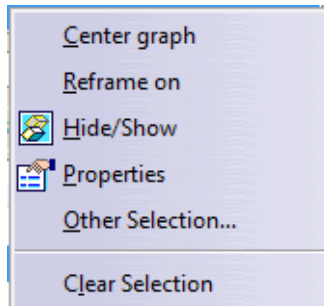
La superficie seleccionada como *Init Surface* debe ser mayor que el dominio a procesar.

Si no selecciona una superficie en el campo *Init Surface*, el comando *Power Fit* calcula una en la dirección de la curva más grande.

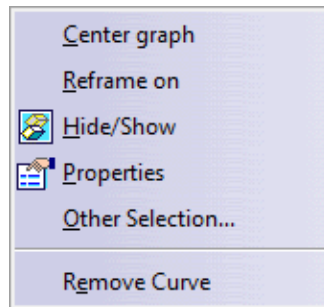
7. Haga clic en el icono *Hide/Show*  para ocultar o mostrar la nube (*Cloud*) o la *Init Surface*.

8. Si es necesario, haga clic con el botón derecho en un elemento seleccionado y utilice su menú contextual para eliminarlo.

Para la nube o la *Init Surface*:

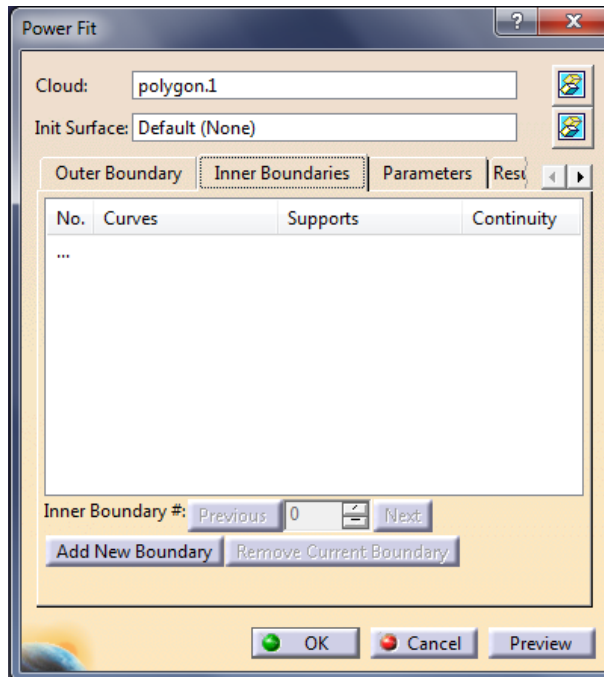


Para una curva:



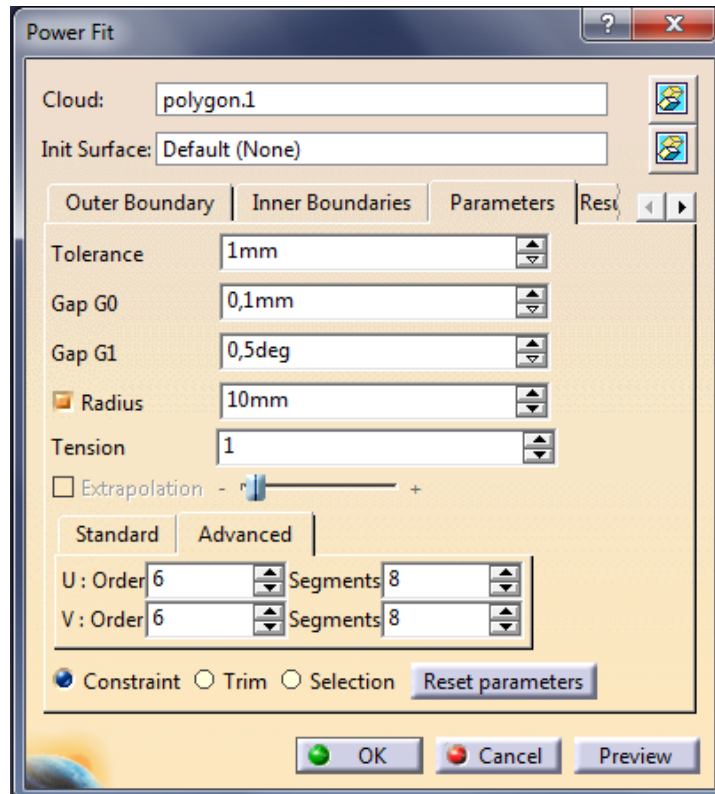
9. Vaya a la ficha *Inner Boundaries* (Contornos interiores).



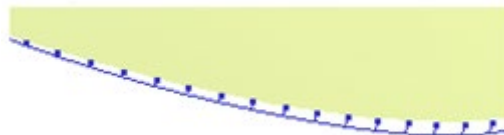


- Haga clic en *Add New Boundary* y seleccione las curvas que formarán este contorno. Puede eliminar una curva, añadir o eliminar un soporte, o cambiar la continuidad como se explicó para la ficha *Outer Boundary*.
- Los contornos interiores y exteriores no pueden intersectarse, ni fusionarse o combinarse, ni ser los mismos.
- Repita para añadir otro contorno. El campo *Inner Boundary #* muestra el número de contorno internos creados. Utilice *Previous* y *Next* para navegar a través de ellos.
- Vaya hasta el contorno requerido y haga clic en *Remove Current Boundary* para eliminarlo.

10. Vaya a la ficha *Parameters* (parámetros).

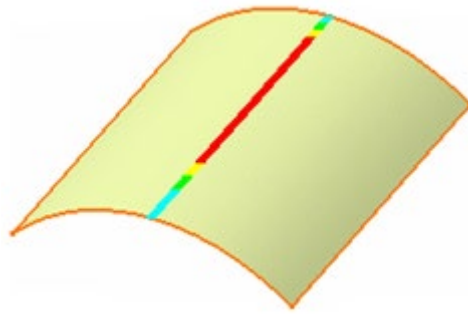


11. Elija el modo en que las curvas de entrada se tienen en cuenta:
  - Como *Constraint* (restricción): la superficie calculada pasará a través de ellas.
  - Como *Trim* (recortar): la superficie se calcula y después se proyectan las curvas sobre ella para recortarla.
  - Como *Selection* (selección): el cálculo se basa en los puntos situados en el interior de las curvas.
12. Introduzca un valor de *Tolerance* (tolerancia), es decir, la desviación media entre la superficie creada y la nube de puntos o malla.  
La desviación real puede ser mayor en algunos lugares. De forma predeterminada, la tolerancia se establece en 1 mm.
13. Teclee el valor de *Gap G0*, es decir, la distancia entre la superficie y las curvas de contorno.



Dado que hay más ruido en los puntos que en las curvas, la tolerancia puede ser mayor que el valor de *Gap G0*. De forma predeterminada, el valor de *Gap G0* se establece en 0.1 mm.

14. Teclee el valor de *Gap G1*, es decir, la tolerancia de tangencia entre dos superficies contiguas (en color azul en la imagen siguiente).



De forma predeterminada, el valor de *Gap G1* se establece en 0.5 grados.

15. Teclee el valor de *Tension* (tensión).

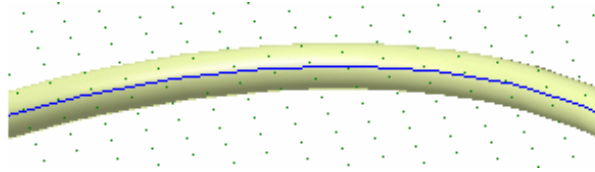
Los valores posibles se encuentran entre 0 y 4. Utilice un valor más alto para una superficie más tensa.

Dado que la forma está restringida por los puntos, el efecto de este parámetro es limitado.

16. Si es necesario, seleccione la casilla *Radius* (radio). Este radio es editable.

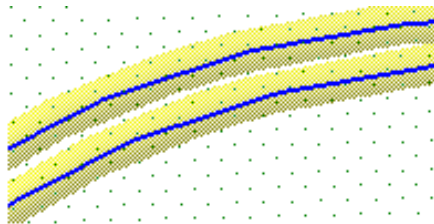
Cuando la nube de puntos es ruidosa, es difícil tener la superficie que va a través de todos los puntos y las curvas (riesgo de ondulaciones).

Se eliminan los puntos dentro de un tubo circular centrado en la curva, y puede que desee establecer el radio de este tubo.



Cuando seleccione esta casilla, aparecerá una esfera azul en el extremo de la primera curva, representando este radio (si ha seleccionado al menos una curva y una nube de puntos o una malla).

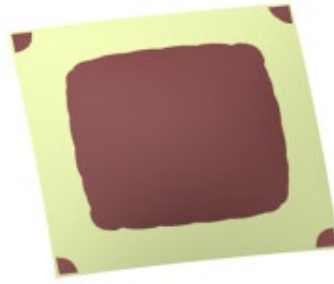
Si dos curvas no están lo suficientemente distantes, se pueden eliminar todos los puntos entre ellas, haciendo imposible el cálculo de la superficie.



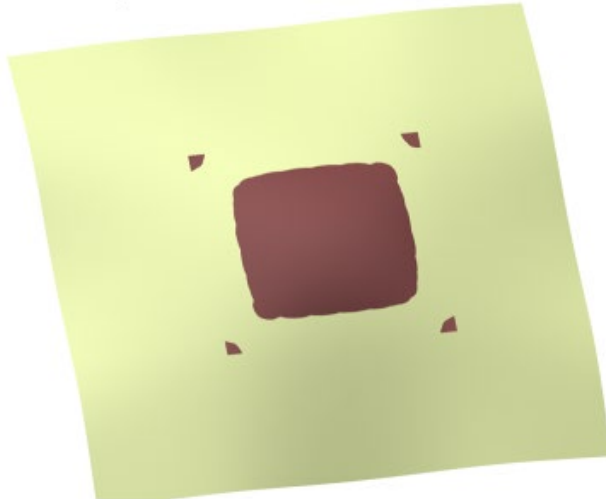
17. Seleccione la casilla *Extrapolation* (extrapolación) y defina su valor con el control deslizante. La casilla *Extrapolation* está disponible si:

- Sólo se ha seleccionado una nube (no *Outer Boundary*).
- Ha seleccionado una nube (*Cloud*) y un contorno exterior (*Outer Boundary*), y la opción *Selection*.

Cuando la casilla *Extrapolation* no está seleccionada:

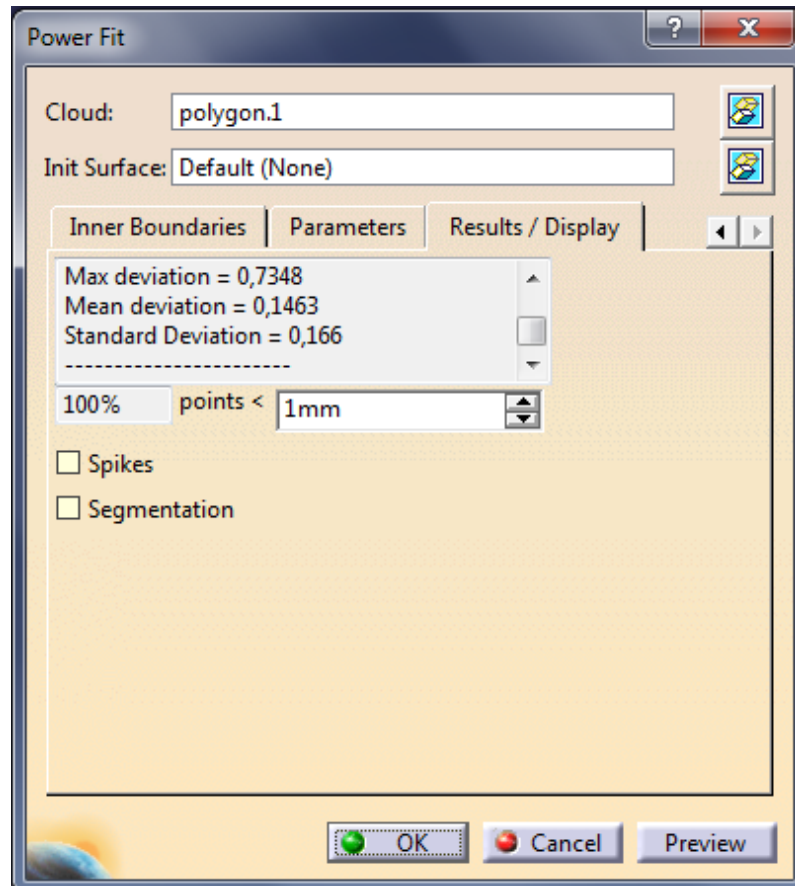


Cuando la casilla *Extrapolation* sí está seleccionada:



Por defecto, la casilla *Extrapolation* no viene seleccionada.

18. En la ficha *Standard* (estándar), teclee el orden (*Order*) y los segmentos (*Segments*) para la superficie resultante.
  - Estos parámetros se aplican globalmente a la superficie calculada.
  - Estos parámetros son valores máximos.
19. Si es necesario, vaya a la ficha *Advanced*, dentro de la ficha *Parameters*. Imponga un orden y un número de segmentos en ambas direcciones U y V. Puede:
  - Teclear el número de segmentos en cada dirección.
  - Teclear el orden de los segmentos en cada dirección.
  - Intercambiar los valores de U y V.
20. Vaya a la ficha *Results/Display* para comprobar las desviaciones.



- Compruebe la información sobre los puntos de los parámetros tenidos en cuenta para el cálculo.
  - La desviación máxima encontrada entre los puntos de la nube y la superficie.
  - La desviación media encontrada entre los puntos de la nube y la superficie. Esta desviación debe ser tan pequeña como sea posible.
  - La desviación estándar, es decir, la dispersión de los puntos alrededor de la desviación media. Una pequeña desviación estándar indica que la mayoría de los puntos se encuentran dentro de la desviación media, es decir, que sólo hay unos pocos valores atípicos.
- Introduzca el valor para el que desea comprobar los puntos de desviación. Cuando entra en el comando por primera vez, el valor es el mismo que el de la tolerancia. Se muestra el porcentaje de puntos bajo la desviación que haya introducido.
- Seleccione la casilla *Spikes* para visualizar las desviaciones como picos de desviación. De forma predeterminada, la casilla *Spikes* no viene seleccionada.
- Seleccione la casilla *Segmentation* para mostrar la segmentación. De forma predeterminada, la casilla *Segmentation* no viene seleccionada.
- Se pueden combinar ambas casillas de verificación.

21. Una vez que esté satisfecho, haga clic en *OK* para validar y salir del cuadro de diálogo.

Se creará un elemento en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Power Fit.x*, que será editable haciendo doble clic sobre él. Además, se actualizará automáticamente si reemplaza la nube por otra, edita los parámetros, o añade, elimina o modifica curvas.


### 4.7.3. Creación de superficies de múltiples secciones (*Multi-sections Surface*)

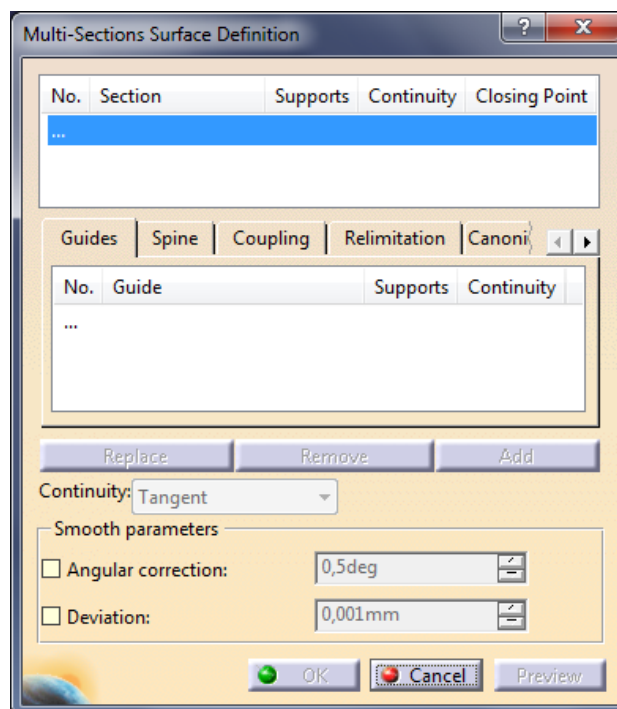
Este comando muestra cómo crear una superficie de múltiples secciones e incluye las siguientes funcionalidades:

- Editar (*Edit*)
- Parámetros de suavizado (*Smooth parameters*)
- Espina (*Spine*)
- Delimitación (*Relimitation*)
- Elemento canónico (*Canonical Element*)
- Emparejamiento (*Coupling*)
- Ley de área (*Area Law*)

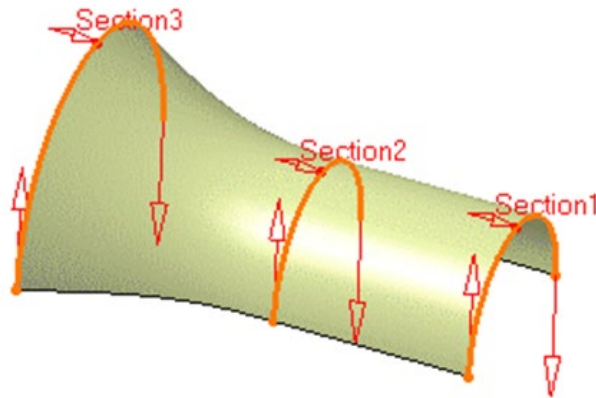
Puede generar una superficie de múltiples secciones con un barrido de dos o más curvas de sección a lo largo de una espina calculada automáticamente o definida por el usuario. La superficie puede estar hecha para respetar una o más curvas guía.

Abra el modelo [Loft1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

1. Haga clic en el comando *Multi-sections Surface*  perteneciente a la barra de herramientas *Surface Creation*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



2. Seleccione una o más curvas de sección plana.  
Las curvas deben ser continuas en posición.  
Puede seleccionar un punto de cierre para una curva de sección cerrada.
3. Se puede seleccionar una superficie de apoyo o soporte para cada curva de sección que esté en un extremo.  
Tenga en cuenta que puede definir un soporte justo después de la selección de la curva sección o haciendo clic en la curva de la lista y seleccionando un soporte. Para ser capaz de seleccionar un soporte, el contorno debe residir completamente en el soporte.  
Estas superficies de apoyo o soportes no deben ser paralelas a las secciones.
4. Seleccione el tipo de continuidad (*Continuity*) para cada superficie de apoyo.  
De forma predeterminada, la continuidad se establece en tangente (*Tangent*).  
El tipo de continuidad se puede modificar a través del cuadro de diálogo, seleccionando la entrada en la lista y modificando el tipo de continuidad en la lista desplegable *Continuity*.
5. Haga clic en *Preview* (vista previa).



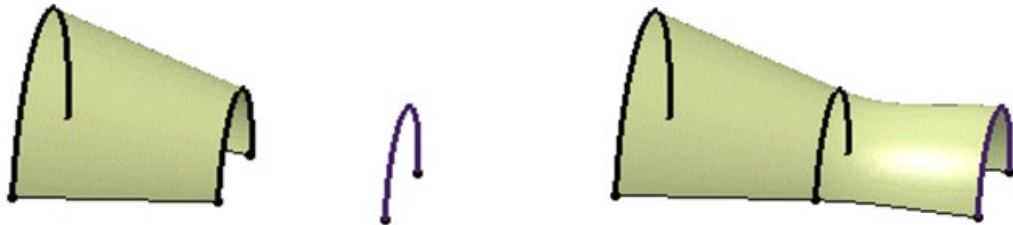
Superficie de múltiples secciones definida por tres secciones planas

- Las secciones pueden ser curvas 3D siempre que la intersección entre un perfil 3D y todas las guías sea coplanaria (si se definen 3 guías o más).
6. Si es necesario, seleccione una o más curvas guía.  
Puede crear una superficie de múltiples secciones mediante una operación de barrido de una curva sección a lo largo de dos curvas guía.  
Las curvas guía deben intersectar cada curva sección y deben ser continuas en posición.  
La primera curva guía será un límite de la superficie de múltiples secciones si interseca el primer extremo de cada curva sección.  
Del mismo modo, la última curva guía será un límite de la superficie de múltiples secciones si interseca el último extremo de cada curva sección.



Superficie de múltiples secciones definida por 2 secciones planas y 2 curvas guía

Puede hacer una superficie de múltiples secciones tangente a una superficie adyacente seleccionando una sección final que se encuentre en la superficie adyacente. En este caso, las guías también deben ser tangentes a la superficie.



Superficie de múltiples secciones tangente a la superficie existente

También puede imponer condiciones de tangencia especificando una dirección para el vector tangente (seleccionando un plano para tomar su normal, por ejemplo). Esto es útil para la creación de piezas que son simétricas con respecto a un plano.

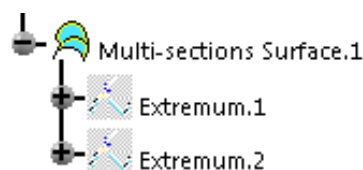
Las condiciones de tangencia pueden imponerse en las dos mitades simétricas.

Del mismo modo, puede imponer una tangencia en cada guía, mediante la selección de una superficie o un plano (la dirección es tangente a la normal del plano). En este caso, las secciones también deben ser tangentes a la superficie.

7. Puede seleccionar el soporte para las curvas guía de las extremidades y seleccionar el tipo de continuidad para cada superficie de apoyo o soporte. De forma predeterminada, la continuidad se establece en tangente (*Tangent*).
8. Haga clic en *OK* para crear la superficie de múltiples secciones.

La superficie se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Multi-sections Surface.x*.

En caso de que una sección esté definida por una curva cerrada, los puntos de los extremos se agregan en el árbol de especificaciones bajo el comando que los ha creado y además se ocultan.

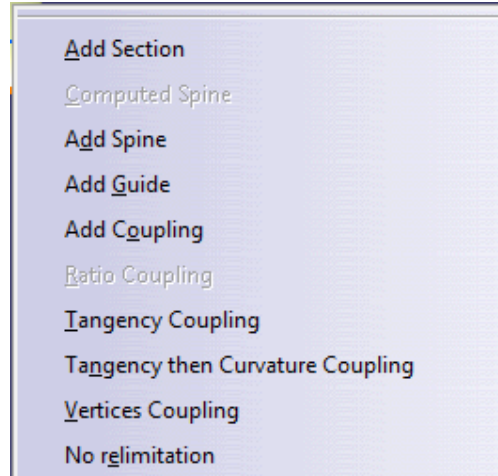




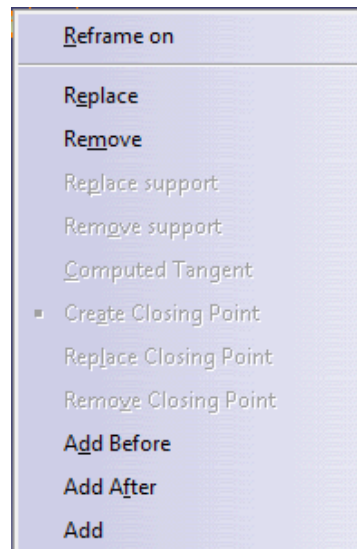
#### 4.7.3.1. Edición de una superficie de múltiples secciones (*Editing a Multi-sections Surface*)

Haga doble clic sobre la superficie de múltiples secciones, ya sea en el área 3D o en el árbol de especificaciones. Más posibilidades están disponibles con el menú contextual:

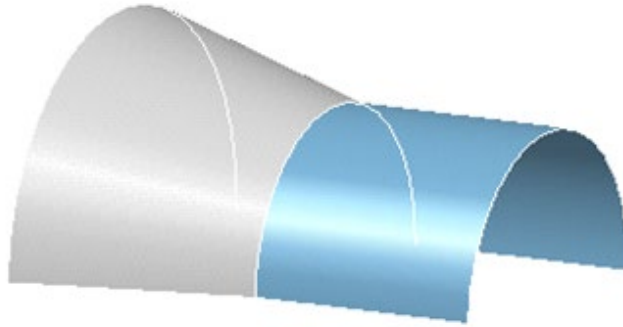
- Haga clic con el botón derecho sobre la superficie de múltiples secciones para acceder a las siguientes opciones:



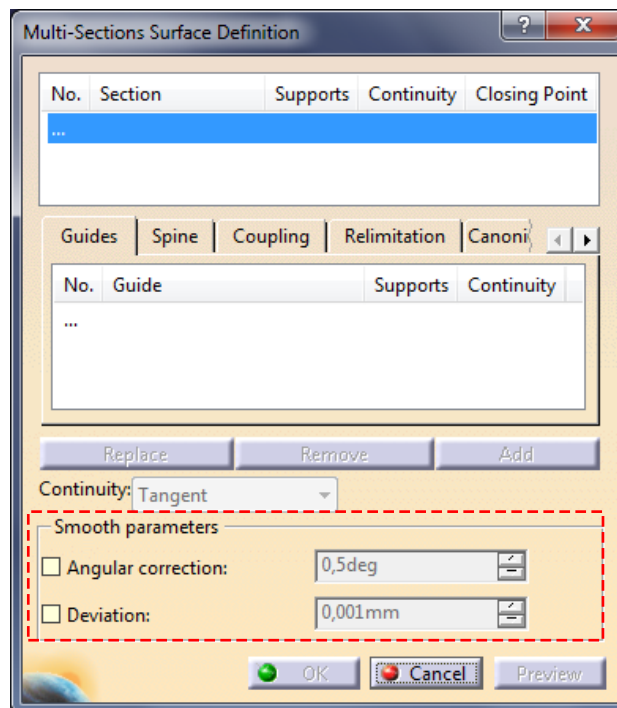
- Haga clic con el botón derecho sobre los elementos de referencia de la superficie de múltiples secciones, ya sea una curva en la lista del cuadro de diálogo o el texto rojo en la propia figura, para acceder a las siguientes opciones:



A continuación se muestra el resultado cuando se elimina la condición de tangencia entre la superficie de múltiples secciones azul y la superficie adyacente.



#### 4.7.3.2. Definición de los parámetros de suavizado (*Defining Smooth Parameters*)



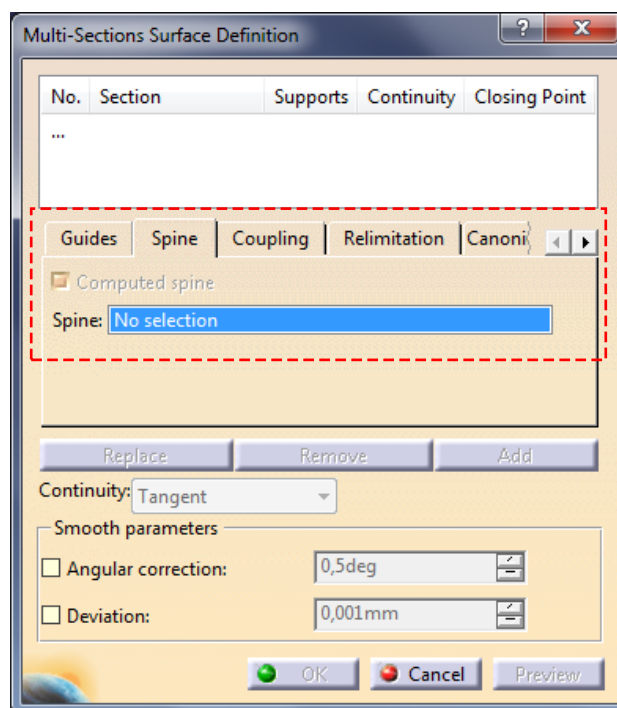
En la sección *Smooth parameters* (parámetros de suavizado), se puede comprobar:

- La corrección angular (*Angular Correction*) para suavizar el movimiento a lo largo de las curvas guía de referencia. El suavizado se realiza para cualquier discontinuidad cuya desviación angular sea menor que el valor de entrada, y por lo tanto ayuda a generar una superficie de múltiples secciones resultante de mejor calidad. Más de 0.01 grados, el suavizado se cancela. De forma predeterminada, la corrección angular se establece en 0.5 grados.
- La desviación (*Deviation*) para suavizar el movimiento por desviarse de la curva o curvas guía. Un suavizado se realiza utilizando parámetros predeterminados de corrección en tangencia y curvatura. De forma predeterminada, la desviación se establece en 0.001 mm, como se define en las opciones de configuración generales.

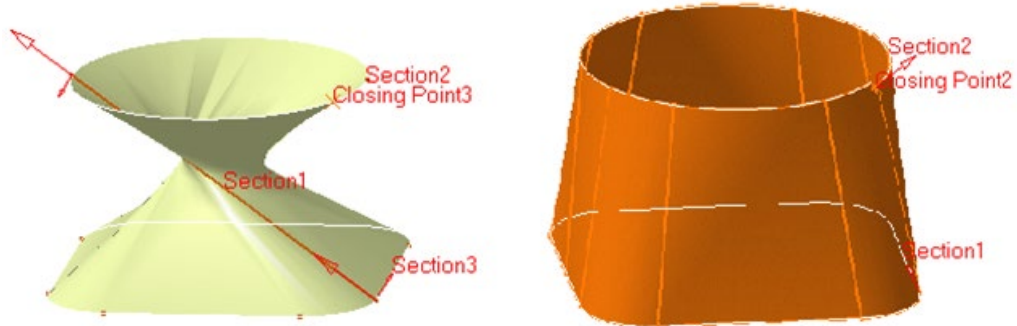
- Si está usando ambas opciones, no se garantiza que el plano de la espina se mantenga dentro de la zona de tolerancia dada. La espina puede ser primero aproximada con la tolerancia de desviación y después cada plano puede girar dentro de la tolerancia de corrección angular.
- No especifique una desviación sobre una superficie de múltiples secciones, un sólido o un volumen que deba estar en contacto con curvas guía.

#### 4.7.3.3. Selección de una espina (*Selecting a spine*)

En la ficha *Spine* (espina), seleccione la casilla *Computed spine* para utilizar una espina que es calculada automáticamente, o seleccione una curva para imponer dicha curva como espina.



- Se recomienda encarecidamente que la curva espina sea normal a cada plano sección y debe ser continua en tangencia. De lo contrario, puede conducir a una forma impredecible.
- Si el plano normal a la espina interseca con una de las curvas guía en diferentes puntos, se aconseja utilizar el punto más cercano al punto de la espina para el emparejamiento.
- Puede crear superficies de múltiples secciones entre curvas de sección cerrada. Estas curvas tienen continuidad en posición en su punto de cierre. Este punto de cierre es un vértice o un punto extremo detectado y resaltado automáticamente por el sistema. Por defecto, los puntos de cierre de cada sección están vinculados entre sí. Las flechas rojas en las siguientes figuras representan los puntos de cierre de las curvas de sección cerrada. Puede cambiar el punto de cierre seleccionando cualquier punto de la curva.



La superficie se retuerce

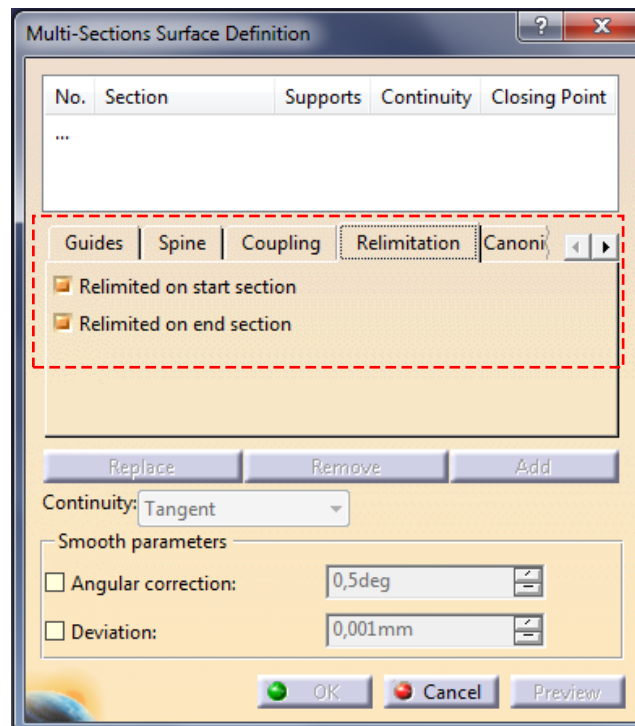
Un nuevo punto de cierre se ha impuesto para conseguir una superficie que no se retuerza

#### 4.7.3.4. Delimitación de la superficie de múltiples secciones (*Relimitating the Multi-sections Surface*)

La ficha *Relimitation* permite especificar el tipo de delimitación.

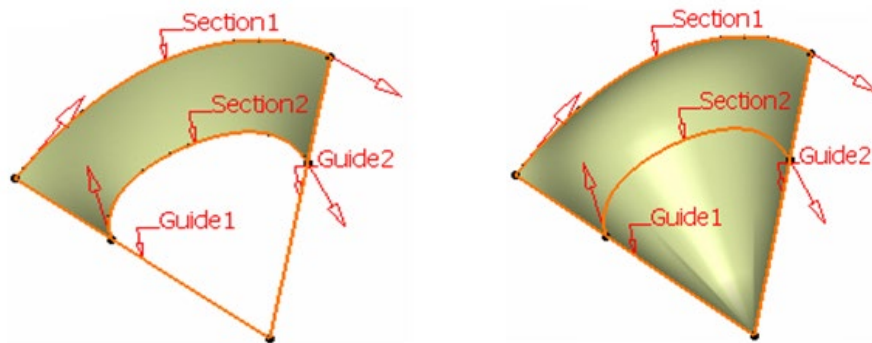
Puede optar por limitar la superficie de múltiples secciones sólo en la sección de inicio (*Relimited on start section*), sólo en la sección final (*Relimited on end section*), en ambas secciones o en ninguna.

Abra el modelo [Loft3.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").



- a) Cuando ninguna de las opciones es seleccionada: la superficie barrida se extrapola hasta los límites de la espina.

- b) Cuando se seleccionan ambas opciones: la superficie de múltiples secciones se limita a las secciones correspondientes.
- c) Cuando una o ambas opciones permanecen desactivadas: la superficie de múltiples secciones se barre a lo largo de la espina.
- Si la espina es una espina impuesta por el usuario, la superficie de múltiples secciones estará limitada por los extremos de la espina o por el extremo de la primera guía encontrada a lo largo de la espina.
  - Si la espina es una espina calculada automáticamente por el comando (*Computed spine*) y no se selecciona guía, la superficie de múltiples secciones estará limitada por las secciones de inicio y final.
  - Si la espina es una espina calculada automáticamente por el comando (*Computed spine*) y se seleccionan una o dos guías, la superficie de múltiples secciones estará limitada por las guías extremas.
  - Si la espina es una espina calculada automáticamente por el comando (*Computed spine*) y se seleccionan más de dos guías, la espina se detiene en el punto correspondiente al baricentro de las guías extremas. En cualquier caso, la tangente al extremo de la espina es la tangente media de las guías extremas.

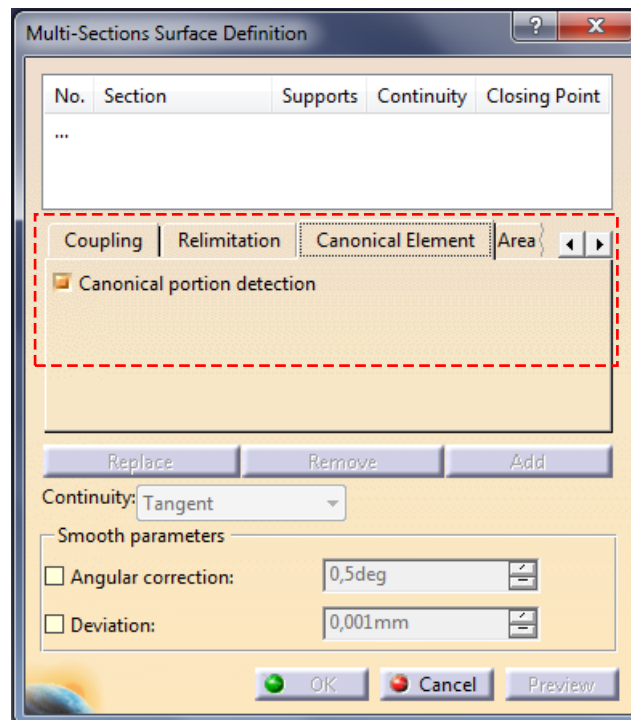


Superficie limitada en ambas secciones      Limitada sólo en la sección de inicio

Después de que la superficie de múltiples secciones es delimitada, debe cumplirse la siguiente restricción: el plano normal a la espina definido en el punto de limitación debe intersectar las guías y los puntos resultantes de esta intersección deben pertenecer a la sección.

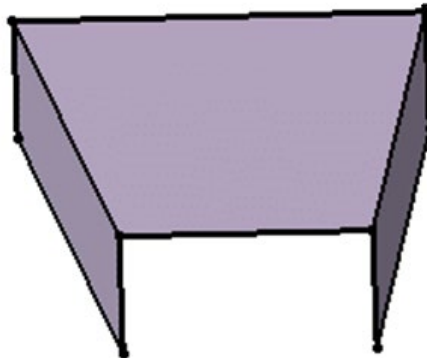
#### 4.7.3.5. Utilización de un elemento canónico (*Using a Canonical Element*)

Utilice la casilla *Canonical portion detection* dentro de la ficha *Canonical Element* para detectar automáticamente las superficies planas a ser usadas como planos para los elementos que necesitan una en su definición.

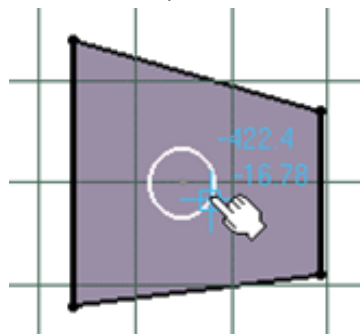


A continuación se muestra un ejemplo:

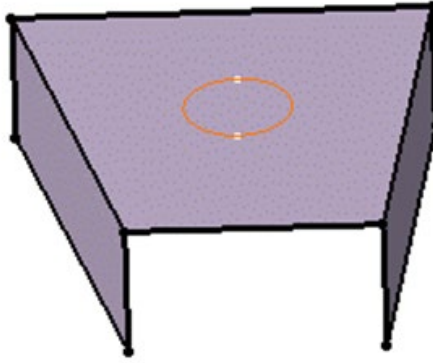
- Superficie de múltiples secciones inicial con caras planas



- Se utiliza una cara plana como referencia para un boceto



- Boceto resultante



#### 4.7.3.6. Emparejamiento (*Coupling*)

Esta pestaña presenta los tres tipos de emparejamientos durante la creación de la superficie de múltiples secciones:


- Emparejamiento entre dos secciones consecutivas (*Coupling between two consecutive sections*)
- Emparejamiento entre guías (*Coupling between guides*)
- Emparejamiento manual (*Manual coupling*)

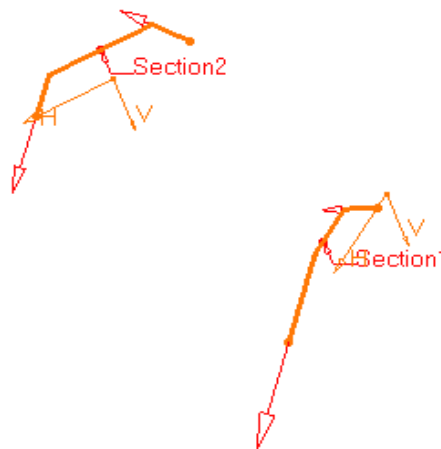
Estos emparejamientos calculan la distribución de iso-parámetros en la superficie.

Abra el modelo [Loft2.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

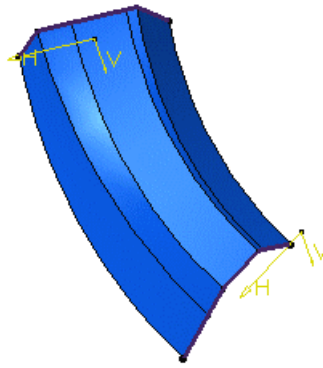
a) Emparejamiento entre dos secciones consecutivas:

Este emparejamiento se basa en la abscisa curvilínea.

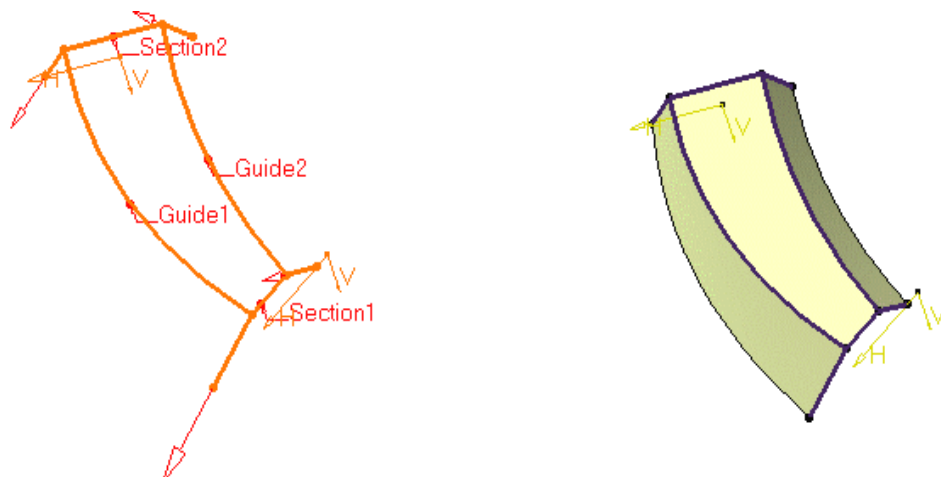
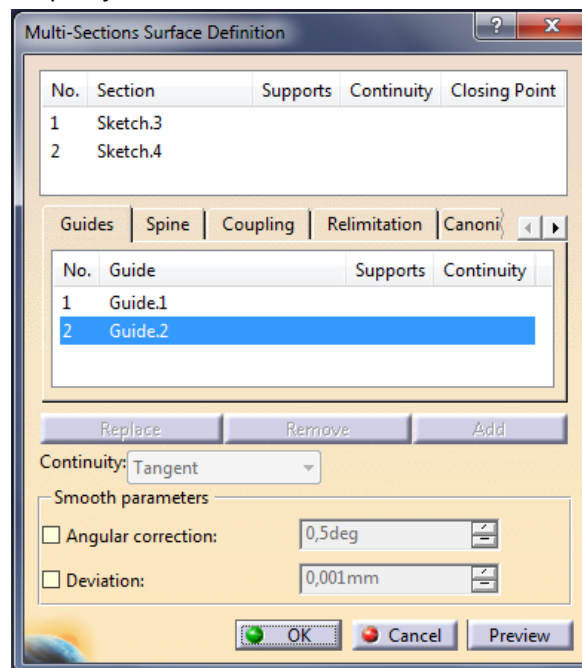
1. Haga clic en el comando *Multi-sections Surface*  y a continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione las dos secciones consecutivas.



3. Haga clic en *OK* para crear la superficie de múltiples secciones.



Si desea crear un emparejamiento entre puntos particulares, puede añadir guías o definir el tipo de emparejamiento.

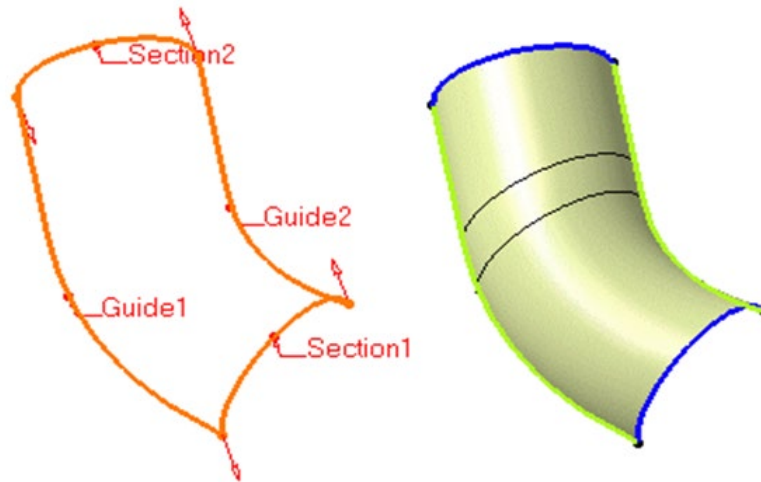


b) Emparejamiento entre guías:

Este emparejamiento es realizado por la espina.

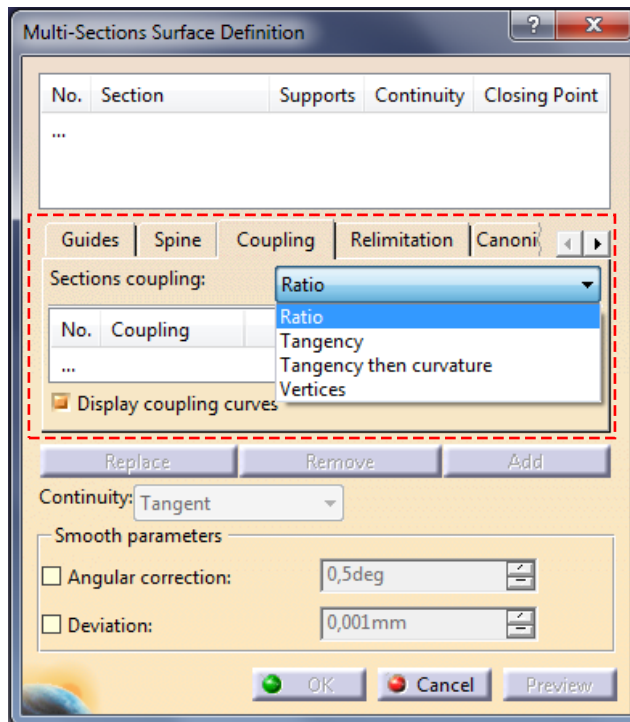
Si una guía es la concatenación de varias curvas, la superficie de múltiples secciones resultante contendrá tantas superficies como curvas dentro de la guía.



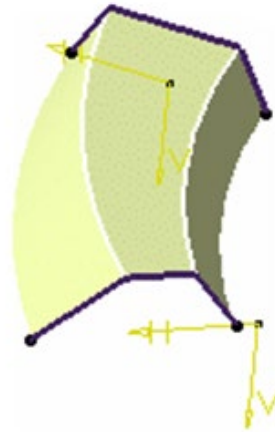


Existen varios tipos de emparejamiento, dependiendo de la configuración de la sección:

- *Ratio*: las curvas son emparejadas de acuerdo con la relación de abscisa curvilínea.



- *Tangency* (tangencia): las curvas son emparejadas de acuerdo con sus puntos de discontinuidad en tangencia. Si no tienen el mismo número de puntos, no pueden ser emparejadas mediante esta opción.



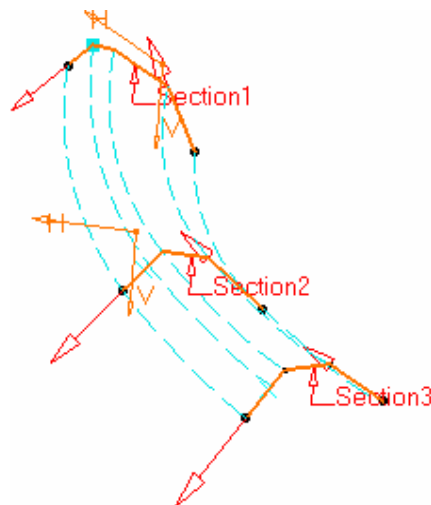
- *Tangency then curvature*: las curvas son emparejadas según su continuidad en tangencia primero y después según sus puntos de discontinuidad en curvatura. Si no tienen el mismo número de puntos, no pueden ser emparejadas mediante esta opción.
- *Vertices (vértices)*: las curvas son emparejadas de acuerdo con sus vértices. Si no tienen el mismo número de vértices, no pueden ser emparejadas mediante esta opción.

c) Emparejamiento manual:

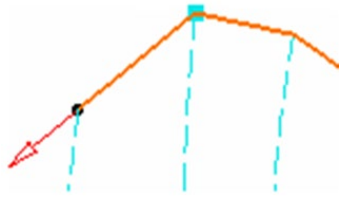
Si el número de vértices difiere de una sección a otra, es necesario realizar un emparejamiento manual.

1. Seleccione las secciones de la superficie de múltiples secciones y compruebe sus orientaciones.
2. En la ficha *Coupling*, elija la opción *Tangency* y haga clic en *Preview* (vista previa). Se muestra un mensaje de error cuando el número de puntos de discontinuidad en la primera sección es mayor que en las otras dos secciones.

Los puntos que no pudieron ser emparejados, se muestran en la geometría con el símbolo específico en función del modo seleccionado, junto con las líneas de emparejamiento:



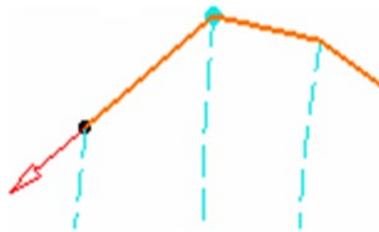
- En el modo tangencia (*Tangency*): los puntos de discontinuidad en tangencia desemparejados están representados por un cuadrado.



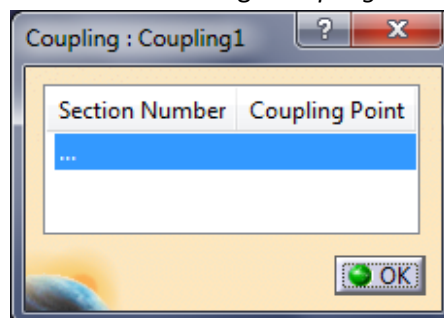
- En el modo tangencia y curvatura (*Tangency then curvature*):
  - Los puntos de discontinuidad en tangencia desemparejados están representados por un cuadrado.
  - Los puntos de discontinuidad en curvatura desemparejados están representados por un círculo vacío.



- En el modo vértices (*Vertices*): los vértices desemparejados están representados por un círculo lleno.

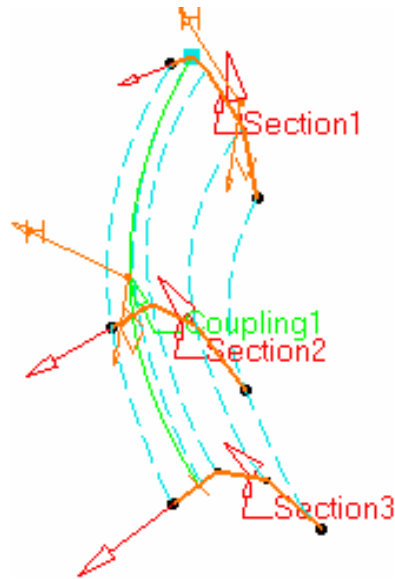


3. Haga doble clic en la lista de emparejamientos, o elija *Add* en el menú contextual, o utilice el botón *Add* y seleccione manualmente un punto de la primera sección. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo *Coupling*:



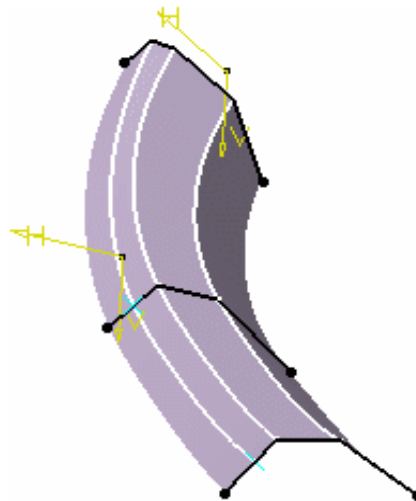
4. Seleccione un punto de emparejamiento correspondiente en cada sección de la superficie de múltiples secciones.  
El cuadro de diálogo *Coupling* se actualiza en consecuencia, y se obtiene una vista previa de la curva de emparejamiento siempre que la casilla *Display coupling curves* esté seleccionada.

Cuando se ha definido un punto de emparejamiento en cada sección, este cuadro de diálogo desaparece automáticamente.

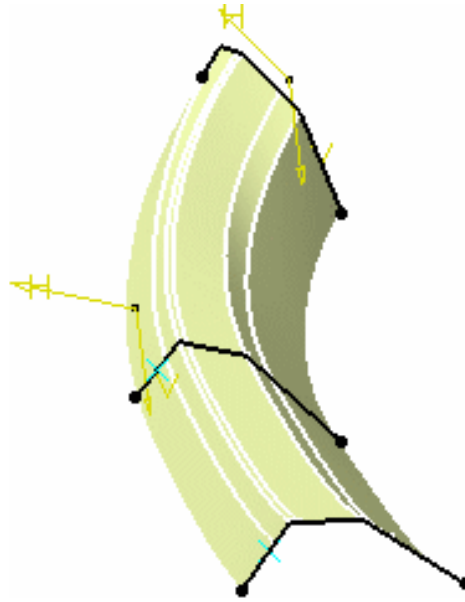


5. Haga clic en *OK*.

Se crea la superficie de múltiples secciones conforme con las especificaciones de emparejamiento que se hayan definido.

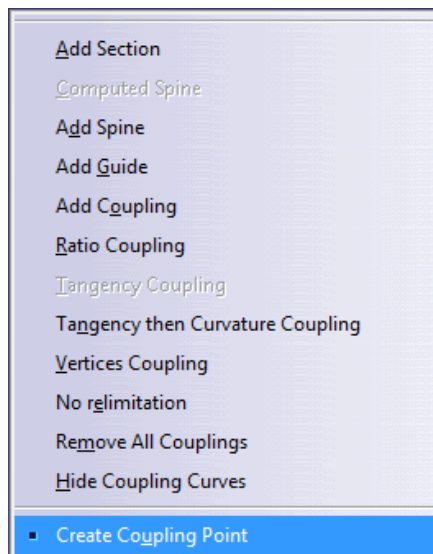


La misma superficie de múltiples secciones sin emparejamiento y con la opción *Ratio* resultaría como se ve a continuación:

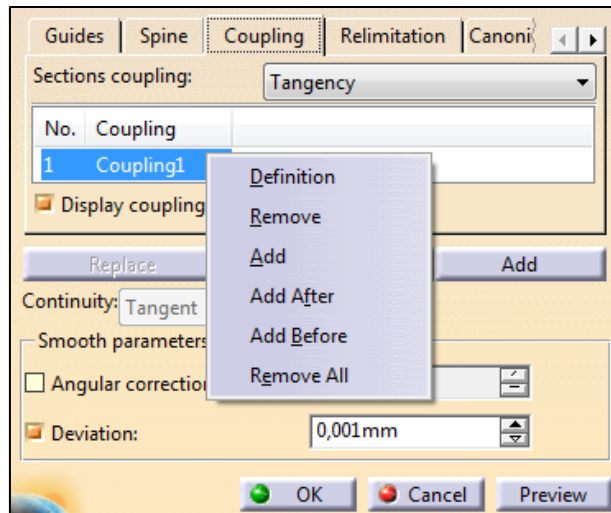


Tenga en cuenta el aumento del número de superficies generadas.

- Puede crear un punto de emparejamiento sobre la marcha, usando la opción del menú contextual *Create coupling point* (haga clic en el área 3D con el botón derecho para visualizar el menú contextual) en lugar de seleccionar un punto existente.



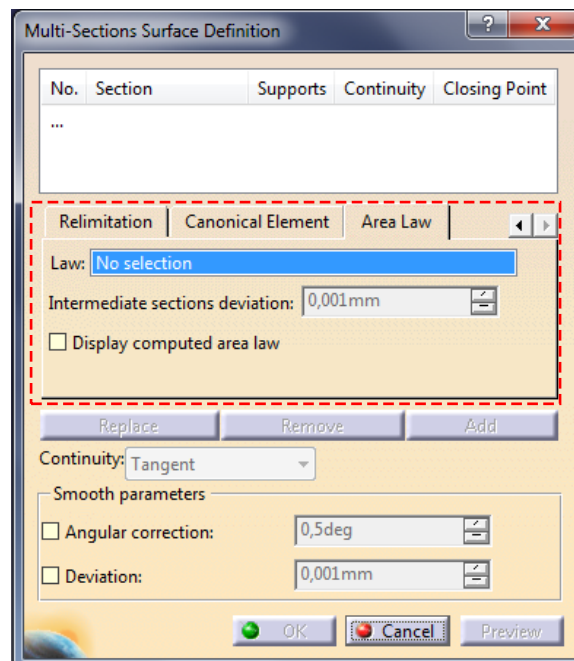
- Para editar el emparejamiento, simplemente haga doble clic en el nombre del emparejamiento en la lista (dentro de la ficha *Coupling*) para mostrar el cuadro de diálogo *Coupling*. Después seleccione el punto de la lista que desea editar y cree o seleccione el nuevo punto de emparejamiento y haga clic en *OK*.
- Utilice el menú contextual de la lista de emparejamientos para editar los emparejamientos definidos.



#### 4.7.3.7. Ley de área (Area Law)


Puede definir y controlar la forma de una superficie de múltiples secciones entre sus secciones. Para crear una superficie de múltiples secciones que permita una ley de área, se pueden utilizar las siguientes entradas:

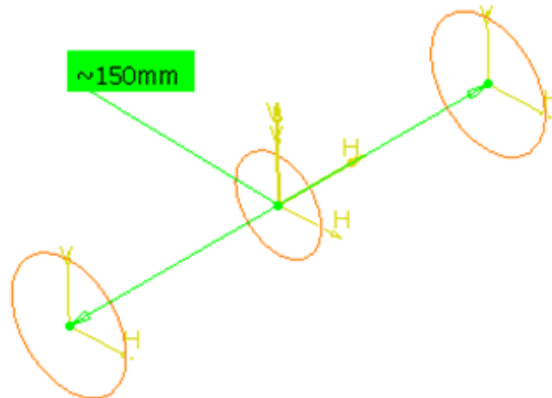
- Secciones planas (sin condiciones de tangencia).
- Una espina (opcional).
- Una curva guía (ya sea ninguna curva guía, una o dos curvas guías).



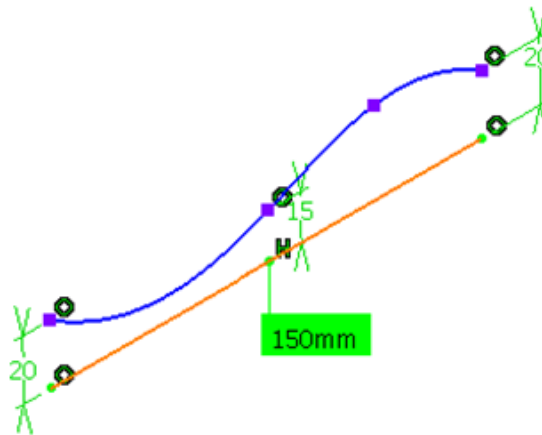
A continuación se define la ley que se utilizará para crear la superficie de múltiples secciones. En este ejemplo, se han creado tres bocetos (*sketches*), una curva y una línea.

Abra el modelo [Loft4.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").



1. Haga clic en el comando *Measure Between*  para medir la distancia entre *Sketch.1* y *Sketch.3*.

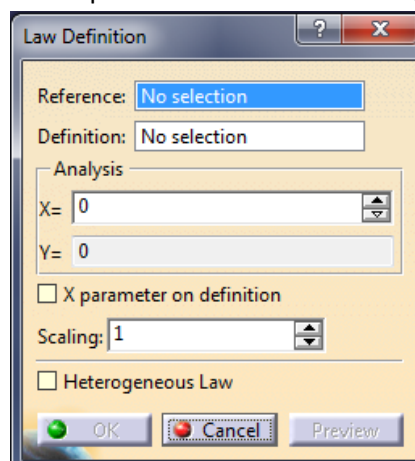



2. Utilizando el comando *Sketcher*, cree una línea y una curva correspondientes a las longitudes anteriores calculadas.

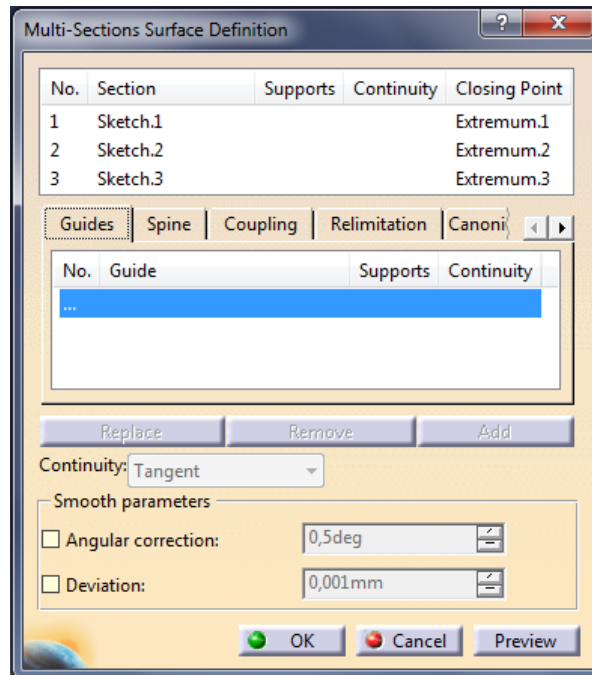


Los valores de distancia (20, 15 y 20) son similares a los valores del radio de las secciones correspondientes (es decir,  $R = \sqrt{A/\pi}$  donde A es el área de la sección).

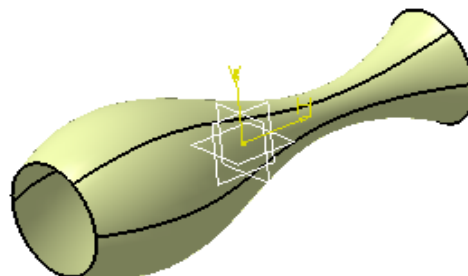
3. Haga clic en el comando *Extract*  para crear elementos separados de la línea y la curva. Se crean los dos elementos separados *Extract.1* y *Extract.2*.
4. Haga clic en el comando *Law*  para crear la ley de los elementos extraídos previamente. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.



5. En el campo *Reference*, seleccione una línea.
6. En el campo *Definition*, seleccione una curva.
7. Haga clic en *OK* para crear la ley.
8. Haga clic en el comando *Multi-sections Surface*  e inmediatamente aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
9. Seleccione los bocetos como las curvas de sección plana.



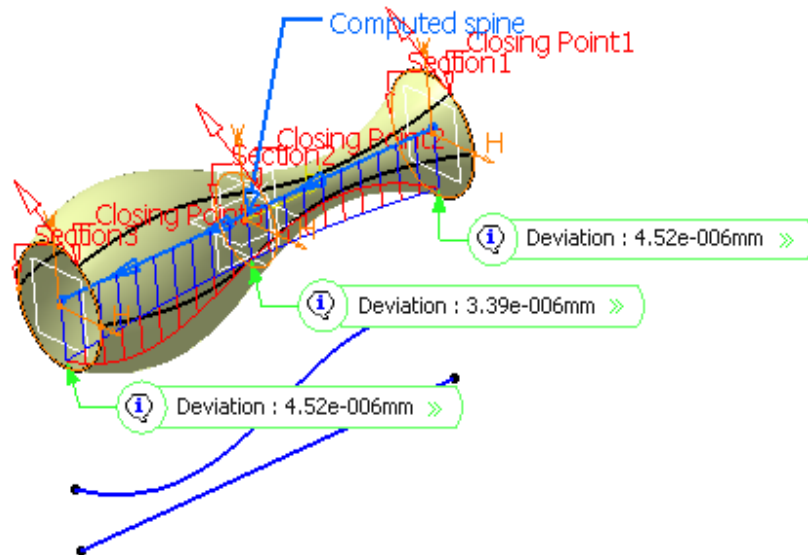
10. Seleccione la ficha *Area Law*.
11. En el campo *Law*, especifique la ley de longitud que se utilizará para controlar el área de la sección. En este caso, seleccione la ley que se acaba de crear.  
La casilla *Intermediate sections deviation* sólo se aplica a las secciones intermedias (a diferencia de la casilla *Deviation* que se aplica a las secciones extremas) y es homogénea con la ley seleccionada. Dicha casilla especifica la desviación de la ley de longitud que debe aplicarse a las secciones intermedias para suavizar la forma resultante.
12. Haga clic en *OK* para crear la superficie de múltiples secciones.



Puede seleccionar la casilla *Display computed area law* para mostrar en la geometría 3D:




- Es necesario iniciar primero el cálculo de la ley antes de mostrar su área calculada en la geometría 3D. Haga doble clic en la ley en el árbol de especificaciones y después haga clic en *Preview* para mostrar el área calculada.
- El color rojo indica la ley de área.
- El color azul indica las áreas de las secciones, y una bandera en cada sección muestra la desviación entre la ley de área y las áreas de las secciones así como el radio equivalente de cada sección.

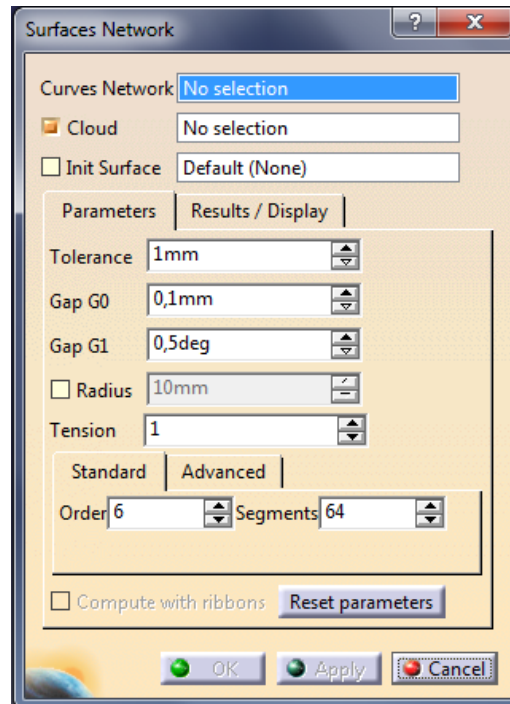


#### 4.7.4. Creación de una red de superficies (*Surfaces Network*)

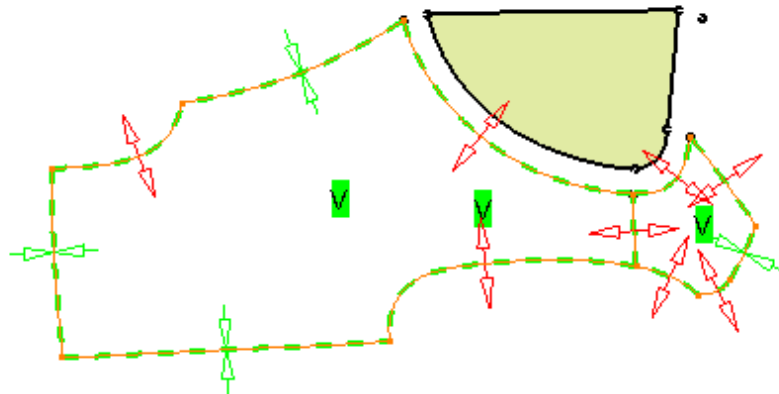
Este comando muestra cómo crear una superficie en una red de curvas.

Cree una red de curvas a partir del documento [SurfNetwork.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

1. Haga clic en el comando *Surfaces Network*  perteneciente a la barra de herramientas *Surface Creation*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:





2. Seleccione la red de curvas que haya creado (es obligatorio crear previamente una red de curvas), así como la malla como la nube (*Cloud*).
3. Seleccione la casilla *Init Surface* si desea utilizar una.  
La superficie *Init Surface* ayuda al cálculo dando la forma de la superficie resultante. Puede seleccionar la superficie que quiera como *Init Surface* o dejar que sea el comando el que calcule dicha superficie en la dirección de la curva más grande.  
En el caso de que sea el usuario el que seleccione dicha superficie, su nombre se mostrará en el campo *Init Surface*.
  - No es necesario usar una nube de soporte o una *Init Surface*, pero ambas opciones pueden mejorar el resultado de salida.
  - La superficie *Init Surface* debe ser mayor que el dominio a procesar.
4. Se muestra la red de curvas, con una V marcador verde en cada alambre, que significa que el alambre se rellenará.



5. Puede rellenar todos los alambres automáticamente (esto es lo que CATIA propone por defecto) o puede rellenar los alambres de uno en uno.
6. Si no quiere rellenar un alambre:
  - O bien haga clic en el marcador y éste se convertirá en una X marcador rojo. (Haga clic de nuevo sobre él si desea volver a seleccionar el alambre).
  - O coloque el cursor en un marcador y utilice el menú contextual.

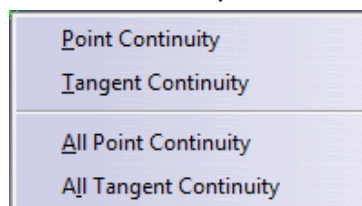


- *Selected* (seleccionado) y *Not selected* (no seleccionado) se aplica a un solo alambre.
  - *Select all* (seleccionar todo) y *De-Select all* (anular la selección de todo) se aplica a toda la red.
  - *Swap Selection* (intercambiar selección) invierte la selección.
  - *Remove Surface* (quitar superficie) permite suprimir una superficie con la que no esté satisfecho o que prefiera rellenar más adelante.
7. Las restricciones (*Constraints*) se establecen en los bordes compartidos por dos alambres.

-  representa una continuidad en posición.
-  representa una continuidad en tangencia.

Para cambiar el tipo de una restricción:

- Bien haga clic en su marcador. Esto actuará como un conmutador.
- O coloque el cursor sobre un marcador y utilice el menú contextual:



- *Point Continuity* (continuidad en posición) y *Tangent Continuity* (continuidad en tangencia) se aplica a una sola restricción.
  - *All Point Continuity* (todo continuidad en posición) y *All Tangent Continuity* (todo continuidad en tangencia) se aplica a toda la red.
8. Puede establecer la tolerancia (*Tolerance*), que es la máxima desviación media entre la superficie creada y la nube de puntos o malla, es decir, la desviación puede ser mayor en algunos lugares. Este campo es editable.

9. Puede establecer el valor de *Gap G0*, que es la distancia entre la superficie y las curvas de contorno.

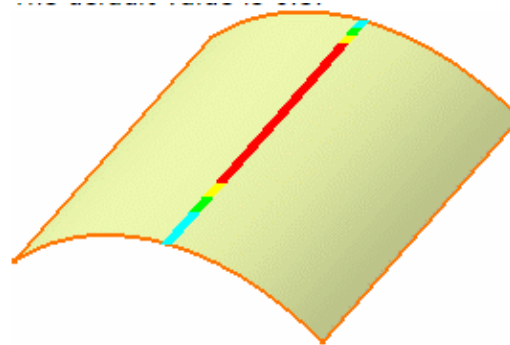
Dado que hay más ruido en los puntos que en las curvas, la tolerancia puede ser mayor que el valor de *Gap G0*.

El valor predeterminado es 0.1 mm.



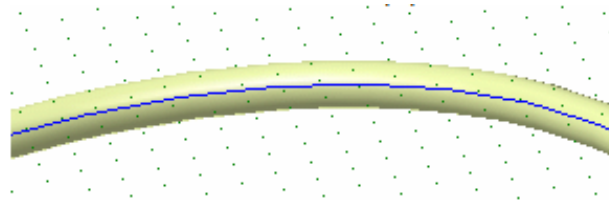
10. Puede establecer el valor de *Gap G1*, que es la tolerancia de tangencia entre dos superficies contiguas (color azul en la figura que viene a continuación).

El valor predeterminado es 0.5 grados (0.5 deg).

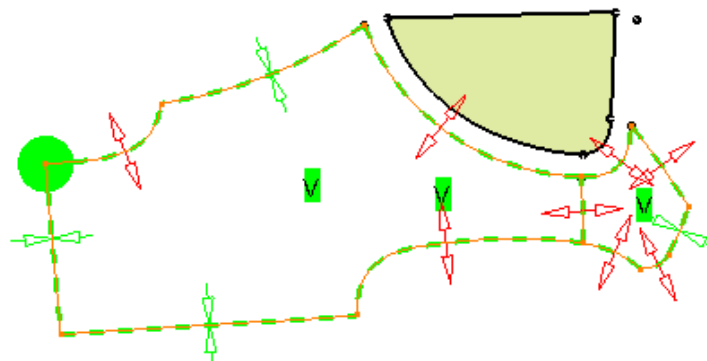


11. Puede establecer el radio (*Radius*):

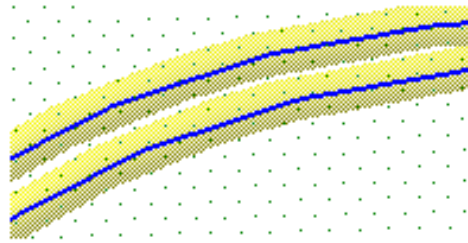
- Cuando la nube de puntos es ruidosa, es difícil tener la superficie que va a través de todos los puntos y las curvas (riesgo de ondulaciones). Se eliminan los puntos dentro de un tubo circular centrado en la curva, y puede que desee establecer el radio de este tubo.



- Cuando seleccione esta casilla, aparecerá una esfera verde en el extremo de la primera curva, representando este radio (si ha seleccionado al menos una curva y una nube de puntos o una malla).



- Si dos curvas no están lo suficientemente distantes, se pueden eliminar todos los puntos entre ellas, haciendo imposible el cálculo de la superficie.



12. Puede establecer la tensión (*Tension*):

Los valores posibles se encuentran entre 0 y 4. Utilice un valor más alto para una superficie más tensa.



13. Puede configurar la ficha *Standard* (estándar): *Order* (orden), *Segments* (segmentos):

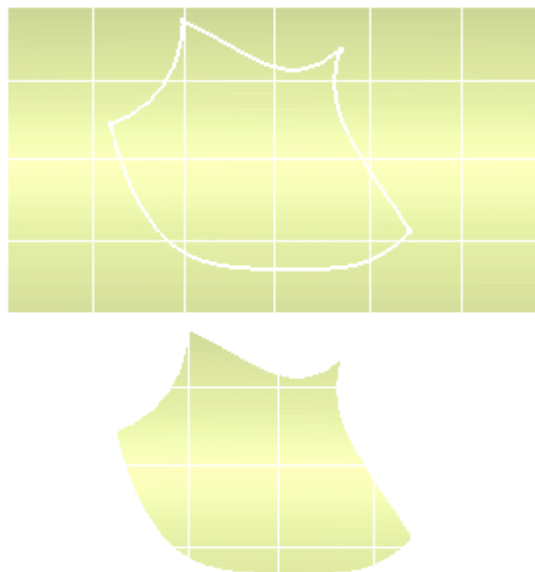
Estos parámetros son valores máximos y se aplican globalmente a la superficie calculada.

Los valores reales son calculados automáticamente por el comando.

El comando *Surfaces Network* crea una superficie NURBS, controlada por la tolerancia, el número de segmentos y el orden de los mismos.

Siempre que sea posible, esta superficie consiste en un solo segmento; de lo contrario, se hace de varios segmentos.

Esta superficie puede ser recortada después por las curvas.



Puede aumentar el orden de los segmentos, lo que reduce su número, o viceversa.

- Si el número de segmentos es “x”, esto significa que la superficie calculada constará de un máximo de “x” segmentos, o menos.

El número predeterminado de segmentos es 64, el número máximo es de 2048.

- Si el orden de los segmentos es “y”, esto significa que cada segmento tendrá un número máximo de puntos de control “y” en cada dirección, o menos.

El orden de un segmento puede variar de 3 a 15.

14. Puede configurar la ficha *Advanced* (avanzado): *Order* (orden) y *Segments* (segmentos) en U y V. Puede imponer un orden y un número de segmentos en ambas direcciones U y V. Puede editar los campos para:

- Escribir el número de segmentos en cada dirección.
- Escribir el orden de los segmentos en cada dirección.

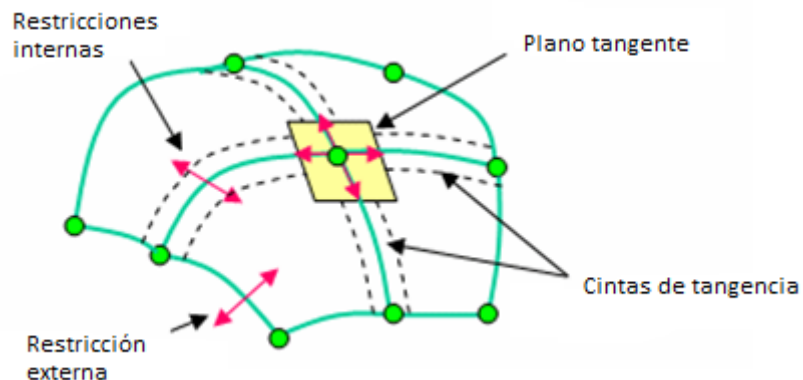
Haga clic en *Apply* para reiniciar el cálculo.

- El aumento del orden de los segmentos puede resultar en una superficie oscilante, incluso si esto no es visible.
- El escribir un número global de segmentos en la ficha *Standard* es diferente de escribir las raíces cuadradas del valor global para los segmentos en U y en V en la ficha *Advanced*: si escribe un valor global de 64 segmentos en la ficha *Standard*, este es un valor máximo, que puede ser distribuido en 14 segmentos en U y 4 en V, mientras que si escribe 8 segmentos en U y 8 segmentos en V, el máximo número de segmentos en U será 8, por lo tanto las superficies calculadas serán diferentes.

15. Puede seleccionar la casilla *Compute with ribbons* (Cálculo con cintas).

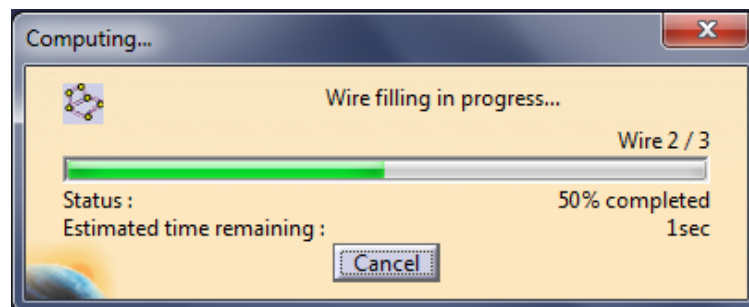
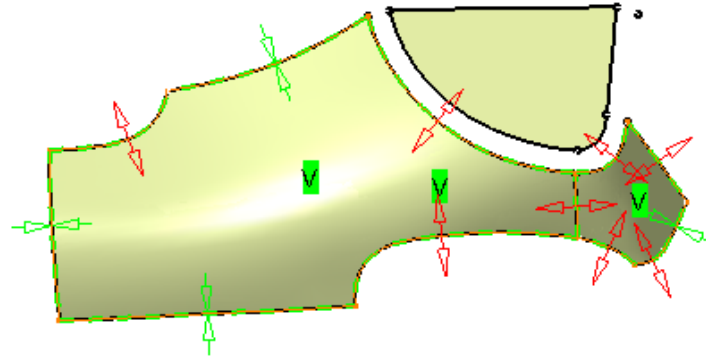
Esta casilla sólo está disponible si se selecciona una malla y se utiliza cuando se requiere una continuidad en tangencia entre los alambres.

Las curvas de los alambres se proyectan en la malla y una cinta tangente se calcula sobre la malla alrededor de la proyección de la curva, y después se tiene en cuenta para el cálculo de la superficie de relleno.



16. Si es necesario, haga clic en *Reset parameters* para restablecer los parámetros.

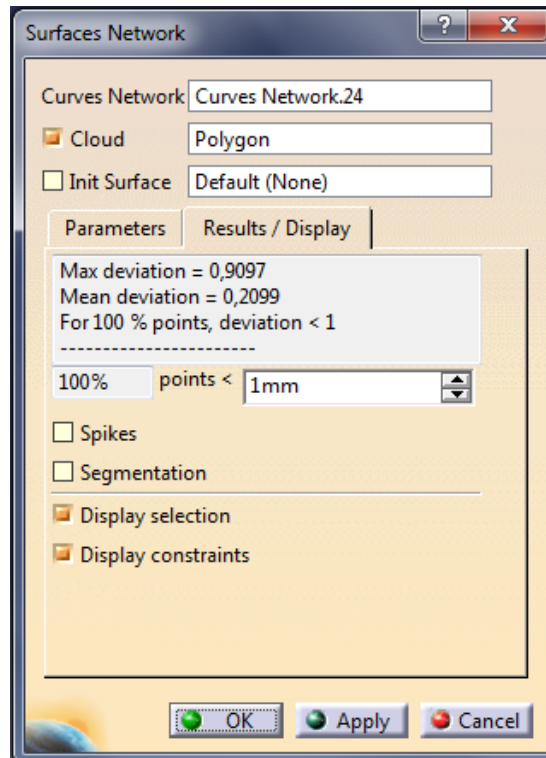
17. Haga clic en *Apply* y se mostrará una barra de progreso mientras se calcula la superficie de relleno.



18. Vaya a la ficha *Results/Display*.

La información sobre los puntos, respecto de los parámetros tenidos en cuenta por el cálculo, está disponible en el cuadro de diálogo en la parte superior de la ficha (sin visualización dinámica):

- La desviación máxima encontrada entre los puntos de la nube y la superficie.
- La desviación media encontrada entre los puntos de la nube y la superficie. Esta desviación debe ser tan pequeña como sea posible.
- El porcentaje de puntos de la nube que están por debajo de la desviación media.

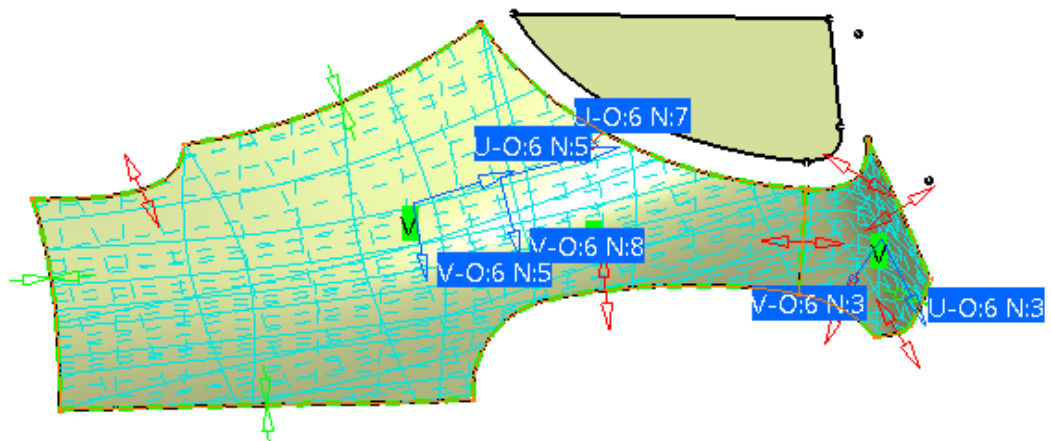


19. Seleccione la casilla *Spikes* para mostrar las desviaciones.
20. Seleccione la casilla *Segmentation* para mostrar:
  - La segmentación en las superficies calculadas.
  - El número de segmentos y de orden en U.
  - El número de segmentos y de orden en V.
21. Utilice el campo *Deviation* (desviación)

98,6% points < 0,3mm para escribir el valor por encima del cual se mostrarán los picos de desviación.

Cuando inicialmente se lanza el comando, el valor de desviación es el mismo que el de la tolerancia.

Una vez que se ha calculado una superficie, el valor de la desviación cambia al valor de la desviación de la superficie calculada.





22. De forma predeterminada, las casillas *Display selection* (mostrar la selección) y *Display constraints* (mostrar las restricciones) vienen seleccionadas. Puede anular la selección de acuerdo a sus necesidades.

23. Una vez que esté satisfecho, haga clic en *OK* para crear el resultado: las superficies se ensamblan (tolerancia = 0.1 mm).

- Si el ensamble (conjunto) no respeta la tolerancia se emite un mensaje de error.
- Si el ensamble (conjunto) falla, se emite un mensaje de error y las superficies se crean por separado.

Se creará un elemento en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Surface.x*.

#### 4.7.5. Creación de una superficie automáticamente a partir de una malla (*Automatic Surface*)

Este comando muestra cómo crear superficies de forma automática a partir de una malla.

El comando *Automatic Surface* se adapta a muchos tipos de formas.

- Puede crear superficies complejas con un conjunto mínimo de Nurbs.
- Puede tener en cuenta agujeros.
- Conserva redondeos con radio pequeño (pero no bordes muy afilados).

El elemento de entrada requerido es una malla (no una nube de puntos):

- No puede tener vértices o triángulos *non-manifold*.
- Debe ser una malla de una única celda, sin zonas no conectadas.


El elemento de salida se actualiza automáticamente si se modifica la entrada. Los bordes afilados no se conservan.

Abra el modelo [AutomaticSurf.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").


Este comando muestra cómo:

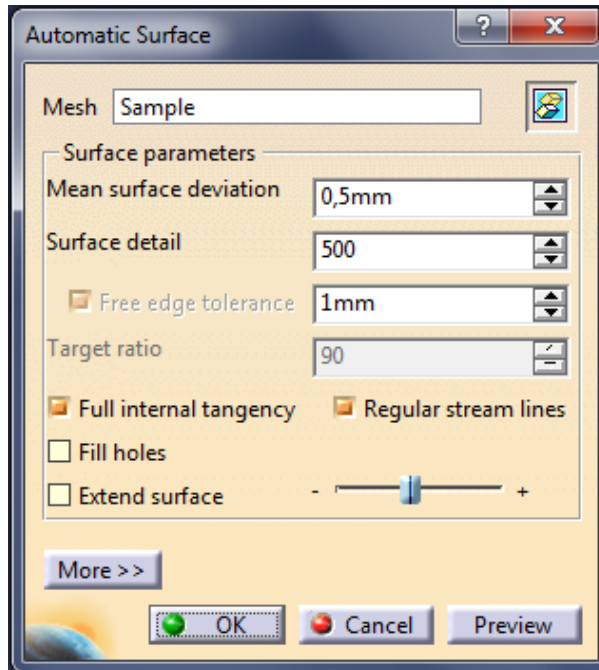
- Establecer las opciones (*Set the Options*).
- Crear superficies con líneas de flujo regulares (*Create Surfaces with Regular Stream Lines*).
- Crear superficies con líneas de flujo cualesquiera (*Create Surfaces with Any Stream Lines*).

##### 4.7.5.1. Establecer las opciones (*Set the Options*)

1. Haga clic en el comando *Automatic Surface*  perteneciente a la barra de herramientas *Surface Creation* y seleccione *Sample* como elemento de entrada.

El nombre de la malla seleccionada se muestra en el cuadro de diálogo dentro del campo *Mesh*.

El icono *Hide/Show*  está ahora disponible permitiendo ocultar o mostrar la malla.

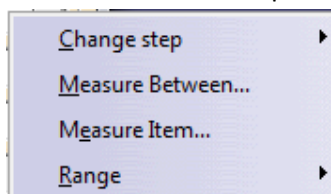


De forma predeterminada, las casillas *Free edge tolerance*, *Full internal tangency*, y *Regular stream lines* vienen seleccionadas.

Los valores de los parámetros pueden ser editados y las casillas de verificación pueden ser activadas o desactivadas de acuerdo a sus necesidades.

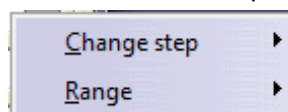
- Introduzca el valor de la desviación media de la superficie (*Mean surface deviation*), es decir, la desviación media entre la superficie que se va a crear y la malla de entrada, calculada sobre todos los vértices de la malla.

Está disponible un menú contextual en dicho campo:



- Introduzca un valor del detalle superficial (*Surface detail*): cuanto mayor sea el valor, mayor será el respeto de los detalles.

Está disponible un menú contextual en dicho campo:

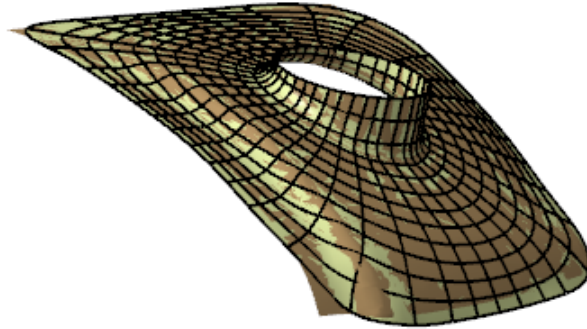


- Opcional: si no se requiere tangencia interna completa (*Full internal tangency*), desactive dicha casilla de verificación.

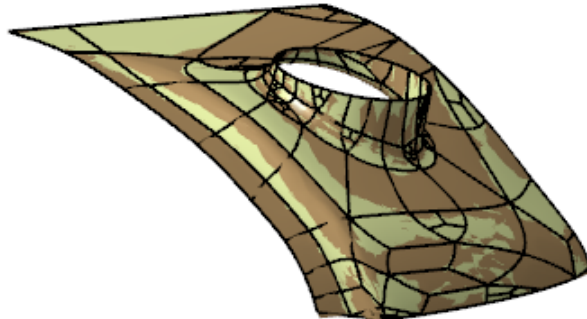
La salida será menor en términos de tamaño de memoria y puntos de control. Sin embargo, no será capaz de recuperar tangencia interna completa más tarde.

5. Decida si quiere:

- Líneas de flujo regulares:

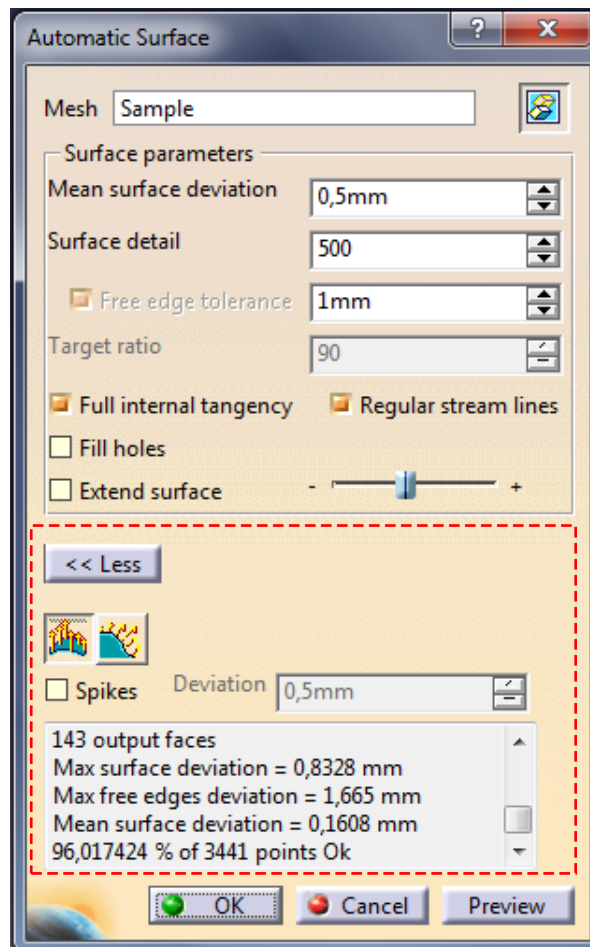


- O no:



6. Haga clic en *Preview* para obtener una vista previa de la superficie.

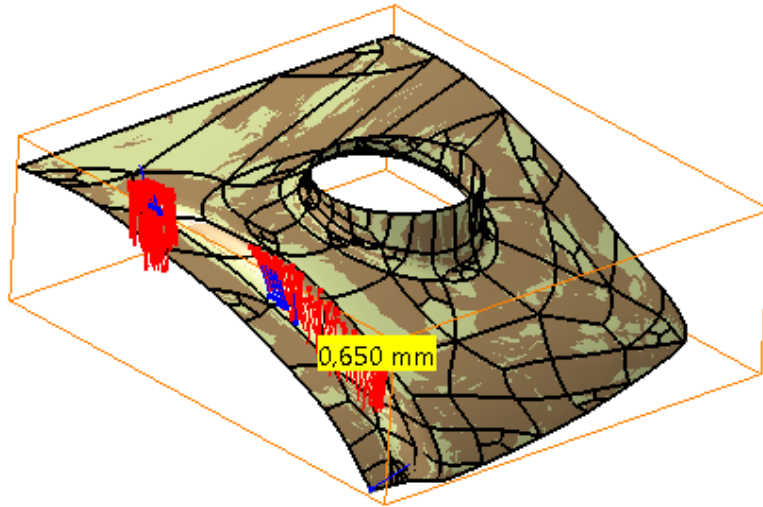
7. Haga clic en *More* para tener acceso a las estadísticas y a algunas casillas de verificación:




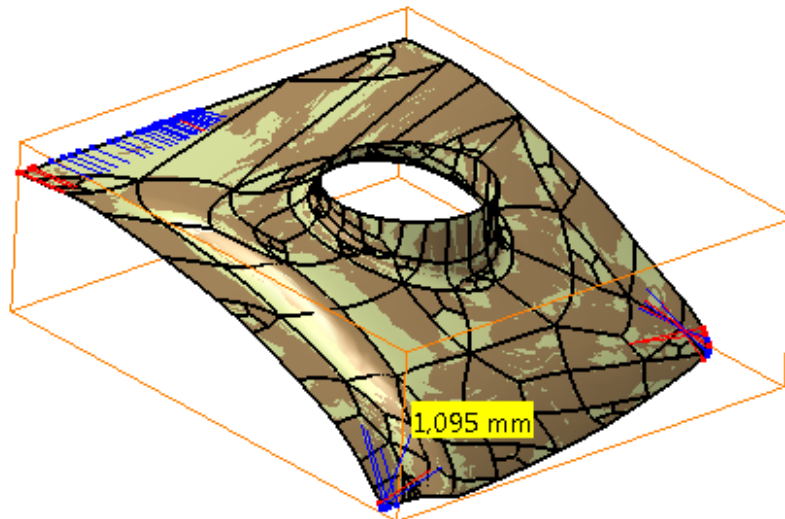
Las estadísticas son:

- *Output faces* (caras de salida): recuento global de las caras contenidas en la superficie de salida.
  - *Max surface deviation* (desviación máxima de la superficie): valor de la desviación máxima entre la superficie y la malla. También se puede mostrar en forma de picos (*Spikes*).
  - *Max free edges deviation* (desviación máxima de los bordes libres): valor de la desviación máxima entre los bordes libres y la malla. También se puede mostrar en forma de picos (*Spikes*).
  - *Mean surface deviation* (desviación media de la superficie): valor de la desviación media entre la superficie y la malla.
  - *XX% of YYY points Ok*: porcentaje de los puntos medidos que están por debajo de la desviación media de la superficie.
8. Seleccione la casilla *Spikes* para visualizar las desviaciones entre la malla y la superficie: los puntos con la desviación máxima en la superficie o en los bordes libres se muestran en un pequeño rectángulo amarillo, con el correspondiente valor de la desviación.
- El campo *Deviation* (desviación) permite mostrar los picos sólo en los puntos con una desviación superior a este valor.
  - Las desviaciones negativas y positivas se muestran en colores diferentes.

9. Haga clic en el icono *Surface deviations*  para visualizar las desviaciones en la superficie:



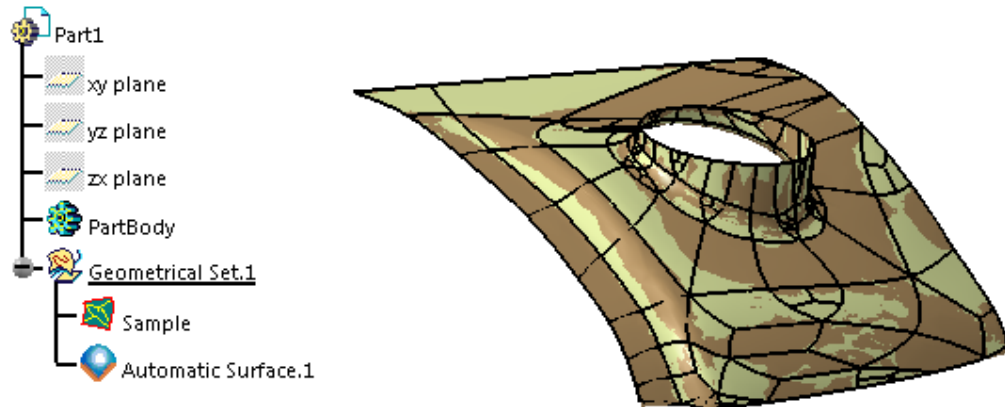
10. Haga clic en el icono *Free edges deviations*  para visualizar las desviaciones en los bordes libres (sólo disponible cuando existen bordes libres):



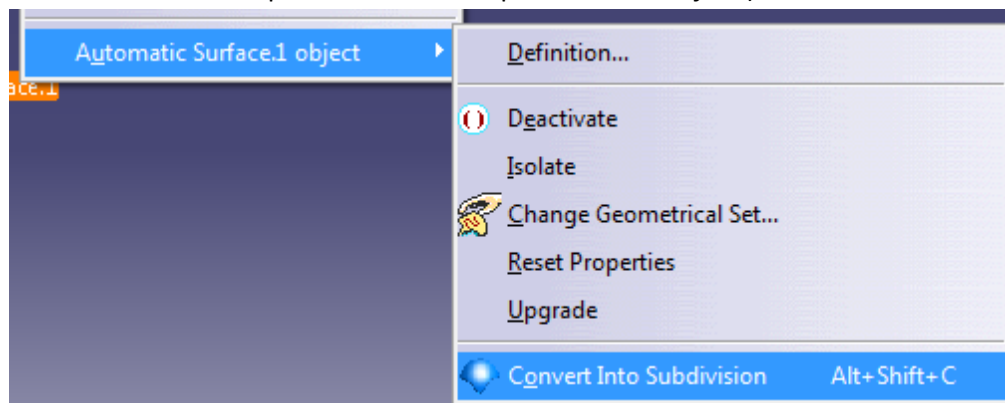
El comando *Automatic Surface* genera la superficie de salida a partir de un cálculo de aproximación. Las estadísticas, los picos de desviación (*Spikes*) y la desviación (*deviation*) mostrados en el resultado del comando *Automatic Surface* provienen de la misma aproximación y tienen el propósito de definir y ajustar los parámetros de la superficie.

En caso de necesitar resultados de desviación más precisos, vaya al comando *Deviation Analysis* para realizar este análisis una vez que la superficie automática se haya generado.

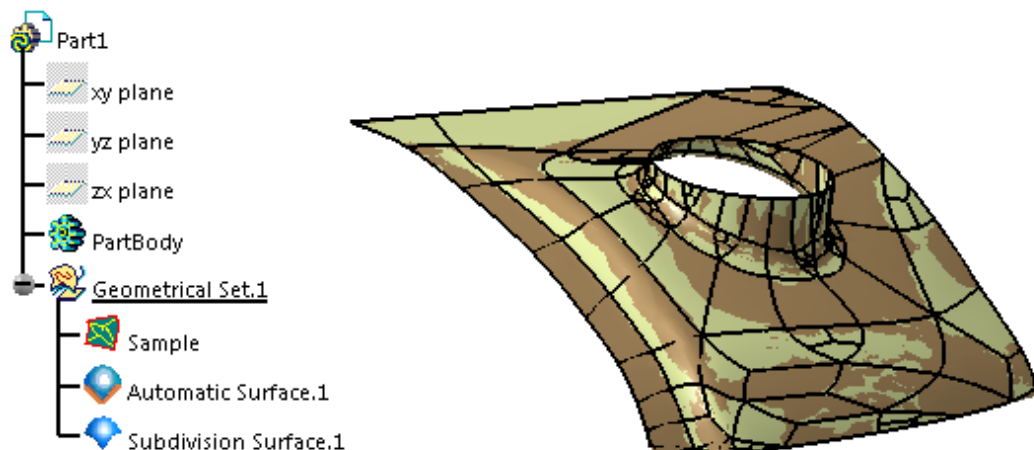
11. Haga clic en *OK* y se creará la superficie, que aparecerá en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Automatic Surface.x*.



12. Haga clic con el botón derecho sobre dicha superficie en el árbol de especificaciones y seleccione *Convert Into Subdivision* en el menú contextual (esta opción no está disponible si la superficie automática se creó con la casilla *Regular stream lines* activada pero sin activar la opción *Extend surface*).



Se creará en el árbol de especificaciones un nuevo elemento denominado *Subdivisión Surface.x*.



#### 4.7.5.2. Crear superficies con líneas de flujo regulares (*Create Surfaces with Regular Stream Lines*)

Puede solicitar líneas de flujo regulares (*Regular stream lines*), opción que viene seleccionada por defecto.

- Las líneas de flujo sobre la superficie de salida son regulares y suaves.
- La casilla *Free edge tolerance* (tolerancia de los bordes libres) siempre se selecciona y se tiene en cuenta, pero no es editable.
- Las casillas *Fill holes* (rellenar agujeros) y *Extend surface* (extender la superficie) están disponibles.

Las opciones *Regular stream lines*, *Fill holes* y *Extend surface* no están disponibles para mallas cerradas.

1. Opcional: seleccione la casilla *Fill holes*.

- Resultado con *Fill holes* seleccionada:



- Resultado sin seleccionar *Fill holes*:



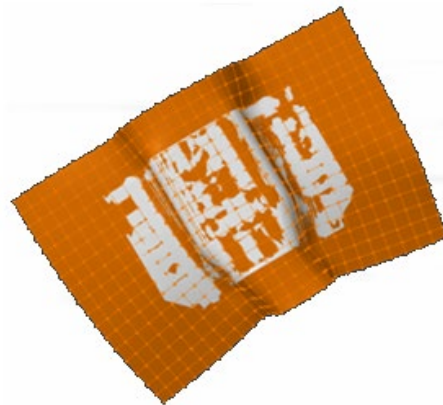
2. Opcional: seleccione la casilla *Extend surface* y ajuste la extensión con el control deslizante. De forma predeterminada, esta opción no viene seleccionada, la superficie de salida se recorta por los bordes libres externos e internos de la malla.

- Resultado sin seleccionar *Extend surface*:





- Resultado con *Extend surface* seleccionada:

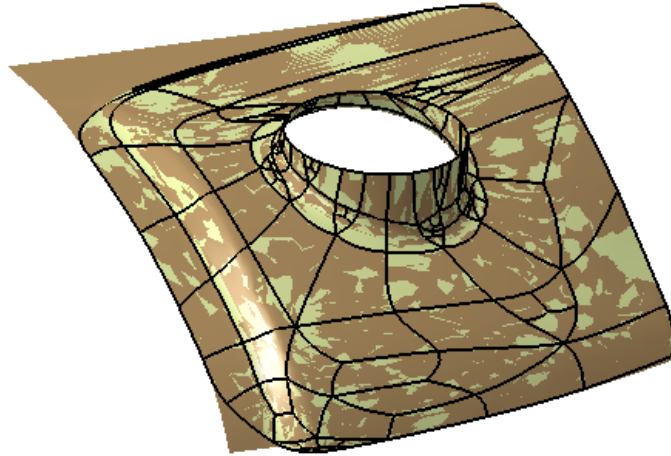


#### 4.7.5.3. Crear superficies con líneas de flujo cualesquiera (*Create Surfaces with Any Stream Lines*)

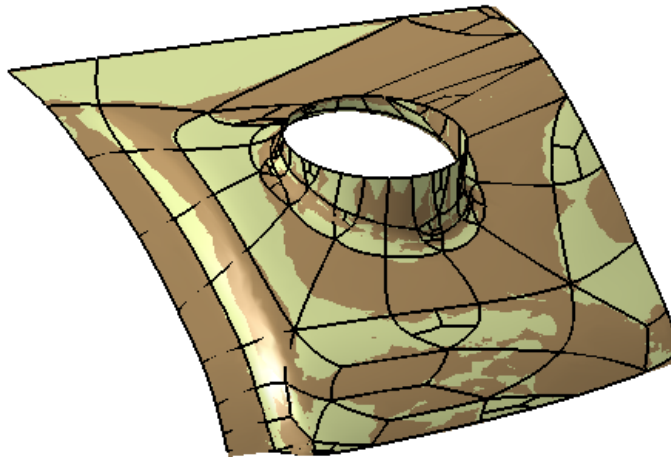
Puede desactivar la casilla *Regular stream lines*:

- Las líneas de flujo sobre la superficie de salida son menos regulares.
  - Las casillas *Fill holes* y *Extend surface* no están disponibles.
  - La casilla *Free edge tolerance* se puede desactivar y su valor puede ser editado.
  - El campo *Target ratio* pasa a ser editable.
1. Active o desactive la casilla *Free edge tolerance*, es decir, el valor acorde utilizado para muestrear los límites de la malla y mejorar la calidad de la superficie con respecto a los límites de la malla.
    - Resultado sin seleccionar *Free edge tolerance*:



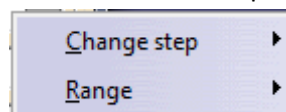


- Resultado con *Free edge tolerance* seleccionada:

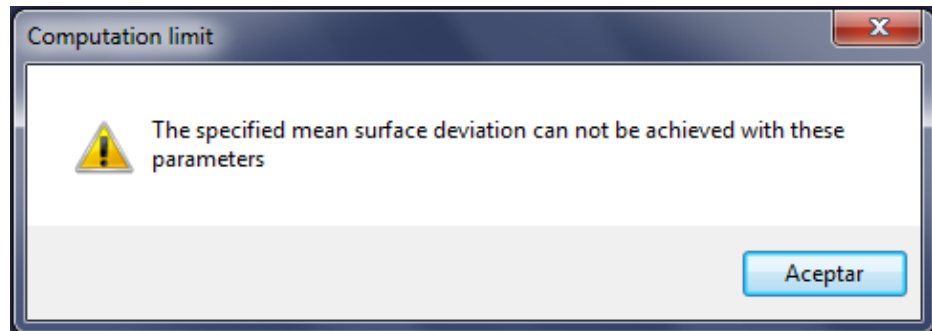


2. Introduzca un valor de *Target ratio*: esta es la relación de los puntos medidos con una desviación de la superficie por debajo del valor de la desviación media de la superficie. El cociente real obtenido puede ser diferente (mayor o menor) del que haya solicitado.

Está disponible un menú contextual en dicho campo:



- Una relación próxima a 100 es una tarea que requiere mucho tiempo.
- Si la desviación media de la superficie o el *Target ratio* solicitados no se pueden conseguir, se crea la superficie y se muestra un mensaje.




## 4.8. Operations

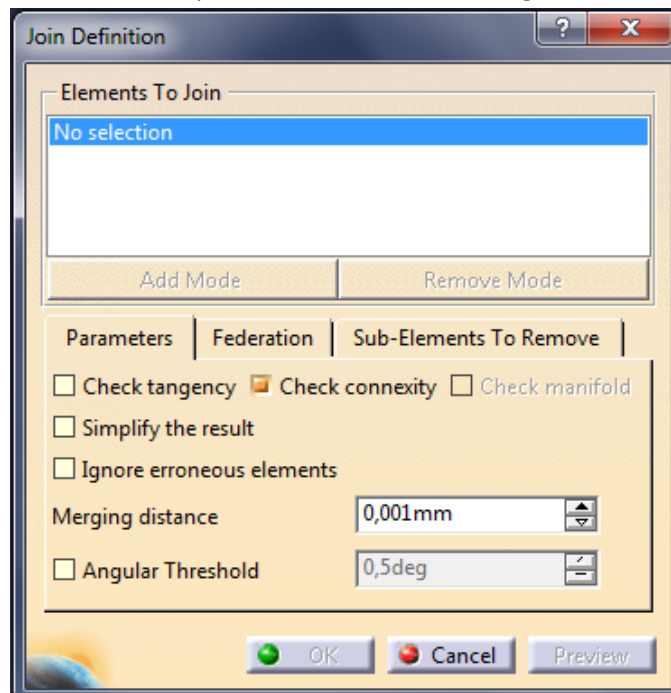
### 4.8.1. Unión de superficies o curvas (*Join*)

Este comando muestra cómo unir superficies o curvas. Esto implica:

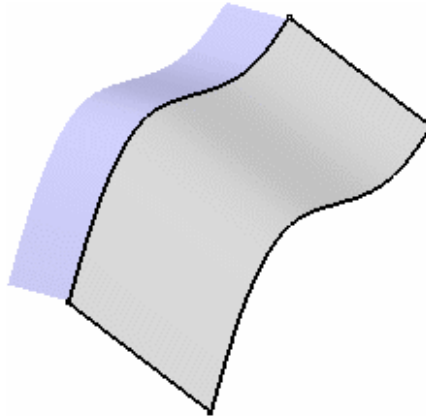
- El uso de las opciones de verificación.
- La eliminación de sub-elementos.
- El uso de la capacidad de federación.

Abra el modelo [Join1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

1. Haga clic en el comando *Join*  perteneciente a la barra de herramientas *Operations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:



2. Seleccione las superficies o curvas a unir.



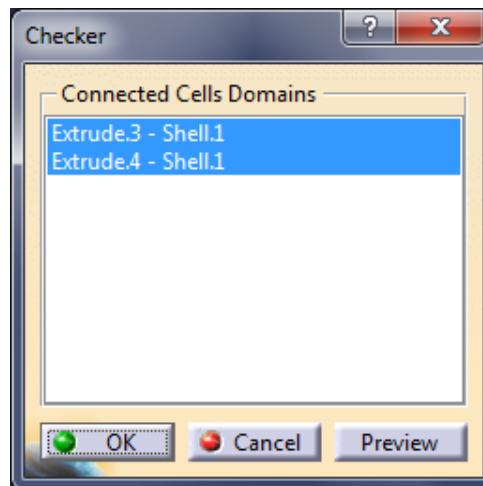
3. Puede editar la lista de los elementos a unir:
  - Seleccionando los elementos de la geometría:
    - Selección estándar (ningún botón seleccionado): cuando seleccione un elemento que no esté en la lista, se añadirá a la lista. Cuando seleccione un elemento de la lista, se eliminará de la lista.
    - *Add mode* (modo añadir): cuando seleccione un elemento que no esté en la lista, se añadirá a la lista. Cuando seleccione un elemento de la lista, permanecerá en la lista.
    - *Remove mode* (modo eliminar): cuando seleccione un elemento que no esté en la lista, la lista permanece sin cambios. Cuando seleccione un elemento de la lista, se eliminará de la lista.
  - Seleccionando un elemento de la lista y después usando las opciones *Clear Selection* (borrar la selección) o *Replace Selection* (reemplazar la selección) del menú contextual.

Si hace doble clic en *Add Mode* o *Remove Mode*, el modo elegido es permanente, es decir, los elementos seleccionados sucesivamente se añadirán o se eliminarán de la lista. Sin embargo, si hace clic una sola vez, se añade o elimina sólo el siguiente elemento seleccionado, y sólo tiene que hacer clic de nuevo en el botón, o seleccionar otro botón, para desactivar el modo.

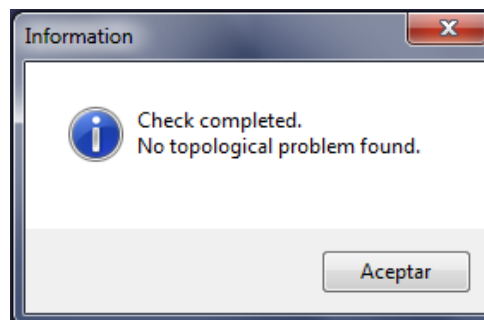
4. Haga clic con el botón derecho en los elementos de la lista y elija la opción *Check Selection*.

Esto permite comprobar si un elemento a unir presenta cualquier intersección (es decir, al menos un punto en común) con otros elementos antes de crear la superficie de unión. Si no se lanza este comando, no se detectarán posibles intersecciones.

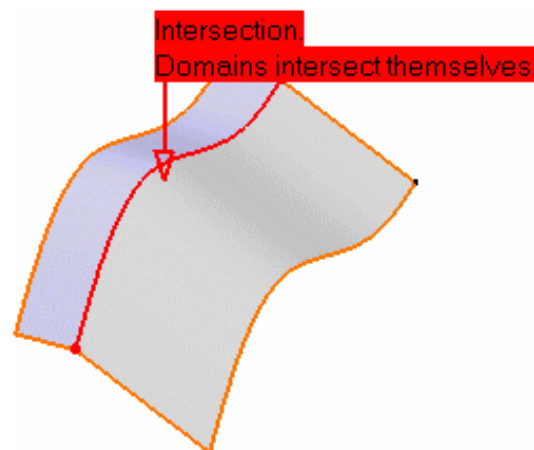
Se muestra el cuadro de diálogo *Checker*, que contiene la lista de dominios (es decir, conjuntos de celdas conectadas) que pertenecen a los elementos seleccionados de la lista de elementos a unir.



5. Haga clic en *Preview* (vista previa).
  - Se emite un mensaje de información cuando ninguna intersección es encontrada.



- Cuando un elemento se auto-interseca, o cuando varios elementos se intersecan, se muestra un texto sobre la geometría, donde se detecta la intersección.



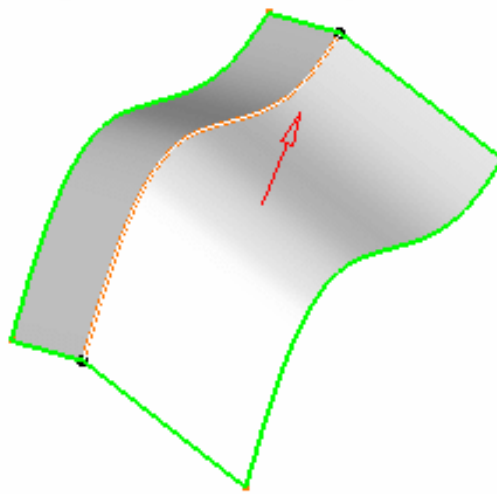
6. Haga clic en *Cancel* (cancelar) para volver al cuadro de diálogo del comando *Join*.
7. Haga clic de nuevo con el botón derecho en los elementos y elija las opciones de propagación para permitir la selección de los elementos de la misma dimensión.
  - *Distance Propagation* (propagación de distancia): la tolerancia se corresponde con el valor de *Merging distance*.

- *Angular Propagation* (propagación angular): la tolerancia se corresponde con el valor del umbral angular (*Angular Threshold*), si se ha definido. De lo contrario, se corresponde con el valor de tolerancia G1 tal como se define en la pieza.

Cada nuevo elemento encontrado por la propagación de los elementos seleccionados se resalta y se añade a la lista de los elementos a unir.

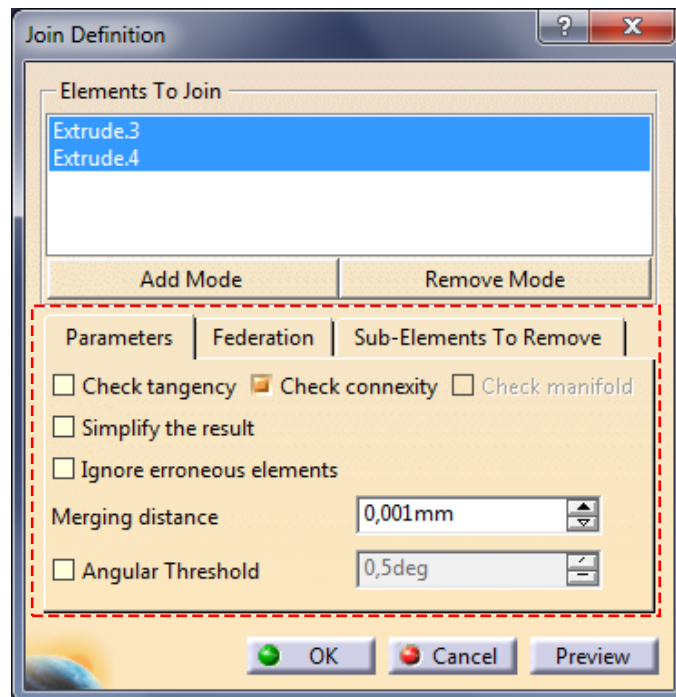
Tenga en cuenta que:

- El elemento inicial a propagar no puede ser un sub-elemento.
  - Las bifurcaciones detienen la propagación.
  - Las intersecciones no se detectan.
8. Haga clic en *Preview* (vista previa) en el cuadro de diálogo del comando *Join*. El elemento unido se pre-visualiza y se muestra su orientación. Haga clic en la flecha roja para invertir la orientación si es necesario.

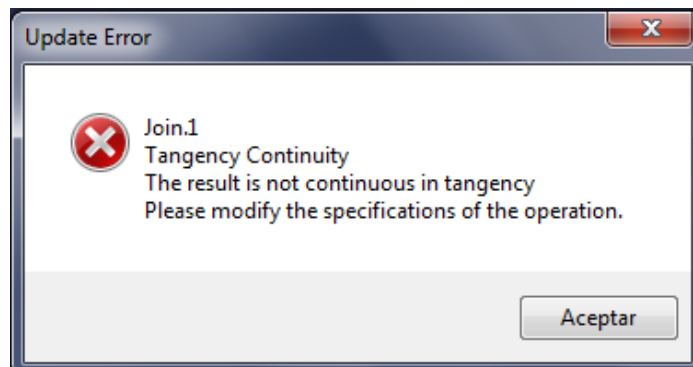


La unión se orienta de acuerdo con el primer elemento de la lista. Si cambia dicho elemento, la orientación de la unión se ajusta automáticamente para que coincida con la orientación del nuevo primer elemento de la lista.

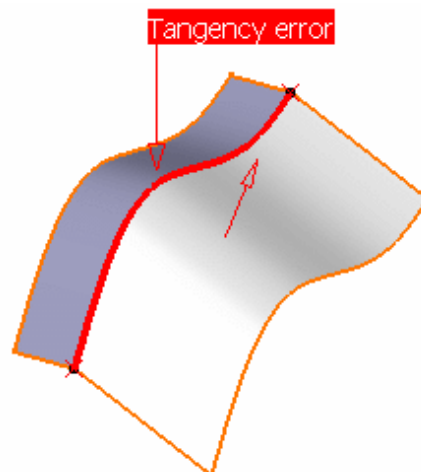
- a) Uso de las opciones de verificación



9. Seleccione *Check tangency* (comprobar tangencia) para averiguar si los elementos a unir son tangentes. Si no lo son, y dicha opción está seleccionada, se emite un mensaje de error al hacer clic en *Preview*,



y se destacan los elementos de error en la geometría 3D:



Esta opción funciona para una resolución angular de 0.5 grados.

10. Seleccione *Check connexity* (comprobar conexidad) para averiguar si los elementos a unir están conectados. Si no lo están, y dicha opción está seleccionada, se emite un mensaje de error que indica el número de dominios conectados en la unión resultante y se destacan los elementos de error en la geometría 3D.

Cuando haga clic en *Preview*, los bordes libres se resaltarán y esto ayudará a detectar donde el elemento unido no está conectado.

11. Seleccione *Check manifold* para averiguar si la unión resultante es *manifold*. Esta opción sólo está disponible con curvas.
12. Seleccione *Simplify the result* (simplificar el resultado) para permitir que el sistema reduzca automáticamente el número de elementos (caras o aristas) en la unión resultante siempre que sea posible.
13. Seleccione *Ignore erroneous elements* (ignorar los elementos erróneos) para dejar que el sistema ignore las superficies y las aristas que no permitirían que la unión se crease.

14. También puede establecer la tolerancia en la cual dos elementos son considerados como uno solo utilizando *Merging distance* (distancia de fusión).

De forma predeterminada, el valor se establece en 0.001 mm y se corresponde con el valor definido en las opciones generales (*Tools > Options > Shape > Generative Shape Design > General*).

No se recomienda unir dos elementos geométricos con una distancia de fusión exactamente igual a la distancia entre estos elementos.

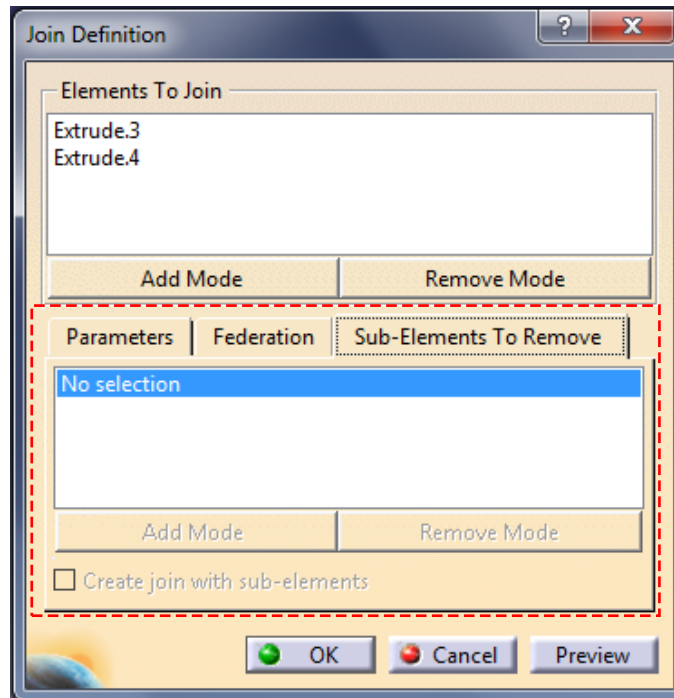
15. Seleccione la opción *Angular Threshold* (umbral angular) y especifique el valor del ángulo por debajo del cual los elementos se van a unir.

Si el valor del ángulo en el borde entre dos elementos es mayor que el valor umbral, los elementos no serán unidos. Esto es particularmente útil para evitar la superposición de elementos de unión.

Esta opción sólo se aplica a los bordes fusionados durante el cálculo de la unión. Para calcular el ángulo, se tiene en cuenta la mitad de cada borde fusionado.

#### b) Eliminación de sub-elementos

16. Haga clic en la ficha *Sub-Elements To Remove* (sub-elementos a eliminar) para mostrar la lista de sub-elementos en la unión.



Estos sub-elementos son elementos que componen los elementos seleccionados para crear la unión, tales como caras de una superficie por ejemplo, que han de ser eliminados de la unión que se está creando actualmente.

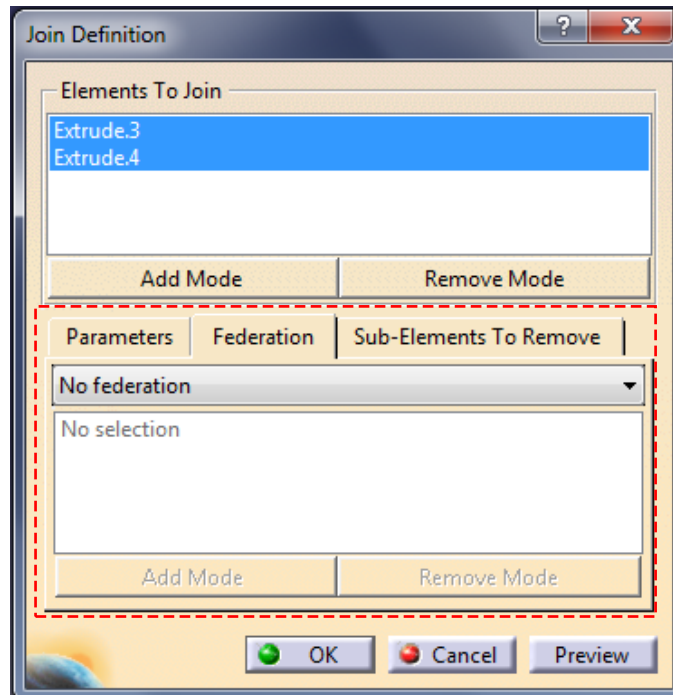
Puede editar la lista de sub-elementos de la misma manera que se describió anteriormente para la lista de los elementos a unir.

17. Seleccione *Create join with sub-elements* (crear unión con sub-elementos) para crear una segunda unión, hecha de todos los sub-elementos que aparecen en la lista, es decir, aquellos que no han sido unidos en la primera unión.
  - Esta opción está disponible sólo cuando se crea la primera unión, no cuando se edita.
  - No está disponible cuando la superficie unida pertenece a un *ordered geometrical set* o a un *partbody* creado en un entorno híbrido.
  - Aparecerá un mensaje para informarle de la creación de una segunda unión.
18. Haga clic en *OK* para crear la curva o superficie unida, que se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Join.x*.

A veces, los elementos están tan cerca que no es fácil ver si presentan una separación entre ellos o no, a pesar de que estén unidos. Seleccione la opción *Surface's Boundaries* en *Tools > Options > General > Display > ficha Visualization*.

c) Uso de la capacidad de federación





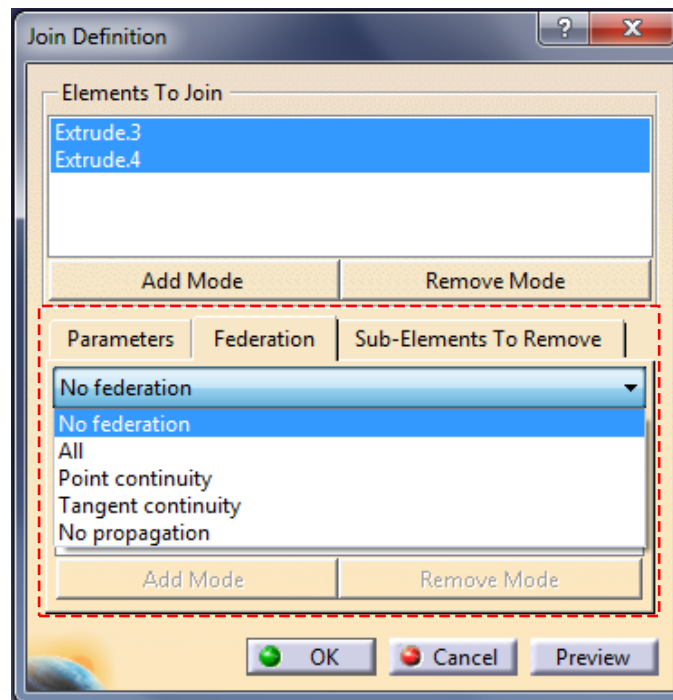
El propósito de la federación es reagrupar varios elementos que componen la superficie o curva unida. Esto es especialmente útil cuando se modifica geometría vinculada para evitar volver a especificar todos los elementos de entrada.

Abra el modelo [Join2.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

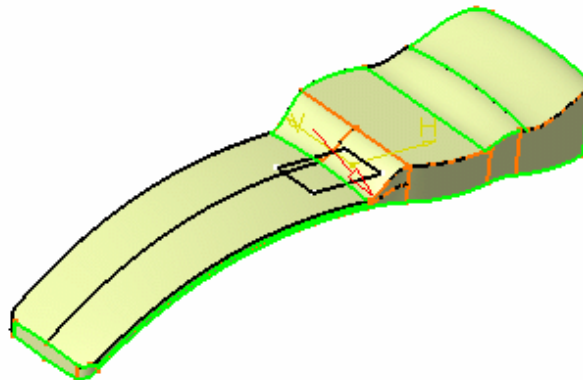
1. Cree la unión, seleccionando todos los elementos a unir. (Asegúrese de que no selecciona *Sketch.1*).
2. Desde el cuadro de diálogo principal del comando *Join*, haga clic en la ficha *Federation*. A continuación, seleccione uno de los elementos que componen la federación de elementos (siempre que no se seleccionen los modos *No federation* y *All propagation*).

Puede editar la lista de elementos que participan en la federación como se ha descrito anteriormente para la lista de elementos a unir.

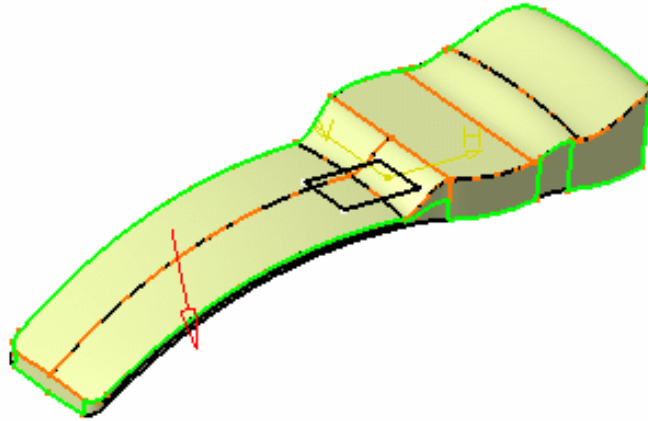
3. Elija un modo de propagación, el sistema automáticamente selecciona los elementos que componen la federación, teniendo en cuenta este modo de propagación.



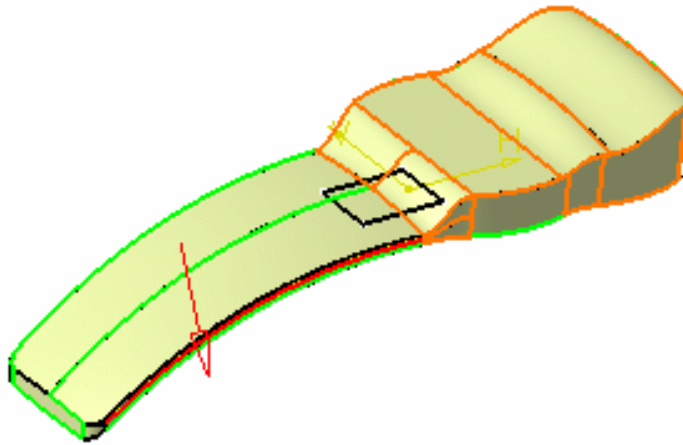
- *No federation*: ningún elemento puede seleccionarse.
- *All*: todos los elementos pertenecientes a la curva o superficie unida resultante son parte de la federación. Por lo tanto, ningún elemento puede seleccionarse explícitamente.



- *Point continuity*: se seleccionan todos los elementos que presentan un punto de continuidad con los elementos seleccionados y los elementos continuos.

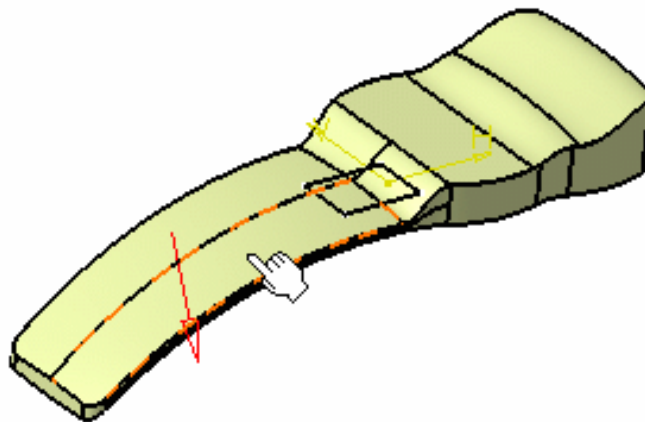


- *Tangent continuity*: todos los elementos que son tangentes al elemento seleccionado son parte de la federación.  
Aquí, sólo se detectan las caras superiores de la superficie unida, no las caras laterales.





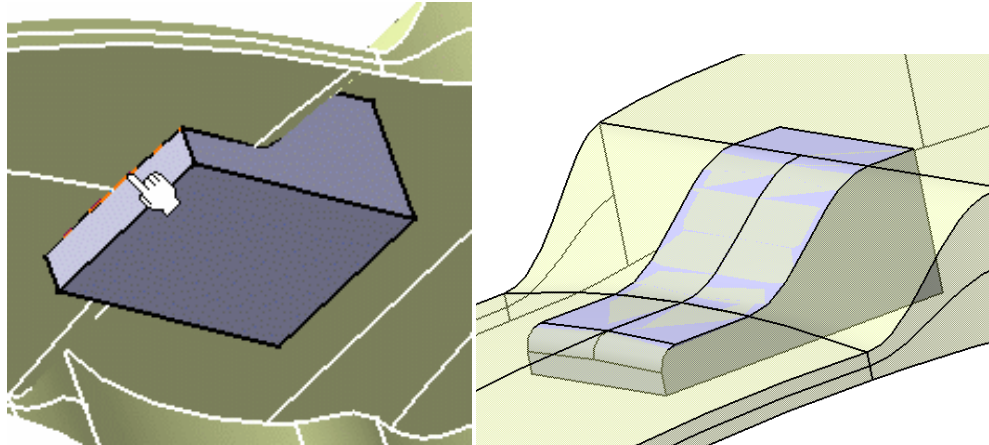
Para federar una superficie y sus límites en tangencia, es necesario seleccionar la cara así como los bordes: tanto la cara como los bordes serán federados.

- *No propagation*: sólo los elementos seleccionados explícitamente forman parte de la federación.

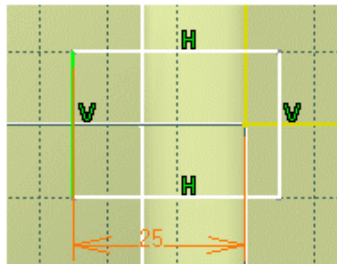


4. Elija el modo de propagación *Tangency continuity*.

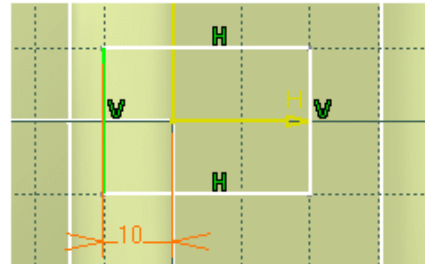
- Vaya al módulo *Part Design* (seleccione *Start > Mechanical Design > Part Design*), seleccione el *Sketch.1*, y haga clic en el comando *Pad*  para crear un *Pad* de tipo *Up to surface*, utilizando la superficie unida como superficie límite.
- Seleccione el borde delantero del *Pad*, haga clic en el comando *Edge Fillet*  y cree un redondeo de 2mm.




- Haga doble clic en *Sketch.1* desde el árbol de especificaciones, y a continuación, haga doble clic en la restricción en el boceto para cambiarla a 10mm.

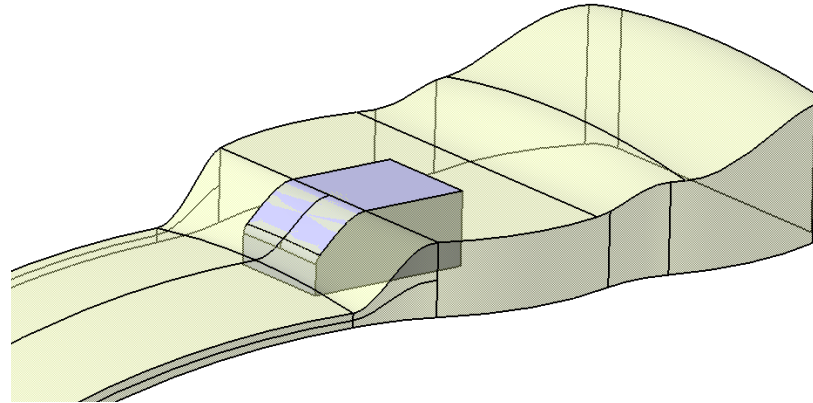


Sketch antes de la modificación  
apoyado sobre dos caras

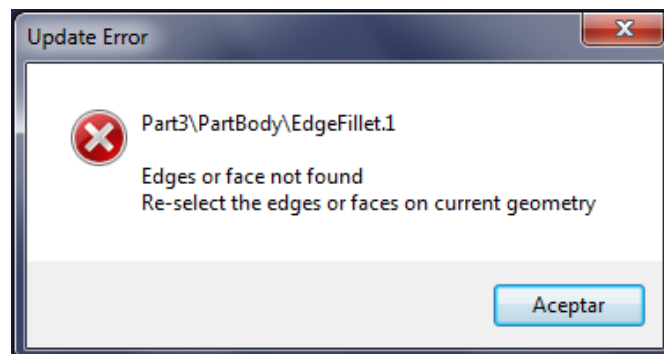


Sketch después de la modificación  
apoyado sobre una sola cara

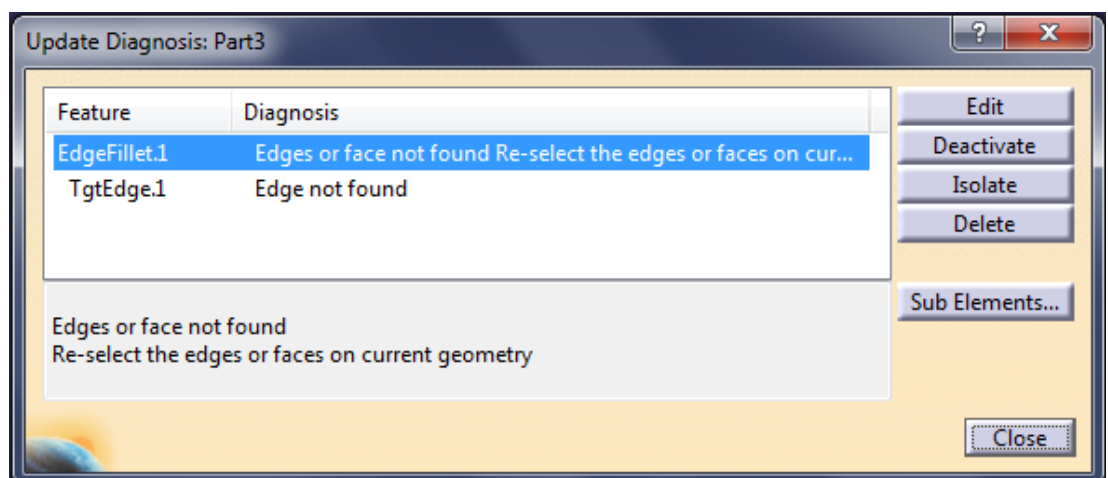
- Salga del boceto .
- El *Pad* se recalcula automáticamente a pesar de que no se encuentra en las mismas caras de la superficie que antes, debido a que estas dos caras pertenecen a la misma federación. Este no sería el caso si no se hubiera creado la federación incluyendo todas las caras superiores.



9. Haga doble clic en la superficie unida (*Join.1*) para editarla, y elija el modo de propagación *No propagation*.
10. Haga clic en *OK* dentro del cuadro de diálogo principal del comando *Join*.  
Se emite un mensaje de advertencia informándole de que ya no se reconoce un borde en el *Pad*.



11. Haga clic en *OK*.  
Se muestra el cuadro de diálogo *Update Diagnosis* (diagnóstico de actualización), lo que le permite volver a entrar en las especificaciones para el borde y su redondeo.



A continuación, deberá editar el borde y volver a hacer el redondeo para obtener el *Pad* anterior hasta la superficie unida.

12. Seleccione la línea *Edge.1*, haga clic en el botón *Edit* y vuelva a seleccionar el borde del *Pad* en la geometría.
13. Haga clic en *OK* en el cuadro de diálogo *Edit*. El redondeo se vuelve a calcular basándose en el borde correcto.

#### 4.8.2. Dividir geometría (*Split*)


Este comando muestra cómo dividir una superficie o un alambre a través de un elemento de corte.

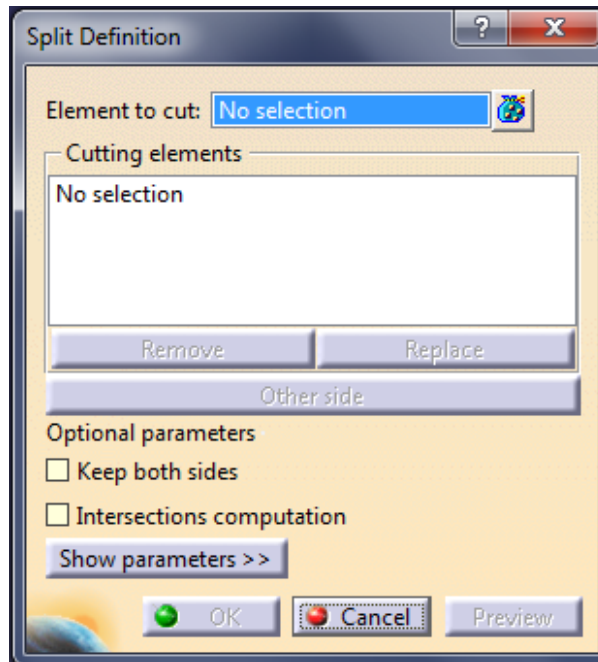
Puede dividir un alambre a través de un punto, de otro alambre o de una superficie; o una superficie a través de un alambre u otra superficie.

Más adelante se explican las siguientes opciones:

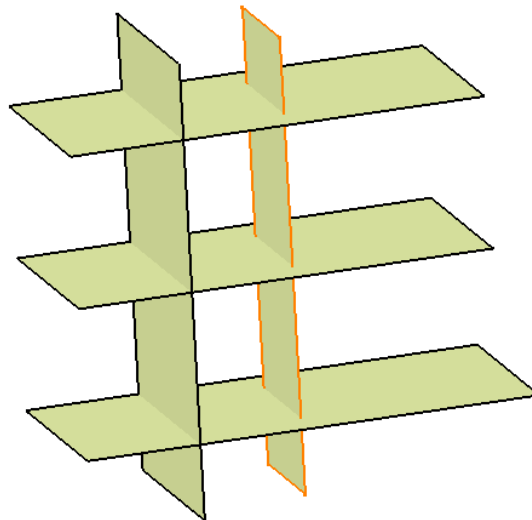
- Mantener o eliminar elementos.
- Intersección y extrapolación.
- Dividir alambres.
- División de una superficie por una curva o una superficie por una superficie.
- División de curvas o superficies cerradas por dos curvas o superficies aisladas no conectadas.
- División de una superficie cuando la intersección no está conectada.
- Dividir volúmenes.
- Aproximar el resultado de la división.


Abra el modelo [Split1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

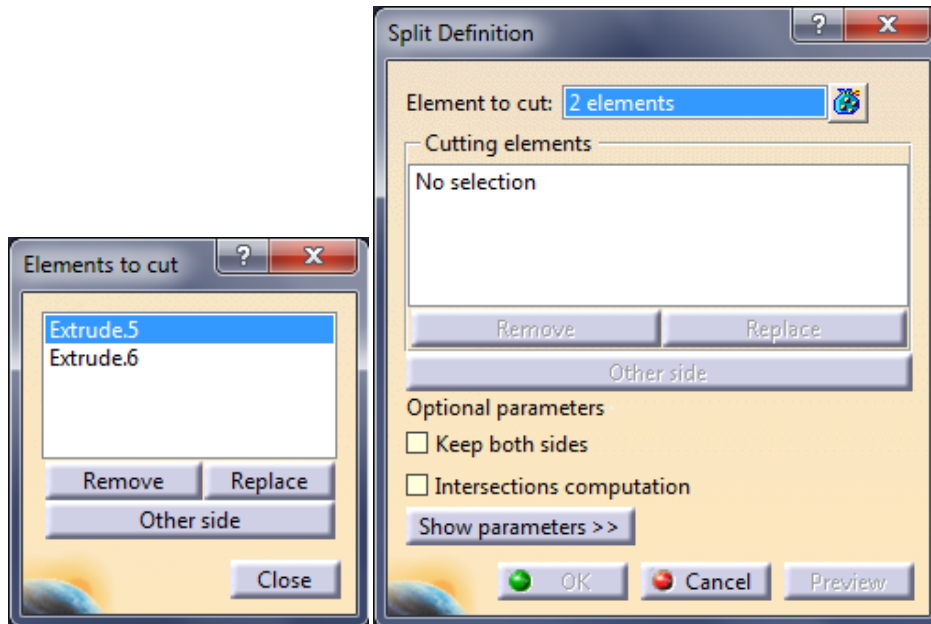
1. Haga clic en el comando *Split*  perteneciente a la barra de herramientas *Operations*. A continuación, aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando así como la barra de herramientas *Tools Palette*:



2. Seleccione el elemento que se va a dividir, es decir, el elemento a cortar (*Element to cut*).  
Debe hacer la selección haciendo clic en la parte que desea mantener después de la división.



Puede seleccionar varios elementos a cortar. En este caso, haga clic en el icono de selección múltiple  y se abrirá el cuadro de diálogo *Elements to cut* (elementos a cortar). Seleccione tantos elementos como sea necesario y haga clic en *Close* para volver al cuadro de diálogo principal de *Split*. En el campo *Elements to cut* se mostrará el número de elementos seleccionados.



Haga clic en *Remove* (eliminar) o *Replace* (reemplazar) para modificar la lista de elementos.

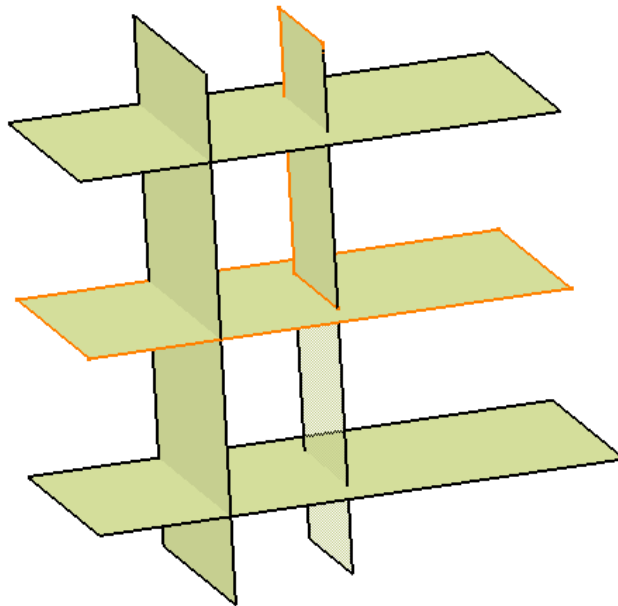
Cuando se seleccionan varios elementos a cortar, las partes seleccionadas no se tienen en cuenta como las partes a mantener. Las partes a mantener dependen del tipo de elemento de corte (punto, curva, superficie, etc.) y de la orientación de los elementos de corte y de los elementos a cortar.

Haga clic en *Other side* para invertir la parte a mantener, elemento por elemento.

3. Seleccione el elemento de corte (*Cutting elements*).

Aparecerá una vista previa de la división. Puede cambiar la parte a mantener seleccionando dicha parte o a través del botón *Other side*.

Esta opción se aplica en todos los elementos a cortar seleccionados.



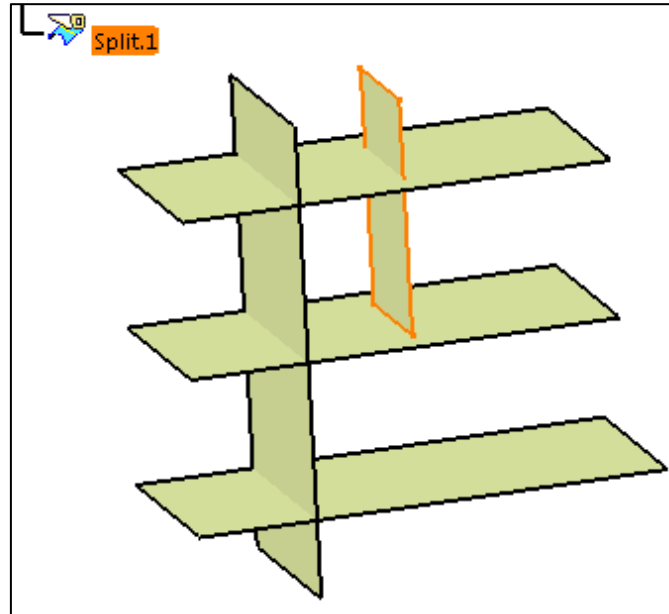
Puede seleccionar varios elementos de corte. En este caso, tenga en cuenta que el orden de selección es importante ya que el área a dividir se define según el lado que se vaya a mantener en relación con el elemento de división actual.



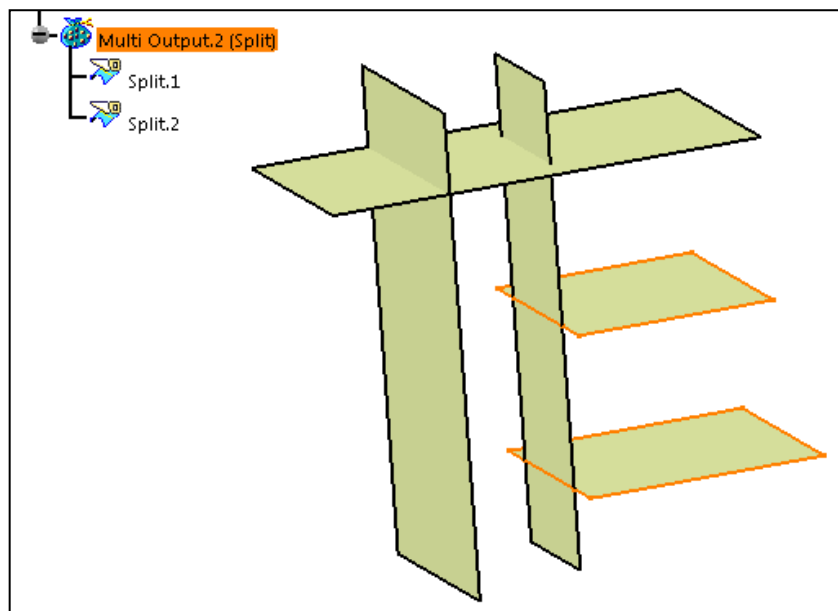
Puede crear un *Join* como elemento de división, haciendo clic con el botón derecho en la ventana de los elementos de corte dentro del cuadro de diálogo y eligiendo *Create Join*.

4. Haga clic en *OK* para dividir el elemento.

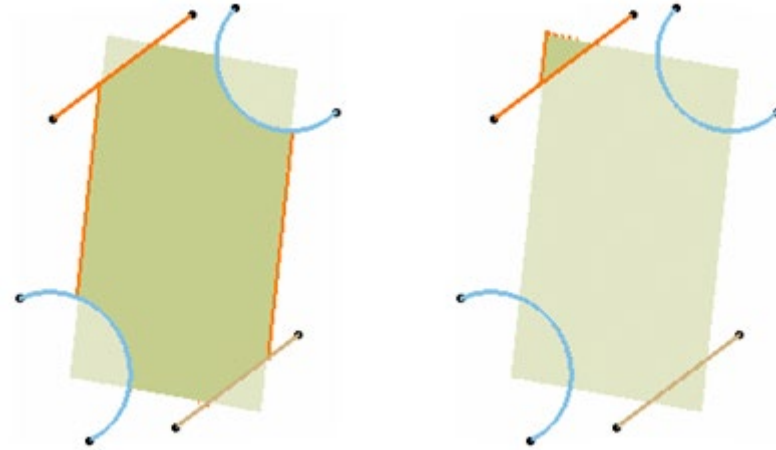
El elemento resultante de la división se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Split.x*.



En el caso de que se seleccionen varios elementos a cortar, los elementos creados se agregan al árbol de especificaciones bajo un elemento denominado *Multi-Output.x*.



En las siguientes imágenes, la línea superior izquierda es el primer elemento de división. En la imagen de la izquierda define un área que interseca con las otras tres curvas de división, y en la imagen de la derecha, estos tres elementos son incapaces de dividir el área definida por el primer elemento de división.

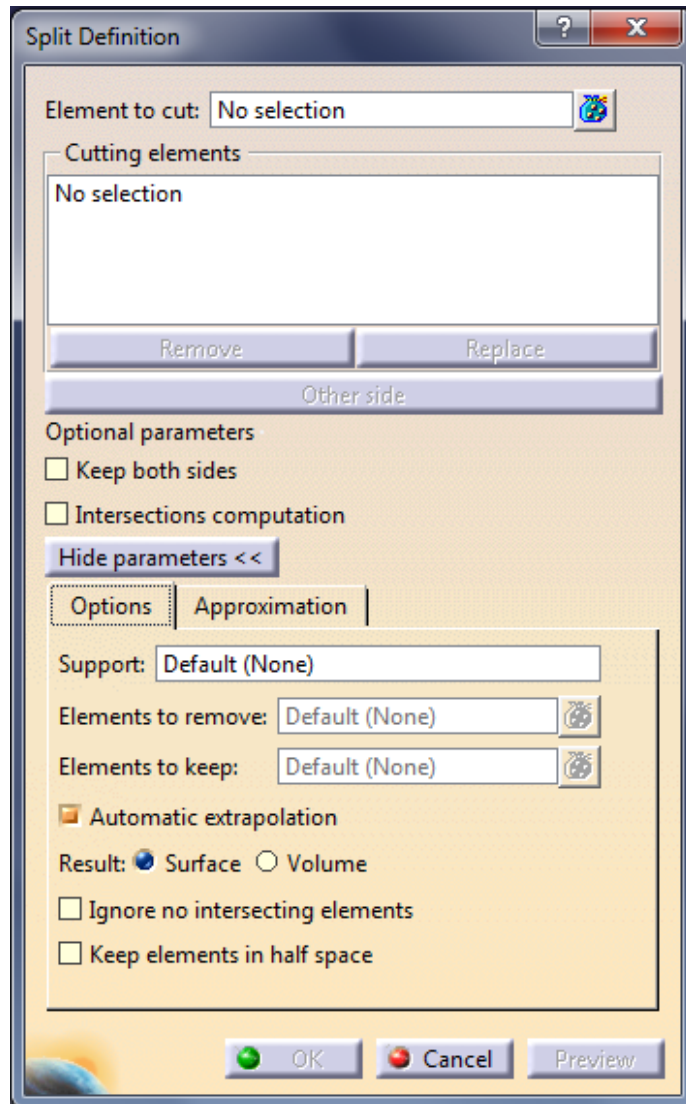


Si necesita eliminar o reemplazar alguno de los elementos de corte, selecciónelo en la lista y haga clic en *Remove* o *Replace*.

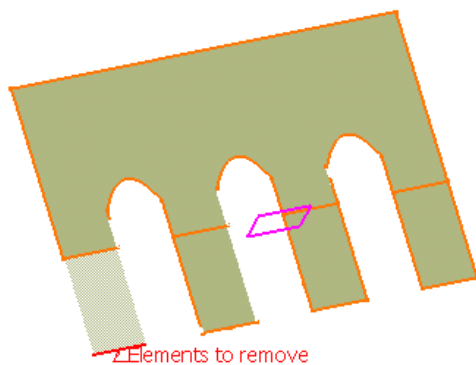
#### 4.8.2.1. Mantener o eliminar elementos

*Elements to remove* (elementos a eliminar) y *Elements to keep* (elementos a mantener) permiten definir las partes a eliminar o a mantener cuando se realiza la operación de división.

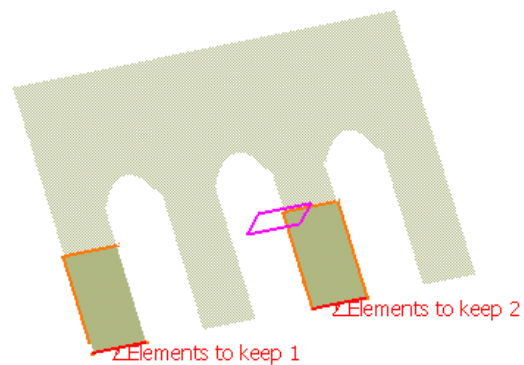
1. Haga clic en *Show parameters >>*.



2. Haga clic en el campo que desee (*Elements to remove* o *Elements to keep*) para ser capaz de seleccionar los elementos de la geometría 3D. Para seleccionar elementos a eliminar o elementos a mantener, primeramente seleccione elementos a cortar y elementos de corte.
3. Haga clic con el botón derecho en el campo para borrar la selección (*Clear Selection*) o para mostrar la lista de elementos seleccionados (*Elements list*).

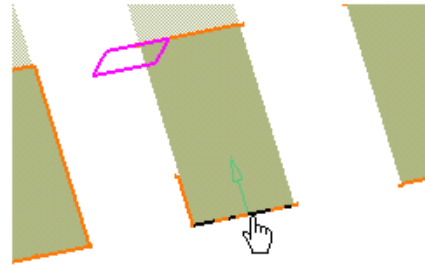


Se elimina el elemento seleccionado, los demás elementos se mantienen.

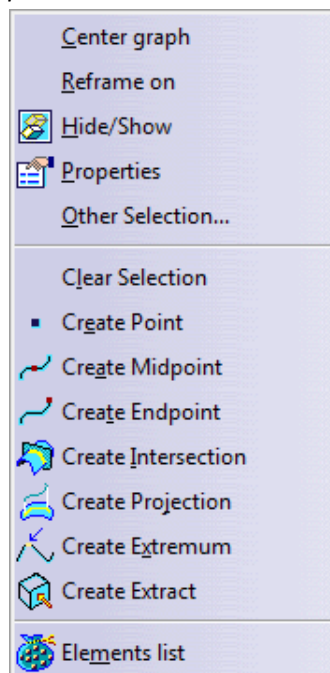


Se mantienen los elementos seleccionados, el resto de elementos se eliminan.

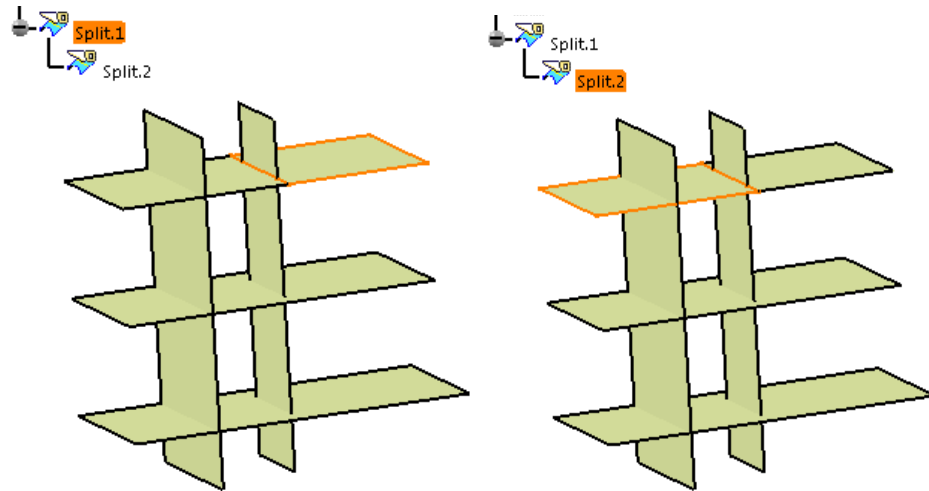
- Debe seleccionar sub-elementos como elementos a mantener o a eliminar. De lo contrario, se emite un mensaje de advertencia.



- También puede seleccionar un punto para definir la parte a mantener o a eliminar. Está disponible un menú contextual en los campos *Elements to remove* y *Elements to keep*.



- No es necesario seleccionar elementos a mantener si ya ha seleccionado elementos a eliminar y viceversa.
- Seleccione la opción *Keep both sides* (mantener ambos lados) para conservar el otro lado del elemento a dividir después de la operación. En ese caso, dicho lado aparece en el árbol de especificaciones como agregado bajo el primer elemento.



Por lo tanto, ambos elementos de división sólo se pueden editar en conjunto y además el elemento agregado no se puede eliminar por sí solo.

- En caso de que haya varios elementos a cortar, las opciones *Keep/Remove* y *Keep both sides* sólo se aplican en el primer elemento seleccionado.
- En caso de que la intersección entre los elementos no esté conectada, puede emitirse un mensaje de error pidiéndole que seleccione los elementos a mantener o no.
- Seleccione la casilla *Ignore no intersecting elements* para dividir muchos elementos (curvas, superficies, volúmenes) cuando el elemento de corte no interseca todos los elementos. Ejemplo:

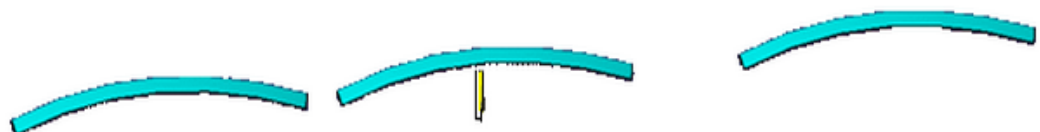


Las superficies azules son los elementos a cortar, mientras que los planos amarillo y morado son los elementos de corte. En la siguiente figura se muestra el resultado con la opción *Ignore no intersecting elements* seleccionada:



Cuando se seleccione esta opción, la opción *Intersections computation* (cálculo de intersecciones) se desactiva y deja de estar disponible.

- Seleccione la casilla *Keep elements in half space* para mantener todos los elementos que están en un lado del plano infinito de corte. El elemento de corte define este medio espacio. Ejemplo:



Las superficies azules son los elementos a cortar, mientras que el plano amarillo es el elemento de corte. En la siguiente figura se muestra el resultado con la opción *Keep elements in half space* seleccionada:

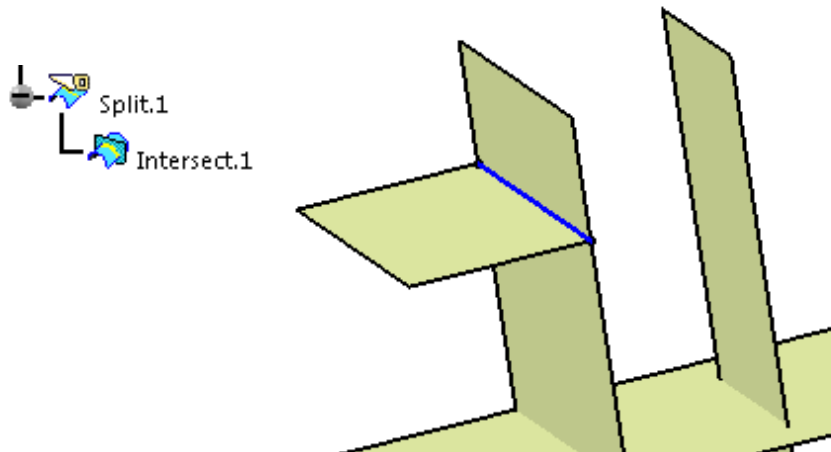


- Esta opción sólo se aplica cuando el elemento de corte es un plano infinito.

Cuando se seleccione esta opción, la opción *Ignore no intersecting elements* se selecciona automáticamente y no es posible desactivarla.

#### 4.8.2.2. Intersección y extrapolación

- Seleccione *Intersections computation* para crear una intersección agregada al realizar la operación de división. Este elemento se añadirá al árbol de especificaciones como un sub-elemento del *Split* bajo el nombre *Intersect.x*.



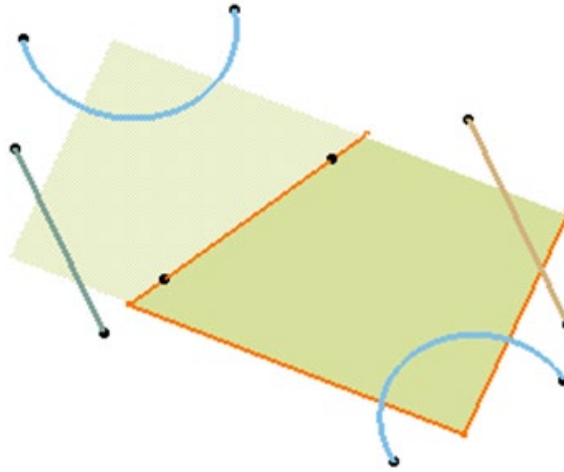
En caso de que haya varios elementos a cortar, esta opción sólo se aplica en el primer elemento seleccionado.

- Desactive la opción *Automatic extrapolation* si no desea la extrapolación automática de la curva de corte.

Cuando se extrapola una curva de división, la extrapolación se realizará en la curva original, siempre que la geometría subyacente (que es la curva) sea lo suficientemente larga para ser utilizada para la extrapolación.

Si la opción *Automatic extrapolation* se desactiva, se emite un mensaje de error cuando el elemento de corte debe ser extrapolado, y dicho elemento de corte se resalta en rojo en la geometría 3D.

Esta opción está disponible en el caso de una división superficie/curva o superficie/superficie.

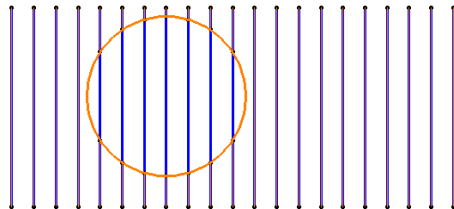


#### 4.8.2.3. Dividir alambres

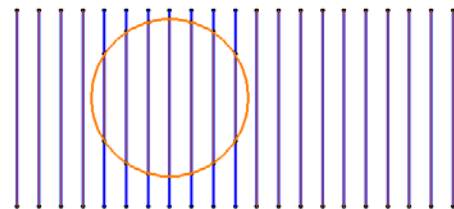
- Al dividir un alambre (curva, línea, boceto, etc.) por otro alambre, puede seleccionar un soporte para definir el área que se mantendrá después de dividir el elemento. Se define por el producto vectorial de la normal al soporte y la tangente al elemento de división. Esto es especialmente recomendable cuando se divide un alambre cerrado. Los elementos no desconectados del elemento a cortar se mantienen en el resultado de la división.

A continuación se muestran ejemplos:

- División sin soporte seleccionado

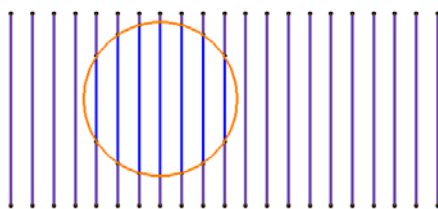


Primera solución

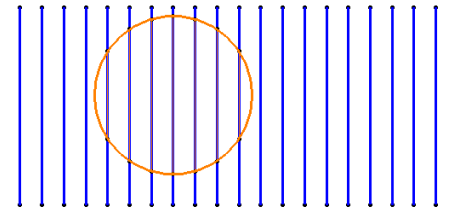


Segunda solución

- División con un soporte seleccionado (plano xy)



Primera solución



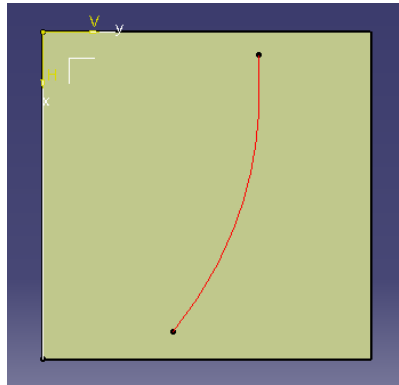
Segunda solución

#### 4.8.2.4. División de una superficie por una curva o una superficie por una superficie

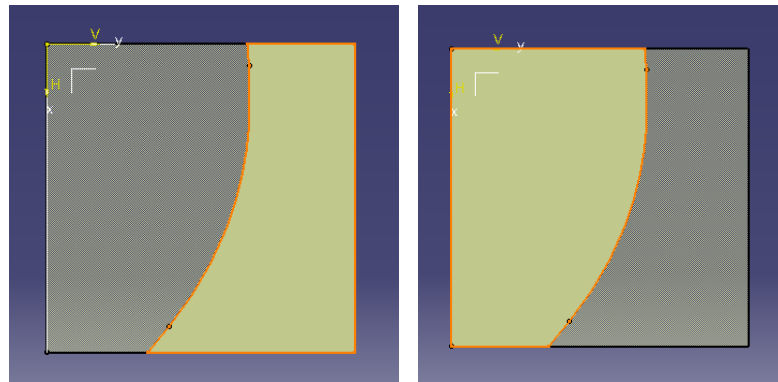
Los siguientes pasos explican cómo dividir una superficie por una curva o por otra superficie.

## a) Dividir una superficie por una curva

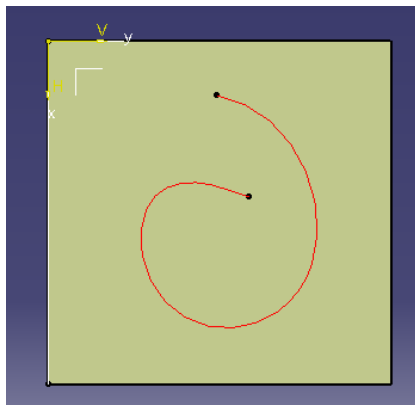
1. En primer lugar, el elemento de corte (la curva) se establece en la superficie.



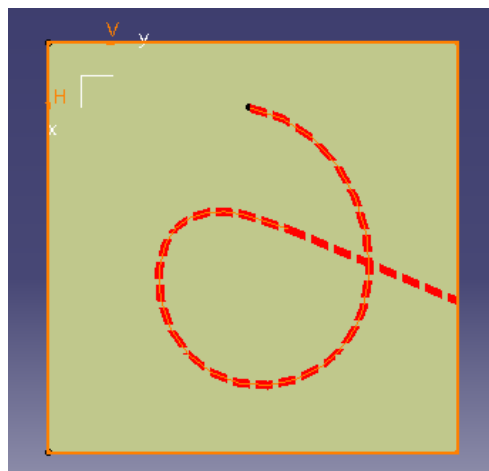
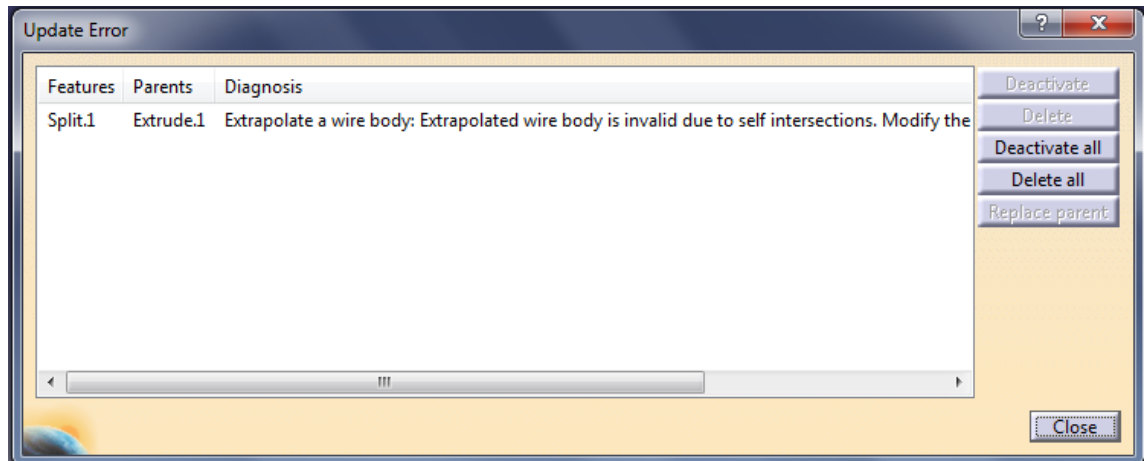
2. Entonces, el resultado del paso 1 se extrapola tangencialmente con el fin de dividir la superficie correctamente (como se muestra en las figuras siguientes).



Sin embargo, cuando esta extrapolación conduce a la intersección del elemento de corte con él mismo antes de dividir completamente el elemento inicial (la superficie), se emite un mensaje de error, ya que hay una ambigüedad sobre el área a dividir.





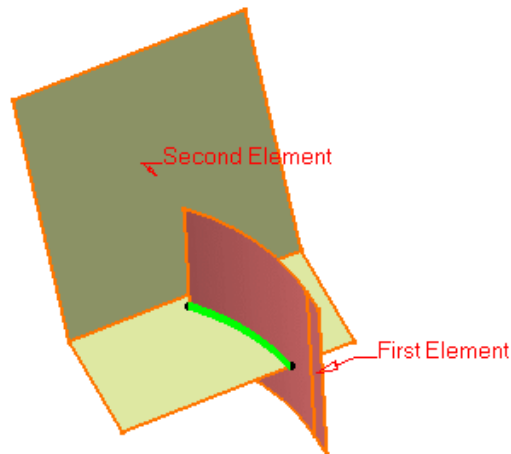


Si el elemento de corte no llega a los bordes libres del elemento a cortar, se realiza una extrapolación en tangencia utilizando la parte del elemento de corte que se establece en la superficie.

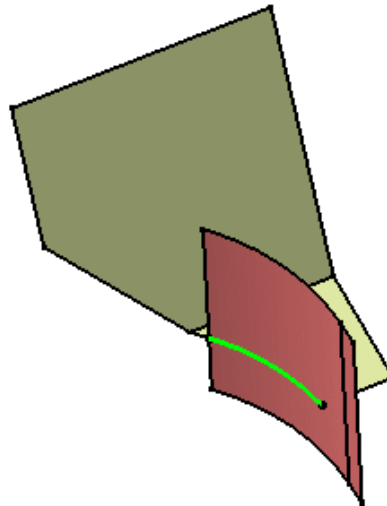
b) Dividir una superficie por otra superficie

Abra el modelo [Split2.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").


1. En primer lugar, se crea una intersección (el alambre verde en la figura siguiente) entre los dos elementos de superficie.



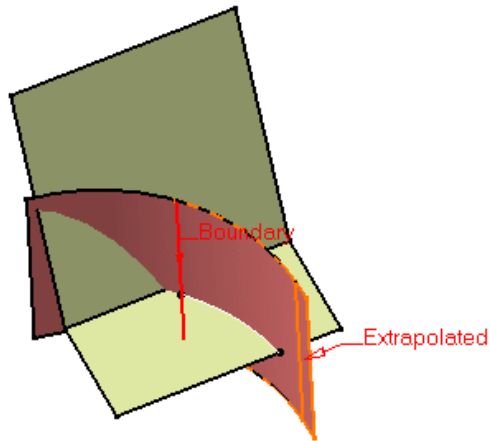
2. Entonces, el resultado de la intersección se extrapola automáticamente en tangencia hasta los bordes libres más cercanos del elemento a cortar.  
El resultado de la extrapolación se utiliza como elemento de corte y se crea la división.



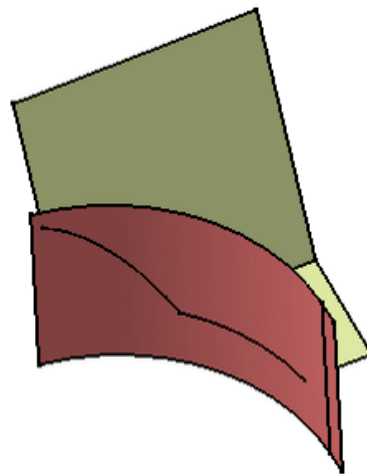
Tenga en cuenta que no es el elemento de corte el que es extrapolado, sino que es el resultado de la intersección lo que se extrapola.

Si el resultado de la división no es lo que se esperaba, también es posible extrapolar manualmente el elemento de corte con el comando *Extrapolate*  antes de crear la división.

3. Extrapole el elemento de corte (la superficie roja en la figura) con el fin de intersectar completamente el elemento a cortar.



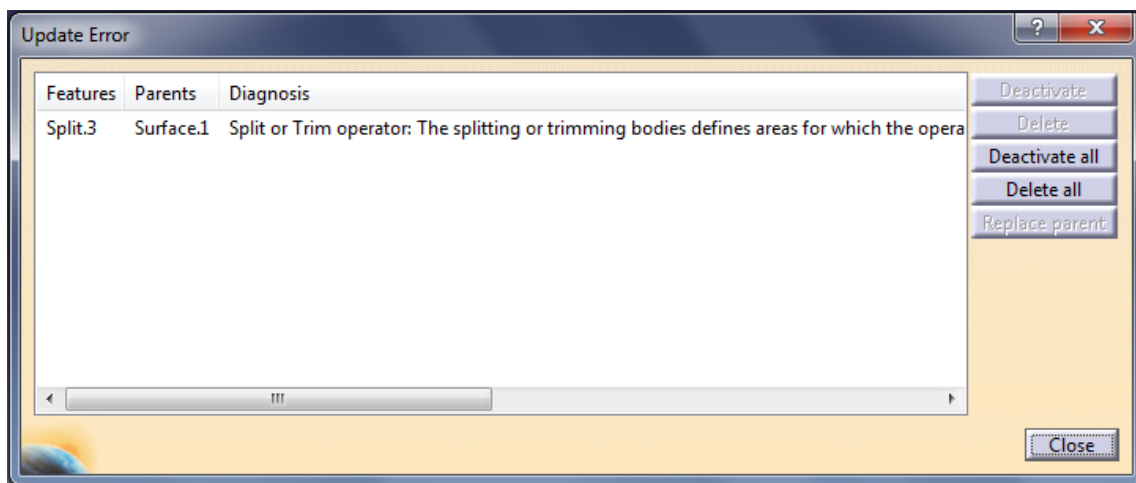
4. A continuación, utilice la superficie extrapolada como elemento de corte para dividir la otra superficie.



Evite el uso de elementos de entrada que sean tangentes entre sí ya que esto puede dar lugar a inestabilidades geométricas en la zona de tangencia.

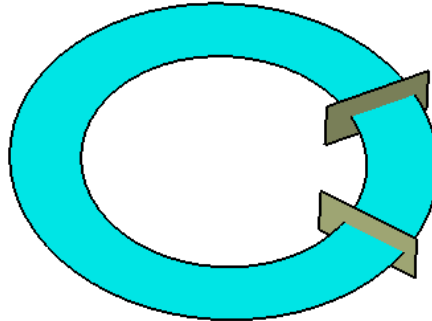
#### 4.8.2.5. División de curvas o superficies cerradas por dos curvas o superficies aisladas no conectadas



Al dividir una curva o una superficie cerrada por elementos aislados no conectados, se muestra un mensaje de error.



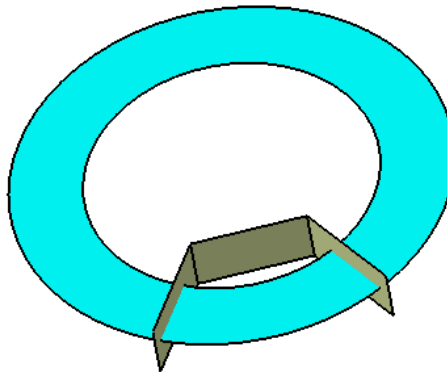
Es necesario crear un elemento de unión (*Join*) de los elementos aislados no conectados y cortar la curva o la superficie cerrada con este elemento de unión.

Abra el modelo [Split3.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

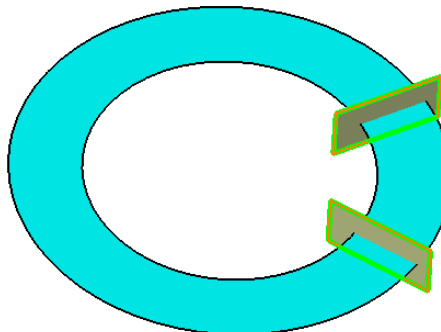



1. Haga clic en el comando *Join*  perteneciente a la barra de herramientas *Operations*. Aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
2. Seleccione *Split.1* y *Inverse.1* como las superficies a unir.  
Tenga cuidado de que ambas superficies o curvas a unir tienen orientaciones coherentes. Si no es el caso, utilice el comando *Invert Orientation*  (comando perteneciente al módulo *Generative Shape Design*) para invertir la orientación de una de las dos superficies o curvas.

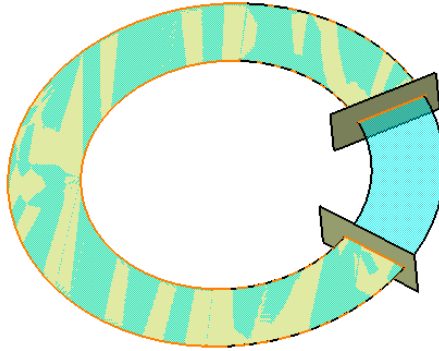
Tenga en cuenta que orientaciones coherentes significan mismas orientaciones que las caras o bordes de una superficie o curva de división conectada equivalente:



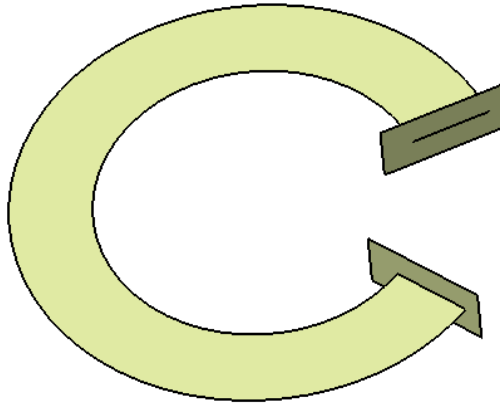
3. Desactive la opción *Check connexity* (comprobar conexidad).
4. Haga clic en *OK* para crear la superficie de unión.



5. Haga clic en el comando *Split*  perteneciente a la barra de herramientas *Operations*, y a continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.
6. Seleccione *Surface.1* como elemento a cortar y *Join.1* como elemento de corte.



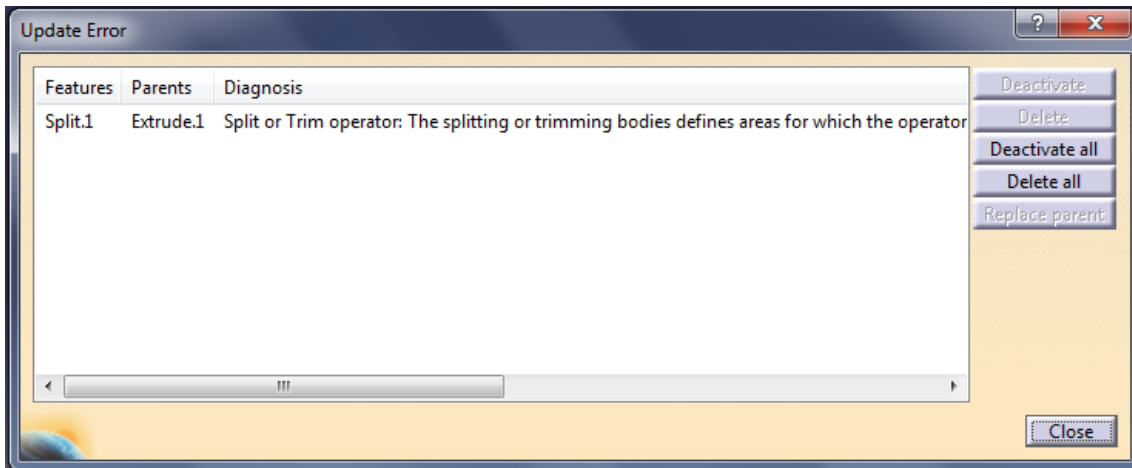
7. Haga clic en *OK* para dividir la superficie cerrada.



Si la orientación de los elementos que componen la superficie o curva de unión (*Join*) es incoherente, se emite un mensaje de error al crear la superficie de división.

#### **4.8.2.6. División de una superficie cuando la intersección no está conectada**

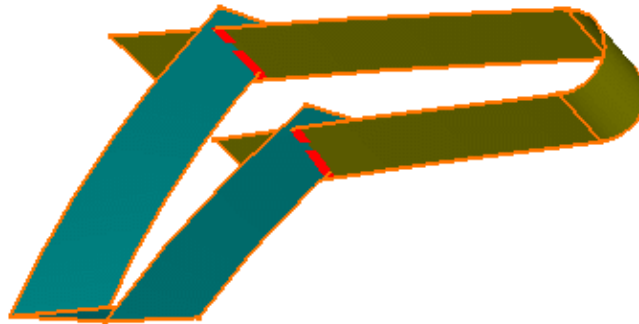
En caso de que la intersección entre los elementos no esté conectada, puede emitirse un mensaje de error informándole de elegir los elementos a mantener y los que no.



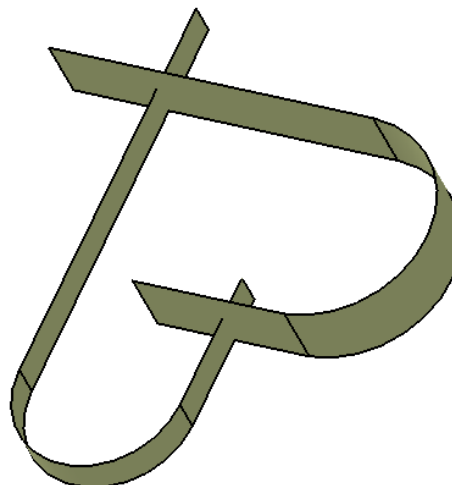
En este caso, utilice las opciones de elementos a eliminar (*Elements to remove*) y elementos a mantener (*Elements to keep*).

A continuación se muestran dos ejemplos:

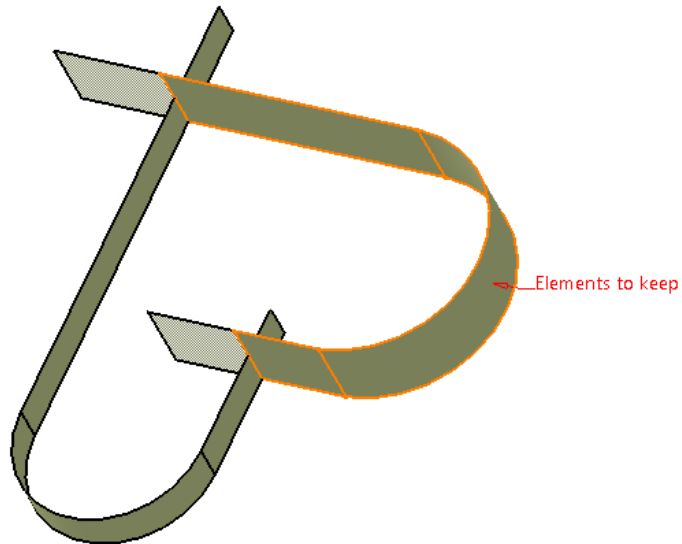
- Ejemplo 1:



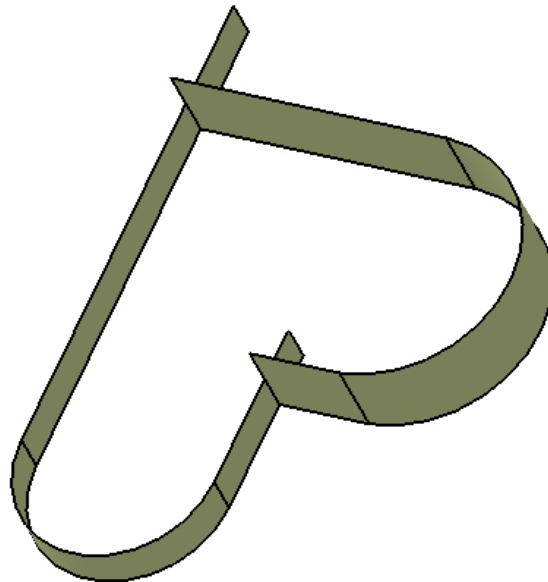
- Ejemplo 2:
  - Geometría inicial:



- Se seleccionan los elementos a mantener:



- Resultado final:

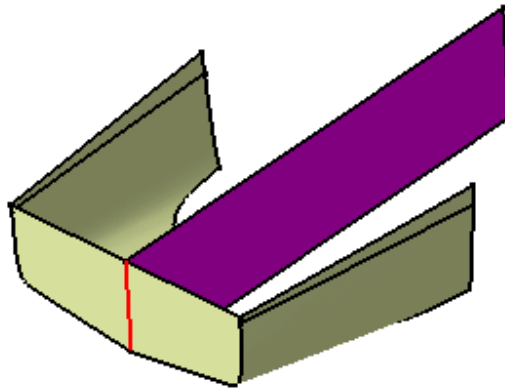


#### 4.8.2.7. Dividir volúmenes

Siempre que el elemento a cortar es un volumen y el elemento de corte es un volumen o una superficie, puede elegir si desea que el resultado de la división sea una superficie o un volumen. Para ello, cambie la opción *Surface* o *Volume* en el cuadro de diálogo de acuerdo a sus necesidades. Este cambio sólo se refiere a volúmenes, ya que la transformación de una superficie sólo puede ser una superficie.

Tenga en cuenta:

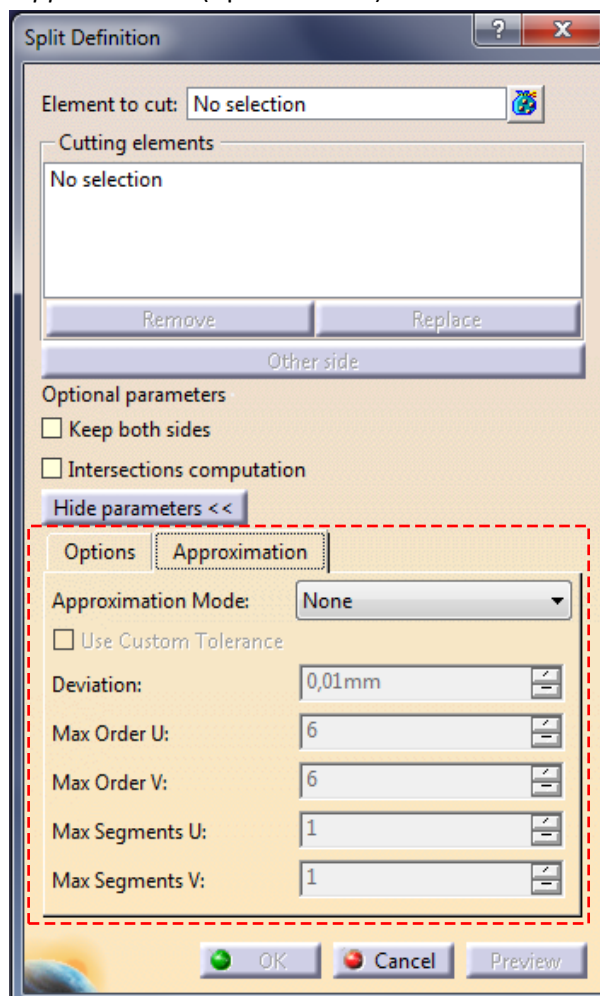
- La sustitución de un elemento de entrada no cambia el tipo de resultado.
- Las opciones *Surface* y *Volume* no están disponibles cuando se edita el elemento de división, es decir, sólo están disponibles a la hora de crearlo.



#### 4.8.2.8. Aproximar el resultado de la división

Se puede controlar la calidad del resultado de la división (*Split*) a través de varios parámetros y modos.

1. Haga doble clic en el resultado de la división en el árbol de especificaciones para editarlo. Aparecerá el cuadro de diálogo del comando *Split*.
2. Seleccione la ficha *Approximation* (Aproximación).






3. En la lista *Approximation mode* (Modo de aproximación), seleccione una de las opciones:
  - *None* (Ninguno): la superficie de división resultante no es aproximada. De forma predeterminada, esta es la opción que viene seleccionada.
  - *Deviation* (Desviación): la superficie de división resultante se desvía de acuerdo con la longitud dada. Tenga en cuenta que :
    - El campo *Deviation* está disponible cuando selecciona esta opción.
    - La desviación entre la superficie resultante y el resultado de la división original no es más que el valor dado.
  - *Parameters* (Parámetros): la superficie resultante se calcula de acuerdo con los límites del parámetro dado. Puede controlar los siguientes parámetros:
    - *Max Order* (Max orden): en cada escala (U, V), el orden de aproximación polinomial es menor que el valor de entrada.
    - *Max Segment* (Max segmento): en cada escala (U, V), la superficie se divide en segmentos que definen áreas que son aproximadas. El número de segmentos es menor que el valor de entrada.
4. Haga clic en OK y el resultado de la división será aproximado.

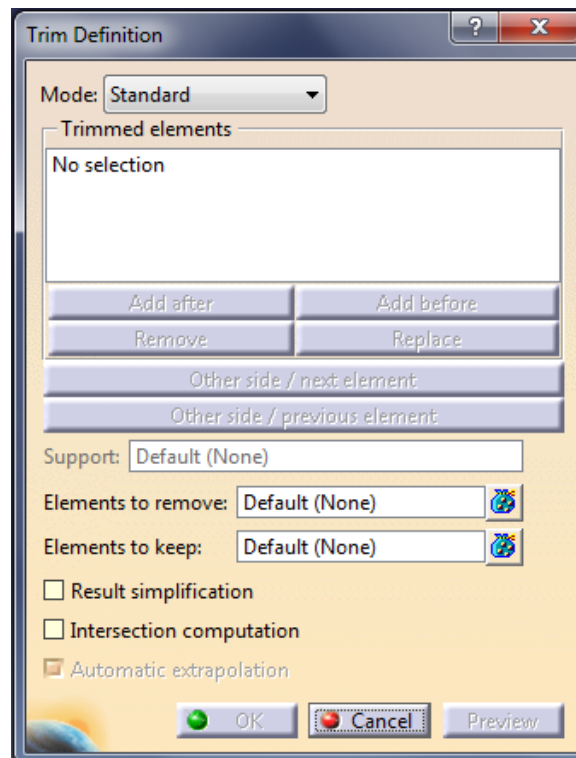
La aproximación sólo está disponible para las superficies de tipo rectángulo, es decir, para las superficies que tienen sólo cuatro bordes laterales.

### 4.8.3. Recortar geometría (*Trim*)

Este comando muestra cómo recortar dos o más elementos alámbricos o de superficie.

Abra el modelo [Trim1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

1. Haga clic en el comando *Trim*  perteneciente a la barra de herramientas *Operations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.



2. Seleccione el modo (*Mode*) de recorte:

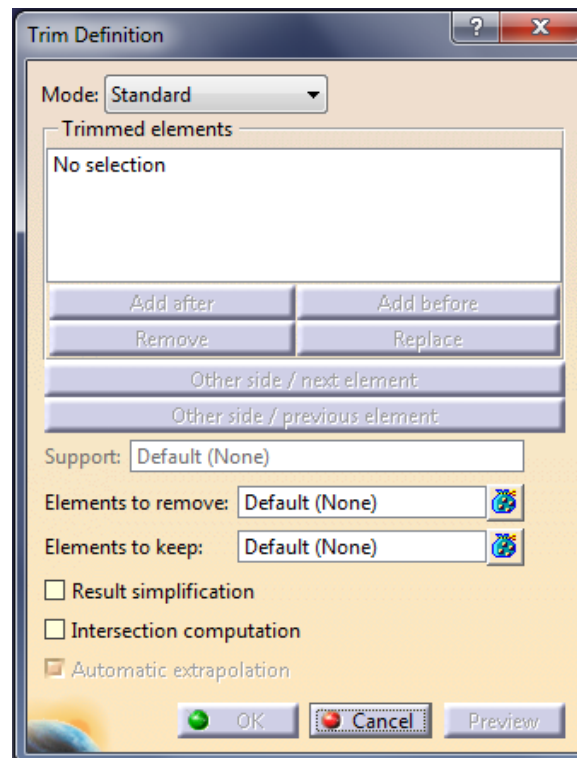
- *Standard* (Estándar)
- *Pieces* (Piezas)

#### 4.8.3.1. Modo de recorte *Standard* (Estándar)

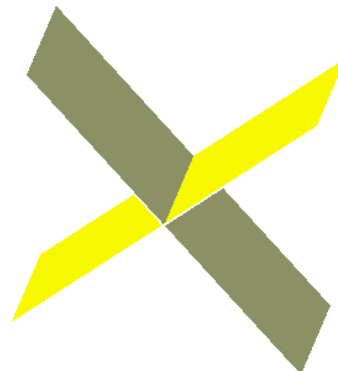
Con este modo, se mantiene una parte del elemento seleccionado (superficie o alambre) y la lista de elementos recortados es ordenada.

Más adelante se explican las siguientes opciones:

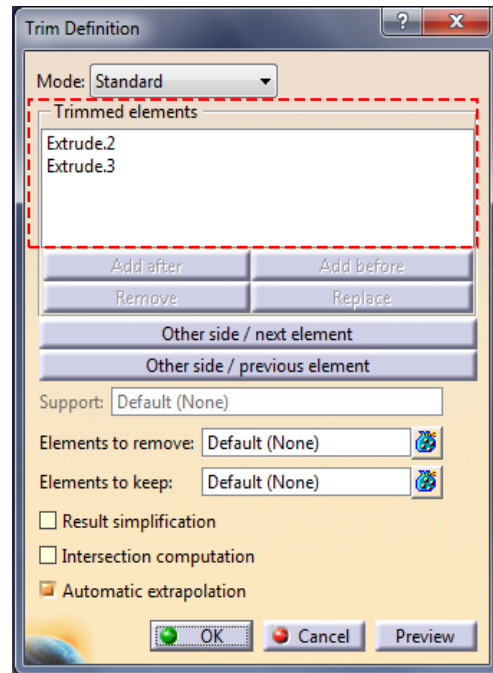
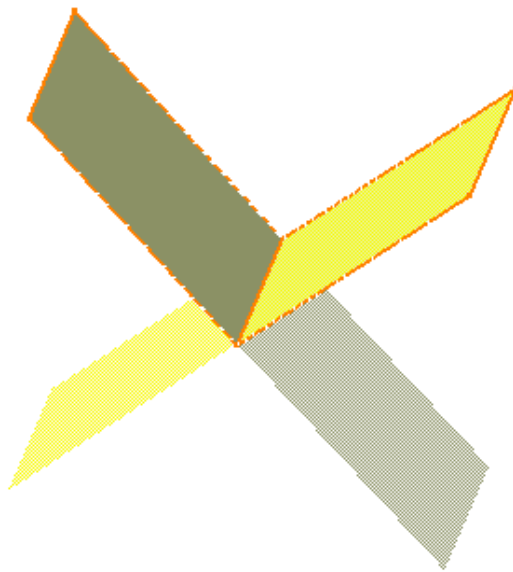
- Selección de un soporte.
- Mantener o eliminar elementos.
- Simplificar el resultado.
- Recortar una superficie cuando la intersección no está conectada.
- Intersección y extrapolación.



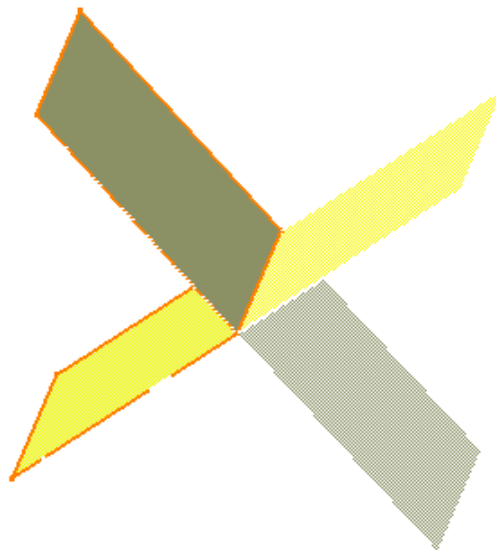
3. Seleccione las dos superficies o los dos elementos alámbricos a recortar.



Aparece una vista previa de los elementos recortados y se actualiza la lista de elementos recortados:



Puede cambiar la parte a mantener seleccionando dicha parte:



4. Haga clic en *OK* para recortar las superficies o los elementos alámbricos.  
El elemento recortado se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Trim.x*.



Solución inicial



Solución cambiando la parte a mantener

También puede seleccionar las partes a mantener haciendo clic en el botón *Other side/next element* (Otro lado/elemento siguiente) o en el botón *Other side/previous element* (Otro lado/elemento anterior).



Solución de *Other side / next element*

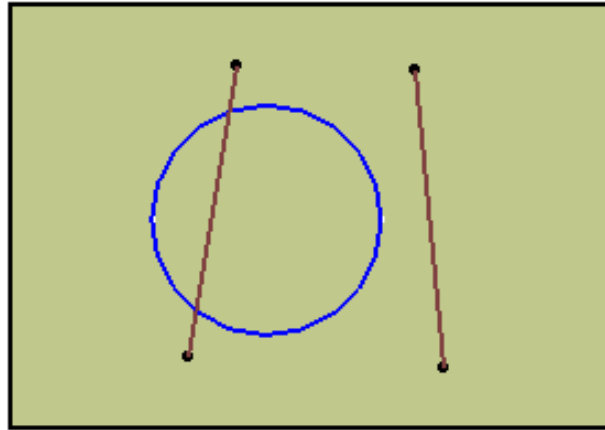


Solución de *Other side / previous element*

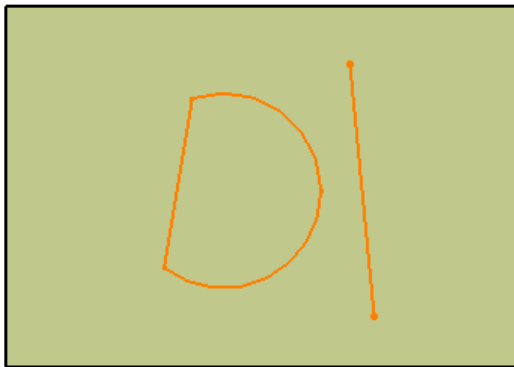
a) Selección de un soporte

Al recortar alambres (curva, línea, boceto, etc.) por otro alambre, puede seleccionar un soporte para definir el área que se mantendrá después de recortar el elemento. Se define por el producto vectorial de la normal al soporte y la tangente al elemento de recorte. Esto es especialmente recomendable cuando se recorta un alambre cerrado.

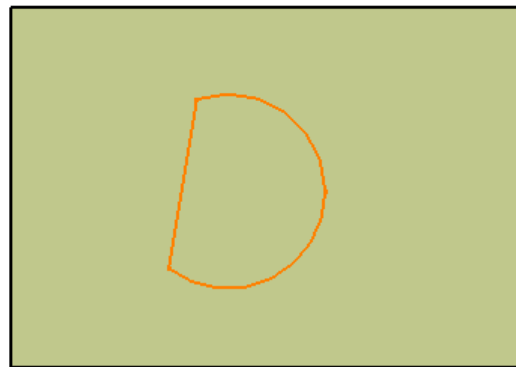
En el siguiente ejemplo, el boceto compuesto por las dos líneas se recorta por el boceto compuesto por el círculo.



A continuación se muestran los resultados sin soporte y con soporte (se ha seleccionado como soporte la superficie verde sobre la que se asientan ambos bocetos):



Resultado sin soporte

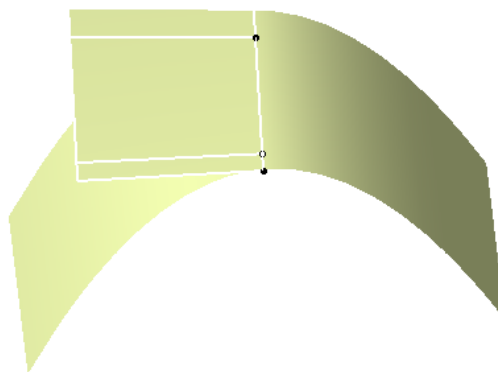


Resultado con soporte

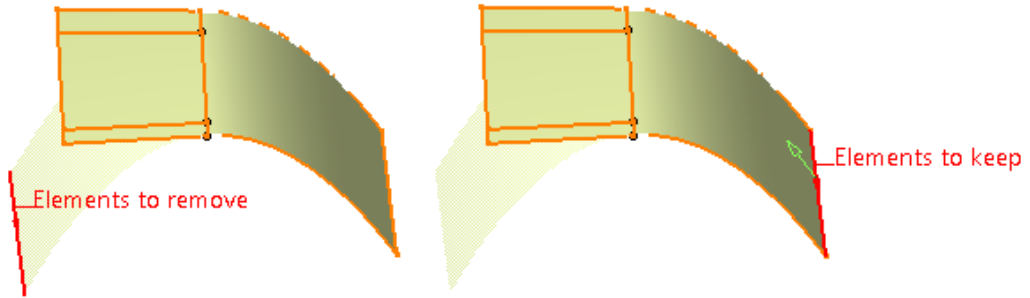
b) Mantener o eliminar elementos

*Elements to remove* (Elementos a eliminar) y *Elements to keep* (Elementos a mantener) permiten definir las partes a eliminar y las partes a mantener cuando se realiza la operación de recorte.

Se estudia este apartado a partir del siguiente ejemplo:

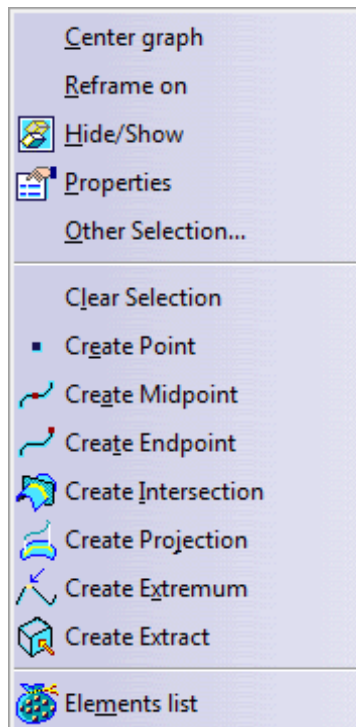


1. Haga clic en el campo que desee (*Elements to remove* o *Elements to keep*) para ser capaz de seleccionar los elementos de la geometría 3D.

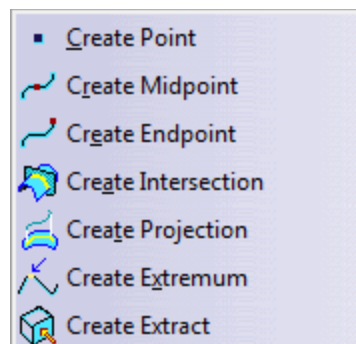


Sólo se elimina la parte seleccionada.      Sólo se mantiene la parte seleccionada.  
Los demás elementos se mantienen.      Los demás elementos se eliminan.

2. Haga clic con el botón derecho en el campo para borrar la selección (*Clear Selection*) o para mostrar la lista de elementos seleccionados (*Elements list*).



También puede seleccionar un punto para definir la parte a mantener o a eliminar.  
Un menú contextual está disponible en los campos *Elements to remove* y *Elements to keep*.



- No es necesario seleccionar elementos a mantener si ya ha seleccionado elementos a eliminar y viceversa.
- Evite recortar geometría cuando la intersección entre los elementos recortados se fusiona con un borde de uno de los elementos. En este caso, utilice las opciones *Elements to remove* y *Elements to keep* para eliminar ambigüedades.
- En caso de que la intersección entre los elementos no esté conectada, puede aparecer un mensaje de error pidiéndole que seleccione los elementos a mantener y los que no.

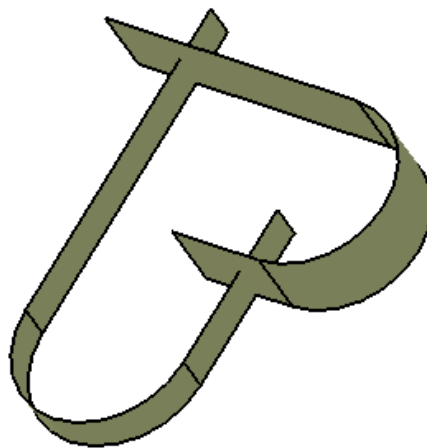
c) Simplificar el resultado

Seleccione la opción *Result simplification* para permitir que el sistema pueda reducir automáticamente el número de caras en el recorte resultante siempre que sea posible.

d) Recortar una superficie cuando la intersección no está conectada.

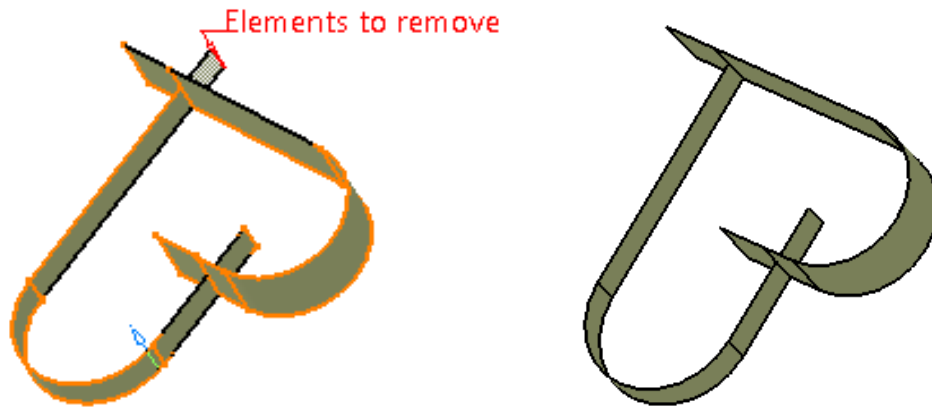
En caso de que la intersección entre los elementos no esté conectada, puede emitirse un mensaje de error informándole de elegir los elementos a mantener y los que no.

En este caso, utilice las opciones de elementos a eliminar (*Elements to remove*) y elementos a mantener (*Elements to keep*). A continuación se muestran varios ejemplos sobre un mismo modelo:

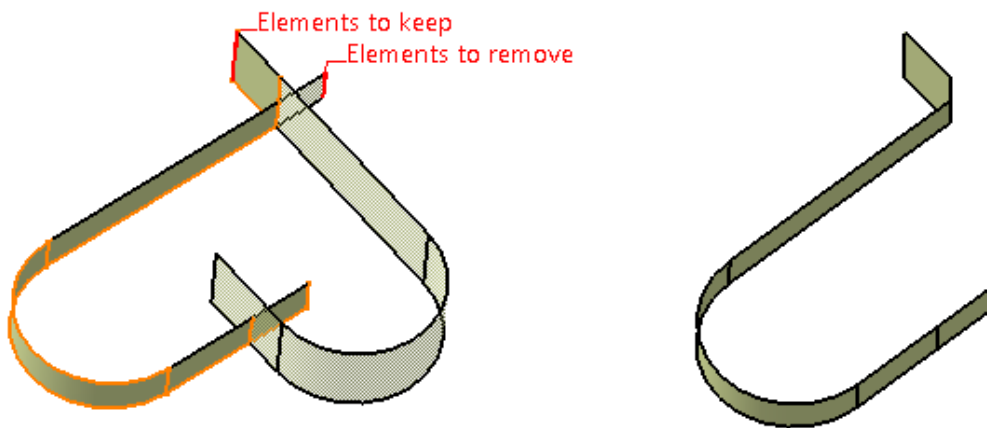


- Seleccionando un solo elemento a eliminar:



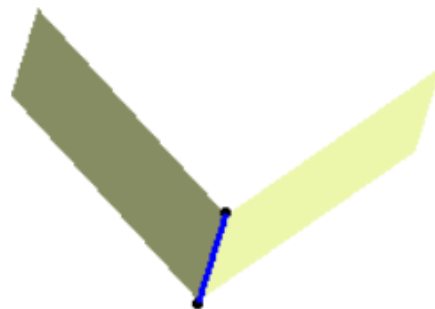


- Seleccionando un elemento a eliminar y otro a mantener:

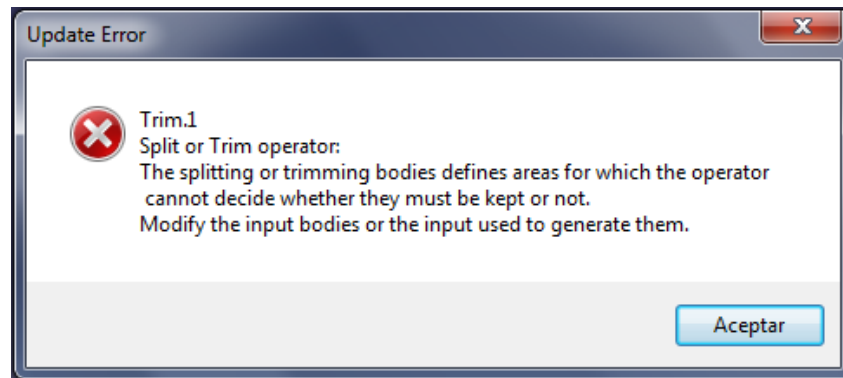


e) Intersección y extrapolación

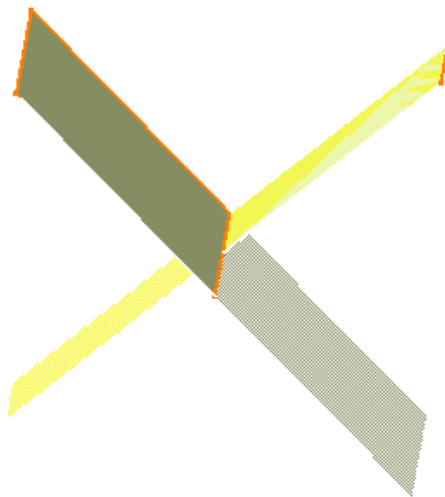
- Seleccione la opción *Intersection computation* para crear una intersección agregada cuando se realiza la operación de recorte. Este elemento se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Intersect.x*.



- Desactive la opción *Automatic extrapolation* si no desea la extrapolación automática de los elementos a recortar.  
Si la opción *Automatic extrapolation* se desactiva, aparecerá un mensaje de error cuando los elementos a recortar necesiten ser extrapolados.



Para ser capaz de recortar las dos superficies o elementos alámbricos, seleccione la opción *Automatic extrapolation*.



Vista previa

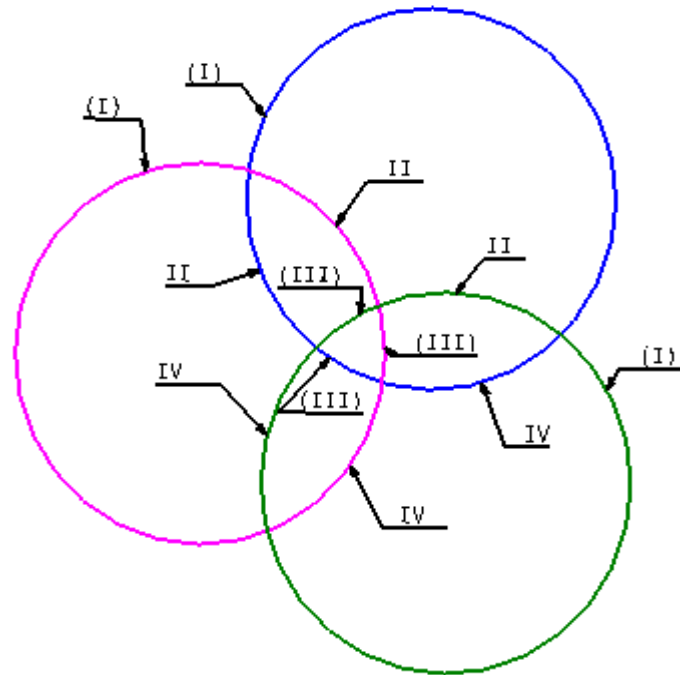


Resultado

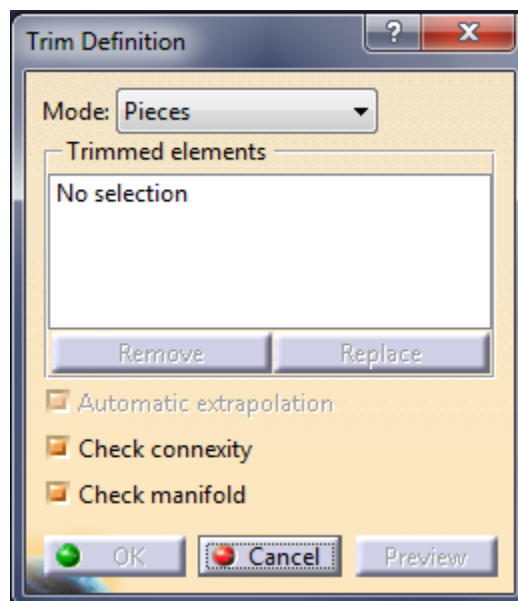
#### 4.8.3.2. Modo de recorte *Pieces* (Piezas)

Con este modo, todos los elementos recortados (superficies o curvas) se dividen en conjunto, se mantienen todas las partes seleccionadas y la lista de curvas recortadas es desordenada.

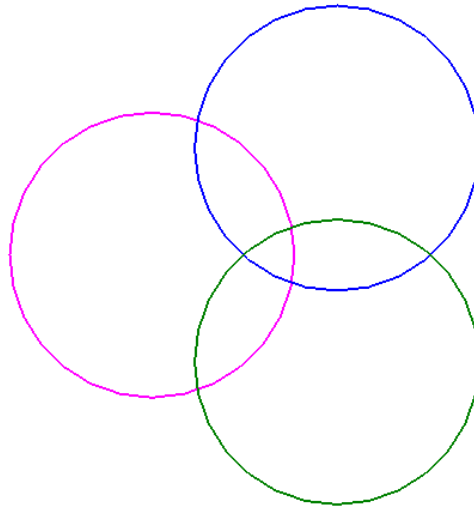
Cada parte de cada elemento es numerada y todos los números se almacenan. El orden de la numeración corresponde a la orientación del elemento (superficie/curva).



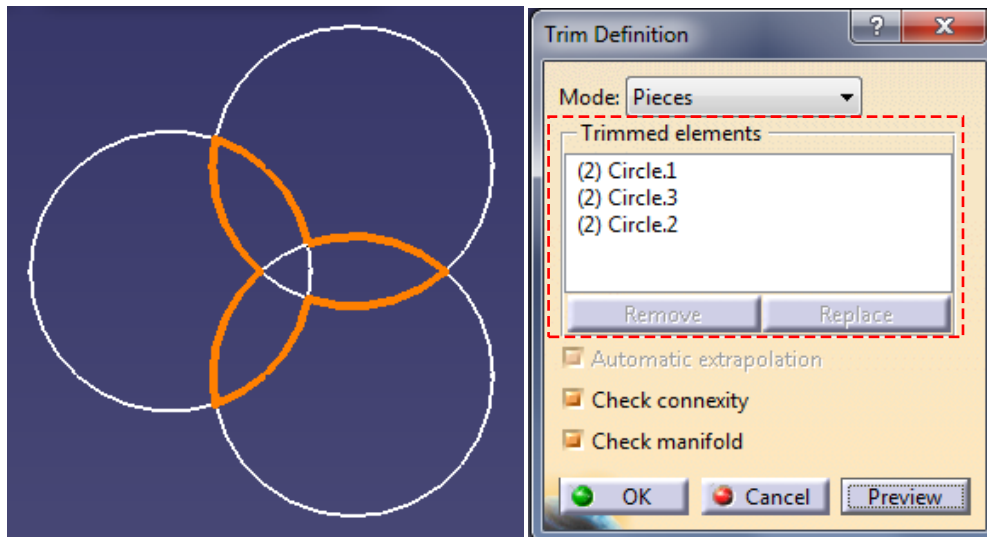
El cuadro de diálogo correspondiente a este modo es el siguiente:



3. Seleccione las superficies o curvas a recortar, como se explica a continuación:
  - Si el primer elemento seleccionado es una curva, solamente estará permitido seleccionar curvas.
  - Si el primer elemento seleccionado es una superficie, solamente estará permitido seleccionar superficies.



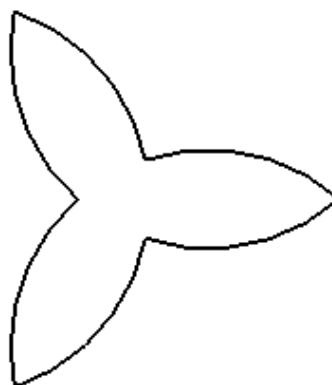
Aparece una vista previa de los elementos recortados y se actualiza la lista de elementos recortados:



Puede anular la selección de un sub-elemento seleccionándolo de nuevo.

4. Haga clic en *OK* para recortar los elementos.

El elemento recortado se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Trim.x*.



Si modifica la parte de un elemento (por ejemplo, cortándola o extrapoliándola), la numeración es susceptible de cambiar ya que puede haber más o menos intersecciones. Como consecuencia, el resultado puede ser diferente.

- Seleccione la opción *Check connexity* para averiguar si las curvas a recortar están conectadas. Si no están conectadas, y esta opción está seleccionada, aparecerá un mensaje de error indicando el número de dominios conectados en el elemento recortado resultante.  
El elemento resultante se resalta, y ayuda a detectar donde no está conectado el elemento recortado.
- Seleccione la opción *Check manifold* para averiguar si el elemento recortado resultante es *manifold*.
- Utilice *Remove* (eliminar) y *Replace* (reemplazar) para modificar la lista de elementos.


Para ambos modos:

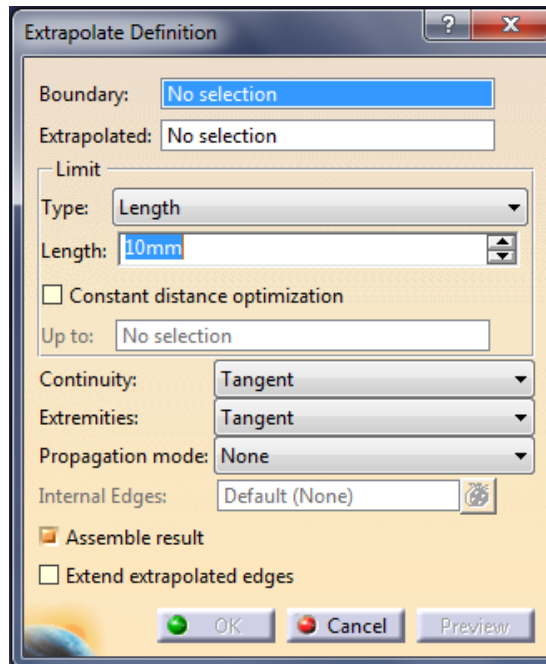
- En la creación, cuando se cambia de un modo a otro, la lista de elementos a recortar seleccionados se reinicia automáticamente.
- Una vez que el recorte se ha realizado, no se puede modificar el modo de recorte. Sólo es posible cambiar el modo de recorte durante la creación del recorte.
- Para obtener información detallada de cómo recortar una superficie cerrada o una curva cerrada por dos superficies o curvas conectadas, vaya al comando *Split*.
- Las superficies con múltiples intersecciones no se pueden recortar.


#### 4.8.4. Extrapoliación de superficies (*Extrapolate*)

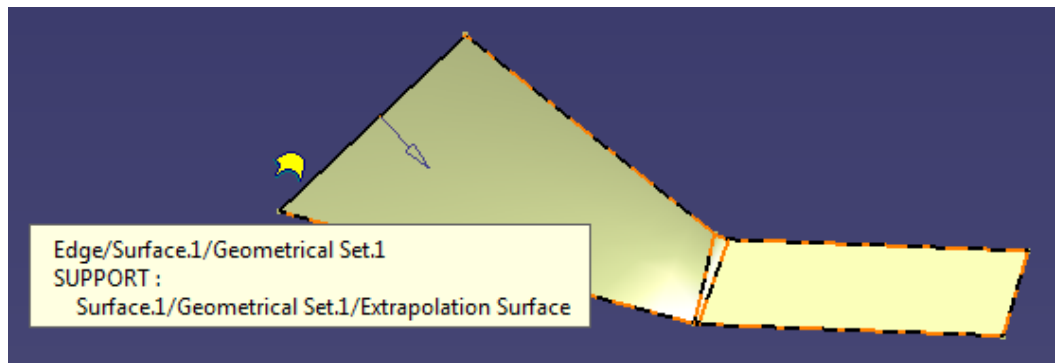
Este comando muestra cómo extrapolar un límite superficial.

Abra el modelo [Extrapolate1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

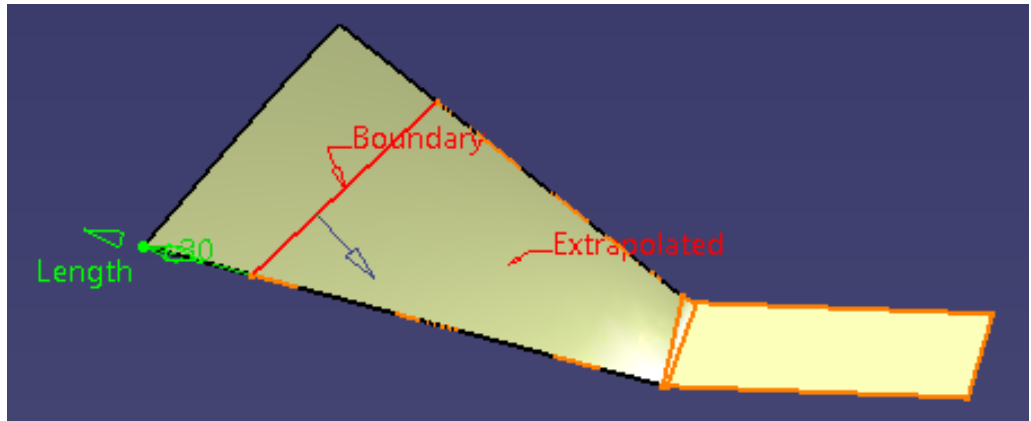
1. Haga clic en el comando *Extrapolate*  perteneciente a la barra de herramientas *Operations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:




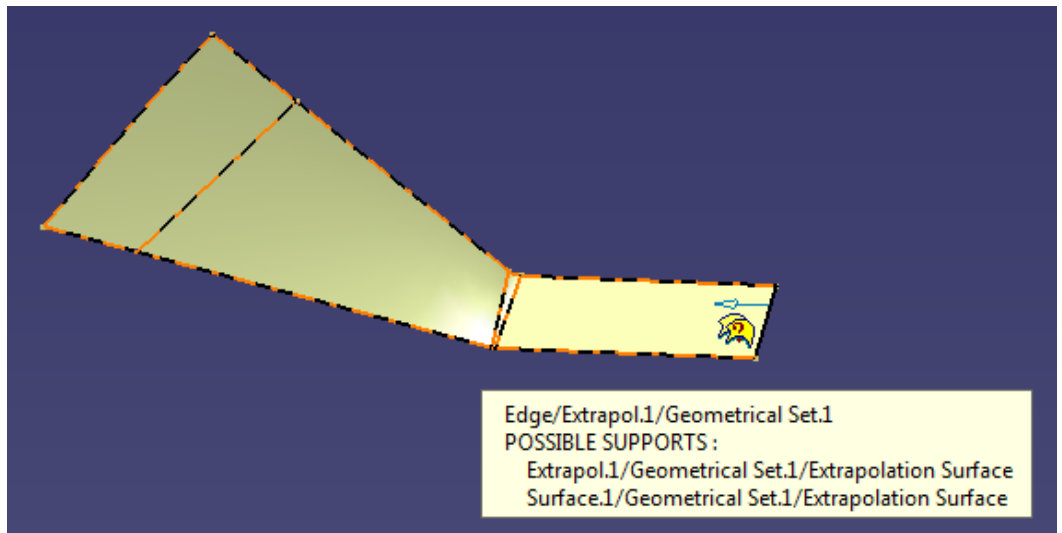
2. Coloque el cursor sobre un borde de una superficie en el área de geometría 3D. El comando calcula automáticamente la superficie extrapolada factible geoméricamente. Hay dos escenarios posibles:
  - I. Cuando sólo hay una superficie posible a extrapolar, el icono  aparece sobre el borde seleccionado, junto con una ventana de ayuda contextual. La ventana de ayuda contextual muestra la información sobre el borde y su soporte que se establecerá como la superficie a extrapolar.



Haga clic en el borde de la superficie.



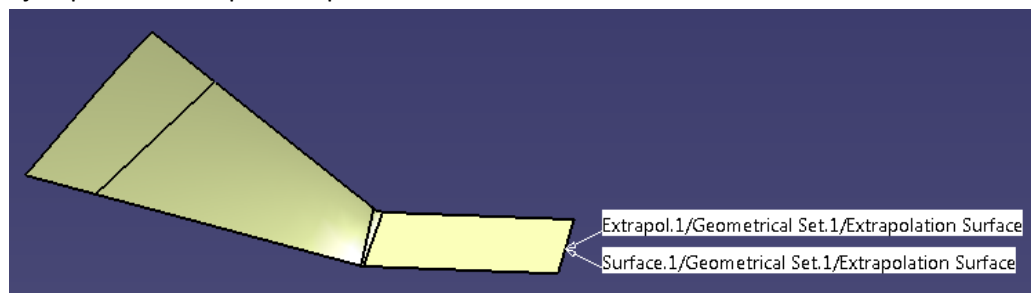
- II. Cuando hay más de una superficie posible a extrapolar, aparece el siguiente icono . La ventana de ayuda contextual adjunta indica el borde y sus posibles soportes o apoyos, uno de los cuales puede ser utilizado como la superficie a extrapolar.



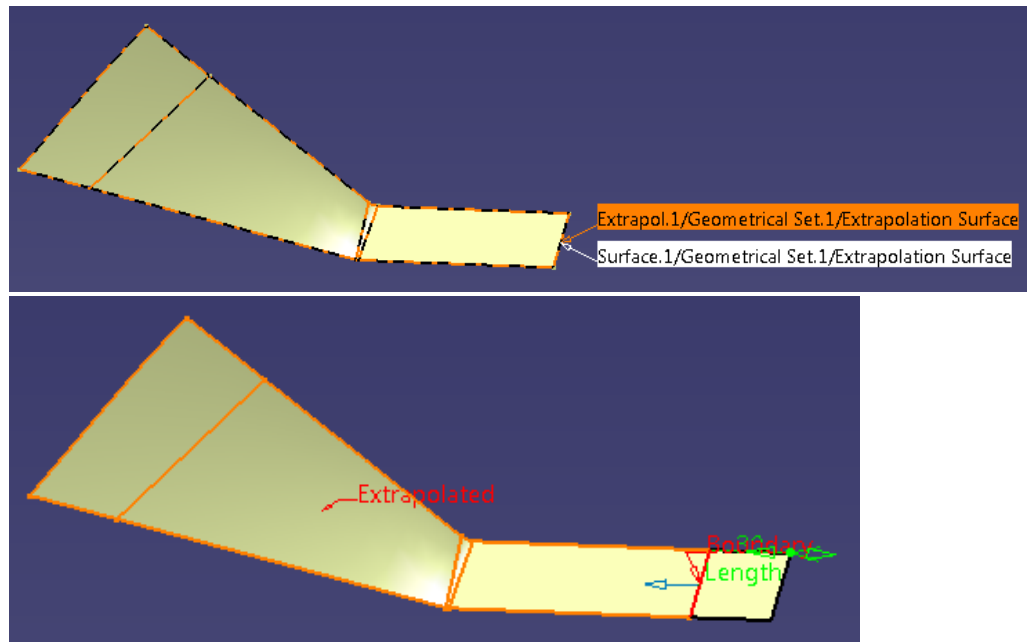
En este caso, puede realizar cualquiera de las siguientes acciones:

- Haga clic con el botón derecho para mostrar una lista de todas las superficies a extrapolar posibles. Coloque el cursor sobre una de ellas para mostrar la superficie extrapolada correspondiente en el área de geometría 3D. Haga clic para confirmar su selección.

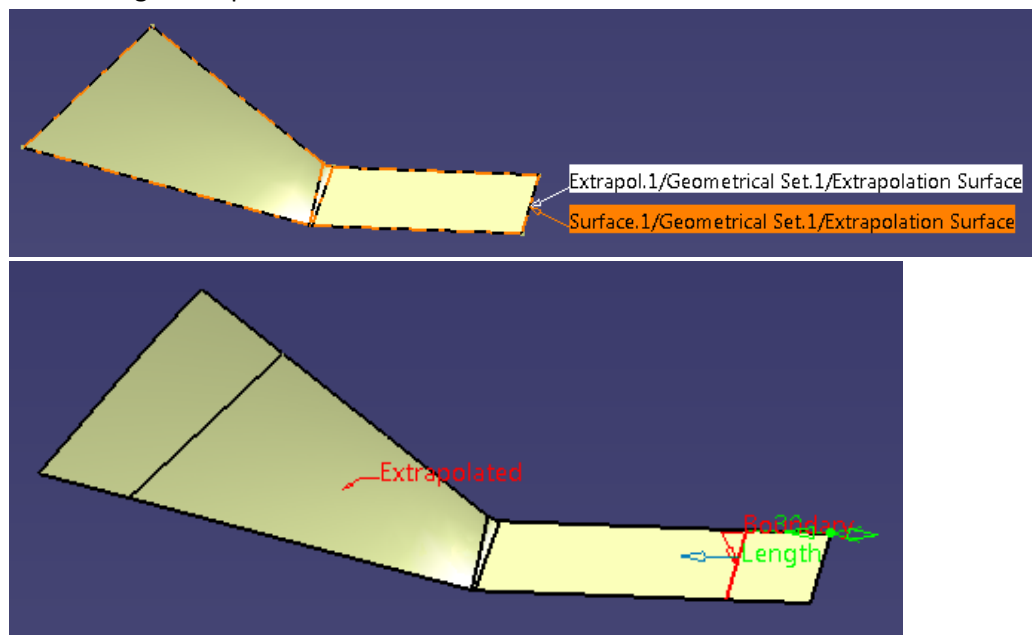
Ejemplo con dos opciones posibles:



- Primera opción:

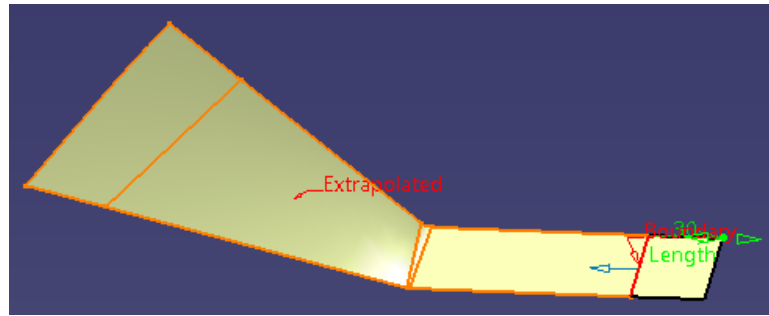


o Segunda opción:



- Haga clic en el borde de la superficie. El comando selecciona automáticamente la primera entrada de la lista de posibles soluciones de superficies extrapoladas y calcula la superficie extrapolada.





El borde y su superficie extrapolada asociada seleccionada aparecen en los campos *Boundary* y *Extrapolated*, respectivamente.

3. Opcionalmente, en el campo *Extrapolated* (extrapolado), seleccione la superficie a extrapolar.

Este paso es necesario sólo cuando el comando no es capaz de calcular automáticamente la superficie a extrapolar o cuando se desea seleccionar manualmente la superficie a extrapolar.

4. Seleccione el tipo (*Type*) de extrapolación:

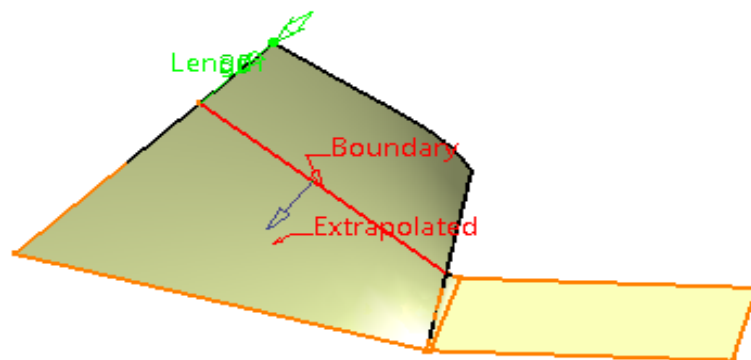
- *Length* (Longitud): introduzca el valor en el campo *Length* o utilice los manipuladores en la geometría 3D.  
No se aconseja introducir un valor negativo en el campo *Length*.
- *Up to element* (Hasta un elemento): el campo *Up to* está habilitado. Seleccione un elemento (superficie o plano) hasta el que se desea extrapolar la superficie a extrapolar.  
Esta opción sólo está disponible con el tipo de continuidad en tangencia (campo *Continuity* > *Tangent*).

5. Especifique el límite de la extrapolación:

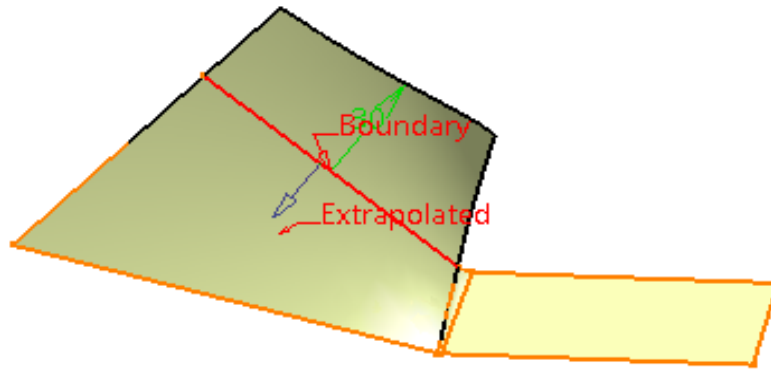
- Introduciendo el valor de la longitud de extrapolación.
- Seleccionando un límite (superficie o plano).
- Utilizando los manipuladores en la geometría 3D.

6. Especifique el tipo de continuidad (*Continuity*):

- *Tangent* (Tangente): la superficie resultante es continua en tangencia a la superficie a extrapolar en el borde señalado para extrapolar.

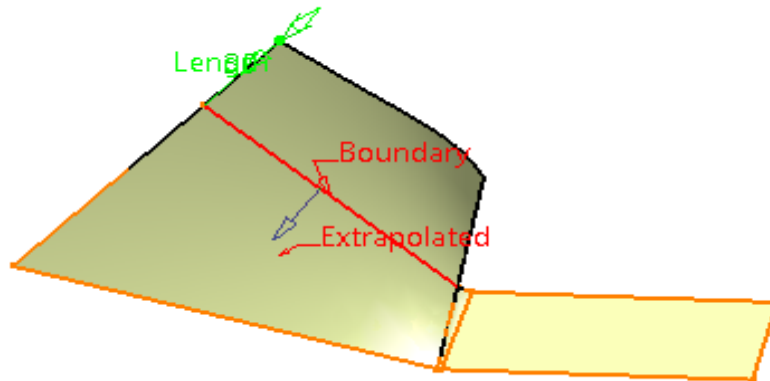


- *Curvature* (Curvatura): la superficie resultante es continua en curvatura a la superficie a extrapolar en el borde señalado para extrapolar.



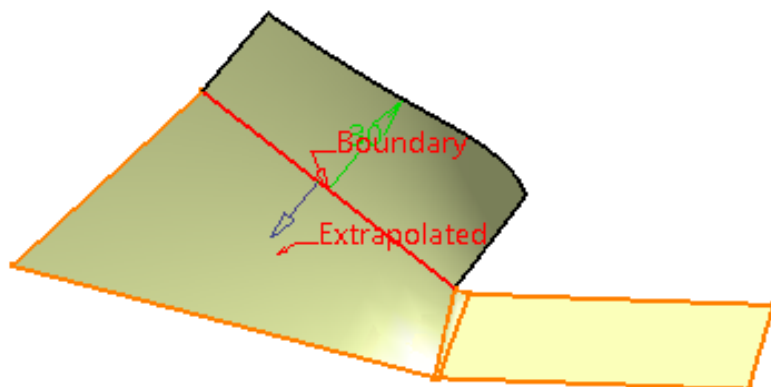
7. Especifique las condiciones de las extremidades (*Extremities*) entre la superficie extrapolada y la superficie de apoyo.

- *Tangent* (Tangente): los lados de extrapolación son tangentes a los bordes adyacentes al borde de la superficie.



(Ejemplo con continuidad en tangencia)

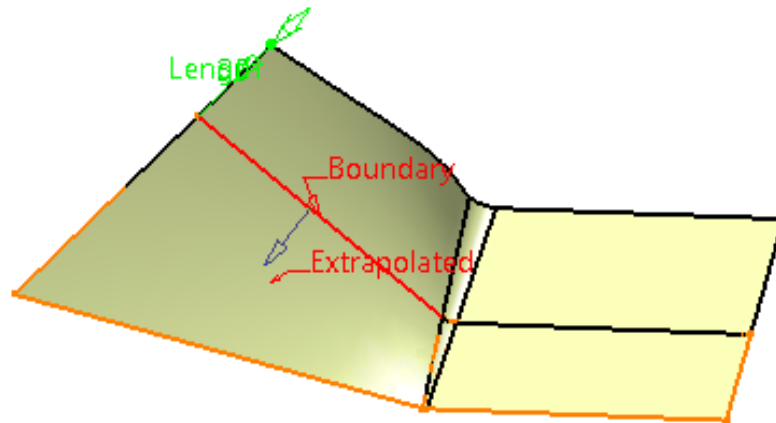
- *Normal* (Normal): los lados de extrapolación son normales al borde de la superficie original.



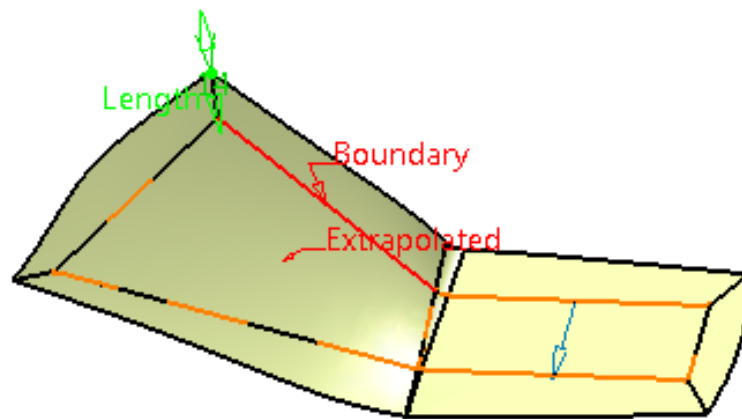
(Ejemplo con continuidad en curvatura)

8. Especifique el modo de propagación (*Propagation mode*):

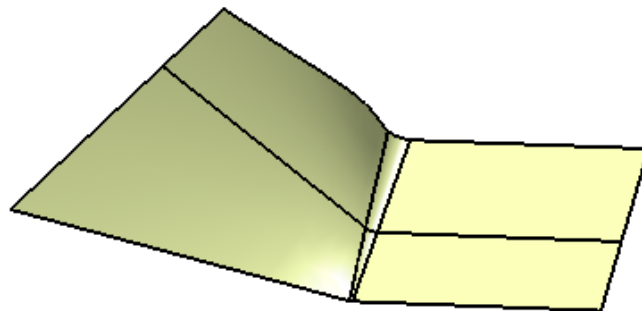
- *None* (Ninguno).
- *Tangency continuity* (Continuidad en tangencia): para propagar la extrapolación a los bordes adyacentes del borde.



- *Point continuity* (Continuidad en punto o en posición): para propagar la extrapolación alrededor de todos los vértices del borde.



9. Haga clic en *OK* para crear la superficie extrapolada. La superficie se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Extrapol.x*.



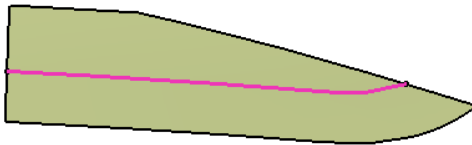
### Parámetros adicionales

- La opción *Constant distance optimization* realiza una extrapolación con una distancia constante y crea una superficie sin deformación. Esta opción no está disponible cuando la opción *Extend extrapolated edges* está activada, y también cuando el tipo de límite es *Up to element*.

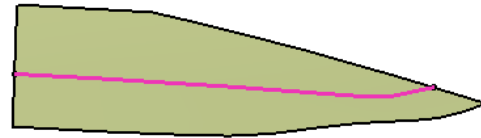
Abra el modelo [Extrapolate4.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").



1. Seleccione *Boundary.1* como el borde (*Boundary*) y *Surface.1* como la superficie a extrapolar (*Extrapolated*).
2. Establezca una longitud (*Length*) de 10 mm.
3. Seleccione la opción *Constant distance optimization*.
4. Haga clic en *OK* para crear la superficie extrapolada.

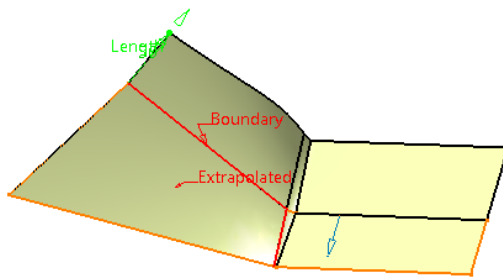


*Constant distance optimization* activada

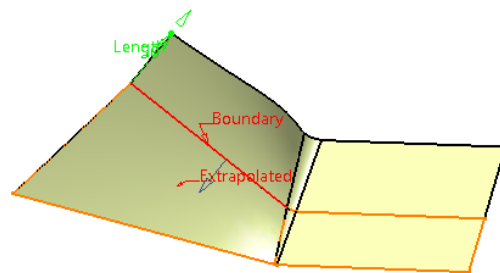


*Constant distance optimization* desactivada

- Definir *Internal Edges* (bordes internos) permite determinar una dirección privilegiada para la extrapolación. Puede seleccionar uno o más bordes (en el siguiente ejemplo se ha seleccionado el borde de *Surface.1*) que serán extrapolados en tangencia. También puede seleccionar un vértice una vez que haya seleccionado un borde con el fin de dar una orientación a la extrapolación.
  - Sólo se pueden seleccionar aristas en contacto con el borde.
  - Esta opción no está disponible con el tipo de continuidad *Curvature*.

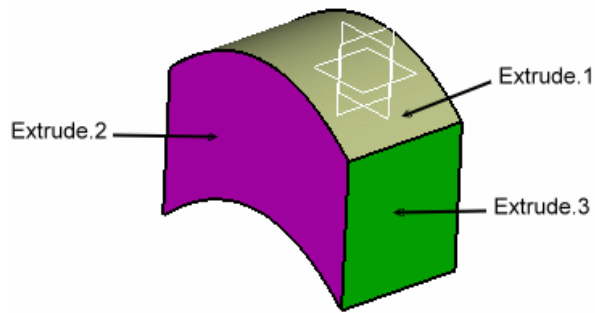


Un borde seleccionado

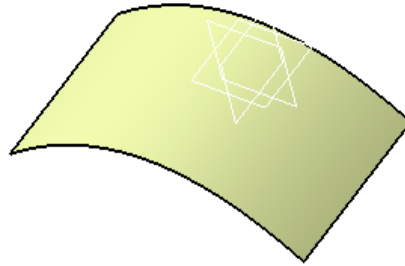


Dos bordes seleccionados

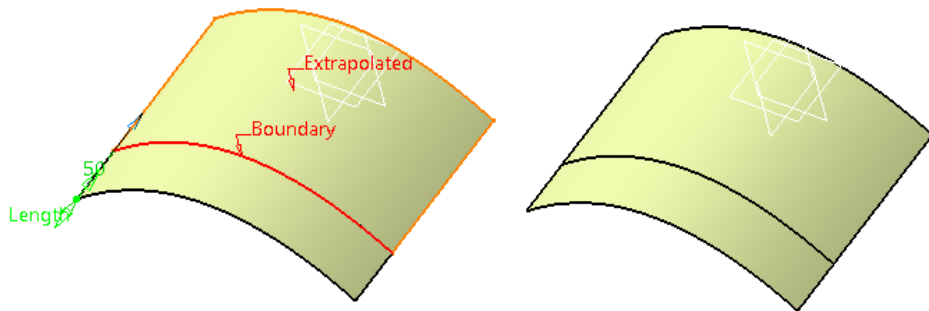
- La opción *Assemble result* permite que la superficie extrapolada se ensamble con la superficie de apoyo.
- La opción *Extend extrapolated edges* reconecta los elementos en base a elementos de la superficie extrapolada. Esta opción es especialmente útil si trabaja dentro de un *ordered geometrical set*. En algunos casos confusos, esta opción puede dar un resultado más preciso ya que tiene en cuenta la geometría en lugar de la topología. Abra el modelo [Extrapolate3.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").



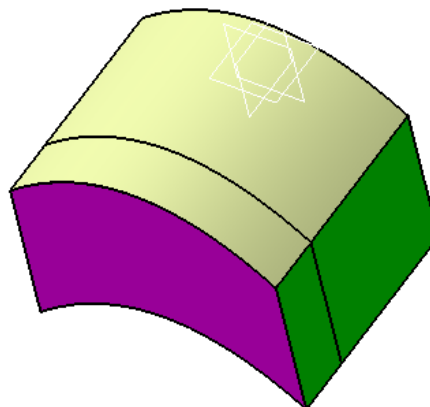
1. Establezca *Extrude.1* como el objeto actual de trabajo.



2. Seleccione el borde de *Extrude.1*, y *Extrude.1* como la superficie a extrapolar.



*Extrude.3* se re-direcciona automáticamente, así como todos los bordes basados en *Extrude.1*.



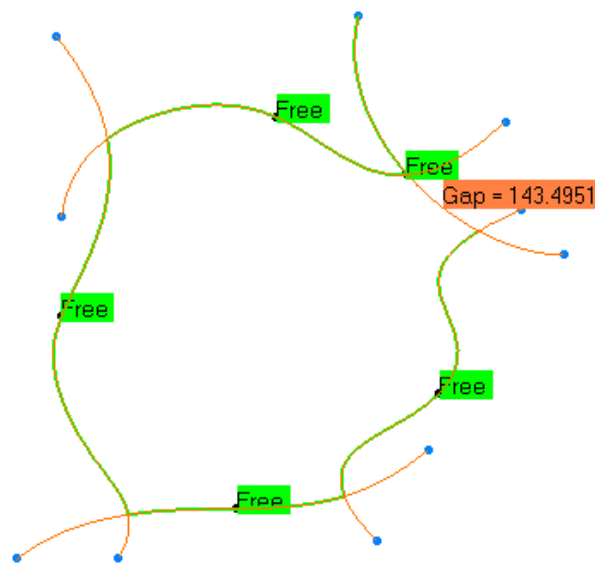
- Esta opción sólo está disponible cuando en los campos *Continuity* y *Extremities* se establece el tipo *Tangent*, y cuando la opción *Assemble result* está seleccionada.
- Esta opción no está disponible cuando se selecciona la casilla *Constant distance optimization*.

#### 4.8.5. Partir curvas en diferentes partes (*Curves Slice*)

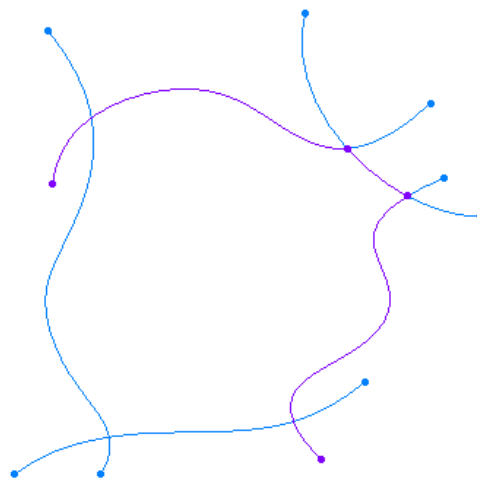
Este comando muestra cómo cortar curvas o bordes.

El comando *Clean Contour* establece el orden de encadenamiento de las curvas para crear un contorno. En algunos casos (sobre todo con curvas largas) el encadenamiento puede conducir a un resultado inesperado. Puede que tenga que cortar curvas o bordes con el fin de resolver esta incompatibilidad de encadenamiento.

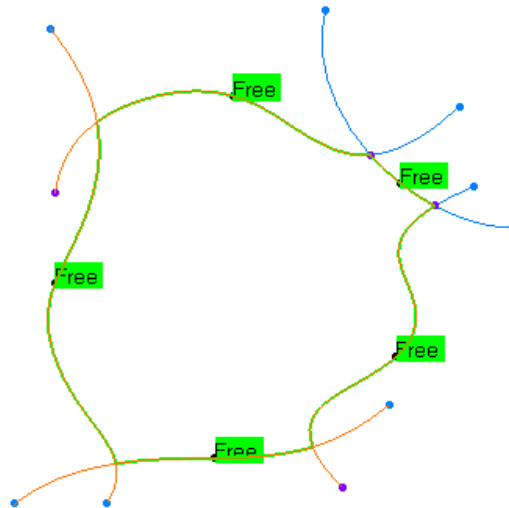
- Curvas originales: contorno limpio (*clean contour*) imposible



- Curvas cortadas:



- Contorno limpio:



El comando *Curves Slice* corta curvas, bordes o aristas en varios trozos, de acuerdo con una pseudo-intersección: hay una pseudo-intersección entre dos curvas si se intersecan entre sí en la dirección de la vista (pero no realmente), y si la distancia 3D mínima entre ellas en este punto de corte es menor que el parámetro distancia máxima (*Max Distance*).

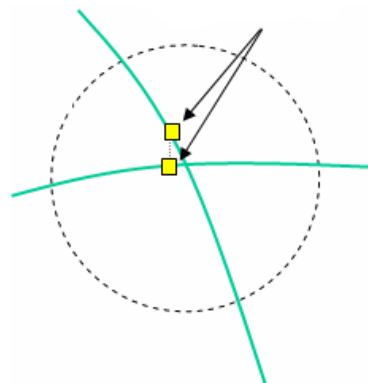
- Pseudo-intersección de dos curvas en la dirección de la vista:




- En otro punto de vista:

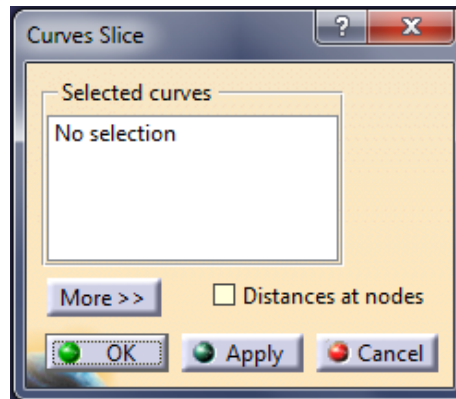


En la imagen siguiente, las flechas señalan la distancia mínima entre las dos curvas:



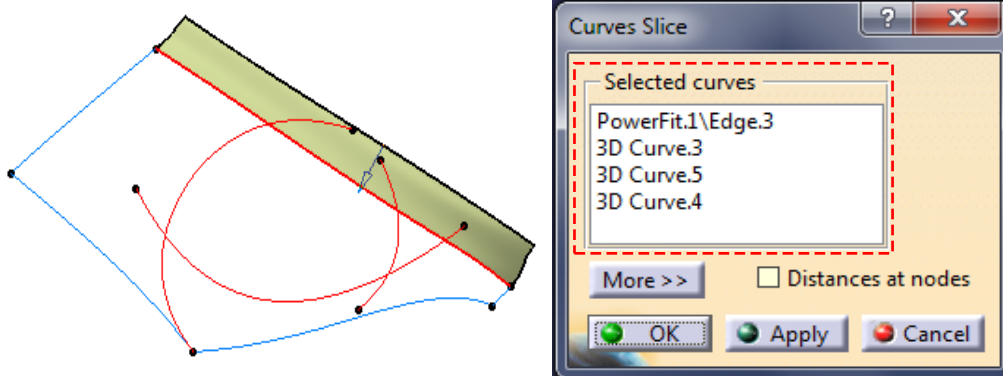
Abra el modelo [Slice1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

1. Haga clic en el comando *Curves Slice*  perteneciente a la barra de herramientas *Operations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.



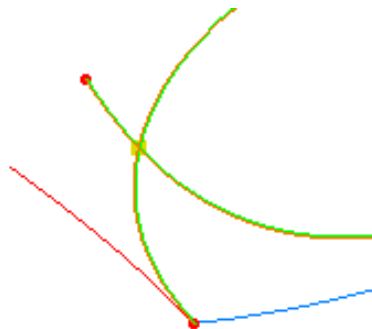
2. Seleccione las curvas o bordes a cortar.

La lista de las curvas o bordes seleccionados se muestra en el campo *Selected curves* dentro del cuadro de diálogo. Puede eliminar un elemento de esta lista seleccionándolo de nuevo. Después, puede continuar seleccionando elementos.



3. Haga clic en *Apply*.

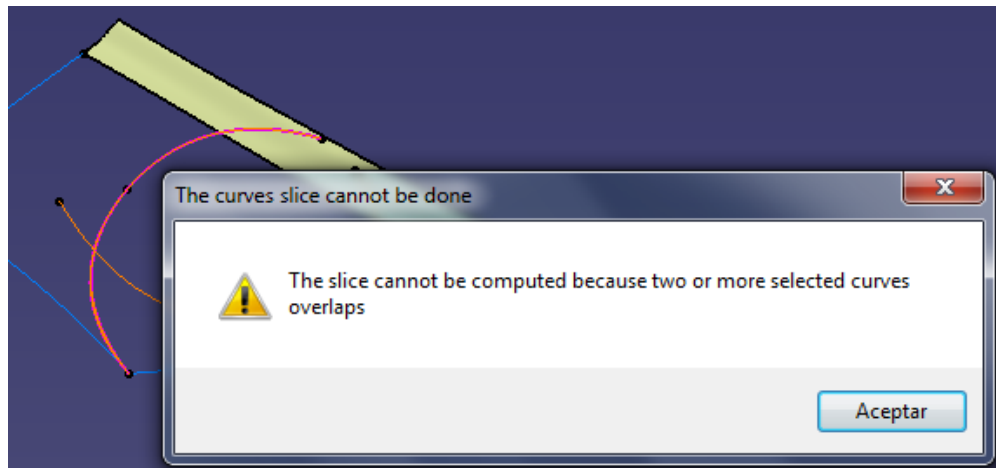
Si no hay ningún problema, es decir, no aparecen mensajes de información o advertencia sino que sólo aparece un pequeño cuadrado amarillo, las curvas se intersecan entre sí y se obtiene una vista previa de los segmentos resultantes y del punto de corte en cada curva.



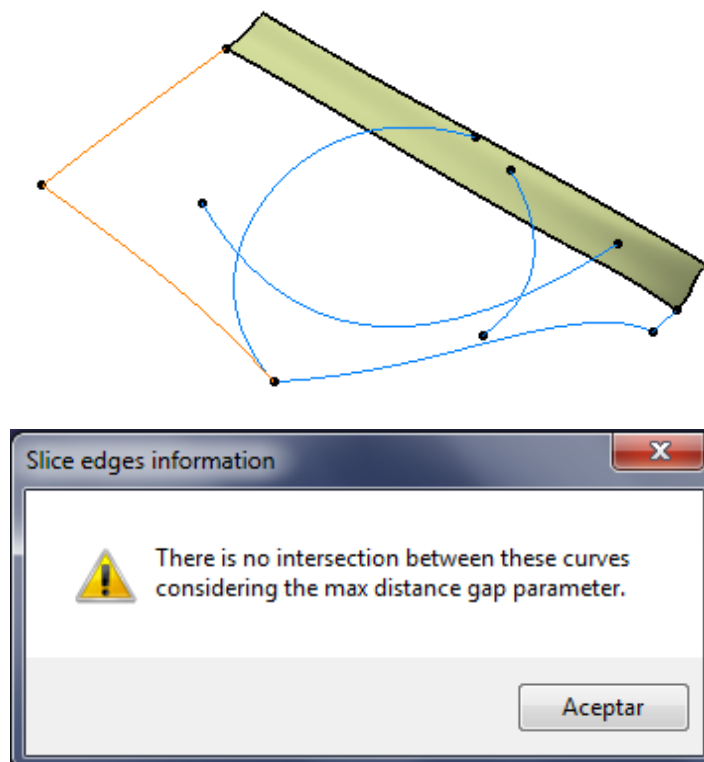
Pero puede haber diferentes problemas:

- Los solapamientos de curvas, cuando los haya (en este caso se ha creado una curva 3D sobre otra curva para mostrar este tipo de error), se detectan automáticamente y se muestran en color magenta:

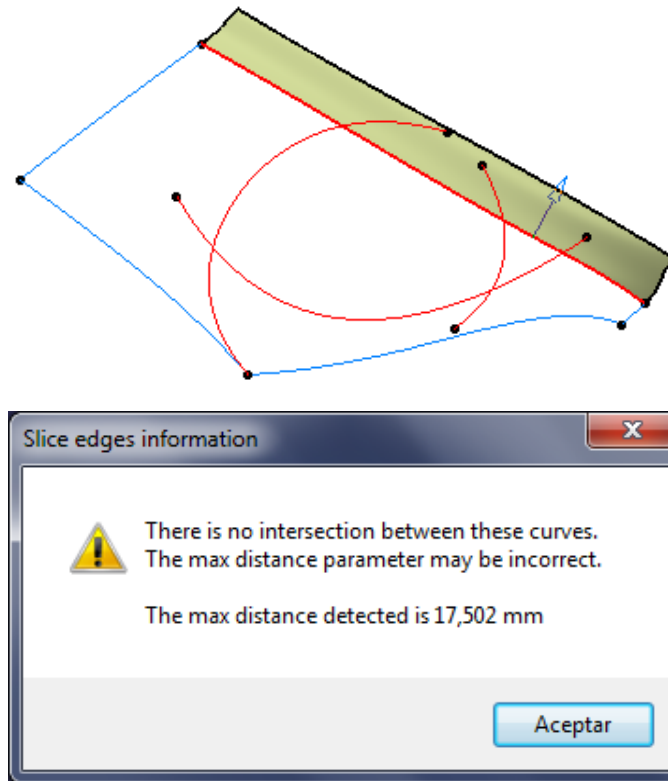




- Un mensaje le puede informar de que las curvas o bordes no se intersecan entre sí de acuerdo a una pseudo-intersección con respecto al parámetro de distancia máxima. A continuación se muestra este tipo de error seleccionando dos curvas diferentes:



- También puede aparecer un mensaje informándole de que estas curvas no se intersecan entre sí (este es el tipo de error que ocurre con las curvas seleccionadas inicialmente), cualquiera que sea el valor del parámetro distancia máxima. No hay solución.

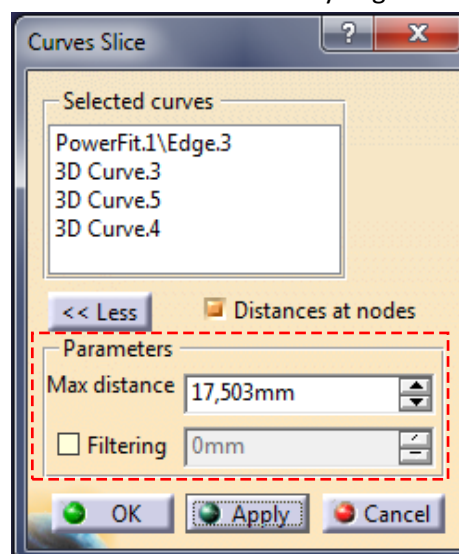


Las curvas se intersecarán entre sí si establece el parámetro de distancia máxima (*Max distance*) en un valor superior al indicado en el mensaje.

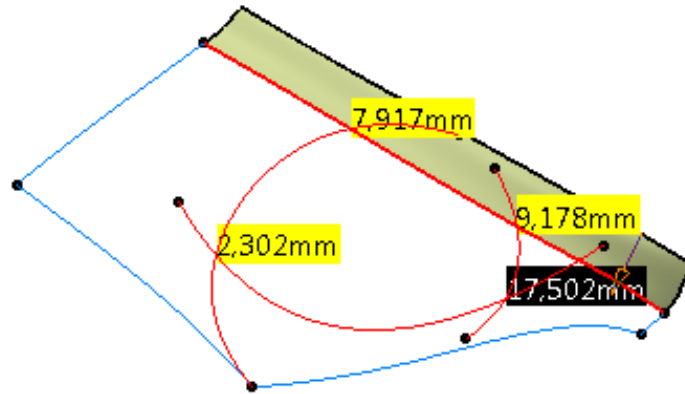
- Haga clic en *More >>* para mostrar el parámetro *Max distance* (Distancia máxima): su valor predeterminado es 1 mm.

La distancia máxima es la distancia ortogonal mínima entre dos curvas por encima de la cual se considera que las dos curvas no intersecan entre sí de acuerdo a una pseudo-intersección.

Aumente este valor de acuerdo a sus necesidades y haga clic en *Apply*.

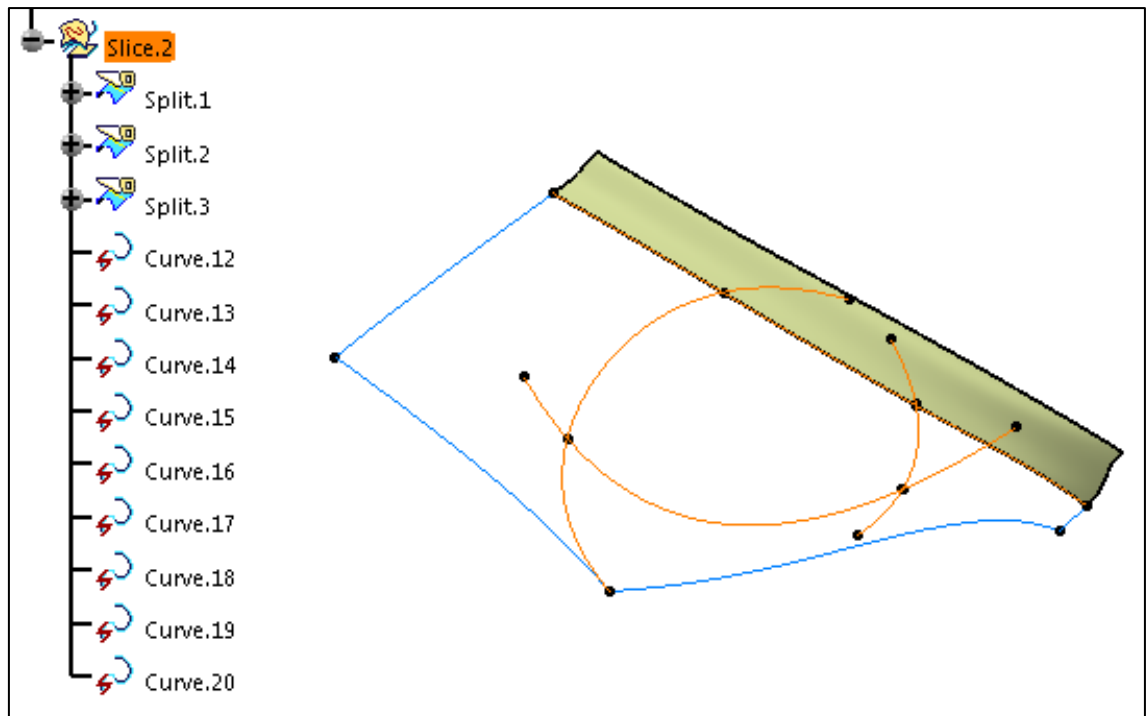


- De forma predeterminada, la opción *Distances at nodes* (Distancias en los nodos) no está activada. Cuando se selecciona dicha casilla, las distancias en los nodos (es decir, las distancias 3D mínimas entre las dos curvas de una pseudo-intersección) se muestran en amarillo, a excepción de la distancia más grande que se muestra en negro.



Haga clic en esta etiqueta negra para actualizar automáticamente el valor de distancia máxima en el cuadro de diálogo, con un valor ligeramente superior.

- Se pueden crear segmentos muy pequeños. Para evitarlo, seleccione la casilla *Filtering* (Filtrado), y establezca el valor de filtrado, es decir, la longitud mínima de los segmentos creados, de acuerdo a sus necesidades.
- Haga clic en *OK* para validar el resultado. Las curvas de entrada se ocultan. Un nuevo cuerpo *Slice.x* se crea en el árbol de especificaciones, debajo del cuerpo de trabajo actual, que contiene los segmentos creados.



#### 4.8.6. Ajuste de nodos (*Adjust Nodes*)

Es difícil recrear superficies a partir de una red de curvas y asegurarse de que son perfectamente continuas.

Este comando muestra cómo mejorar un nodo de la red para este propósito:

- El comando modifica un conjunto de curvas que llegan a un mismo nodo para que tengan el mismo extremo (continuidad G0) y el mismo plano tangente en este nodo (continuidad G1).
- Esto asegura que todas las superficies construidas sobre cada malla que llegan a este nodo son continuas en tangencia.

Las curvas pueden ser curvas simples, curvas 3D, bordes de caras, etc.

Las curvas se deforman:

- 1) Para tener continuidad G0 (continuidad en posición) en todos los casos.
- 2) Para tener continuidad G1 (continuidad en tangencia) de acuerdo a sus necesidades (pero por ejemplo, no quiera aplicar una restricción de continuidad en tangencia en un borde afilado).

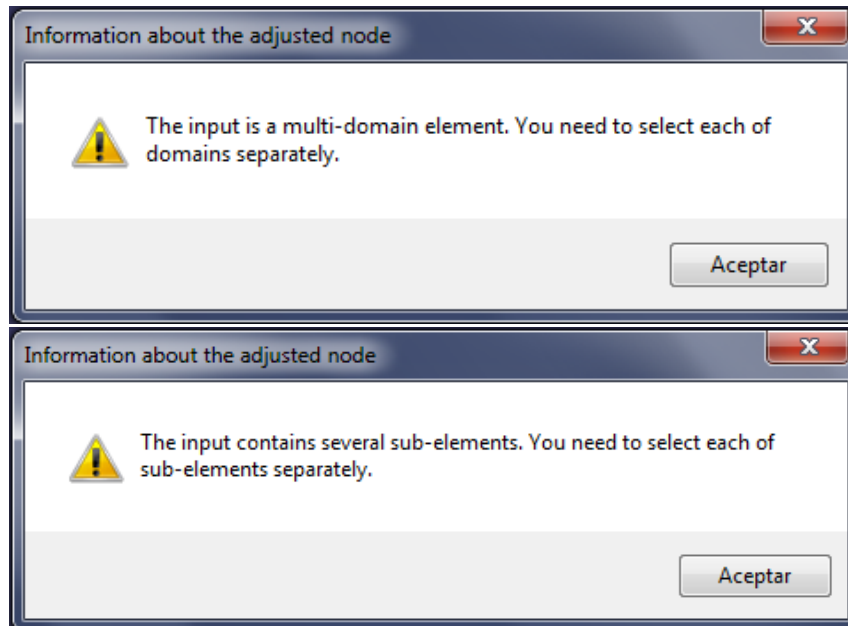
También es posible hacer dos curvas tangentes entre sí. Sólo las curvas restringidas al plano tangente (curvas con el estado *Continuous and tangent*) se hacen tangentes entre sí. Las curvas que se establecen en el estado *Continuous* no se pueden hacer tangentes. A continuación se verán los estados disponibles para las curvas.

La continuidad G0 se puede ajustar usando el parámetro *Max deviation* (Desviación máxima), es decir, la distancia máxima entre la curva de entrada y la curva deformada.


La continuidad G1 se puede ajustar usando el parámetro *Max Angle G1*, por debajo del cual las curvas se hacen tangentes entre sí.

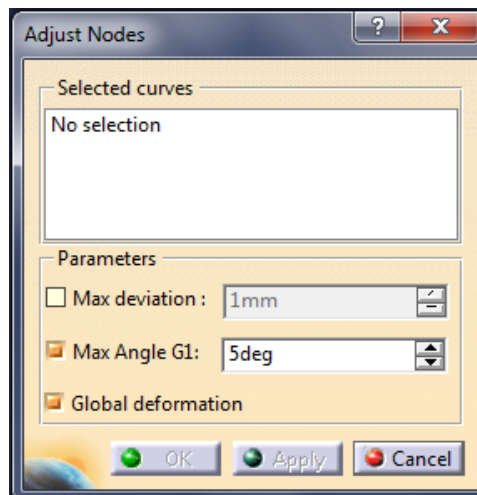
Dado que el resultado del comando *Adjust Nodes* es una curva de múltiples dominios, la eliminación de una de las curvas de entrada puede resultar en un error de actualización para las características o funciones que utilicen el nodo ajustado como entrada.

- Después de crear el resultado del comando *Adjust Nodes*, todas las curvas de entrada se ocultan.
- No se aceptan como entrada elementos de múltiples dominios y múltiples bordes o aristas, como por ejemplo una red de curvas (*Curves Network*) o una unión de curvas (*Join*). Si selecciona un elemento de este tipo, aparecen los siguientes mensajes solicitándole que seleccione cada sub-elemento por separado.

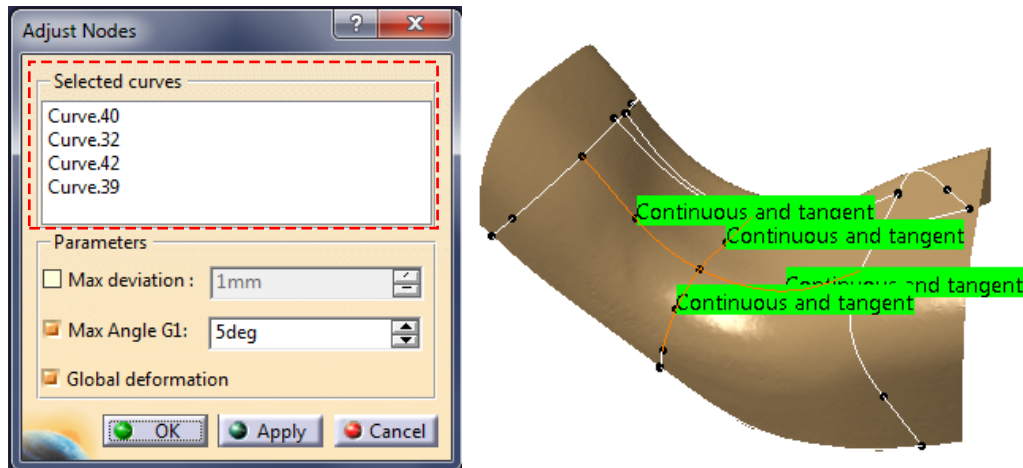


Abra el modelo [AdjustNode01.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

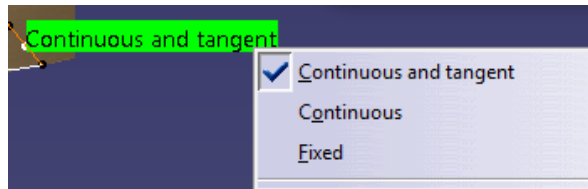
1. Haga clic en el comando *Adjust Nodes*  perteneciente a la barra de herramientas *Operations* y a continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando. De forma predeterminada, las casillas *Max Angle G1* y *Global deformation* vienen seleccionadas. El estado de estas casillas, al igual que el de la casilla *Max deviation*, es modal.



2. Seleccione las curvas a ajustar. Las curvas seleccionadas aparecerán en el cuadro de diálogo dentro del campo *Selected Curves* (Curvas seleccionadas). Puede anular la selección de una curva seleccionándola de nuevo o, seleccionar más curvas.



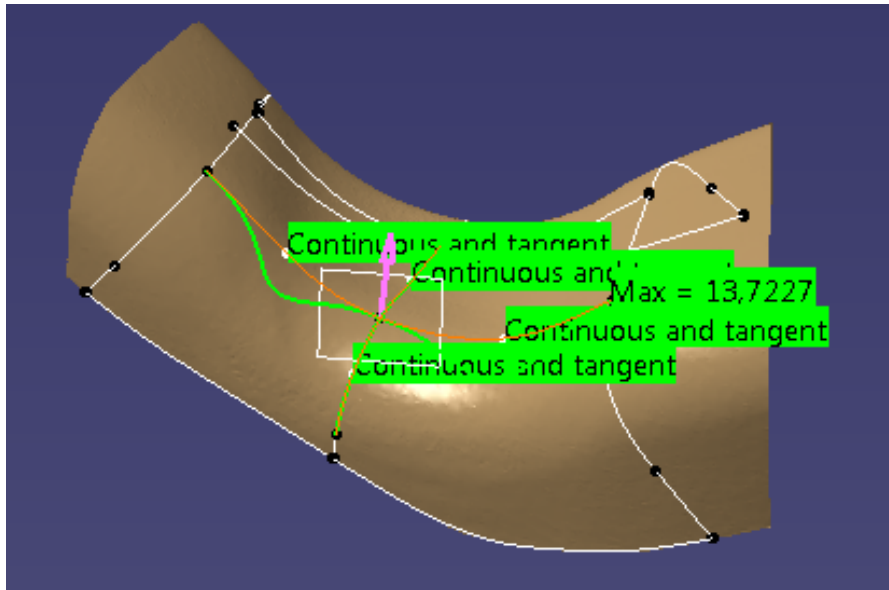
De forma predeterminada, las curvas son continuas y tangentes (*Continuous and tangent*). Haga clic en la etiqueta de una curva, o haga clic con el botón derecho sobre una etiqueta para abrir su menú contextual, para cambiar su estado.



Los estados disponibles son:

- *Continuous and tangent* (Continua y tangente): las curvas deformadas son continuas en posición (continuidad G0) y tangentes al plano de tangencia calculado.
  - *Continuous* (Continua): las curvas deformadas sólo son continuas en posición (continuidad G0).
  - *Fixed* (Fija): las curvas no se deforman. En particular, los bordes de las caras son fijos y permanecen fijos.
3. Haga clic en *Apply* (Aplicar). Las deformaciones se calculan:
- Las curvas seleccionadas se resaltan.
  - Las curvas modificadas se muestran en color verde.
  - Si hay restricciones de tangencia, el plano de tangencia se muestra en blanco.
  - Su vector se visualiza en color rosa.

También se muestra la desviación máxima en la curva más deformada, no necesariamente en ese punto de deformación.



Las curvas se deforman para alcanzar la continuidad requerida.

De forma predeterminada, la casilla *Global deformation* está seleccionada y distribuye la deformación de manera más uniforme en el conjunto de curvas.

Se mantienen el grado y la estructura de las curvas.

Desactive esta casilla para que la deformación sea local y no global, es decir, las curvas se deformarán en sus extremos.

El resultado puede no ser satisfactorio. En ese caso:

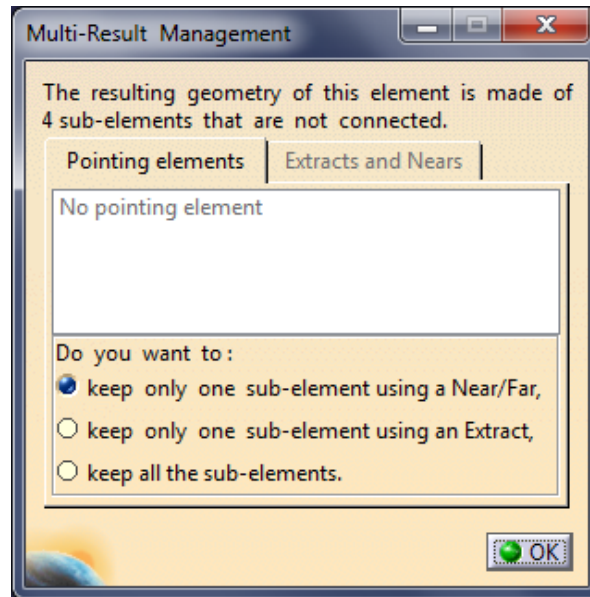
- Seleccione la casilla *Max deviation* e introduzca el valor de la desviación máxima permitida.

Haga clic en *Apply* y la deformación de las curvas se calcula y se muestra.

Si la deformación es mayor que la tolerancia solicitada, ningún nodo ajustado puede ser creado. Es necesario modificar esta tolerancia.

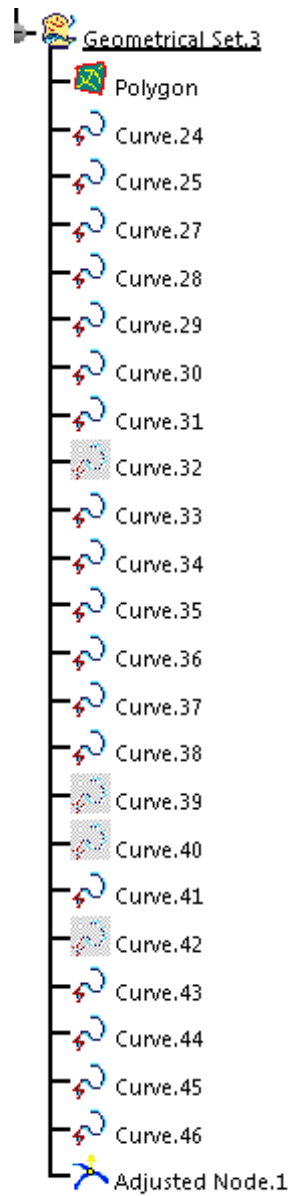
- Asegúrese de que la casilla *Max Angle G1* está seleccionada para forzar una restricción de tangencia en los extremos de la curva cuando el ángulo de las tangentes en esos extremos es menor que el valor de *Max Angle G1*.

4. Haga clic en *OK* para validar la acción. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo *Multi-Result Management* para que seleccione la opción que necesite y haga clic en *OK*.

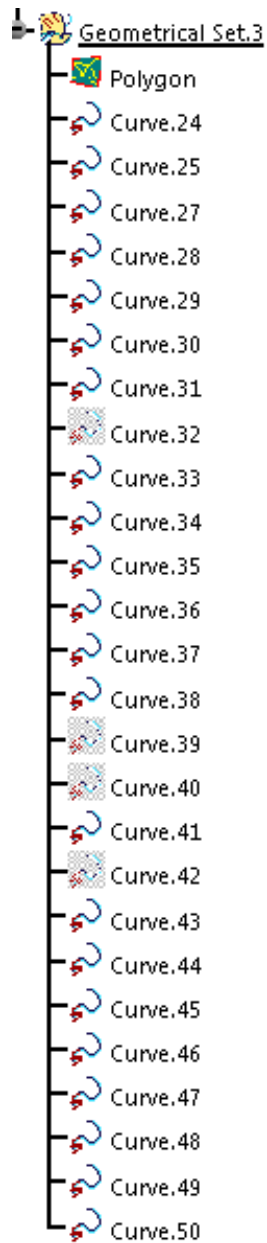


5. Un elemento se crea en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Adjusted Node.x* y las curvas de entrada se ocultan.





En el modo *Datum*, se crean x nuevas curvas mientras que las x curvas de entrada se ocultan.



Hay que tener en cuenta que:

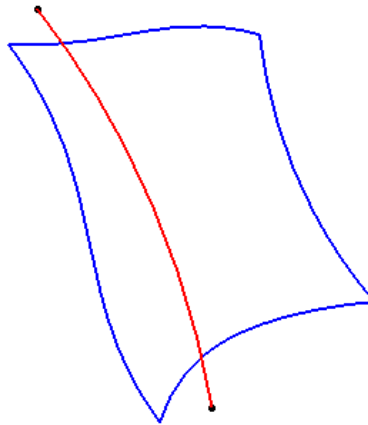
- 3) Esta acción procesa un nodo a la vez.
- 4) Debe haber más de una curva a ajustar.
- 5) Varias curvas fijas no continuas pueden dar lugar a incoherencias.
- 6) Si algunas curvas se deforman demasiado lejos con respecto a la tolerancia, el ajuste no puede ser calculado y se muestra un mensaje de error.


#### 4.8.7. División de un contorno limpio (*Split Clean Contour*)

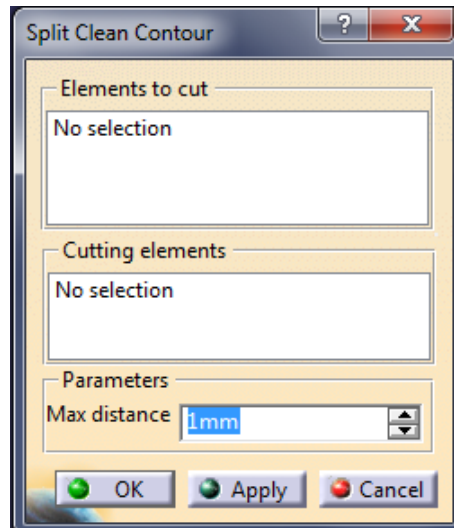
Este comando muestra cómo dividir un contorno limpio (*Clean Contour*) cerrado por una curva. Las salidas son dos contornos limpios abiertos.

Esto puede ser necesario para crear superficies *Power Fit* satisfactorias: cuando la superficie creada a partir de una malla y un contorno limpio no respeta la precisión solicitada, dividir el contorno limpio en dos y crear dos superficies puede ser la solución.

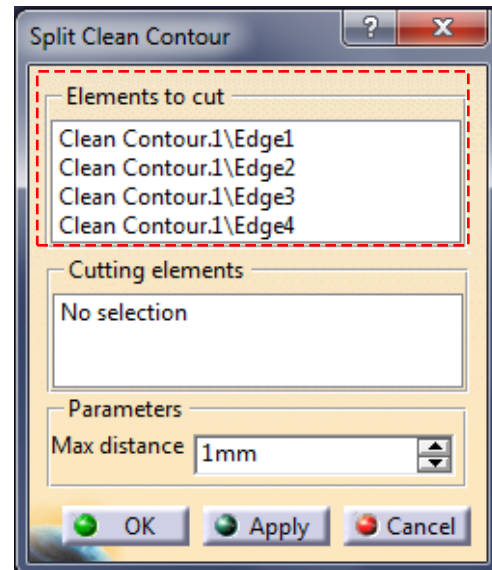
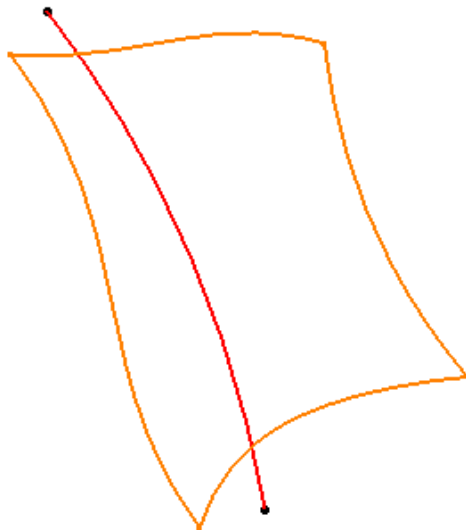
Abra el modelo [SplitCleanContour1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").



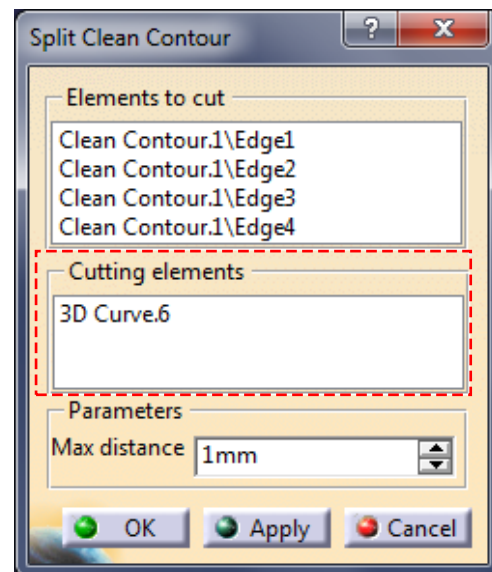
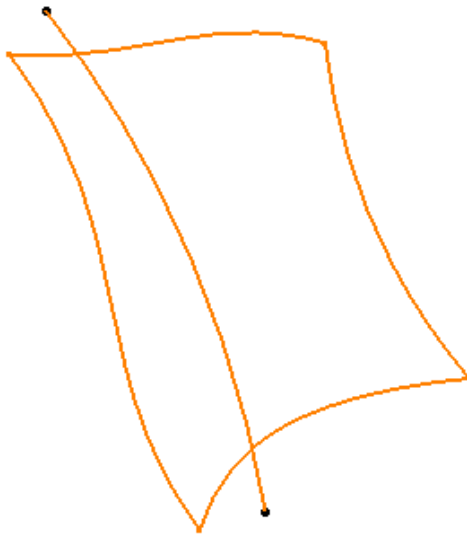
1. Haga clic en el comando *Split Clean Contour*  perteneciente a la barra de herramientas *Operations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.



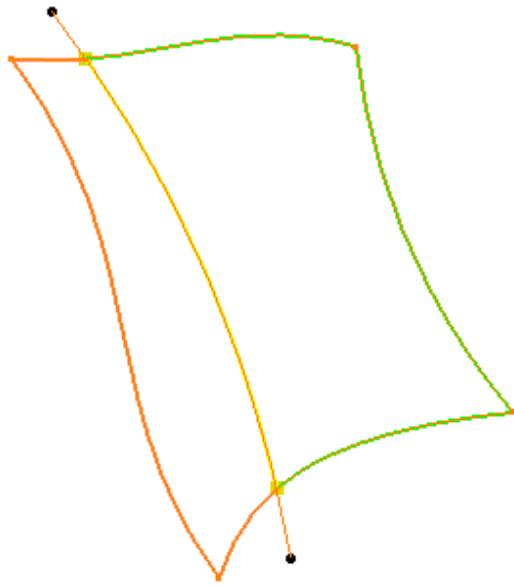
2. Seleccione un contorno limpio (*Clean Contour*) a dividir. El contorno limpio debe ser cerrado. Puede seleccionarlo bien por un vértice, o seleccionando sus componentes uno por uno.



3. Vaya al campo *Cutting elements* (Elementos de corte) y haga clic sobre *No selection*. Cuando dicho texto se resalte en color azul, seleccione una o varias curvas de corte. Debe haber dos y sólo dos pseudo-intersecciones entre las curvas de corte y el contorno limpio.

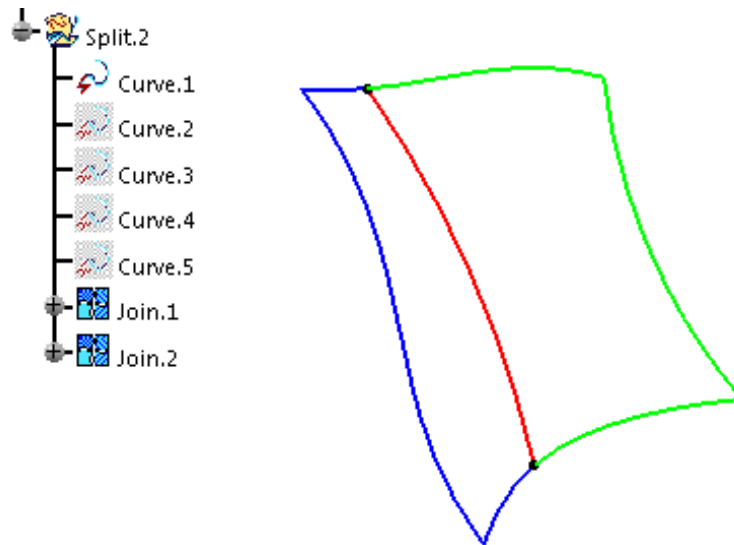


4. El nombre de las curvas del contorno limpio y de las curvas de corte se muestran en el cuadro de diálogo.  
El comando *Split Clean Contour* corta un contorno limpio en dos contornos limpios, de acuerdo con una pseudo-intersección: hay una pseudo-intersección entre dos curvas si se intersecan entre sí en la dirección de la vista, y si la distancia 3D mínima entre ellas en este punto de corte es menor que el parámetro *Max. Distance* (Distancia máxima).
5. Haga clic en *Apply* (Aplicar) y se muestra la división.



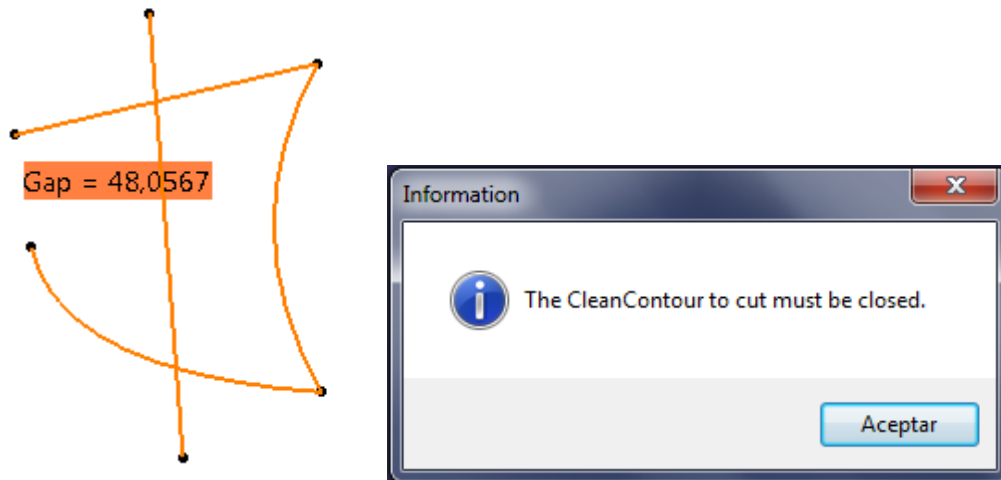
6. Haga clic en *OK*. Se crean los dos contornos limpios abiertos (*Joins*), y como consecuencia la curva se recorta.

Un elemento se crea en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Split.x*. Este elemento contiene los dos *Joins* creados.

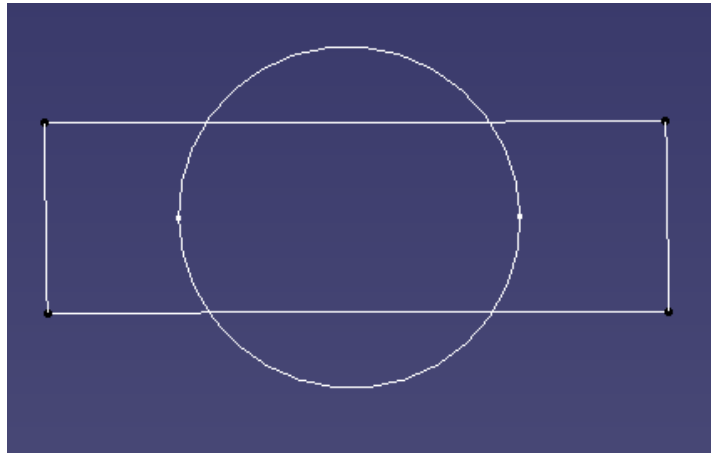


### Problemas posibles

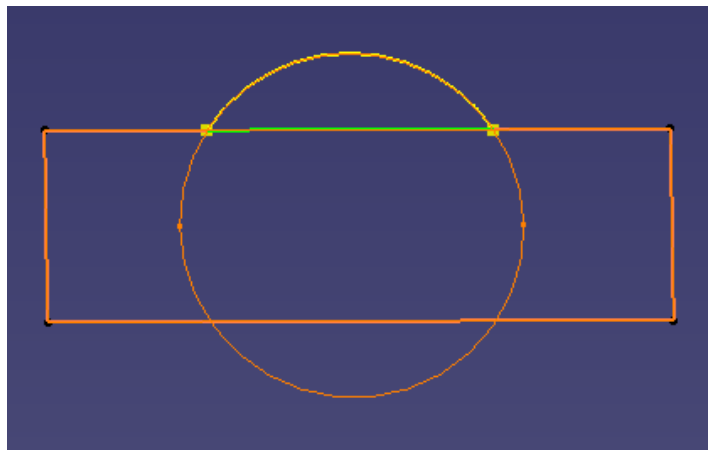
- 7) Si el contorno limpio de entrada no es cerrado, se muestra la distancia de separación en la parte abierta (*gap*) y no se inicia ningún cálculo.



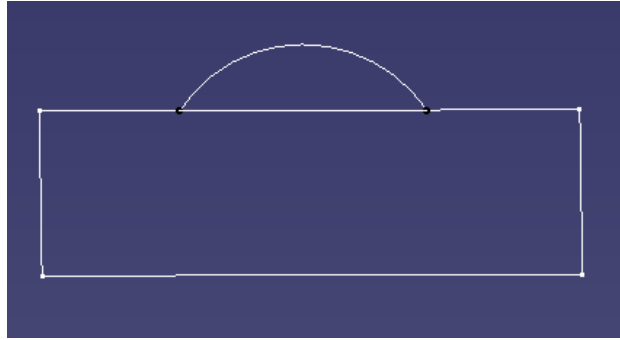
- 8) Un contorno limpio cerrado como elemento de corte puede causar ambigüedades. El comando *Split Clean Contour* se queda con la parte seleccionada inicialmente en la geometría 3D como elemento de corte. Ejemplo: se crea un rectángulo creando cuatro líneas que van a ser cortadas por un círculo:



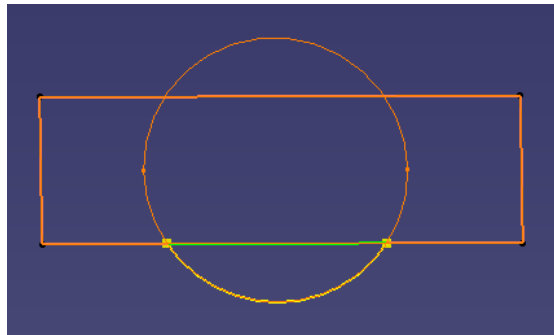
- Se selecciona el círculo en su parte superior como elemento de corte:



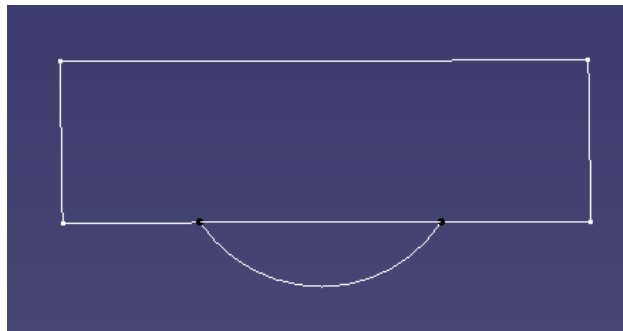
Resultado:



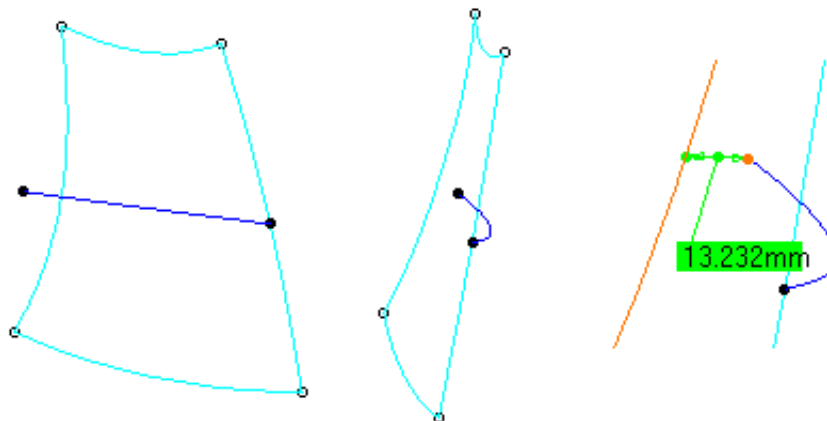
- Ahora se selecciona el círculo en su parte inferior como elemento de corte:



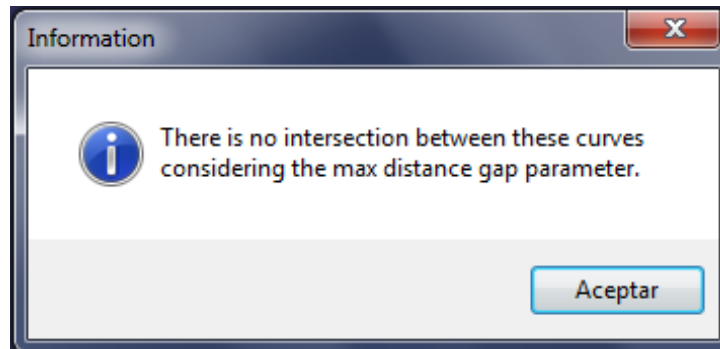
Resultado:



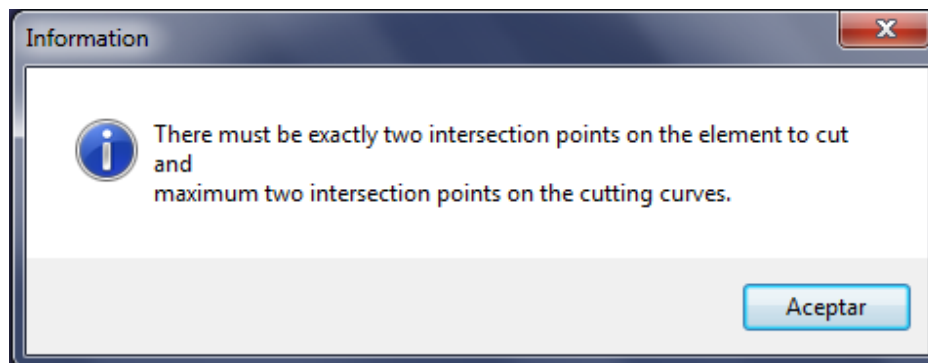
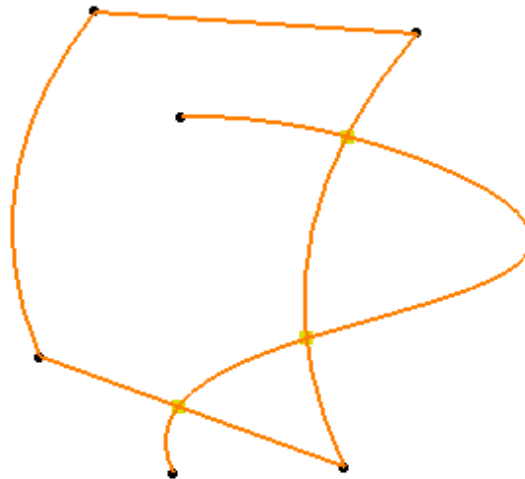
- 9) El parámetro *Max distance* (Distancia máxima) puede ser demasiado bajo. Establezca un valor más alto y vuelva a intentarlo.



Por ejemplo, la curva parece correcta en la dirección de la vista, pero la distancia 3D es superior a la distancia máxima establecida (en este ejemplo, 1 mm).

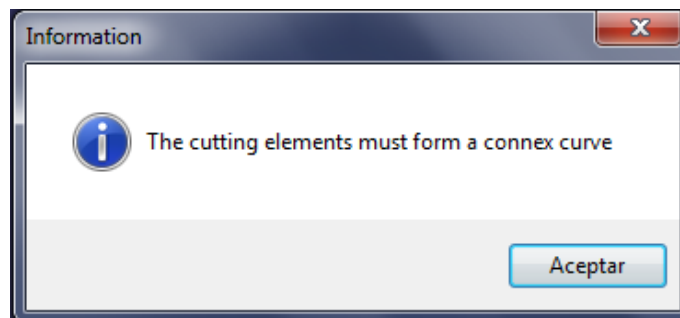
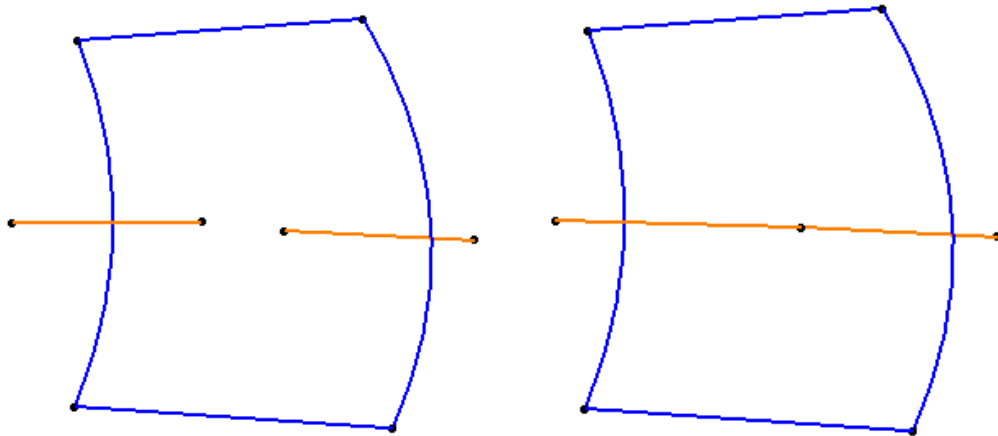


10) La curva de corte no es adecuada. Modifíquela e inténtelo de nuevo.

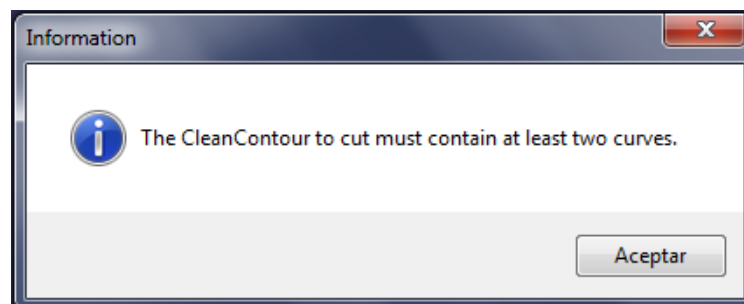
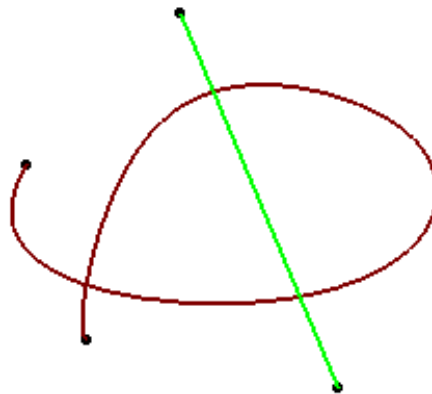


11) Puede introducir varias curvas como elementos de corte, pero deben estar conectadas:





12) No es posible dividir un contorno limpio hecho de un elemento como este:

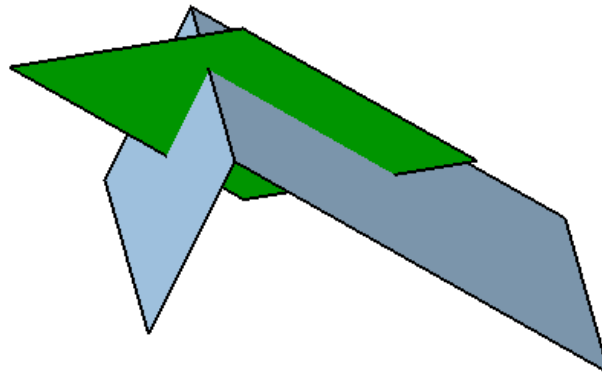



#### 4.8.8. Creación de redondeos (*Edge Fillet*)

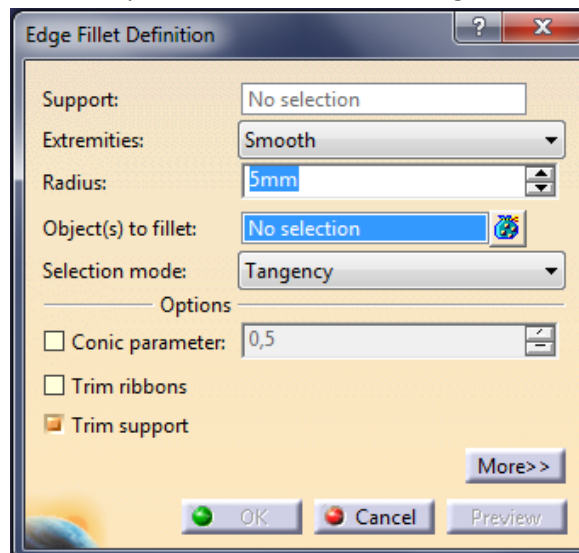
Los redondeos de los bordes que forman la unión de dos superficies son útiles para proporcionar una superficie de transición a lo largo de un borde interno agudo de una superficie.

Este comando muestra cómo crear un filete de radio constante a lo largo del borde interior de una unión de superficies. La superficie del filete se obtiene haciendo rodar una esfera sobre el borde seleccionado.

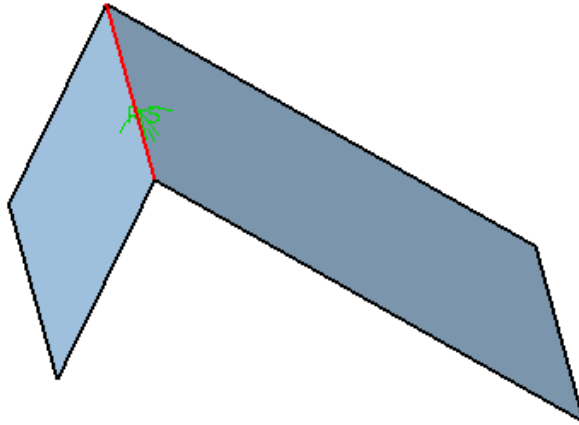
Abra el modelo [EdgeFillet1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").



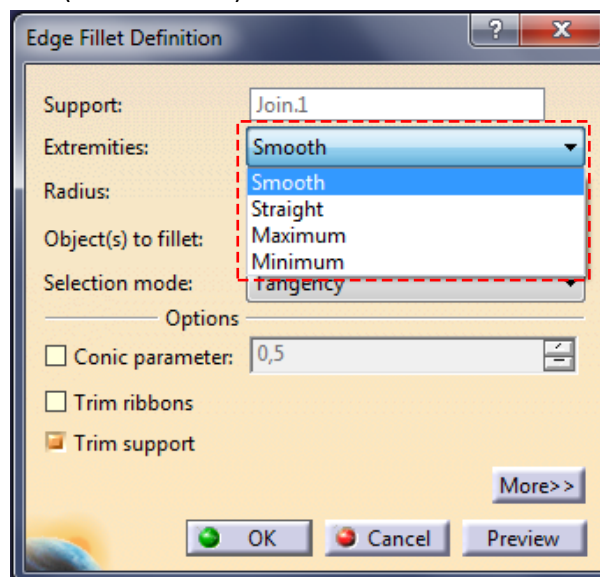
1. Haga clic en el comando *Edge Fillet*  perteneciente a la barra de herramientas *Operations*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.



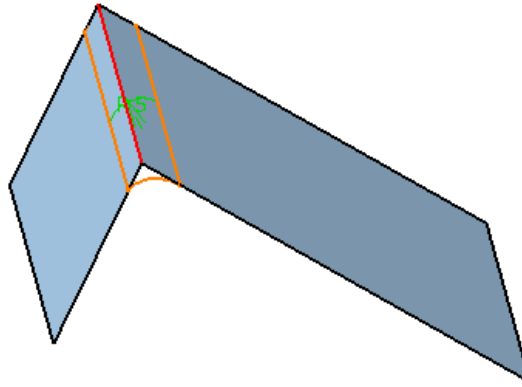
2. Seleccione el borde a redondear. También puede seleccionar una cara (superficie), siempre que no haya ambigüedad sobre el borde o los bordes a redondear.



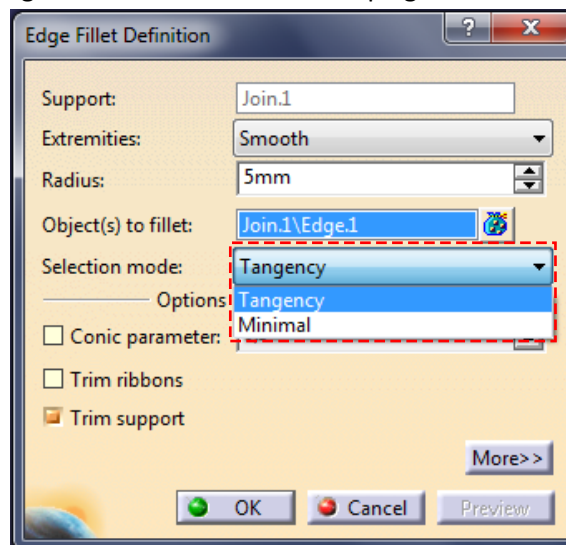
3. Seleccione el tipo deseado de extremidad para el filete a través de la lista desplegable del campo *Extremities* (Extremidades):



- *Straight* (Recto): ninguna restricción de tangencia se impone en el punto de conexión entre el filete y el apoyo inicial, generando a veces un ángulo agudo.
  - *Smooth* (Suave): una restricción de tangencia se impone en la conexión entre la superficie del filete y las superficies de apoyo, suavizando así la conexión.
  - *Maximum* (Máximo): la superficie del filete está limitada por el borde más largo seleccionado.
  - *Minimum* (Mínimo): la superficie del filete está limitada por el borde más corto seleccionado.
4. Introduzca el valor del radio del empalme en el campo *Radius*. Haga clic en *Preview* y aparecerá una vista previa del filete.

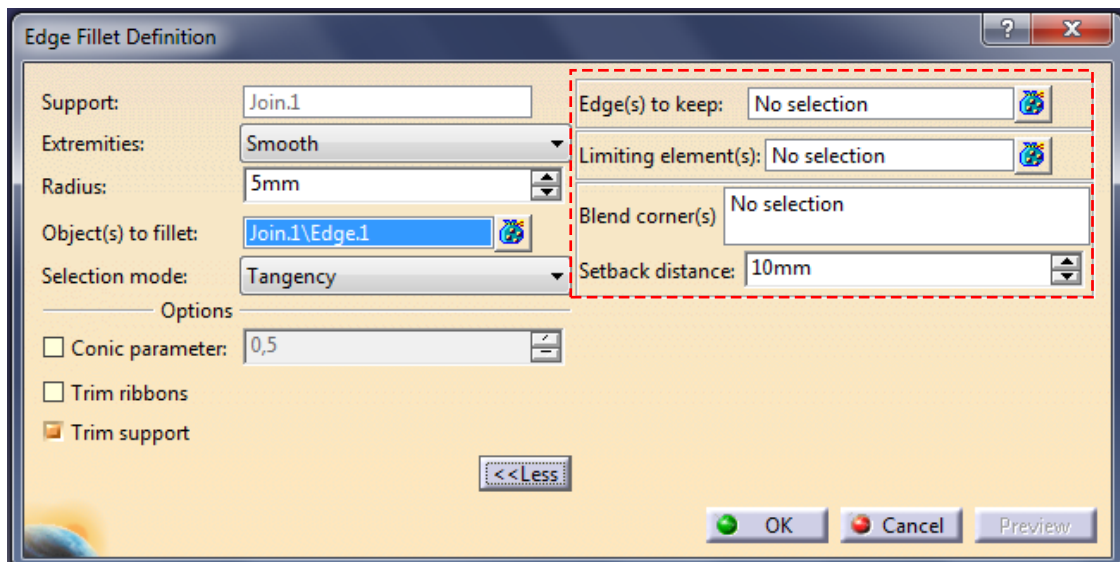


5. Elija el tipo de propagación a través de la lista desplegable del campo *Selection mode*:



- *Tangency* (Tangencia): el filete se propaga hasta el primer borde que no sea continuo en tangencia.
- *Minimal* (Mínimo): el filete se propaga hasta la primera limitación geométrica.

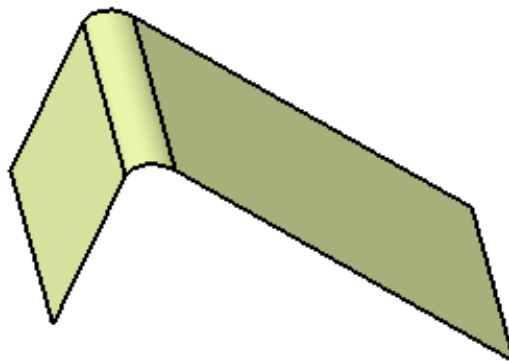
Haga clic en *More >>* para acceder a más casillas de verificación: *Edge (s) to keep* (Bordes a mantener), *Limiting element* (Elementos limitantes), *Blend corner* (opción que permite remodelar rápidamente ciertas esquinas que no hayan quedado inicialmente bien redondeadas) y *Setback distance*.



- Seleccione la casilla *Trim support* para delimitar los elementos de apoyo y ensamblarlos al filete. Si dicha casilla no se selecciona, se crea el empalme pero los elementos de apoyo no se ensamblan al filete.

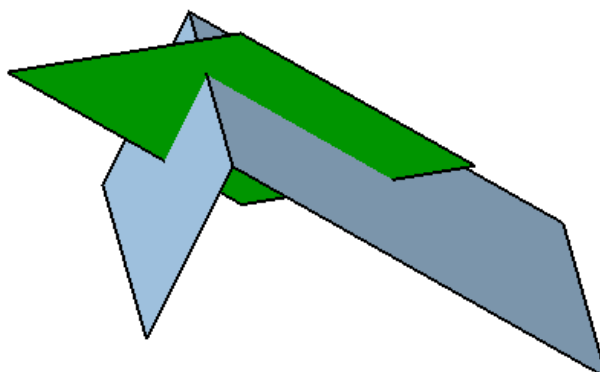
6. Haga clic en OK para crear el redondeo. La superficie del filete se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *EdgeFillet.x*.

 EdgeFillet.1

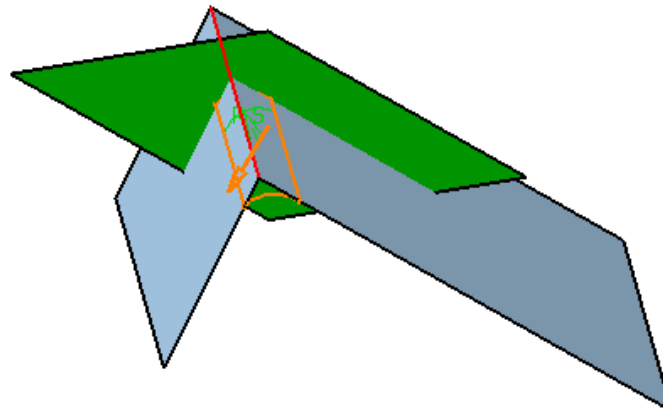
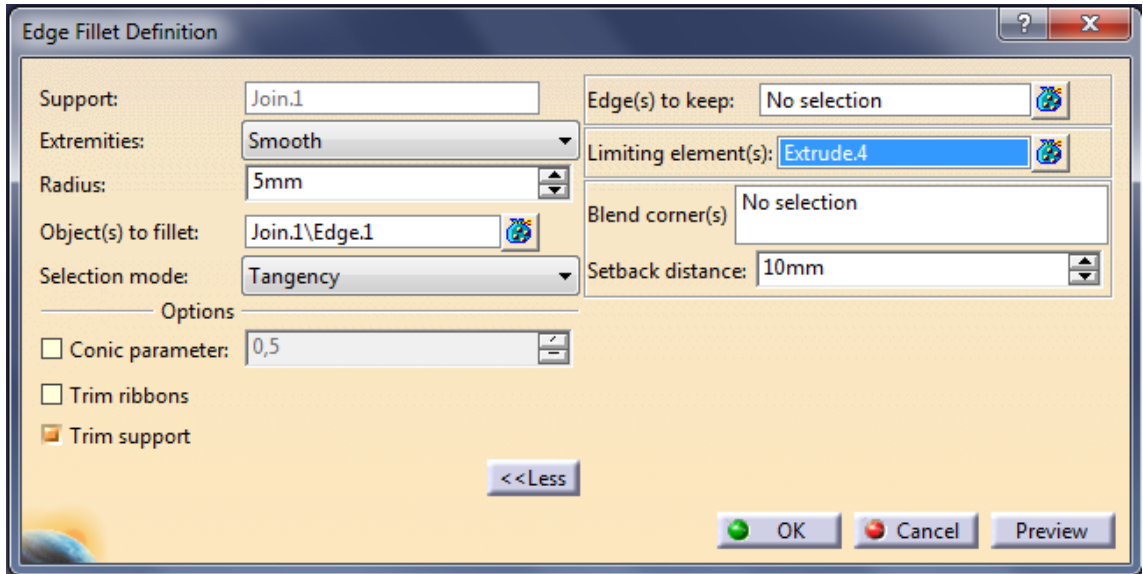


Como se ha comentado en las opciones que aparecen al hacer clic en *More >>*, se pueden crear redondeos con un límite impuesto por un elemento (un plano o una superficie):

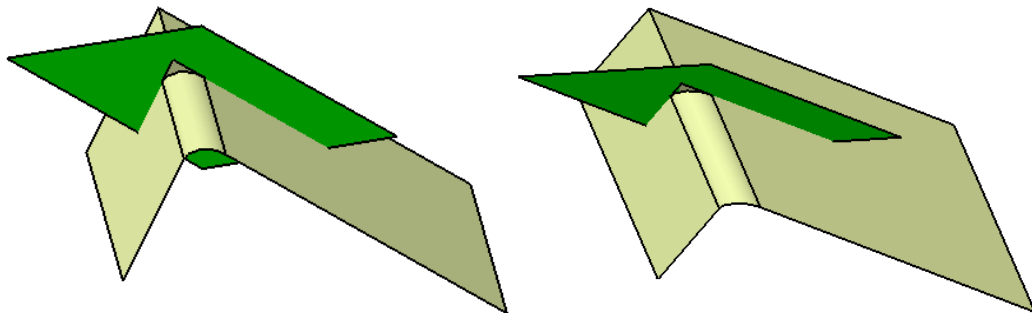
1) Partiendo del siguiente modelo:



2) Se selecciona *Extrude.4* como elemento limitante:



3) Se obtiene el redondeo:



## **4.9. Transformations**

### **4.9.1. Traslaciones (*Translate*)**

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.13.1.

### **4.9.2. Rotaciones (*Rotate*)**

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.13.2.

### **4.9.3. Simetrías (*Symmetry*)**

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.13.3.

### **4.9.4. Escalado (*Scaling*)**

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.13.4.

### **4.9.5. Transformaciones por afinidad (*Affinity*)**

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.13.5.

### **4.9.6. Transformación de elementos de un eje a otro (*Axis To Axis*)**

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.13.6.

## **4.10. Segmentation**

### **4.10.1. Definición de áreas por segmentación de curvatura (*Segmentation by Curvature*)**

Este comando muestra cómo definir áreas sobre una malla a lo largo de las curvaturas o radios de curvatura.

Hay cinco curvaturas:

- *Maximum* (Máxima)

- *Minimum* (Mínima)
- *Absolute* (Absoluta)
- *Mean* (Media)
- *Gauss* (Gaussiana)

La construcción geométrica de las curvaturas máxima y mínima es la siguiente: deja que sea un plano que contiene la normal a la superficie en un punto dado. Este plano corta la superficie a lo largo de una curva que tiene una curvatura dada en este punto. Si este plano gira alrededor de la normal, las curvaturas de las curvas que intersecan la superficie variarán entre dos valores extremos. Estos dos valores son las curvaturas máxima (KM) y mínima (Km).

La curvatura media (*Mean*) es igual a  $(KM+Km)/2$ . Los valores extremos aparecen donde la superficie está más retorcida o deformada. La curvatura media se utiliza en gran medida para detectar irregularidades en la superficie. Una superficie mínima se caracteriza por una curvatura media nula.

La curvatura gaussiana (*Gauss*) es igual  $KM \cdot Km$  y describe la forma local de una superficie en un punto:

- Si es positiva, el punto es elíptico, es decir, la superficie tiene localmente la forma de un elipsoide alrededor de ese punto.
- Si es negativa, la superficie es hiperbólica en estos puntos, es decir, la forma local es una silla de montar a caballo.
- Si es nula, la superficie es parabólica en este punto, es decir, una de las curvaturas máxima o mínima es nula en este punto.

El cono y el cilindro son dos superficies donde todos los puntos son parabólicos.


La curvatura absoluta (*Absolute*) es igual a  $|KM| + |Km|$ . Se utiliza para detectar las áreas de superficie donde la superficie es localmente casi plana (la curvatura absoluta es casi nula).

Los radios de curvatura son el inverso de las curvaturas correspondientes. Sólo los radios máximo y mínimo son relevantes.

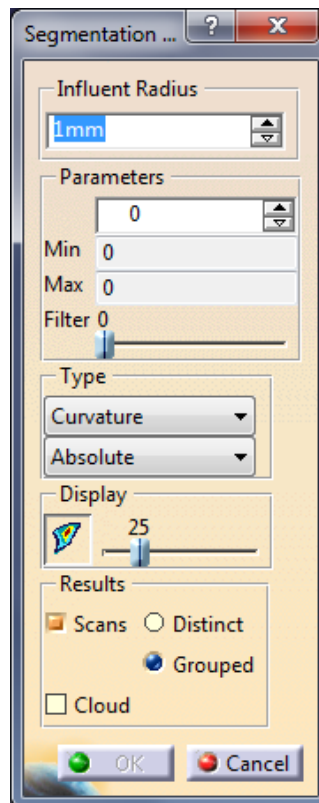
Sólo se lleva a cabo en mallas.

Los datos digitalizados ruidosos son difíciles de procesar.

Abra el modelo [Segmentation1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

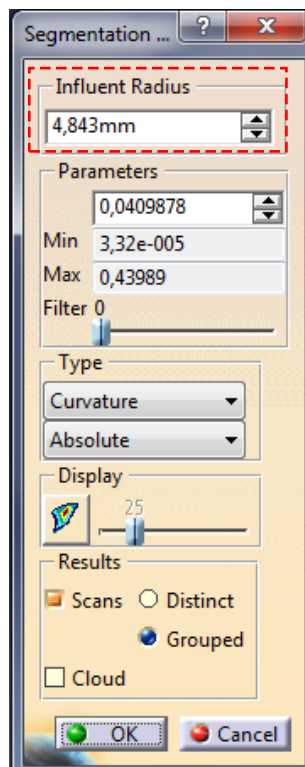
1. Haga clic en el comando *Segmentation by Curvature*  perteneciente a la barra de herramientas *Segmentation*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.



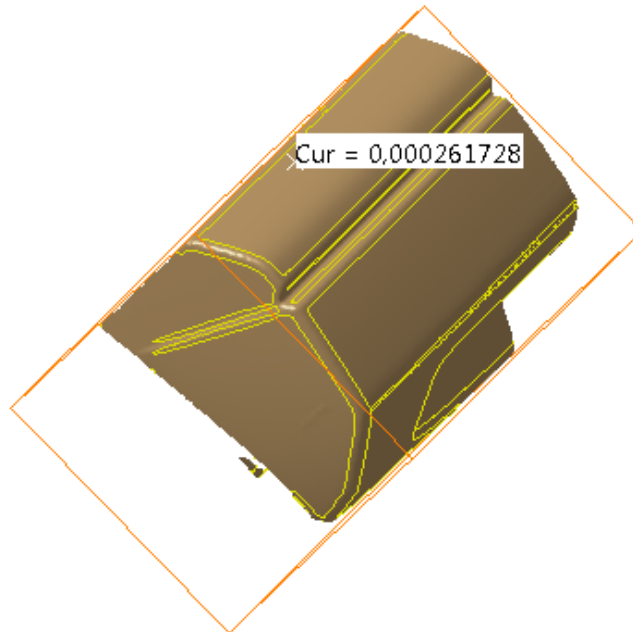


2. Seleccione la malla.

Se propone un *Influent Radius*. De forma predeterminada, es 1/100 de la diagonal del cuadro delimitador, en este caso 4,843 mm.

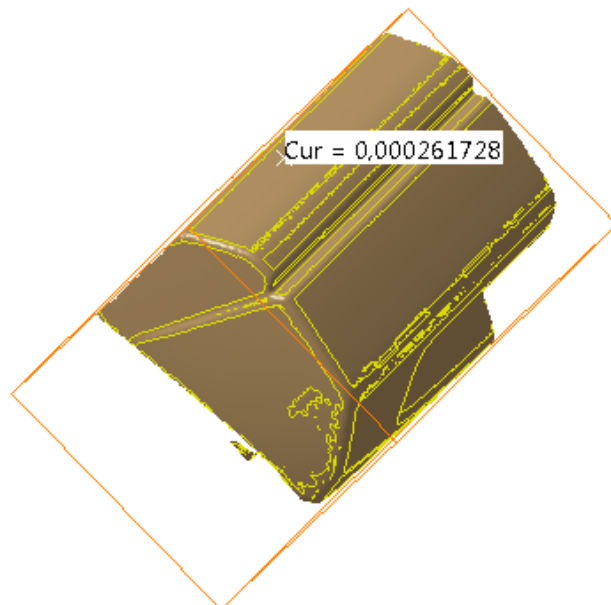
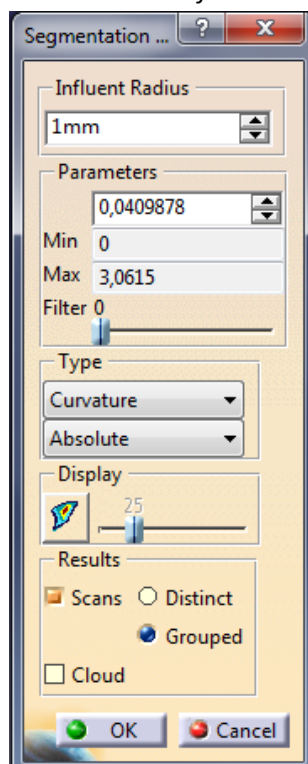


Haga clic de nuevo sobre la malla: se muestran los escaneos. Combine los tipos de análisis y el valor en el cuadro superior para mostrar los escaneos de acuerdo a sus necesidades.

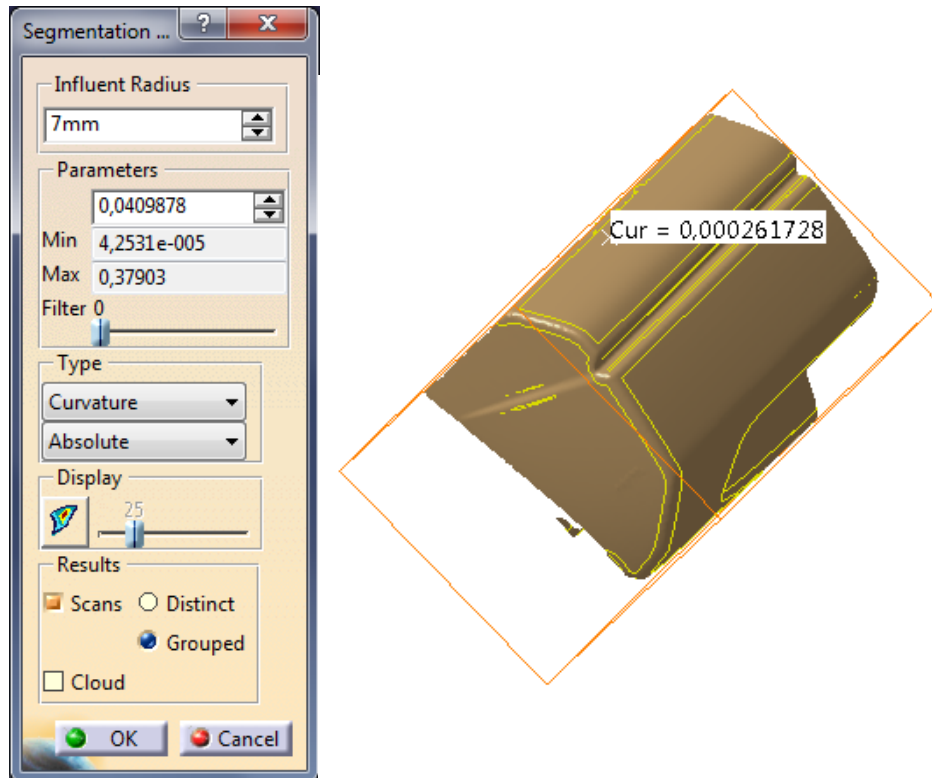


Para cada vértice, el *Influent Radius* define una esfera centrada en este vértice. Todos los vértices y aristas dentro de esta esfera influyen en el valor de la curvatura resultante en este vértice.

- Si el valor del *Influent Radius* es pequeño, el resultado será ruidoso.

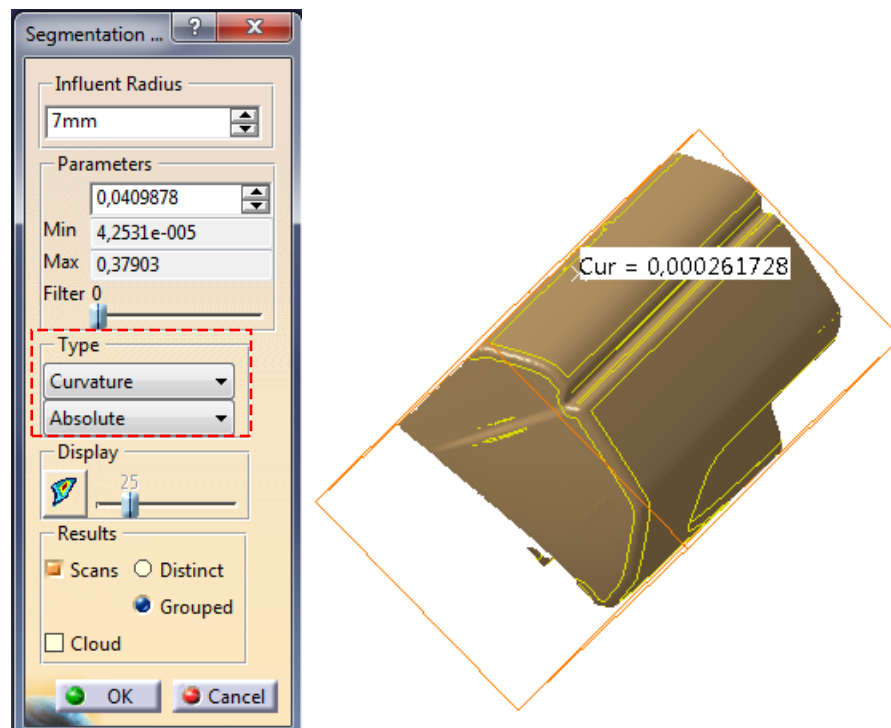


- Si el valor del *Influent Radius* es grande, la curvatura se suavizará.

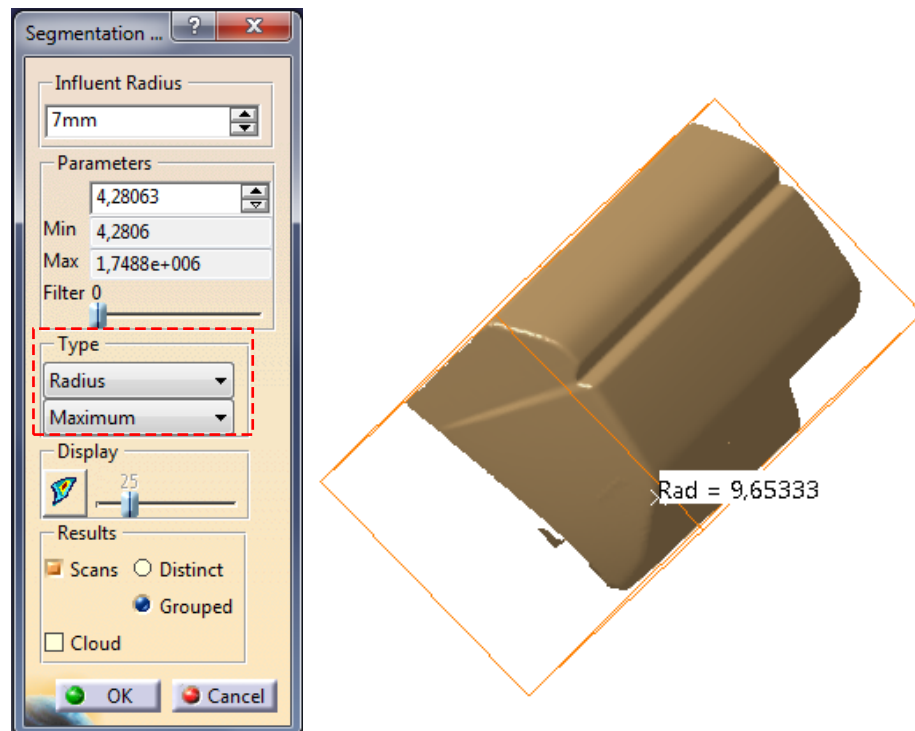


3. Seleccione el tipo de análisis de la lista: *Curvatura* (Curvatura) o *Radius* (Radio). Barra la malla con el cursor: el valor de la curvatura o el radio se muestra dinámicamente al mover el cursor. Esto es especialmente útil para recuperar el valor de los redondeos.

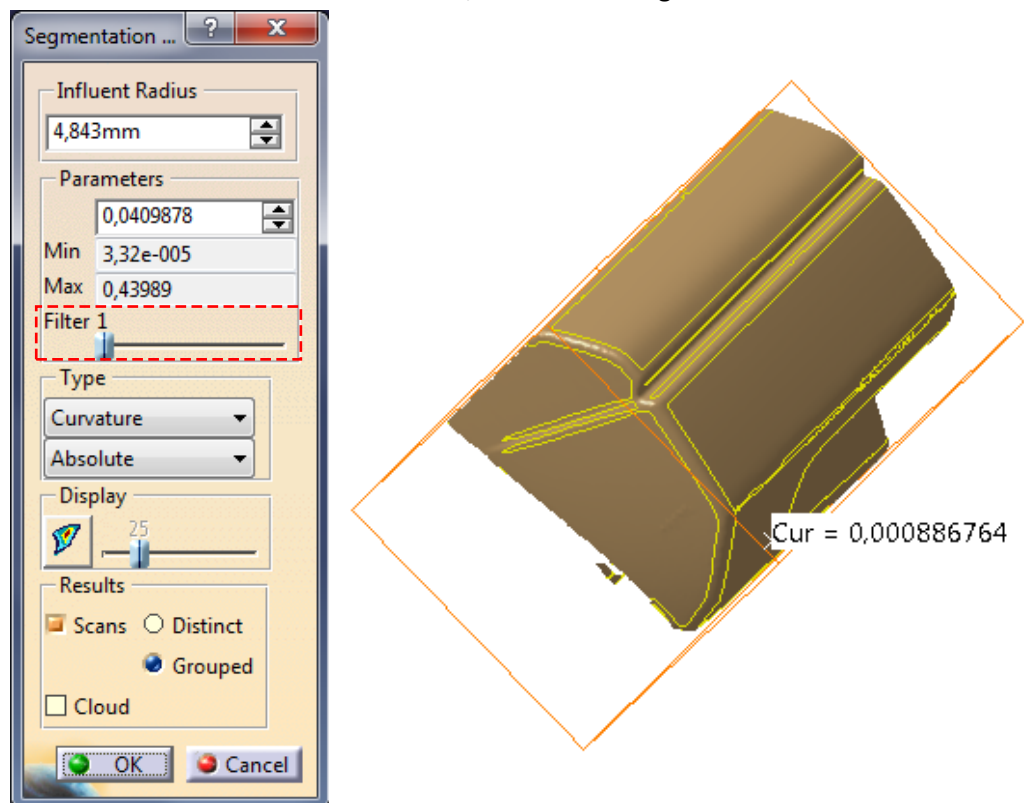
- Análisis de Curvatura:



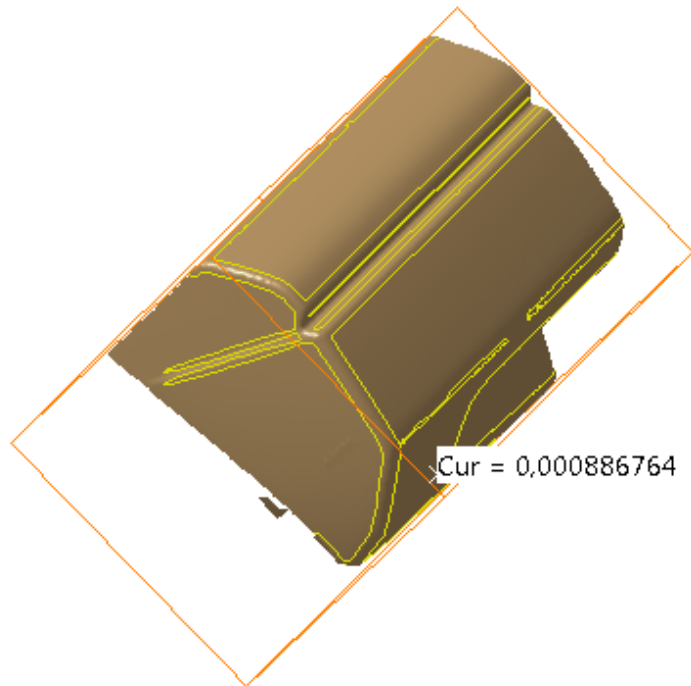
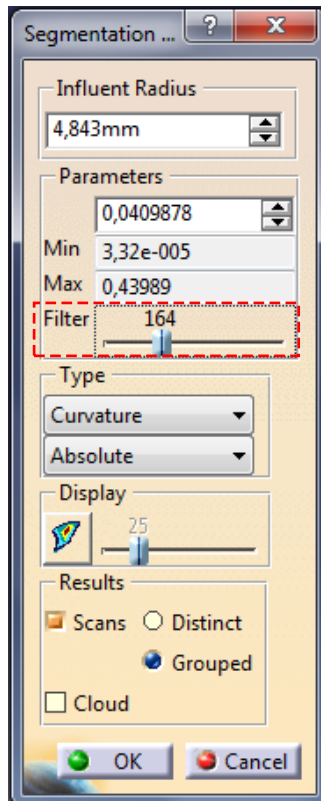
- Análisis de Radio:




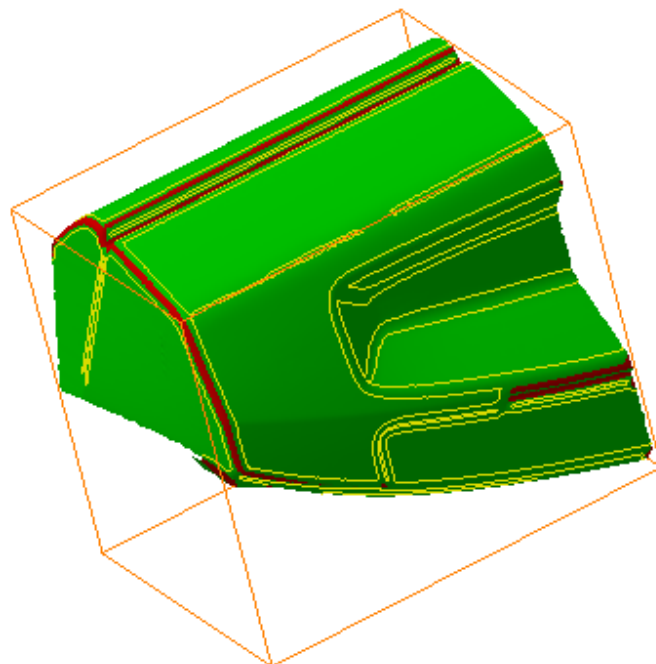
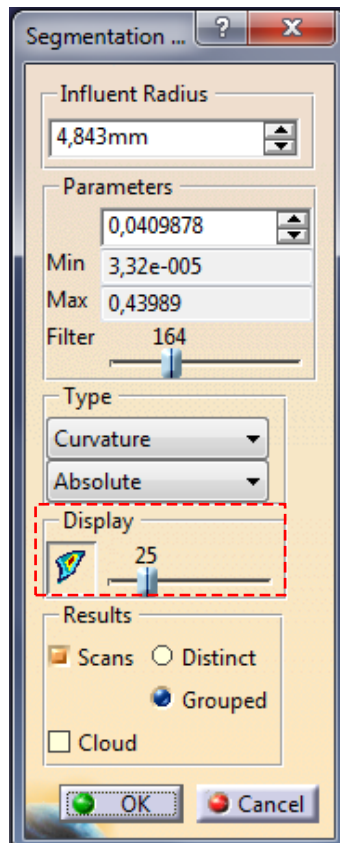
4. Utilice el parámetro *Filter* (Filtro) para eliminar los puntos no deseados. Inicialmente con un valor de *Filter* de 1, se obtiene el siguiente resultado:



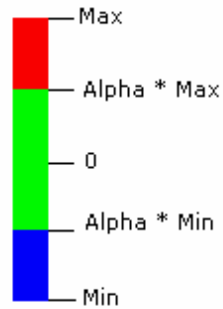
Aumentando el valor de *Filter* hasta 164, el resultado pasa a ser el siguiente:



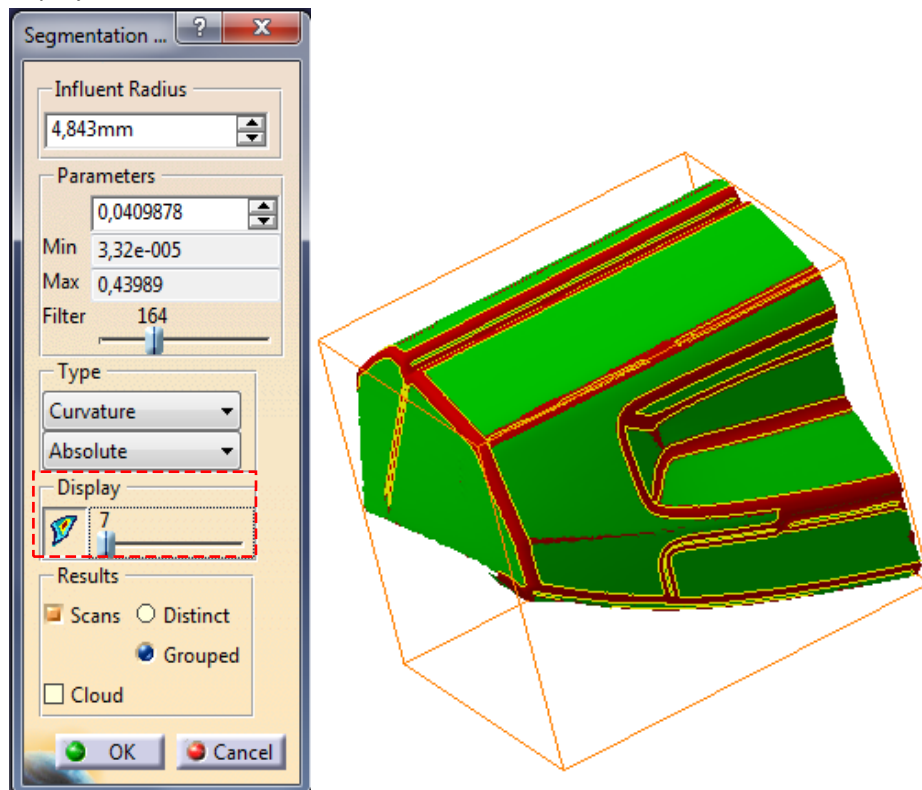
5. Si es necesario, haga clic en el icono *Curvature Mapping*  para mostrar un mapeo de curvatura temporal. Esta opción viene activada de forma predeterminada al lanzar el comando.



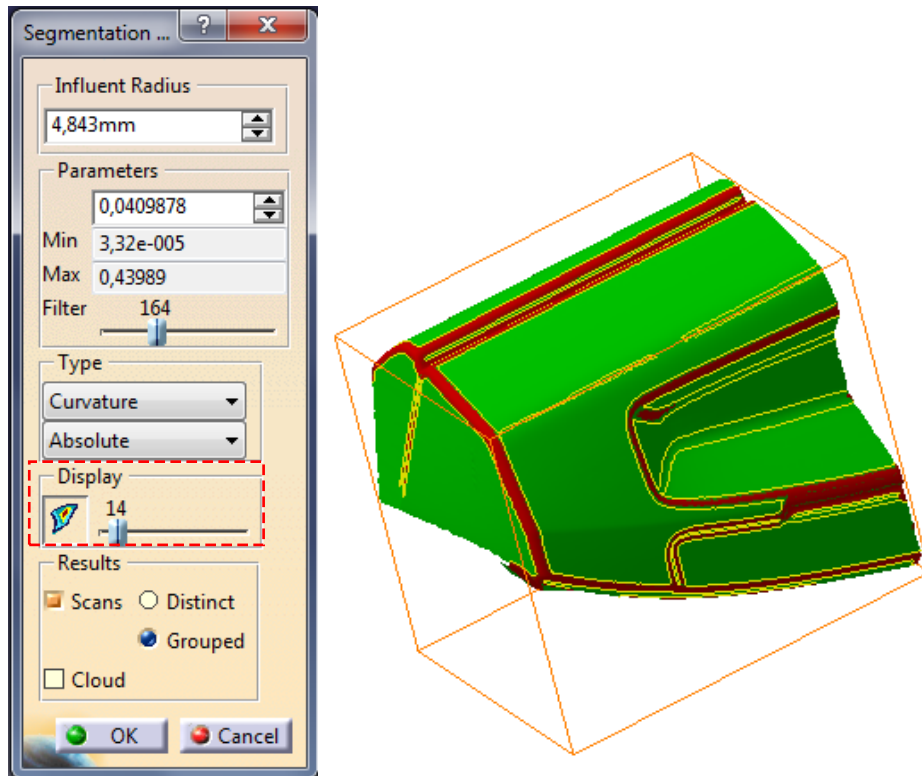
Puede utilizar el control deslizante del campo *Display* para influir en el reparto de color modificando el parámetro *Alfa*, que representa el porcentaje del valor máximo (el color azul sólo se utiliza si se encuentran valores negativos).



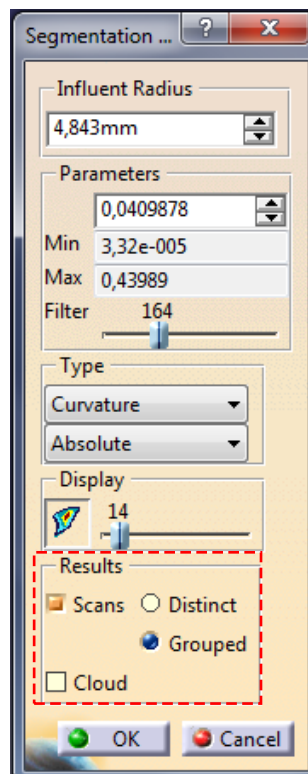
- *Absolute Curvature* (Curvatura Absoluta) con el control deslizante del campo *Display* en 7:



- *Absolute Curvature* (Curvatura Absoluta) con el control deslizante del campo *Display* en 14:

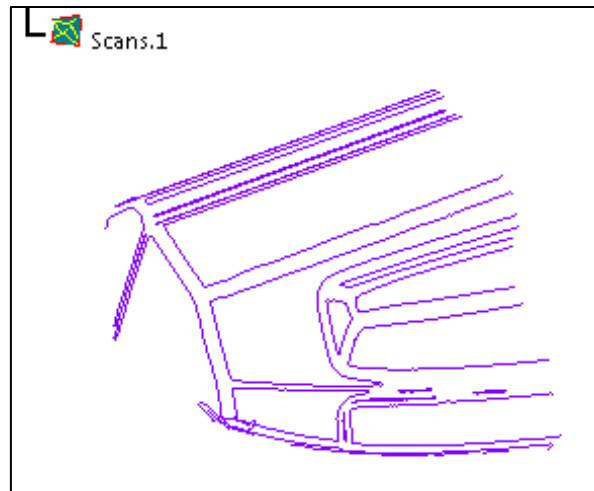


6. Haga clic en *OK* para crear el resultado. Puede optar por crear escaneos (*Scans*), nubes (*Cloud*) o ambas cosas a la vez:

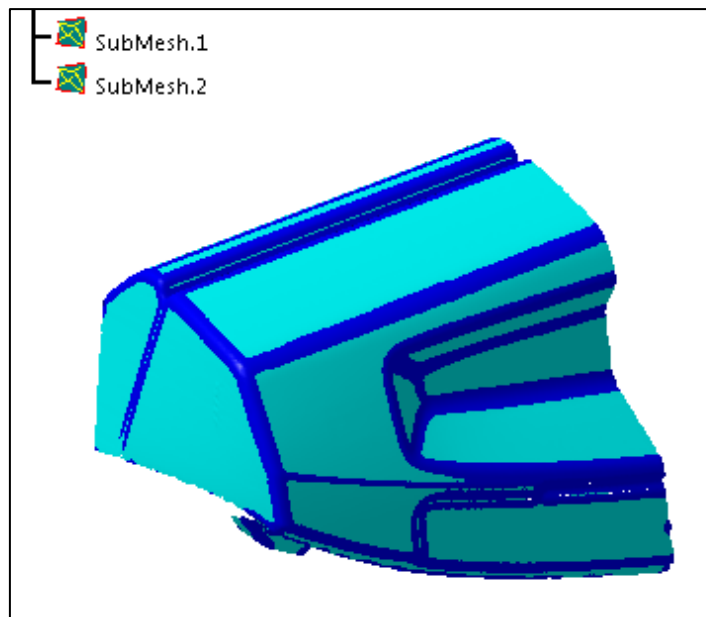


- Escaneos, bien separados (*Distinct*) o agrupados (*Grouped*).  
Un elemento bajo el nombre *Scans.x* se creará en el árbol de especificaciones.





- Nubes (*Cloud*), que son sub-mallas (se muestran en dos tonos de azul en la figura siguiente). Elementos bajo el nombre *SubMesh.x* se crearán en el árbol de especificaciones.



Estas mallas se pueden procesar con el comando *Basic Surface Recognition*, por ejemplo.

La malla de entrada se oculta.

El mapeo de curvatura no se mantiene.



#### 4.10.2. Definición de áreas por segmentación de la pendiente (*Segmentation by Slope*)


Este comando muestra cómo realizar un análisis de la pendiente.

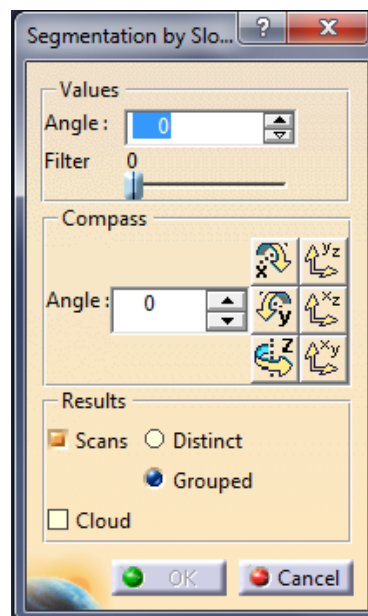
Este tipo de análisis identifica líneas en el elemento analizado donde la desviación de la dirección de la pendiente en cualquier punto corresponde a un valor especificado.

El eje Z da la dirección de la vista. Si el ángulo de desviación = 0, las líneas son las zonas del elemento analizado donde la normal es ortogonal a la dirección de la vista (contorno aparente). Si el ángulo de desviación es diferente de 0, las líneas son las zonas donde la normal es ortogonal a la dirección de la vista incrementada por el ángulo.

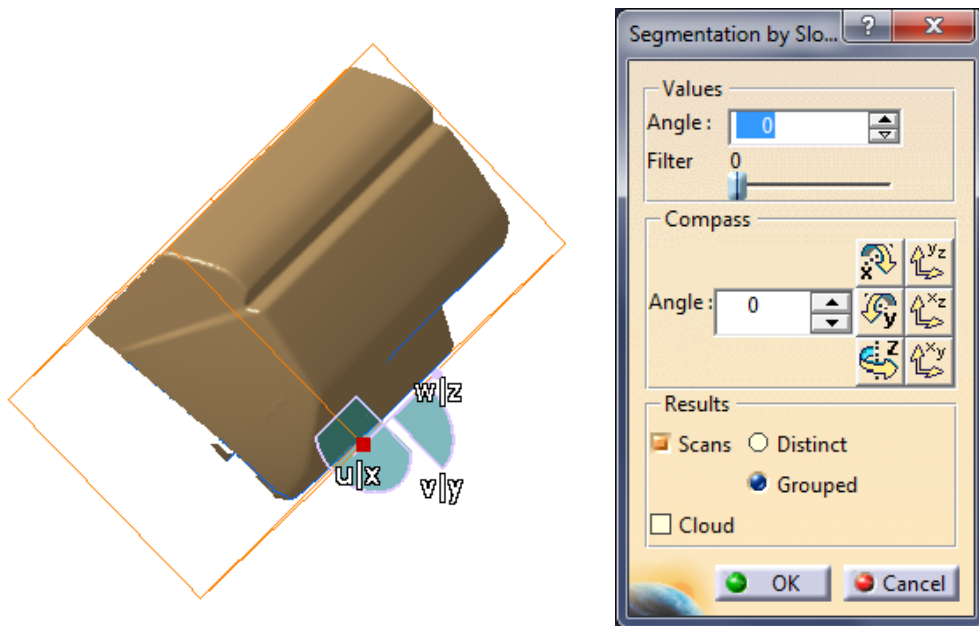
Los datos digitalizados ruidosos son difíciles de procesar.

Abra el modelo [Segmentation1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

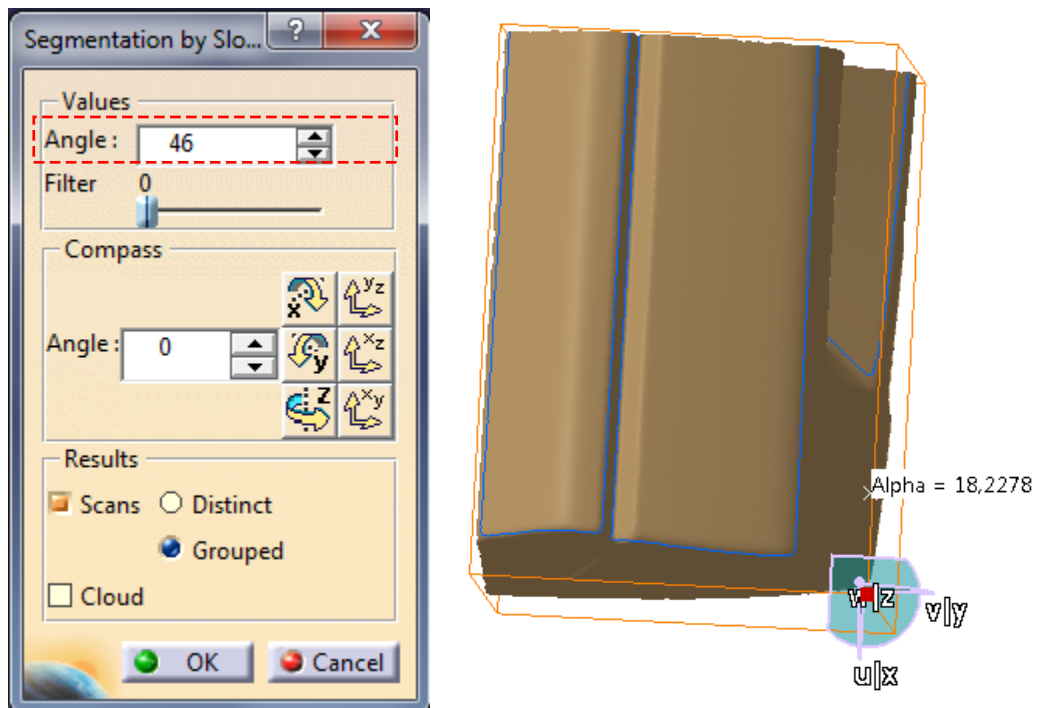
1. Haga clic en el comando *Segmentation by Slope*  perteneciente a la barra de herramientas *Segmentation*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.



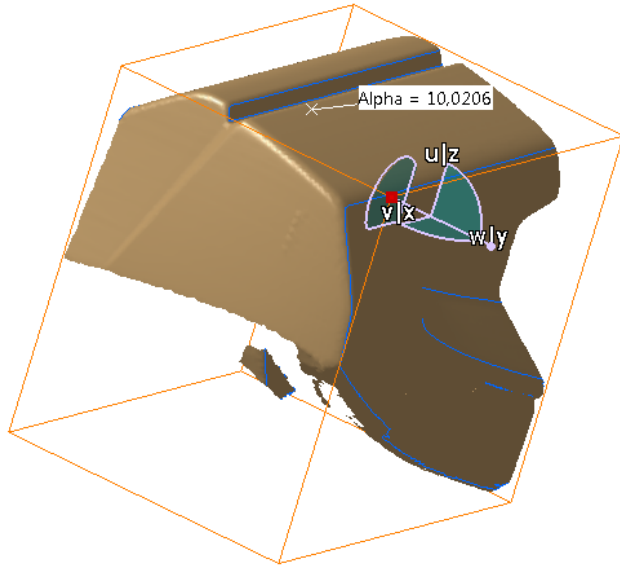
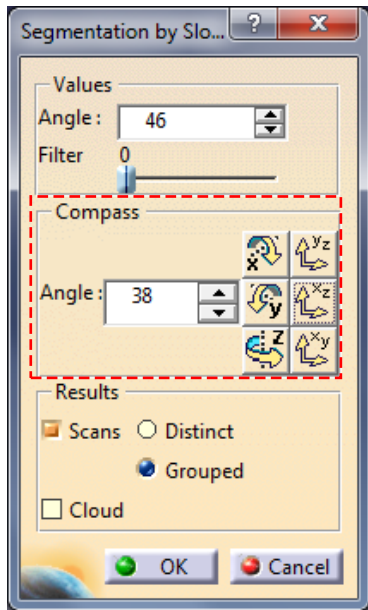
2. Seleccione la malla. El compás se coloca sobre la malla. De forma predeterminada, el ángulo se establece en 0.



3. Utilice el campo *Angle* (Ángulo) dentro del apartado *Values* (Valores) para ajustar el ángulo de la desviación con la dirección de la vista.

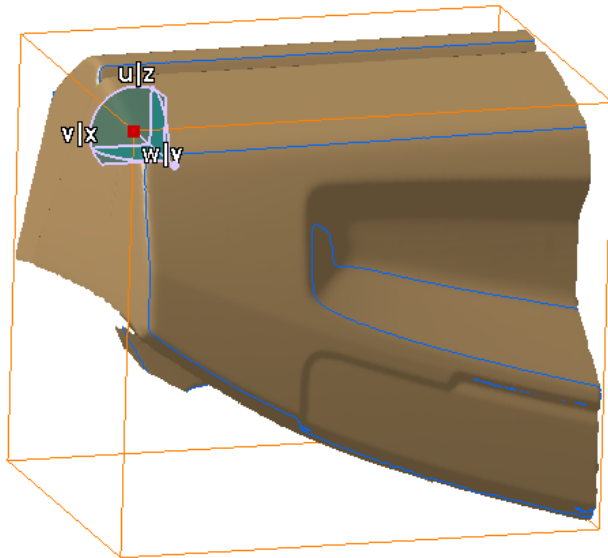
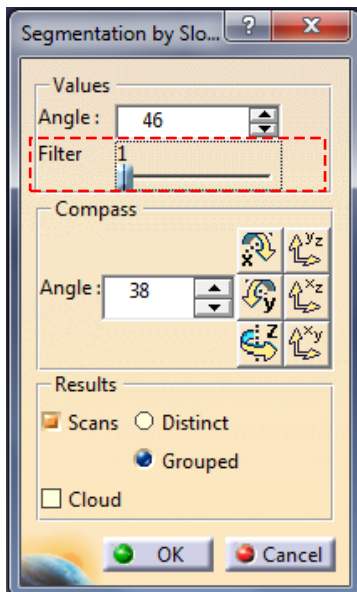


4. Utilice el campo *Angle* (Ángulo) dentro del apartado *Compass* (Compás) y el icono del compás para establecer la dirección de la vista, o manipule el compás como desee.

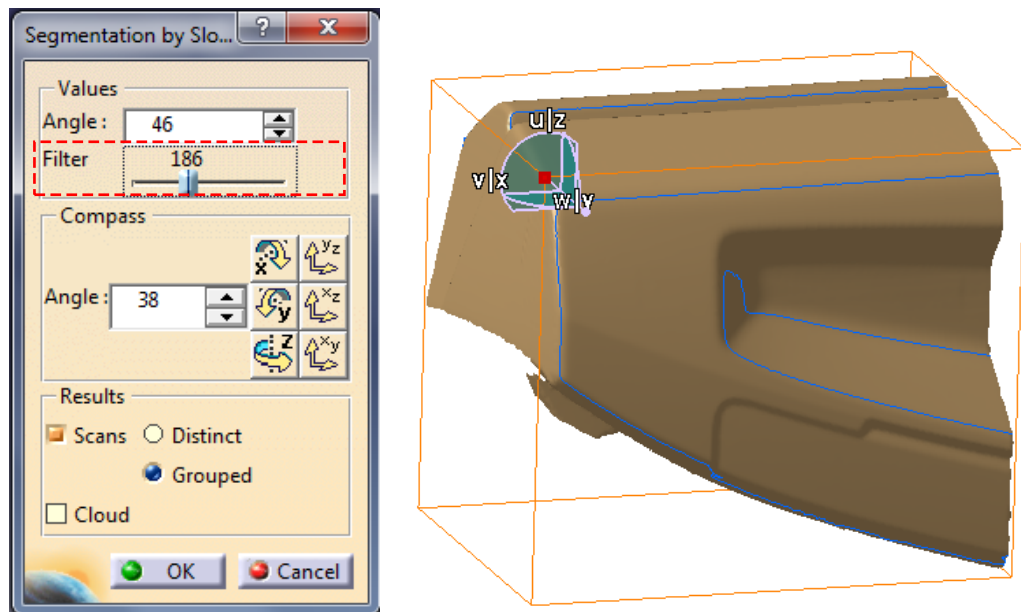


5. Utilice el control deslizante del campo *Filter* (Filtro) del apartado *Values* (Valores) para reducir el número de puntos de las líneas.

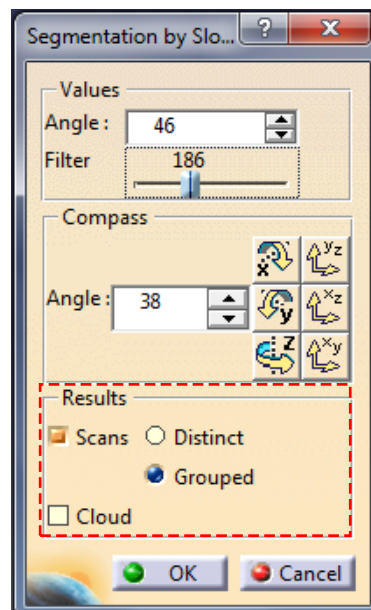
Inicialmente con un valor de *Filter* de 1, se tiene el siguiente resultado:



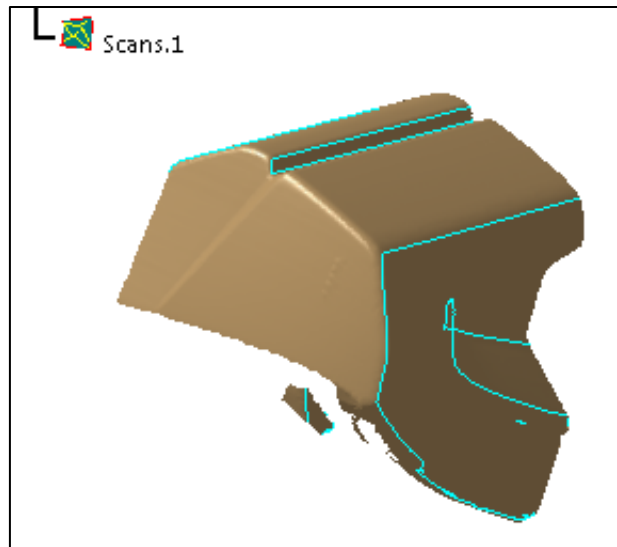
Aumentando el valor de *Filter* hasta 186, el resultado pasa a ser el siguiente:



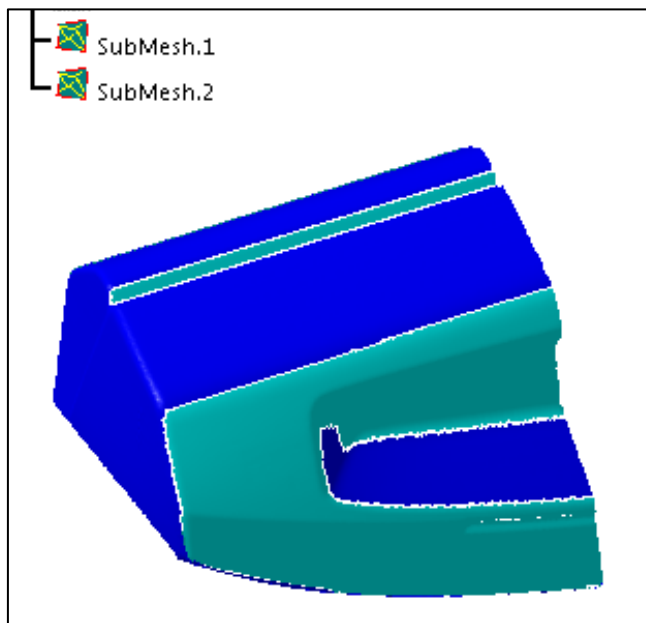
6. Si barre el cursor sobre la malla, se muestra el ángulo de desviación.
7. Haga clic en *OK* para crear el resultado. Puede optar por crear escaneos (*Scans*), nubes (*Cloud*) o ambas cosas a la vez:



- Escaneos, bien separados (*Distinct*) o agrupados (*Grouped*).  
Un elemento bajo el nombre *Scans.x* se creará en el árbol de especificaciones.



- Nubes (*Cloud*), que son sub-mallas.  
Elementos bajo el nombre *SubMesh.x* se crearán en el árbol de especificaciones.



Estas mallas se pueden procesar con el comando *Basic Surface Recognition*, por ejemplo.

La malla de entrada se oculta.

## 4.11. Cloud Analysis

### 4.11.1. Visualización de información (*Information*)

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.12.1.

### 4.11.2. Realizar un análisis de desviaciones (*Deviation Analysis*)

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.12.2.

### 4.11.3. Creación de un mapeo de curvatura (*Curvature Mapping*)

Este comando muestra cómo crear un mapeo de curvatura editable y asociativo sobre cualquier malla, por ejemplo, para ayudarle a seleccionar los puntos de iso-curvatura.

Hay cinco curvaturas:

- *Maximum* (Máxima)
- *Minimum* (Mínima)
- *Absolute* (Absoluta)
- *Mean* (Media)
- *Gauss* (Gaussiana)

La construcción geométrica de las curvaturas máxima y mínima es la siguiente: deja que sea un plano que contiene la normal a la superficie en un punto dado. Este plano corta la superficie a lo largo de una curva que tiene una curvatura dada en este punto. Si este plano gira alrededor de la normal, las curvaturas de las curvas que intersecan la superficie variarán entre dos valores extremos. Estos dos valores son las curvaturas máxima (KM) y mínima (Km).


La curvatura media (*Mean*) es igual a  $(KM+Km)/2$ . Los valores extremos aparecen donde la superficie está más retorcida o deformada. La curvatura media se utiliza en gran medida para detectar irregularidades en la superficie. Una superficie mínima se caracteriza por una curvatura media nula.

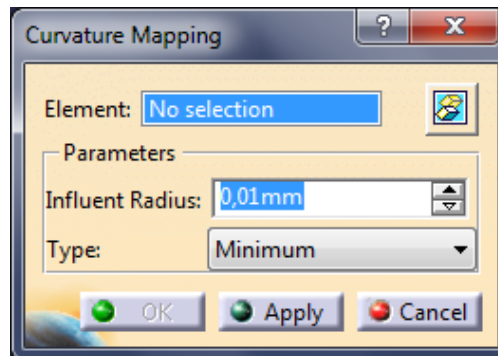
La curvatura gaussiana (*Gauss*) es igual  $KM \cdot Km$  y describe la forma local de una superficie en un punto:

- Si es positiva, el punto es elíptico, es decir, la superficie tiene localmente la forma de un elipsoide alrededor de ese punto.
- Si es negativa, la superficie es hiperbólica en estos puntos, es decir, la forma local es una silla de montar a caballo.
- Si es nula, la superficie es parabólica en este punto, es decir, una de las curvaturas máxima o mínima es nula en este punto.  
El cono y el cilindro son dos superficies donde todos los puntos son parabólicos.


La curvatura absoluta (*Absolute*) es igual a  $|KM| + |Km|$ . Se utiliza para detectar las áreas de superficie donde la superficie es localmente casi plana (la curvatura absoluta es casi nula).

Abra el modelo [SurfNetwork.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples"). Oculte todos los elementos excepto la malla *Polygon*.

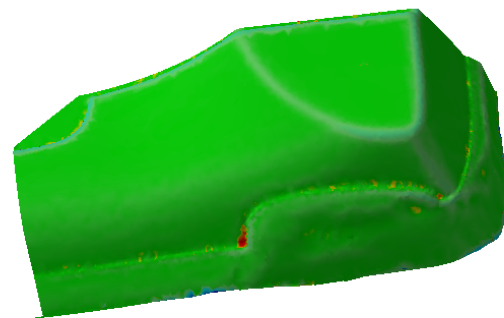
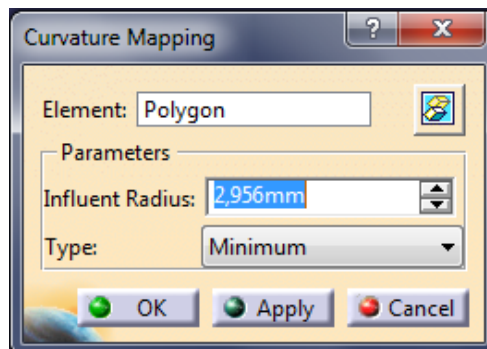
1. Haga clic en el comando *Curvature Mapping*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Analysis*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.



2. Seleccione la malla *Polygon* como el elemento (*Element*) a procesar. La malla no puede ser *non-manifold* y debe contener una sola celda.

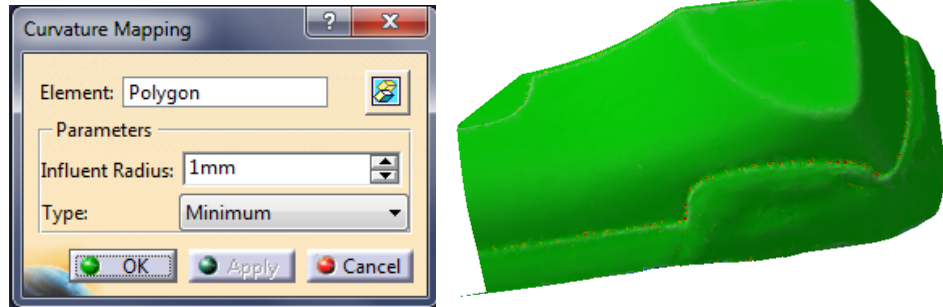
Haga clic en el icono *Hide/Show Element*  para ocultar/mostrar el elemento de entrada.

3. Se propone un *Influent Radius*. De forma predeterminada, es 1/100 de la diagonal del cuadro delimitador, en este caso 2,956mm. Haga clic en *Apply* y se mostrará el mapeo de curvatura.

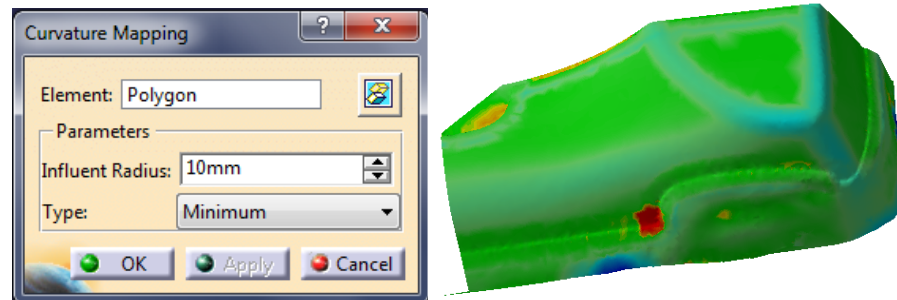


Para cada vértice, el *Influent Radius* define una esfera centrada en este vértice. Todos los vértices y aristas dentro de esta esfera influyen en el valor de la curvatura resultante en este vértice.

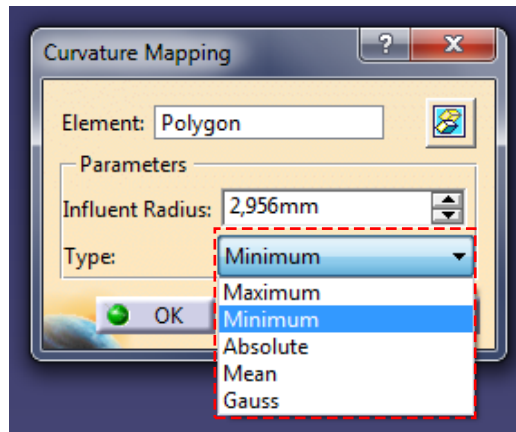
- Si el valor del *Influent Radius* es pequeño, el resultado será ruidoso.



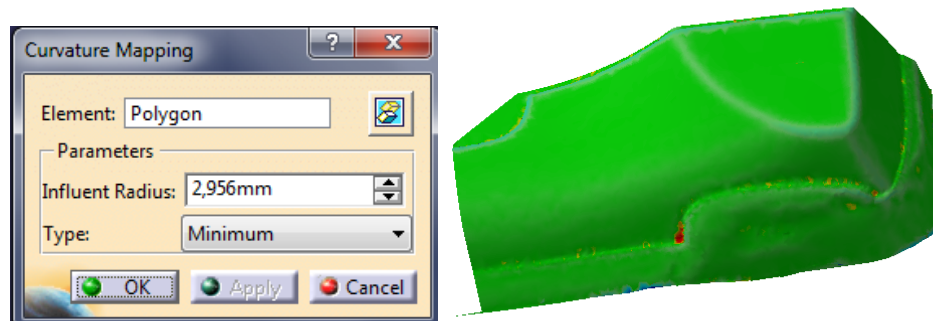
- Si el valor del *Influent Radius* es grande, la curvatura se suavizará.



4. Seleccione el tipo de curvatura a aplicar en la lista desplegable del campo *Type*:

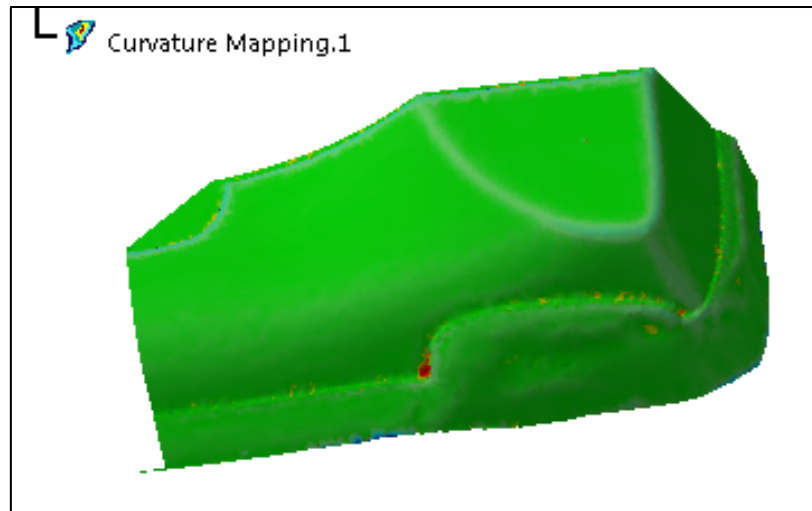


5. Haga clic en *Apply* (Aplicar) y se mostrará el mapeo de curvatura:



6. Haga clic en *OK* para validar y salir del cuadro de diálogo.  
Un elemento, bajo el nombre *Curvature Mapping.x*, se creará en el árbol de especificaciones. Si es necesario, haga doble clic sobre dicho elemento para editarlo.





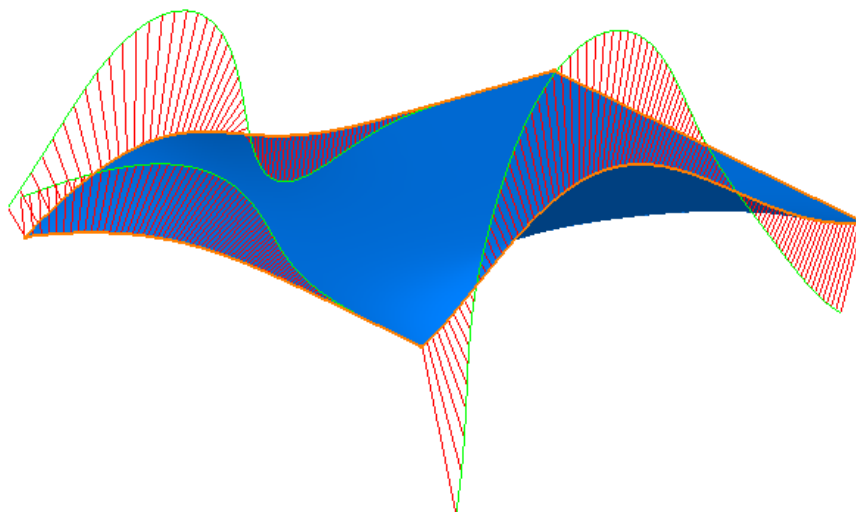
#### 4.11.4. Realización de un análisis de curvatura (*Porcupine Curvature Analysis*)

Este comando muestra cómo analizar la curvatura de las curvas o de los contornos de las superficies.


Abra el modelo [FreeStyle\\_10.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

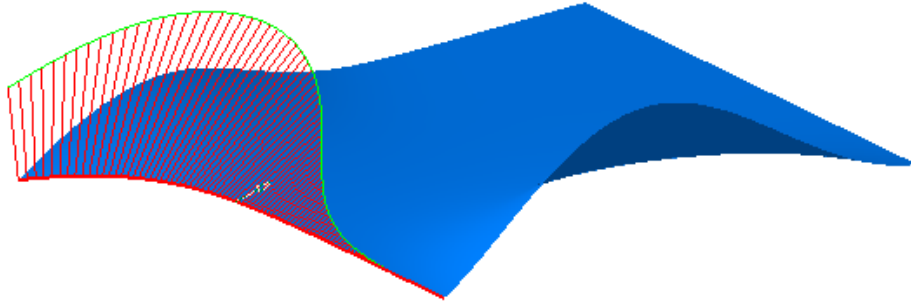
Al analizar el contorno de una superficie:


- Si selecciona la superficie, el análisis se realiza en todos sus límites, es decir, en todos sus bordes.

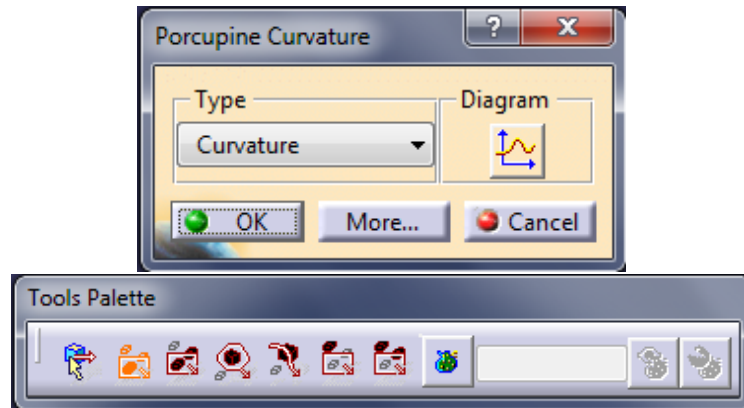


- Si selecciona un borde específico, el análisis se realiza sólo en este borde seleccionado.

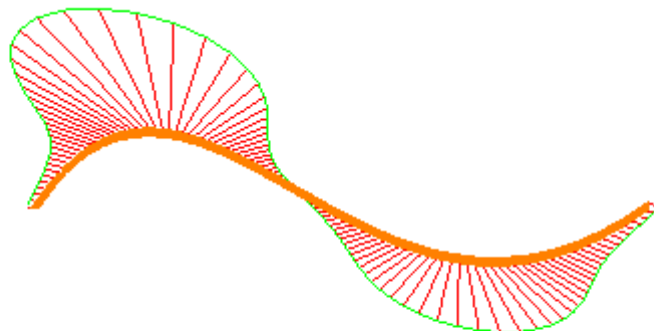
Asegúrese de que el modo de selección *Geometrical Element Filter*  está activado desde la barra de herramientas *User Selection Filter*. Este modo le permite seleccionar sub-elementos.



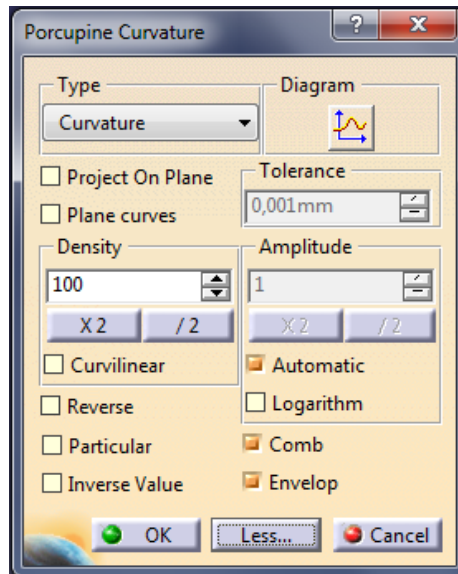
1. Haga clic en el comando *Porcupine Curvature Analysis*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Analysis*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando así como la barra de herramientas *Tools Palette*.



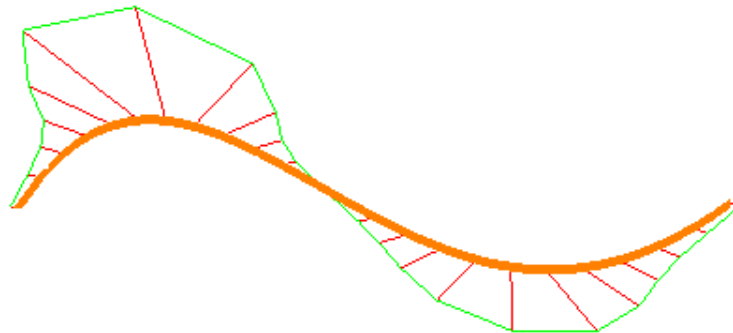
2. Seleccione la curva.  
Automáticamente se muestra el peine de curvatura en la curva seleccionada.



3. Haga clic en el botón *More...* dentro del cuadro de diálogo *Porcupine Curvature*.

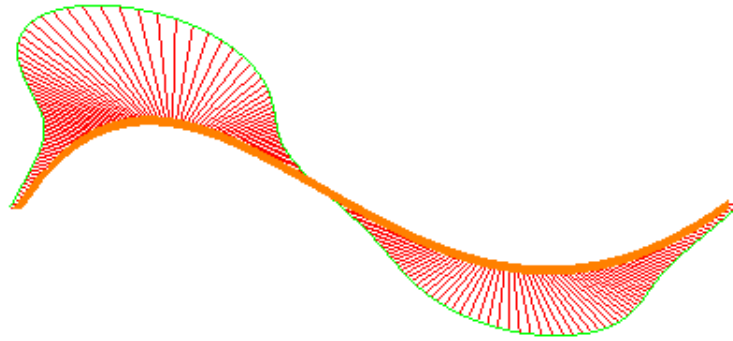


- Seleccione la casilla *Project On Plane* para analizar la curva proyectada en el plano seleccionado referenciado por el compás.
  - Si desactiva la casilla *Project On Plane*, el análisis se realiza de acuerdo a la orientación de la curva. Esta es la opción predeterminada.
4. Utilice el campo *Density* para ajustar el número de púas del peine de curvatura y modificar la densidad.
  5. Puede reducir a la mitad el número de púas en el peine haciendo clic tantas veces como desee en el botón **/2**.



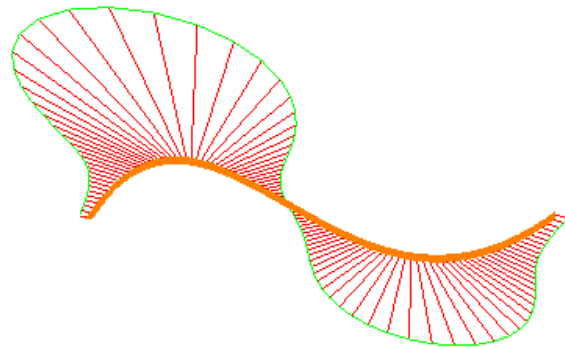
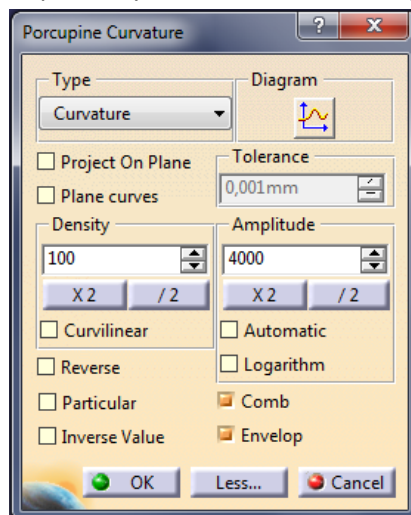
Esta opción es especialmente útil cuando la geometría es demasiado densa para ser leída pero la curva resultante puede no ser lo suficientemente suave para sus necesidades de análisis.

También puede duplicar el número de púas en el peine utilizando el botón **X2**.

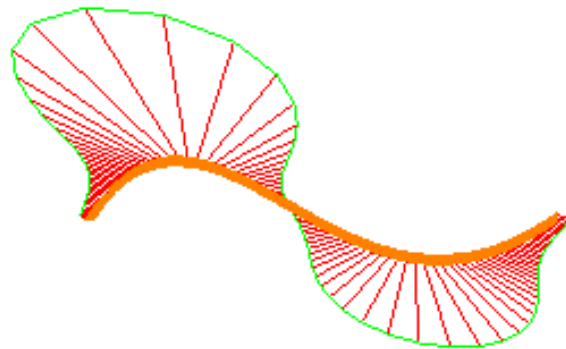
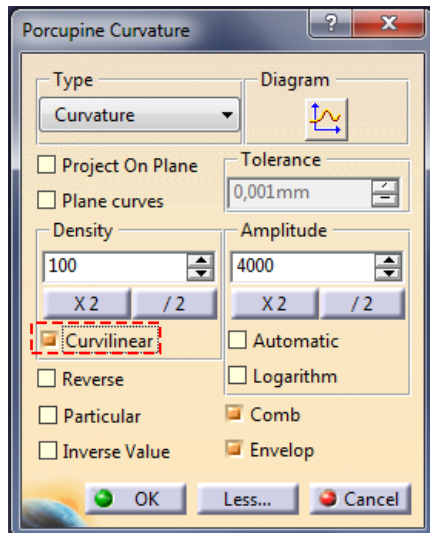


6. El valor del campo *Amplitude* (Amplitud, tamaño de las púas), de forma predeterminada se ajusta de manera automática, ya que viene seleccionada la casilla *Automatic* para optimizar la longitud de las púas de modo que incluso cuando se acerque o aleje con el zoom, las púas siempre sean visibles.

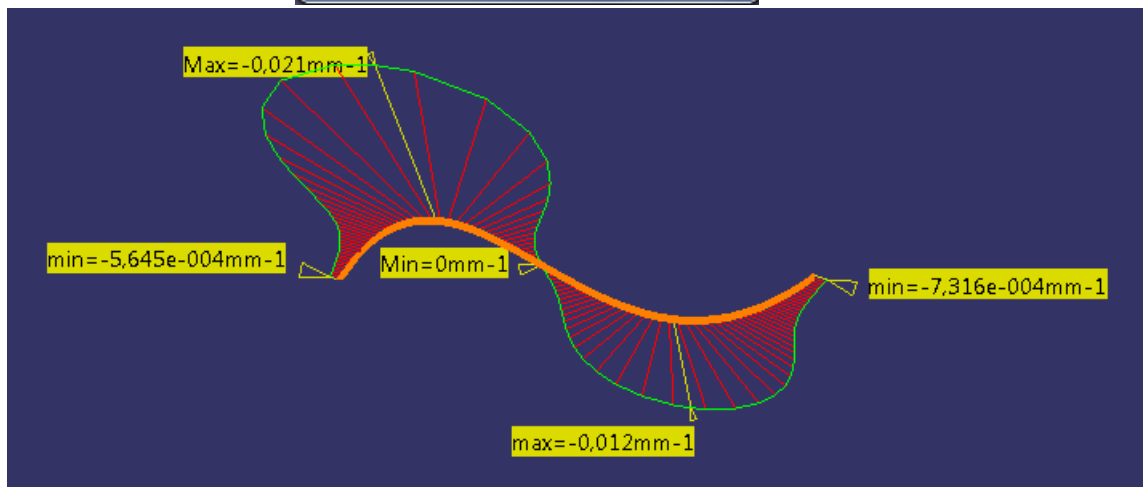
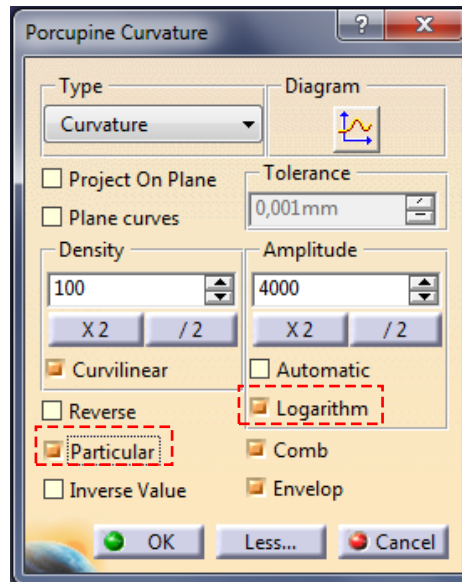
Si desactiva la casilla *Automatic*, puede ajustar manualmente el valor de la amplitud del mismo modo que ajustó el valor de la densidad, es decir, con las flechas del campo *Amplitude* y con los botones */2* y *X2*.



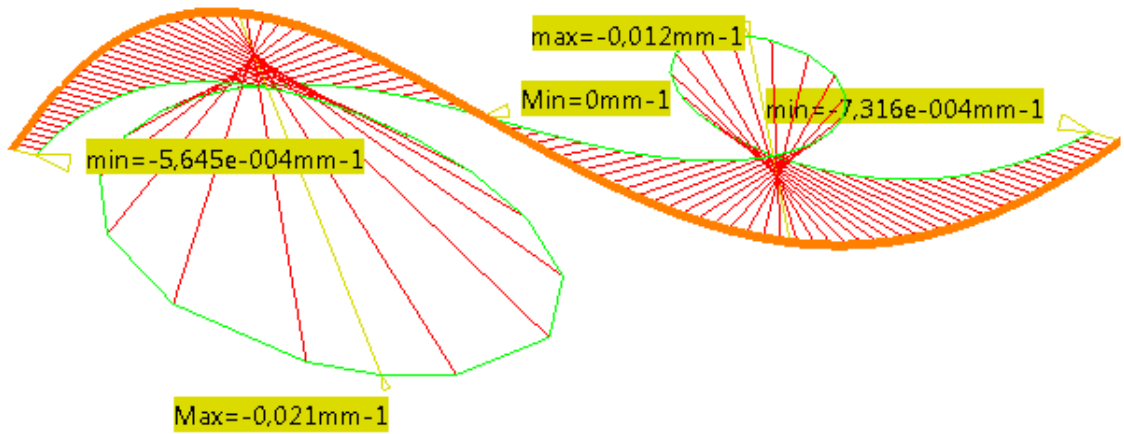
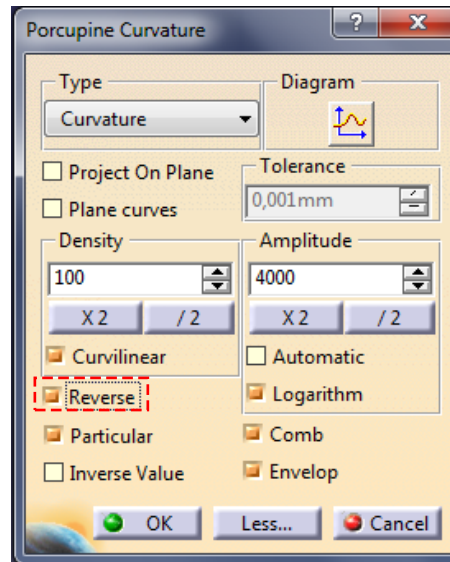
7. Seleccione la casilla *Curvilinear* (Curvilíneo) para cambiar del modo de discretización *Parametric* (Paramétrico) al análisis curvilíneo. Obtendrá algo así:



8. Seleccione las opciones *Logarithm* (Logaritmo) y *Particular* (Particular) para mostrar los valores logarítmicos en la geometría 3D.

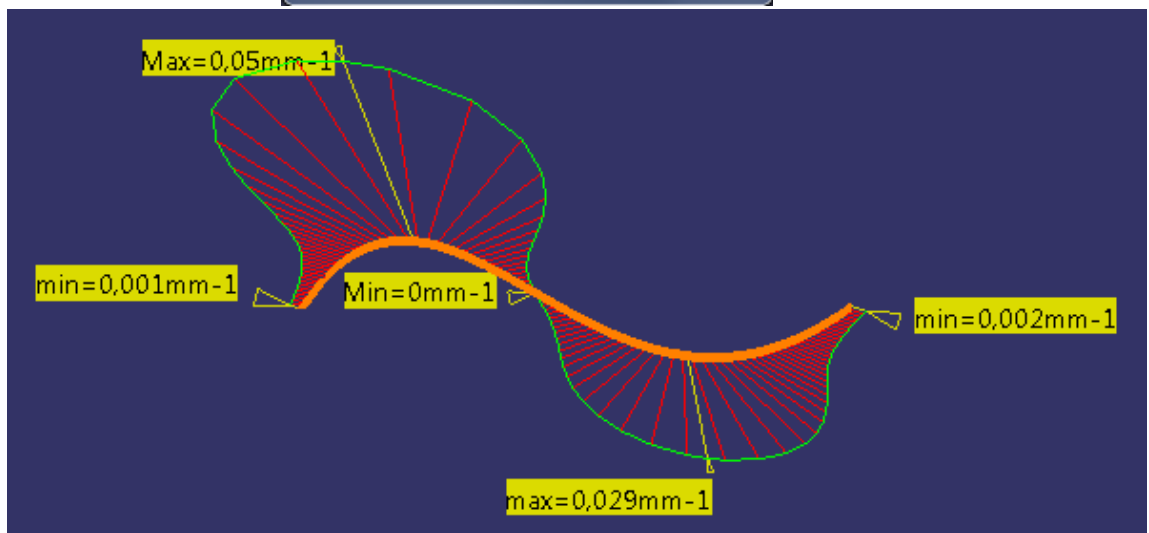
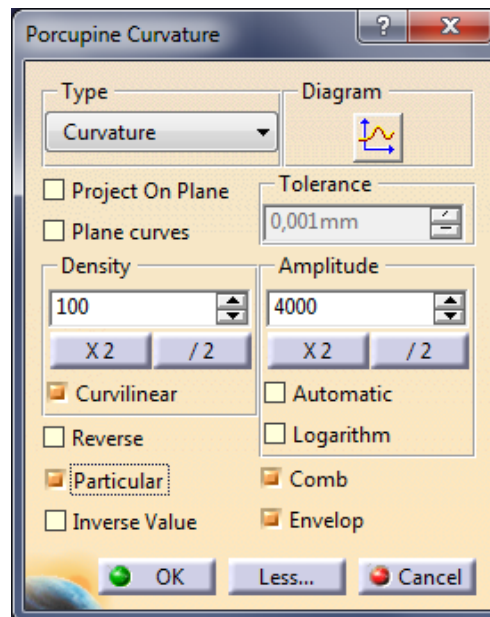


9. Seleccione la opción *Reverse* (Inversa), obtendrá algo así:

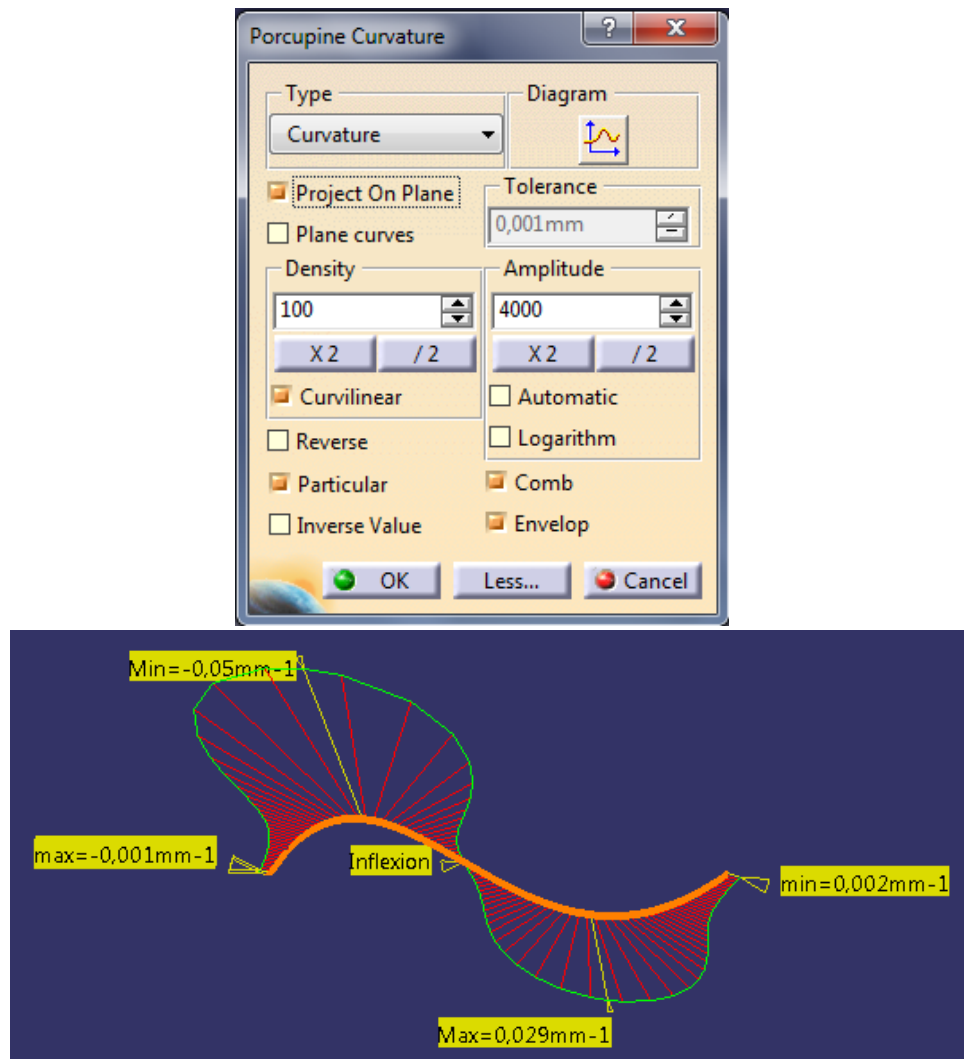


Este es el análisis opuesto al que se visualizó inicialmente. Esto es útil cuando desde el punto de vista actual no se sabe cómo está orientada la curva.

10. Seleccione la casilla *Particular* para mostrar en cualquier instante los puntos mínimos y máximos.

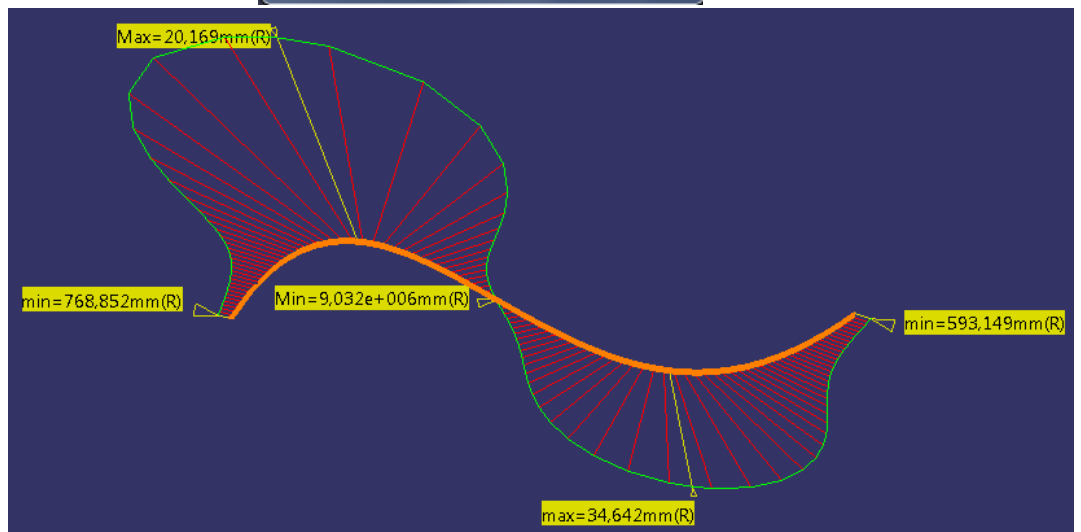
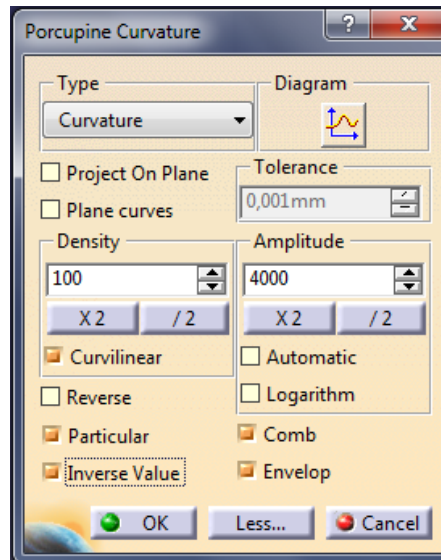


- Se muestran los puntos de inflexión sólo si las casillas *Project On Plane* y *Particular* están seleccionadas.

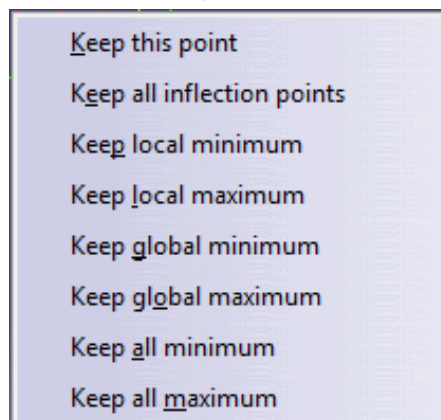


- La opción *Inverse Value* (Valor Inverso) muestra el valor inverso en *Radius* (Radio) cuando se selecciona la opción *Curvature* (Curvatura), o en *Curvature* cuando se selecciona la opción *Radius*. Esta opción no recalcula los valores de tipo *Max* (Máximo) y *Min* (Mínimo), sólo muestra los valores inversos y la localización de los valores máximo y mínimo para el tipo de análisis seleccionado.




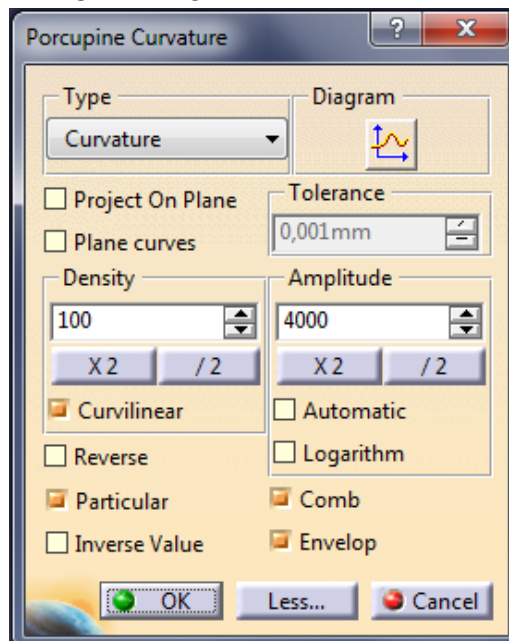


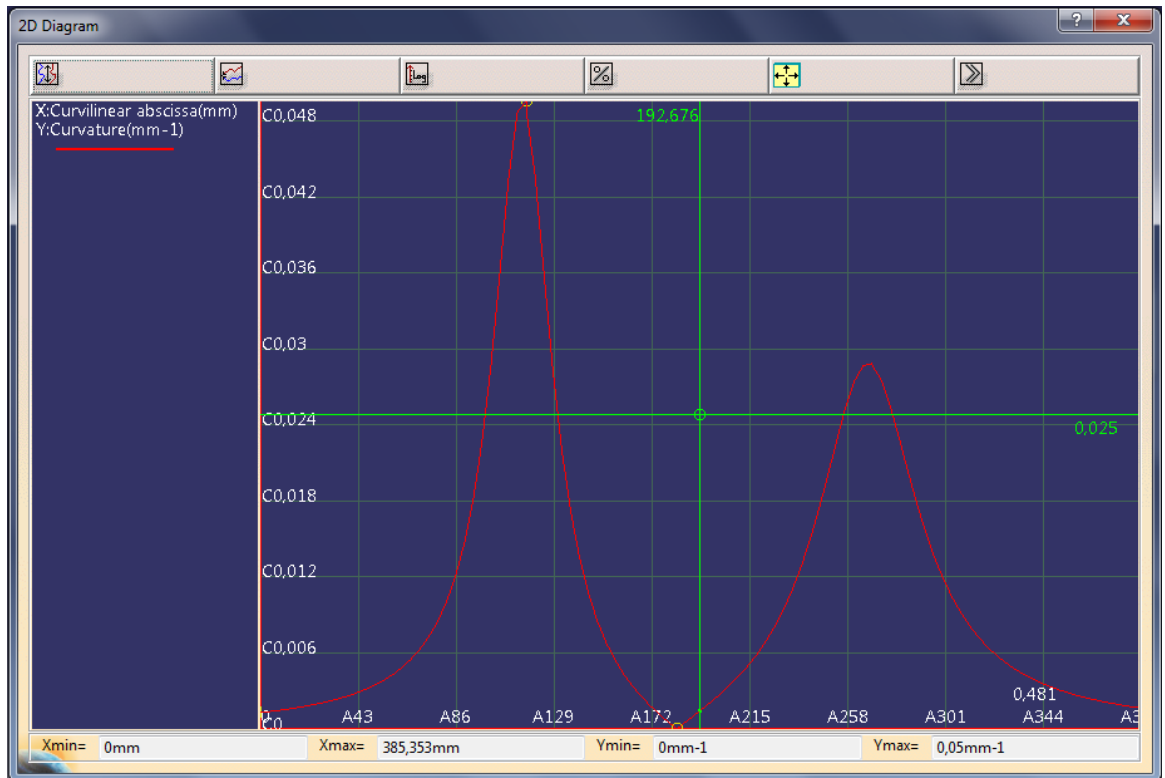
- Puede hacer clic con el botón derecho sobre cualquiera de las púas y seleccionar *Keep this Point* para mantener el punto actual en este lugar. Un elemento bajo el nombre *Point.x* se creará en el árbol de especificaciones. Si se seleccionada la casilla *Particular*, tiene más comandos contextuales:



- Tenga cuidado ya que todos estos comando contextuales son aplicables no sólo a la curva sobre la que haya hecho clic con el botón derecho en una de las púas, sino a todas las curvas implicadas en el análisis.
  - *Keep all inflection points*: Mantiene todos los puntos de inflexión.
  - *Keep local mínimo*: Mantiene todos los puntos correspondientes a todos los mínimos, excepto el mínimo mínimo.
  - *Keep local máximo*: Mantiene todos los puntos correspondientes a todos los máximos, excepto el máximo máximo.
  - *Keep global mínimo*: Mantiene sólo el punto correspondiente al mínimo mínimo.
  - *Keep global máximo*: Mantiene sólo el punto correspondiente al máximo máximo.
  - *Keep all mínimo*: Mantiene todos los puntos correspondientes a todos los mínimos.
  - *Keep all máximo*: Mantiene todos los puntos correspondientes a todos los máximos.

11. Haga clic en *Display diagram window*  para visualizar el gráfico de curvatura. Se mostrará el cuadro de diálogo *2D Diagram*.



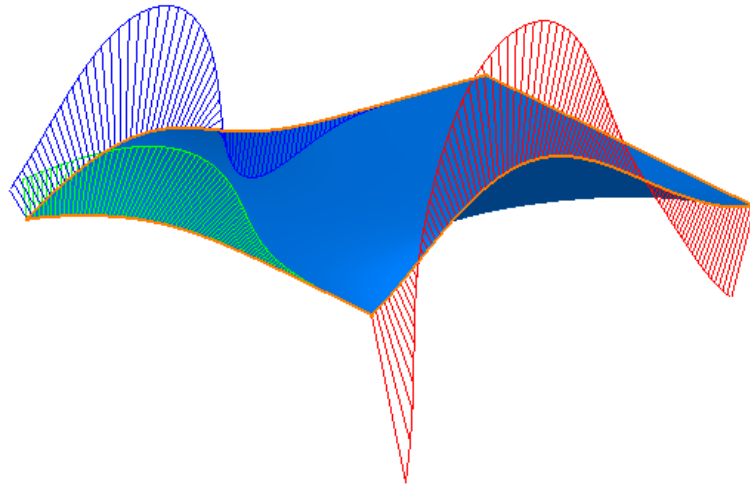
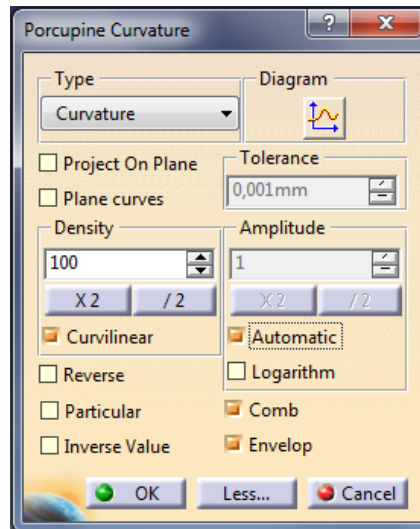


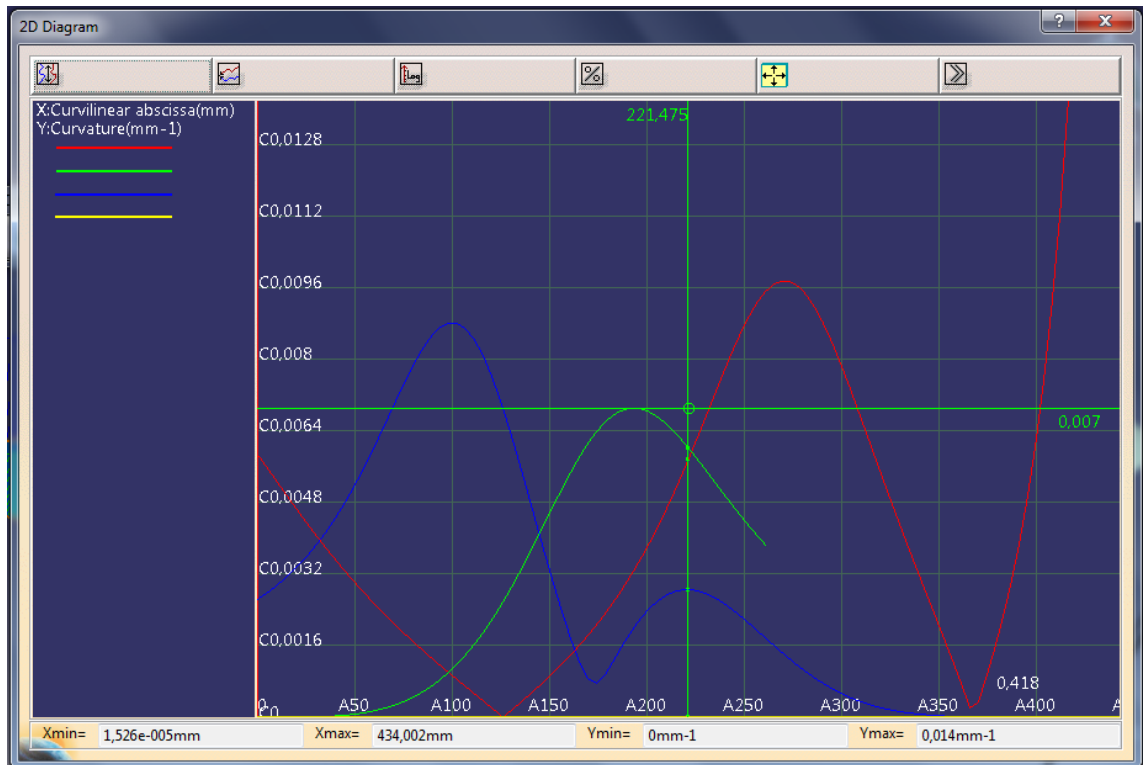
- En el gráfico de curvatura, el eje X de abscisas es curvilíneo cuando la opción *Curvilíneo* está activada en el cuadro de diálogo *Porcupine Curvature*, de lo contrario el eje X de abscisas es paramétrico.
- Los valores del eje X de abscisas son independientes del tipo de análisis de curvatura seleccionado, *Radius* o *Curvature*.

En este diagrama se representa la amplitud y el parámetro de curvatura de la curva analizada.

Al analizar una superficie o varias curvas, es decir, cuando hay varios análisis de curvatura en elementos que no necesariamente son del mismo tamaño, por ejemplo, se pueden utilizar diferentes opciones para ver los análisis.

Por ejemplo, al analizar una superficie, de forma predeterminada se obtiene el siguiente diagrama, donde el color de las curvas coincide con el color de los peines de curvatura de la geometría.

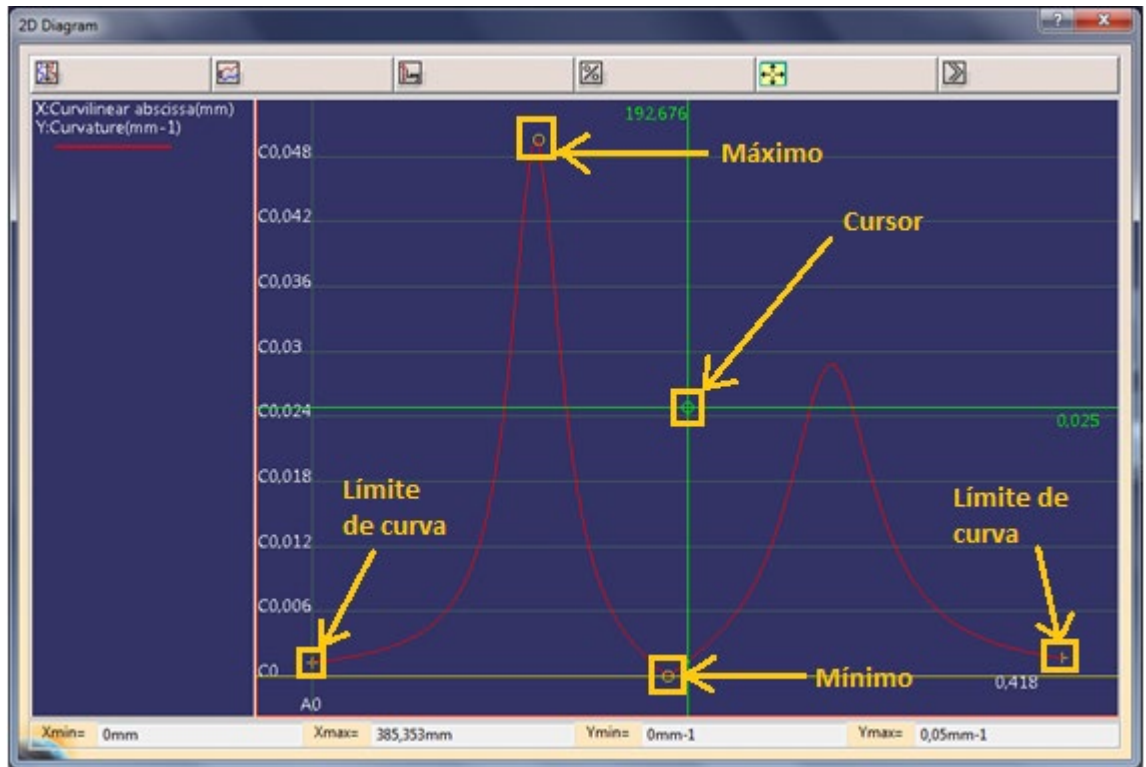




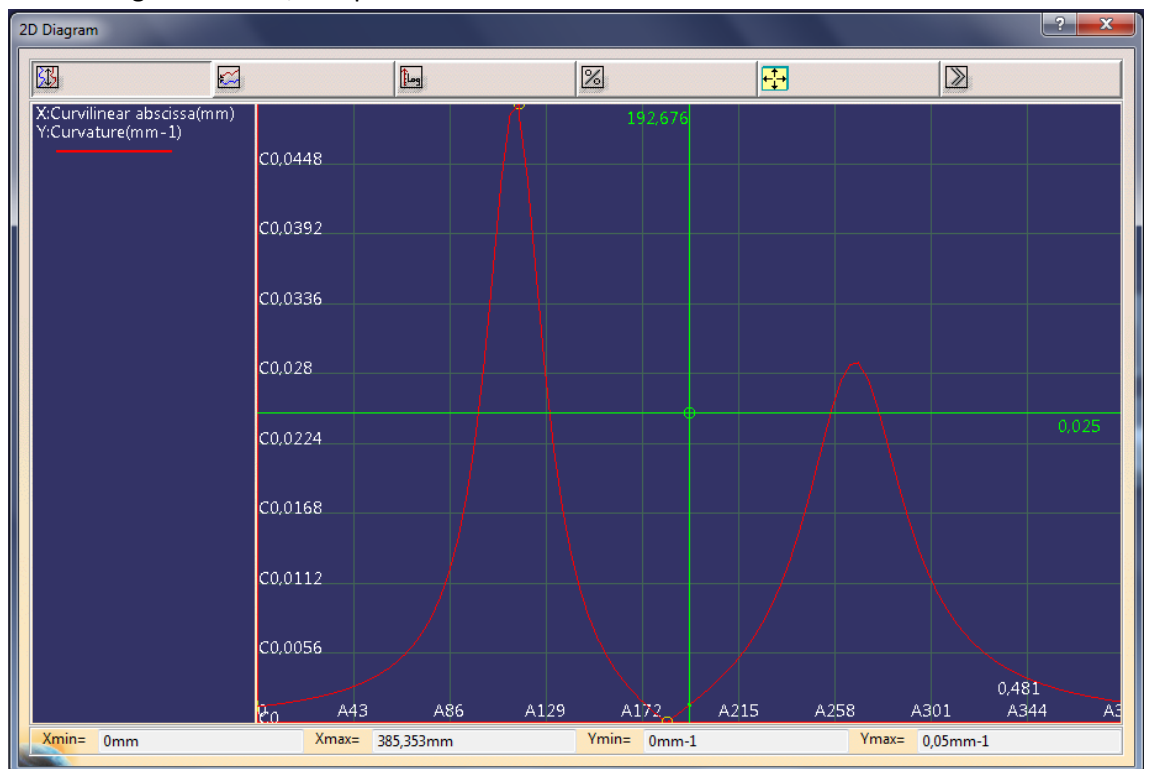
12. Mueva el cursor sobre la curva 3D. Puede ver que la posición del cursor 2D en el gráfico del cuadro de diálogo *2D Diagram* se actualiza. Del mismo modo, si mueve el cursor 2D en el cuadro de diálogo *2D Diagram*, la posición del cursor sobre el peine de curvatura de la curva 3D se actualiza en consecuencia.


Al seleccionar la opción *Particular* en el cuadro de diálogo *Porcupine Curvature*, los máximos, los mínimos, los puntos de inflexión y los límites de la curva se ven en el área 3D y también en el cuadro de diálogo *2D Diagram*. La curva 2D tiene diferentes símbolos para identificar estos puntos importantes sobre dicho diagrama:

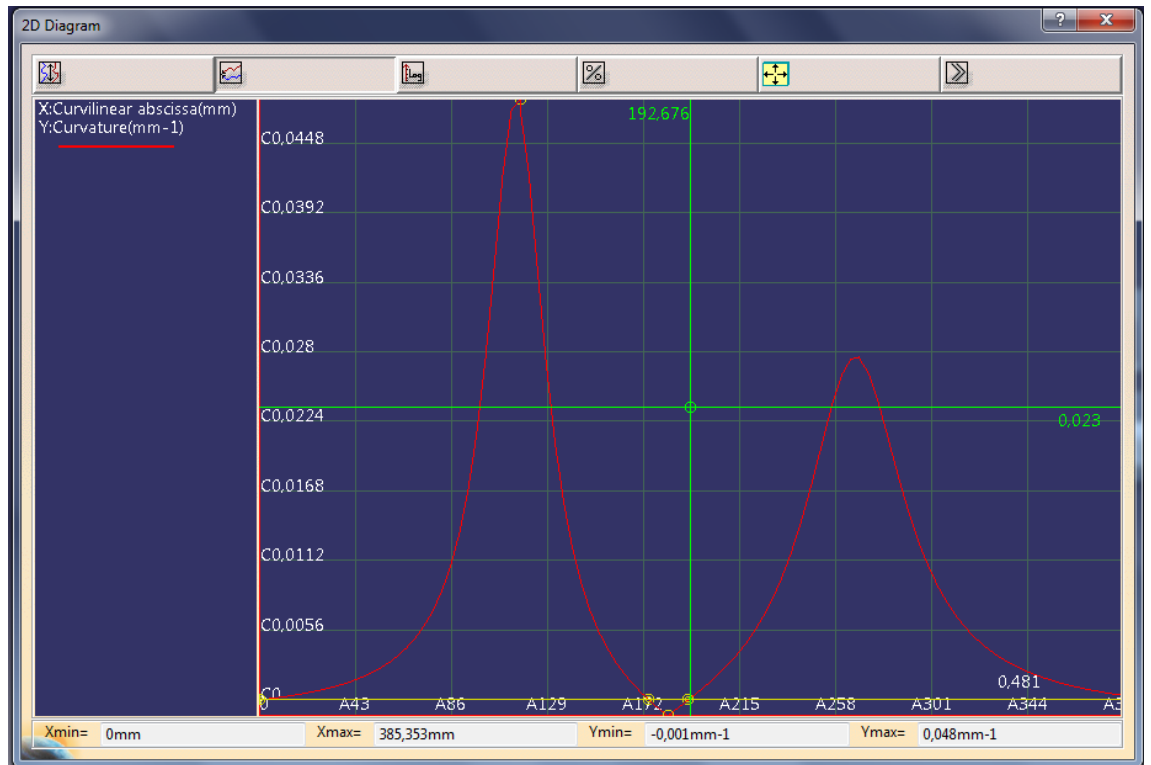
- Los máximos y los mínimos se representan con círculos sin rellenar.
- Los puntos de inflexión se representan con dos círculos concéntricos sin rellenar.
- Los límites de la curva se representan con signos más (+).




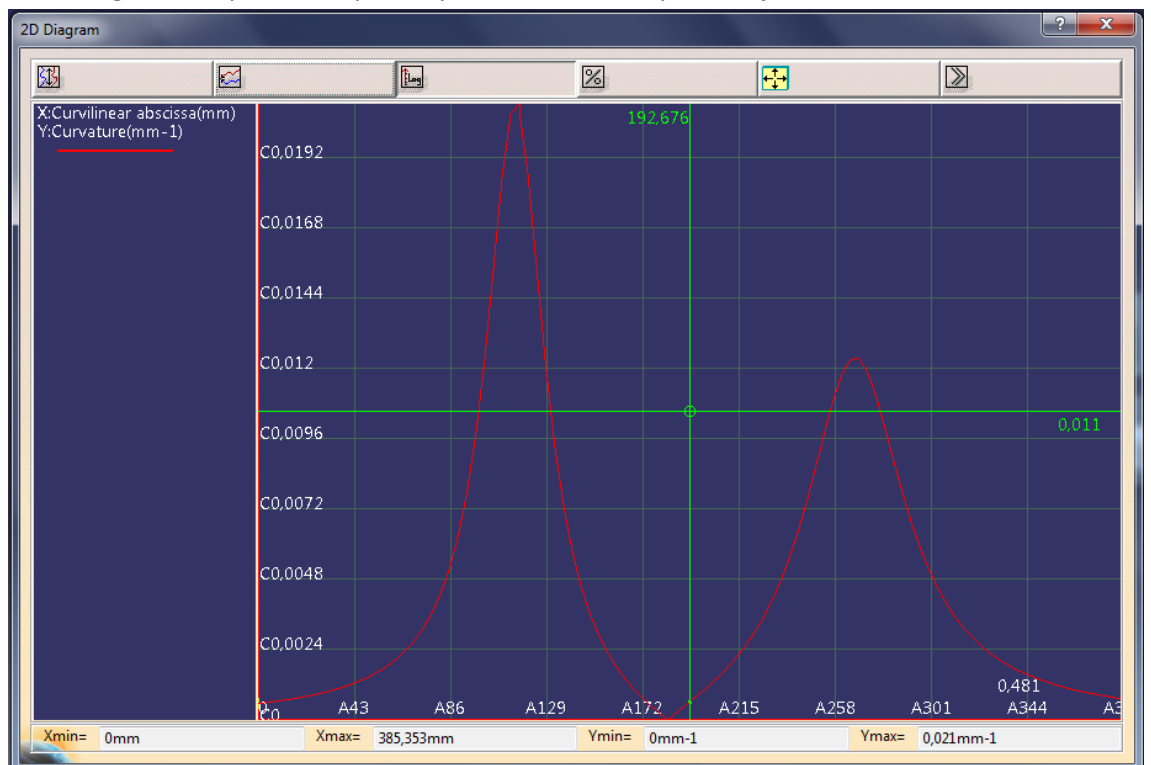
- *All curves with the same vertical length* : Todas las curvas se muestran a la misma longitud vertical, independientemente de la escala.




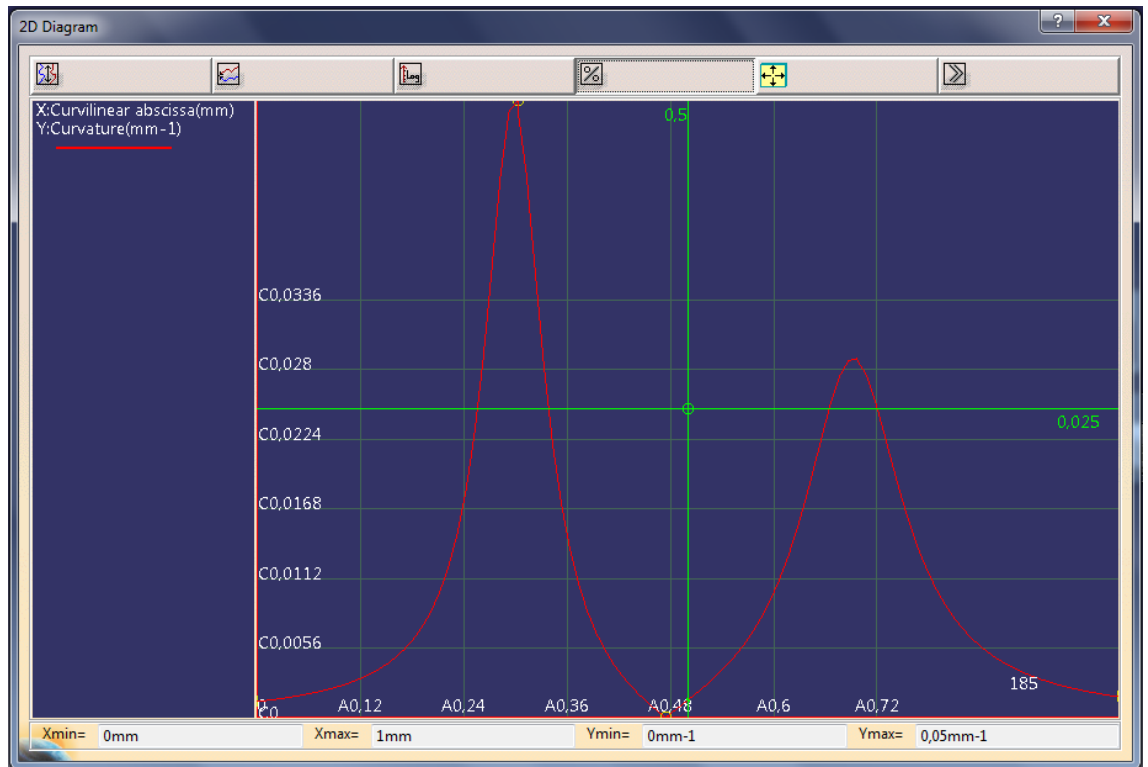
- *All curves with the same origin* : Todas las curvas se muestran a un punto de origen común en la escala de amplitud.





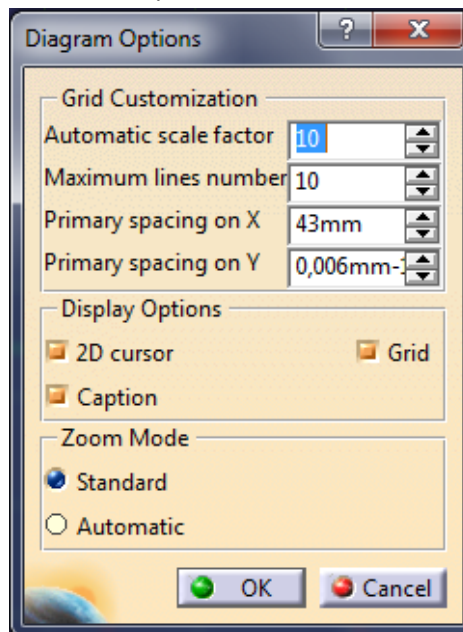
- Use a logarithm scale on vertical axis : Todas las curvas se muestran a una escala logarítmica para la amplitud, y una escala lineal para el eje X.



- Display percentage instead of length for horizontal axis : La abscisa se muestra como porcentaje de la amplitud de los parámetros X (modo paramétrico) o la longitud de la curva 3D (modo curvilíneo).



- *Reframe the diagram* : Replantea el diagrama dentro de la ventana del visor, ya que puede mover y hacer zoom dentro de la ventana.
- *Display a panel with more options* : Muestra el cuadro de diálogo *Diagram Options* que permite definir más opciones.



- *Grid Customization* (Personalización de la rejilla): el número de líneas que se muestran en la rejilla durante el zoom depende de las siguientes opciones:

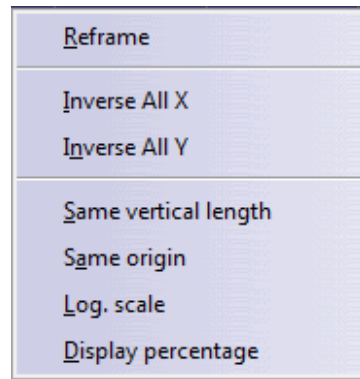


- *Automatic scale factor* (Factor de escala automático): define el espacio entre dos líneas de coordenadas cuando no hay suficientes líneas en el visor.
- *Maximum lines number* (Número de líneas máximo): define el número máximo de líneas mostradas en el visor sin zoom.
- *Primary spacing on X* (Separación primaria en X): define la distancia entre las coordenadas del eje X.
- *Primary spacing on Y* (Separación primaria en Y): define la distancia entre las coordenadas del eje Y.
- *Display Options* (Opciones de visualización): la visualización en el diagrama 2D se puede personalizar:
  - *2D cursor* (Cursor 2D): seleccione esta opción para mostrar el cursor 2D.
  - *Caption* (Leyenda): seleccione esta opción para mostrar el área de la leyenda.
  - *Grid* (Rejilla): seleccione esta opción para mostrar la rejilla.
- *Zoom Mode* (Modo zoom): hay dos formas para hacer zoom en la ventana del visor.
  - A través del ratón se puede navegar en el diagrama y hacer zoom en él.
  - Puede definir un marco en el área donde acercarse con el zoom. El área gráfica se selecciona mediante el uso de una trampa de selección con el ratón. Para el zoom mediante trampa existen dos tipos de estiramientos:
    - *Standard* (Estándar): No hay estiramiento. El área se amplía en la ventana y los intervalos del eje X y del eje Y dependen de los valores definidos en la separación primaria en X y en la separación primaria en Y.
    - *Automatic* (Automático): el intervalo del eje X horizontal corresponde al intervalo resultante del zoom.

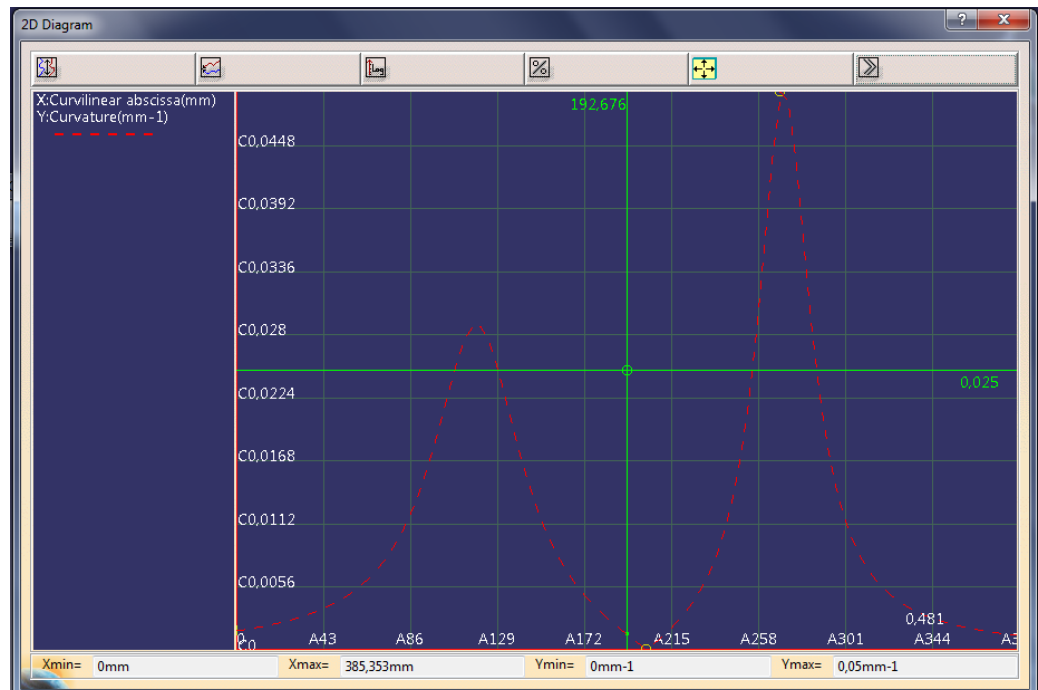
En función de la opción elegida, los valores que se muestran en el diagrama se actualizan. Los siguientes valores se muestran para todas las curvas analizadas en el cuadro de diálogo *2D Diagram*:

- *Xmin*: la abscisa mínima de todas las curvas en el área gráfica.
- *Xmax*: la abscisa máxima de todas las curvas en el área gráfica.
- *Ymin*: la ordenada mínima de todas las curvas en el área gráfica.
- *Ymax*: la ordenada máxima de todas las curvas en el área gráfica.

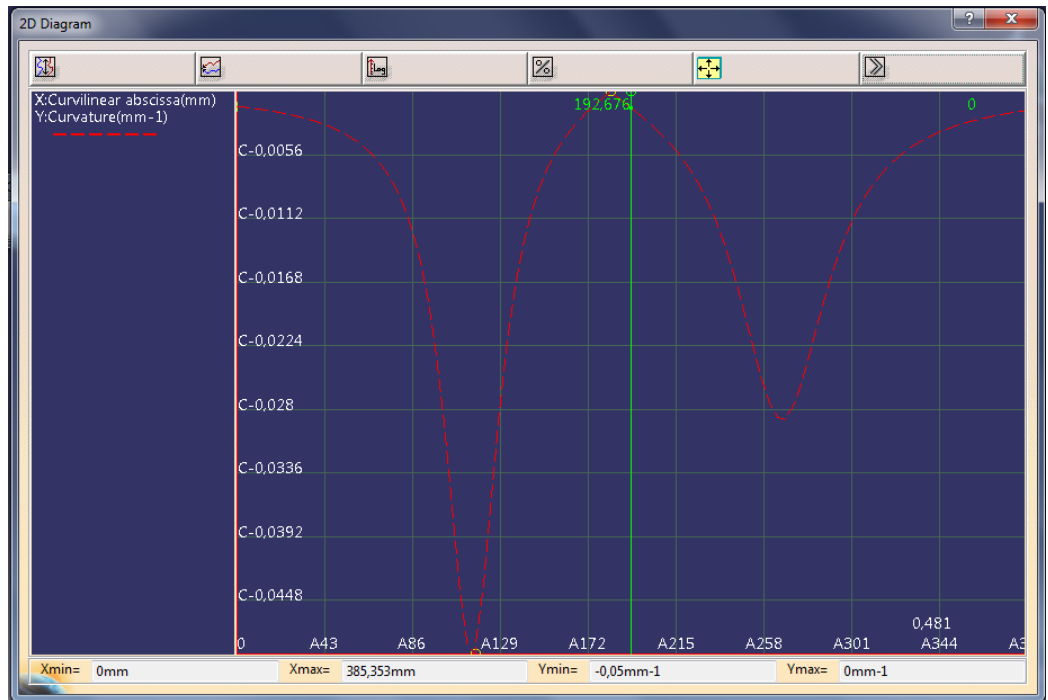
13. Haga clic con el botón derecho en la ventana del visor y elija una de las siguientes opciones en el menú contextual:



- *Inverse All X*: invierte la curva de acuerdo con el eje X. La curva invertida se muestra como una línea discontinua.



- *Inverse All Y*: invierte la curva de acuerdo con el eje Y. La curva invertida se muestra como una línea discontinua.



14. Haga clic con el botón derecho en una curva y elija una de las siguientes opciones en el menú contextual:



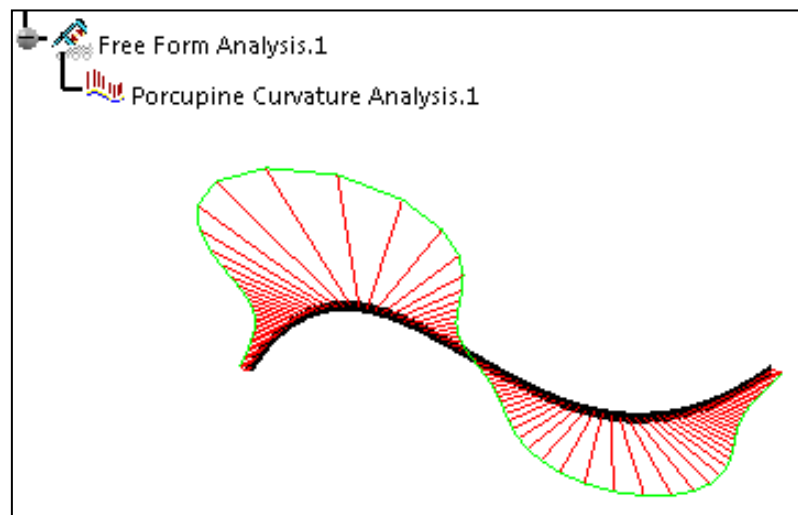
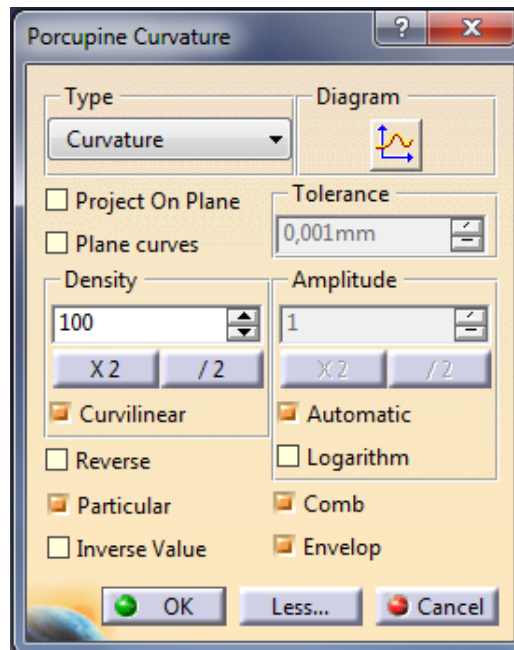
- *Drop marker*: crea un punto 3D geométrico correspondiente a la posición del cursor 2D en la curva. Se creará dicho punto en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Point.x*.
- *Inverse X-coord*: invierte la curva de acuerdo con el eje X.
- *Inverse Y-coord*: invierte la curva de acuerdo con el eje Y.

15. El área de la leyenda muestra la lista de las curvas 2D y los ejes X e Y de trazado. Cada curva 2D se simboliza con una línea con el mismo color que en el área de la leyenda. En el caso de una línea invertida discontinua, la representación de la línea 2D en la leyenda es una línea discontinua.

Haga clic con el botón derecho en la línea en el área de la leyenda y elija una de las siguientes opciones en el menú contextual:

- *Hide/Show*: oculta o muestra la curva en la ventana.
- *Change Color*: cambia el color de la curva 2D en el editor de color.
- *Colors From Model*: impone el color de la entidad analizada (curva 3D o superficie) a la curva 2D seleccionada.

- *Colors From Model All Curves*: impone el color de la entidad analizada (curva 3D o superficie) a todas las curvas 2D correspondientes.
  - *Inverse X-coord*: invierte la curva según el eje X.
  - *Inverse Y-coord*: invierte la curva según el eje Y.
16. Deslice el puntero sobre el diagrama 2D para visualizar la amplitud en un punto dado de la curva. Puede deslizar el puntero sobre el diagrama y sobre el análisis 3D. Haga clic en la X en la esquina superior derecha para cerrar el diagrama.
17. Haga clic en *OK* en el cuadro de diálogo *Porcupine Curvature* una vez que esté satisfecho con el análisis realizado. El análisis se creará en el árbol de especificaciones bajo el nombre *Porcupine Curvature Analysis.x*.








#### 4.11.5. Verificación de conexiones (*Connect Checker Analysis*)

Este comando le ayuda a comprender los diversos tipos de conexiones entre dos curvas y/o superficies. Hay cinco tipos de análisis disponibles:


- *G0*: la continuidad en posición o en punto se considera alcanzada si el valor *G0* es inferior a la resolución geométrica, generalmente igual a 0,001mm.
- *G1*: la continuidad en tangencia se considera alcanzada si el valor de *G1* es inferior a 0,01 grados.
- *G2*: la continuidad en curvatura se considera alcanzada si el valor de *G2* es inferior al 2%.
- *G3*: la continuidad *G3* (curvatura con tasa constante de cambio) es igual a la continuidad *G2* pero a mayores considerando también la continuidad del ritmo de variación de la curvatura entre las curvas o superficies. Se considera alcanzada si el valor *G3* es inferior a 0,1 grados.
- *Overlapping* (Superposición): el sistema detecta las curvas superpuestas.

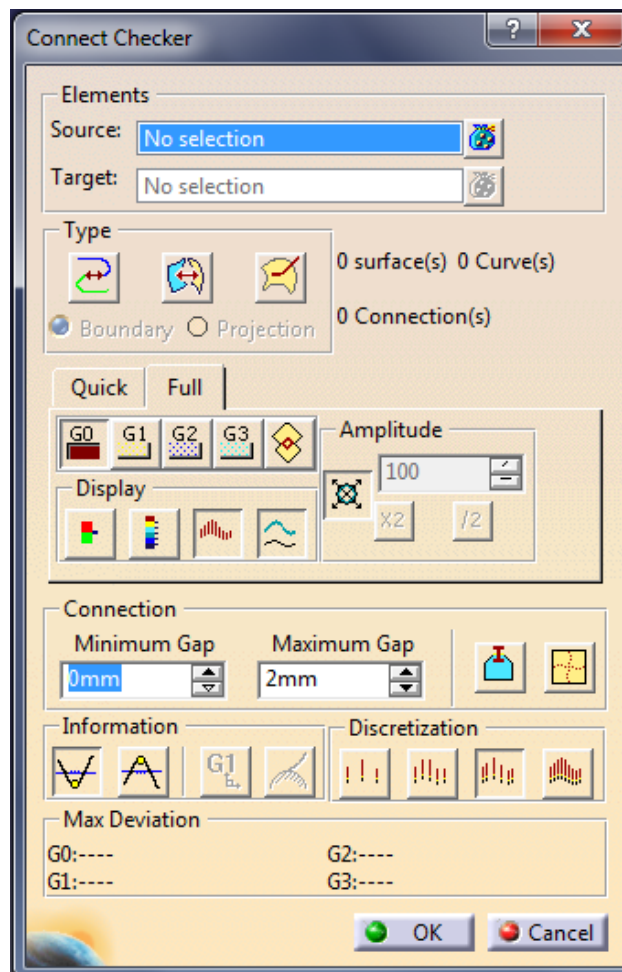
##### a) Tipos de verificación de la conexión (*Connect Checker Types*)

- *Elements* (Elementos):
  - *Source*: disponible en los cinco tipos de análisis.
  - *Target*: habilitado sólo para los tipos *Curve-Curve* y *Surface-Surface*.
- *Filter Types according to pair of elements* (Tipos de filtro de acuerdo a un par de elementos):
  -  *Curve-Curve Connection* (Conexión Curva-Curva): análisis de conexión cuando dos curvas se seleccionan como elementos de entrada.
  -  *Surface-Surface Connection* (Conexión Superficie-Superficie): análisis de conexión cuando dos superficies se seleccionan como elementos de entrada.
  -  *Surface-Curve Connection* (Conexión Superficie-Curva): análisis de conexión cuando una superficie y una curva se seleccionan como elementos de entrada.
- *Filter Types according to the connection mode between two elements* (Tipos de filtro de acuerdo con el modo de conexión entre dos elementos):
  -  *Boundary* *Boundary*: se realizará un análisis de conexión entre los límites (bordes) de dos elementos.
    - *Surface-Surface* (Superficie-Superficie): análisis entre bordes de superficies.
    - *Curve-Curve* (Curva-Curva): análisis entre extremidades de curvas.
  -  *Projection* *Projection* (Proyección): se realizará un análisis de conexión entre el límite de un elemento y la proyección de este límite en otro elemento.
    - *Curve-Curve* (Curva-Curva): análisis entre un extremo de una curva y su proyección sobre una curva.

- *Surface-Surface* (Superficie-Superficie): análisis entre un límite (borde) de una superficie y su proyección sobre una superficie.
- *Surface-Curve* (Superficie-Curva): análisis entre un extremo de una curva y su proyección sobre una superficie.

Abra el modelo [FreeStyle\\_09.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio “samples”).

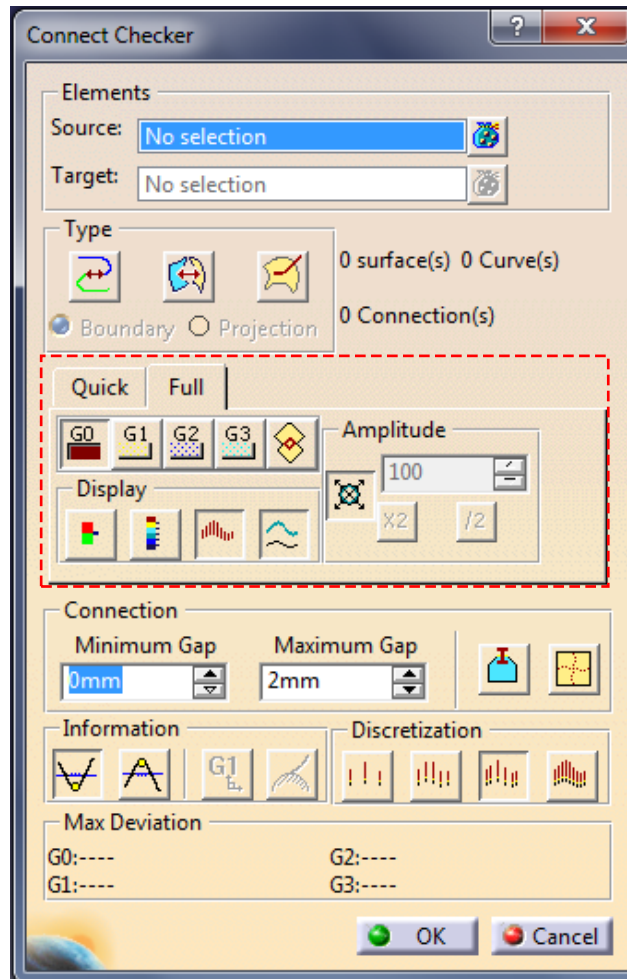
1. Seleccione ambas curvas a analizar.
2. Haga clic en el comando *Connect Checker Analysis*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Analysis*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.



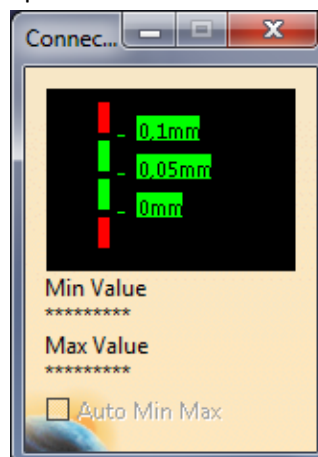
El cuadro de diálogo *Connect Checker* propone dos pestañas (*Quick* y *Full*) para cambiar o alternar entre el modo de análisis rápido (*Quick*) y el modo de análisis completo (*Full*).

b) Modo de análisis completo (*Full Analysis Mode*)

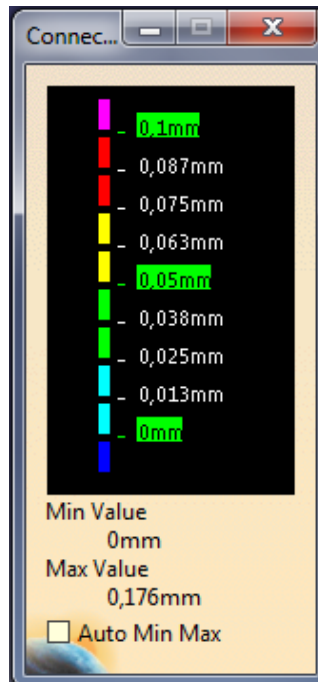
El modo de análisis completo muestra información de todas las conexiones que se encuentren. Usted puede controlar varias opciones como la escala de color, el peine, la envolvente y la amplitud. A continuación se muestra el cuadro de diálogo *Connect Checker* en el modo de análisis completo:




- *Display*: con el modo de análisis completo (*Full*) seleccionado, en este caso sólo se realiza un tipo de análisis de continuidad. Los colores y la gama de valores se gestionan en una herramienta específica: la escala de color. Seleccione cualquiera de los dos modos de escala de color:
  - *Limited Color Scale* (Escala de color limitada): en este modo, un color específico y un umbral específico se asocian con el tipo de continuidad.

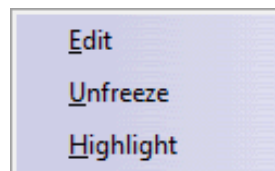


- *Full Color Scale* (Escala de color completa): en este modo, sólo se realiza un tipo de continuidad, por lo tanto, una escala de color le permite trabajar con una gama de valores.



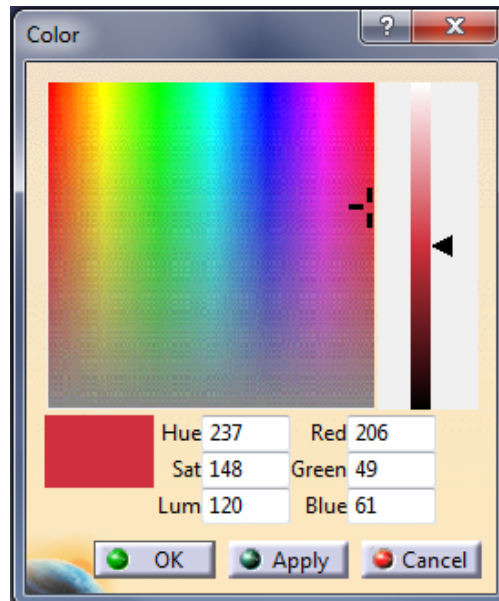
El cuadro de diálogo escala de color sólo está disponible cuando el comando *Connect Checker Analysis*  está activado.

- Si cierra el comando *Connect Checker Analysis*, incluso aunque el modo escala de color esté activado, no se muestra el cuadro de diálogo escala de color.
- Si edita el análisis de conexión y el modo escala de color está activado, se muestra el cuadro de diálogo escala de color.
- El botón *Auto Min Max* permite actualizar automáticamente los valores mínimo y máximo (y en consecuencia todos los valores intermedios) cada vez que se modifican.
- Puede hacer clic con el botón derecho en un color en la escala de color para mostrar el menú contextual:

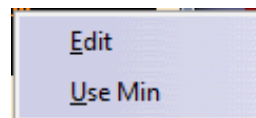


- *Edit* (Editar): permite modificar los valores en la gama de color para resaltar áreas específicas de la superficie seleccionada. El cuadro de diálogo *Color* se muestra permitiendo modificar la gama de color.

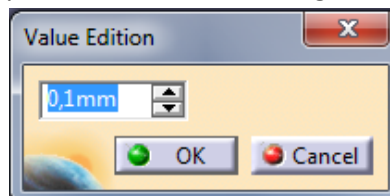




- *Unfreeze* (Liberar): permite realizar una interpolación lineal entre colores no definidos. Los valores liberados ya no se destacan en verde.
- *Highlight* (Resaltar): puede utilizarse para simplificar el análisis, ya que limita el número de colores mostrados en la escala de color.
- También puede hacer clic con el botón derecho sobre uno de los valores máximo o mínimo para mostrar el menú contextual:



- *Edit*: permite modificar los valores de edición. Al hacer clic sobre esta opción, se mostrará el cuadro de diálogo *Value Edition*: introduzca un nuevo valor (se permiten valores negativos) para redefinir la escala de color, o utilice el regulador para colocar el valor de distancia dentro del rango permitido y haga clic en *OK*. El valor se congela y se muestra en un rectángulo verde.

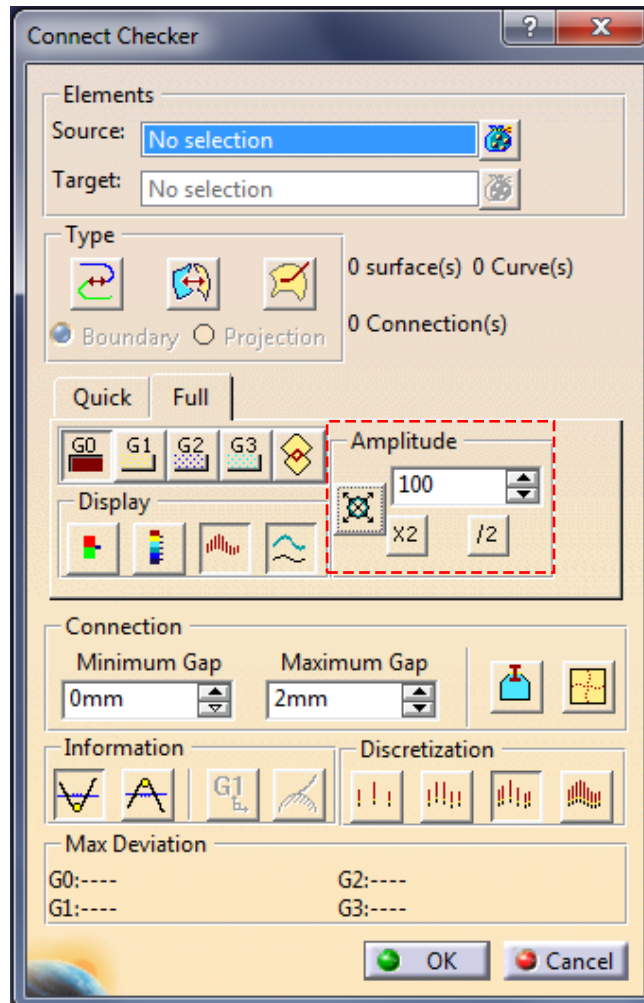





- *Use Max/Use Min*: estas opciones permiten distribuir uniformemente la interpolación de color/valor entre los valores límites actuales, en los valores superior/inferior respectivamente, en lugar de mantenerlo dentro de los valores predeterminados que pueden no corresponder a la escala de la geometría que se está analizando. Por lo tanto, estos valores límite se establecen en un momento dado, y cuando la geometría se modifica después de

haber establecido dichos valores límite, estos valores límite no se actualizan dinámicamente.

El elemento contextual *Use Max* sólo es posible si el valor máximo es superior o igual al valor medio. Si no es así, primero es necesario liberar el valor medio. Sólo se permite la interpolación lineal, lo que significa que entre dos colores/valores establecidos (o congelados), la distribución se hace progresivamente y de manera uniforme.

- *Comb*: permite cambiar entre los cuatro coeficientes de discretización predefinidos. Usted puede elegir la discretización, que es el número de púas en el peine (marque la opción *Comb* para ver la diferencia). El número de púas corresponde al número de puntos utilizados para el cálculo:
  - *Fine* (Fino): se muestran 45 púas.
  - *Medium* (Medio): se muestran 30 púas.
  - *Coarse* (Grueso): se muestran 15 púas.
  - *Light* (Poco denso): se muestran 5 púas.Este modo permite obtener resultados consistentes con la visualización de los bordes afilados o agudos. Un borde se considera como agudo si su desviación de tangencia es superior a 0,5 grados. Para detectar solamente desviaciones de tangencia en bordes afilados, especifique una desviación mínima de 0,5 grados.  
Para visualizar los bordes afilados, asegúrese de que las opciones *View > Render Style > Shading with Edges* y *Hidden Edges* están seleccionadas.
- En el cuadro de diálogo *Connect Checker*, puede elegir una serie de opciones de visualización y cálculo:
  - *Comb* (Peine): son las púas correspondientes a la distancia en cada punto.
  - *Envelope* (Envolvente): es la curva que conecta todas las púas juntas.
  - *Information* (Información): es el valor mínimo y el valor máximo que se muestra en la geometría 3D.
- *Amplitude* (Amplitud): el campo *Amplitude* permite ampliar o reducir la referencia por un cierto factor automáticamente o manualmente. A continuación se muestran las opciones del campo *Amplitude*:




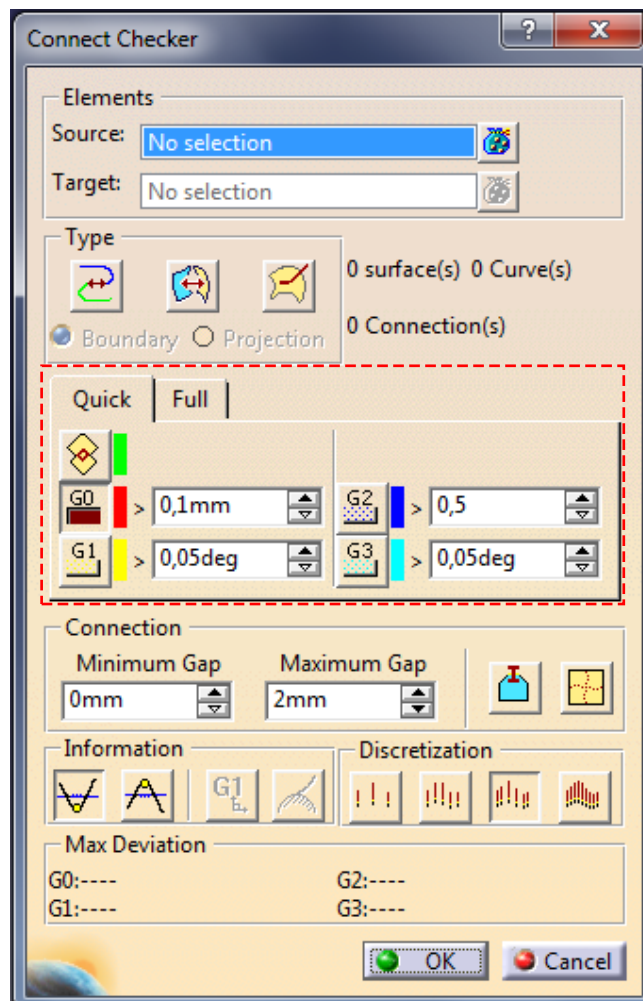
-  *Auto Scaling*: haga clic en este botón para escalar la referencia automáticamente.
-  *Multiply by 2*: multiplica el factor de escala por 2.
-  *Divide by 2*: divide el factor de escala por 2.

La opción 100 (por ciento) representa el nivel estándar del factor de escala sobre el que se pueden realizar una multiplicación o división del factor de escala.

- *Connection*:
  - *Maximum Gap* (Gap máximo): para conseguir la conexión entre dos elementos de entrada, el gap entre estos dos elementos debe ser menor o igual al gap máximo.
  - *Minimum Gap* (Gap mínimo): para visualizar los resultados de la desviación en el área gráfica entre dos elementos de entrada, el gap entre estos dos elementos debe ser mayor o igual al gap mínimo.

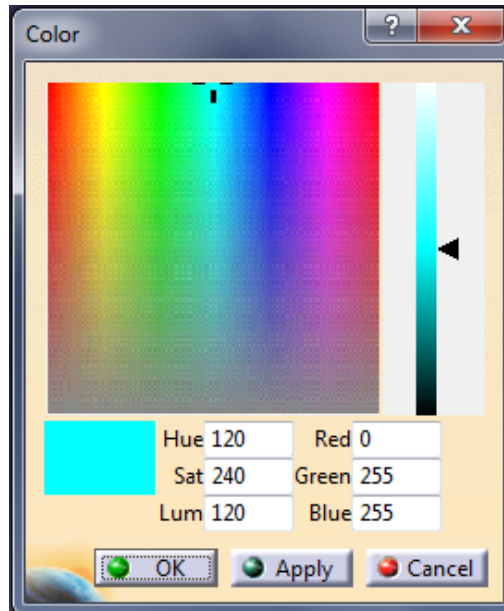
El análisis de conexión de un elemento con dos elementos diferentes tendrá resultados de desviación diferentes ya que la topología de estos elementos es diferente. El análisis de conexión sigue un algoritmo diferente para medir el gap.

-  *Ignore Small Free Edges*: ignora las conexiones que involucran bordes libres de longitud inferior al gap máximo especificado. Puede utilizar esta opción sólo para las conexiones entre los bordes libres, no para los bordes interiores de una superficie.
  - *Information* (Información): en el caso de que seleccione varios tipos de continuidad, los botones del campo *Information* dejan de estar disponibles.
    - Puede seleccionar los botones *MinInfo* y *MaxInfo* para visualizar los valores mínimo y máximo en la geometría 3D, o desactive estos botones para ocultar dichos valores.
    - *G1 values within range of 0 to 90 degree*: los valores actuales de G1 vienen de 0 a 180 grados.
  - *Maximum Deviation* (Desviación máxima): las desviaciones se calculan para los tipos de continuidad G0, G1, G2 y G3.
- c) **Modo de análisis rápido (*Quick Analysis Mode*)**
- El modo de análisis rápido es el modo predeterminado. En este modo tiene opciones para ver los resultados de análisis sobre la desviación especificada. Tiene una forma de cambiar el color de las representaciones de análisis. A continuación se muestra el cuadro de diálogo de este modo:



En este caso se pueden realizar análisis de varios tipos de continuidad al mismo tiempo. Un color y un umbral se asocian a cada tipo de continuidad.

Algunos tipos de continuidad son combinables, el orden de prioridad es G0, G1, G2, G3 y superposición (*Overlap*). Sin embargo, el tipo de superposición no es combinable. Cada color se puede editar.



## 4.12. Cloud Deviation Check

### 4.12.1. Creación de conjuntos de anotación y anotaciones (*Annotation Set y Annotation*)

Una vez que haya realizado un análisis de desviación (*Deviation Analysis*), puede que desee destacar algunos lugares peculiares y añadir comentarios.

Este comando muestra cómo crear anotaciones en un análisis de desviación y organizarlas en conjuntos de anotación:

- Se crea un nodo bajo el nombre *Deviation Check* en el árbol de especificaciones. Se dedica a las anotaciones e informes de desviación. Un CATPart sólo puede contener un nodo *Deviation Check*.
- No es obligatorio crear un conjunto de anotación antes de crear anotaciones.
- Bajo este nodo *Deviation Check*, puede crear tantos conjuntos de anotación como sean necesarios. Entonces creará anotaciones bajo un conjunto de anotación:
  - Un conjunto de anotación contiene anotaciones hechas en un análisis de desviación determinado.
  - Las anotaciones hechas en un análisis de desviación determinado no necesariamente se colocan bajo el mismo conjunto de anotación.

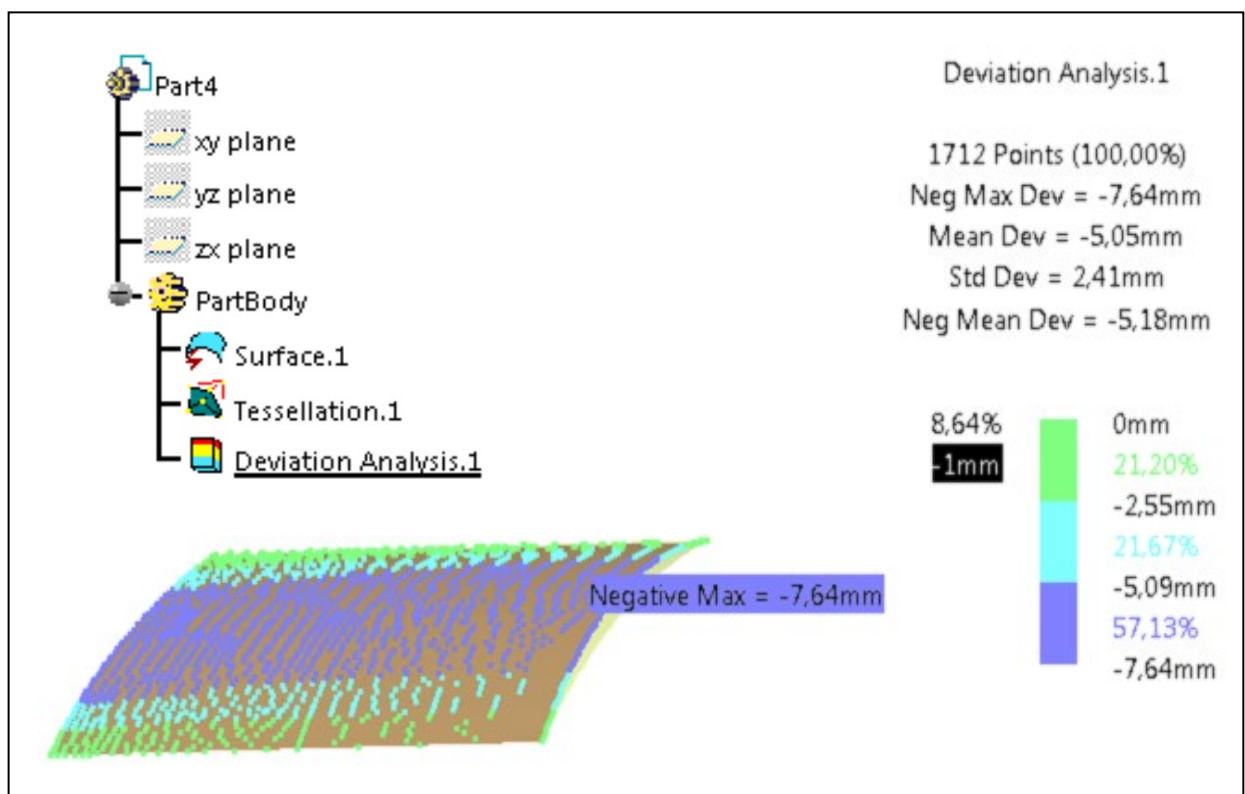
- Todas las anotaciones en un conjunto de anotación determinado tienen el mismo formato, que puede ser editado a través del conjunto de anotación.
- Las anotaciones son asociativas con el análisis de desviación. Modificando el análisis de desviación se actualizan las anotaciones en consecuencia.
- Si una anotación no está actualizada, toda la anotación (texto y recuadro) se muestra en rojo.
- Las anotaciones y los conjuntos de anotaciones se pueden eliminar usando el comando *Delete*.


Tenga en cuenta que:

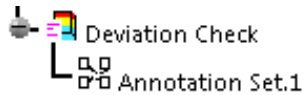
- No es posible crear anotaciones de forma automática.
- Como la visualización de las anotaciones en una vista en perspectiva puede no ser exacta (por ejemplo, con un factor de zoom grande), se recomienda visualizar las anotaciones en vistas paralelas.

Abra el modelo [DeviationAnalysis1.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

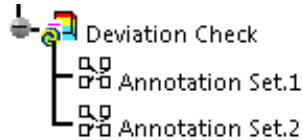
Realice un análisis de desviación del modo en que se describe en el apartado del comando *Deviation Analysis*. Obtendrá algo así:




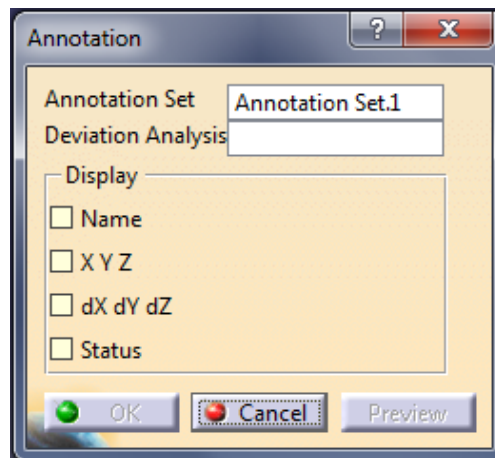
1. Haga clic en el comando *Annotation Set*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Deviation Check*. Si todavía no existe, un nodo *Deviation Check* se crea en el árbol de especificaciones. Un conjunto de anotación *Annotation Set.1* se crea bajo el nodo *Deviation Check*.



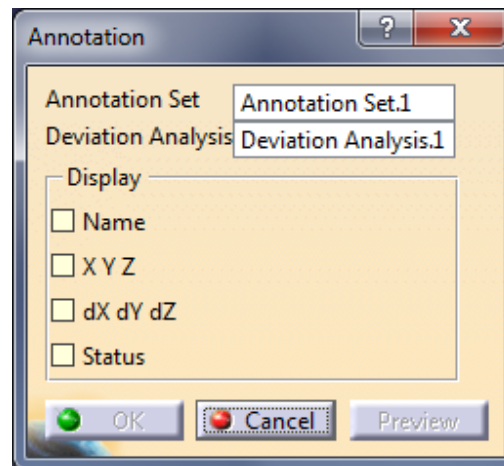
Si repite este paso, un conjunto de anotación *Annotation Set.2* se creará directamente bajo *Deviation Check*.



2. Haga clic en el comando *Annotation*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Deviation Check*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.

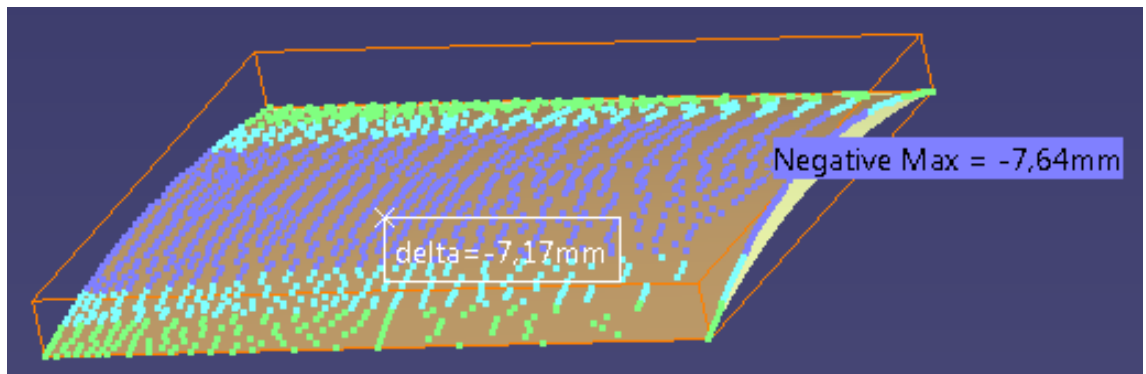


3. Si es necesario (en el caso de que haya creado más de un conjunto de anotación), seleccione el conjunto de anotación al que desee añadir anotaciones.  
Si sólo hay un conjunto de anotación (correspondiente al creado en el paso 1 sin repetir el paso), no necesita seleccionar el conjunto de anotación ya que automáticamente se vincula la anotación que quiera crear al único conjunto de anotación existente.  
El nombre del conjunto de anotación seleccionado se visualiza en el cuadro de diálogo dentro del campo *Annotation Set*.
4. Si el conjunto de anotación está vacío (es decir, todavía no se han creado anotaciones en él), seleccione el análisis de desviación en el que desea crear anotaciones. Una vez que haya seleccionado un análisis de desviación, no puede cambiar su selección sin salir del cuadro de diálogo mediante el botón *Cancel* (Cancelar).

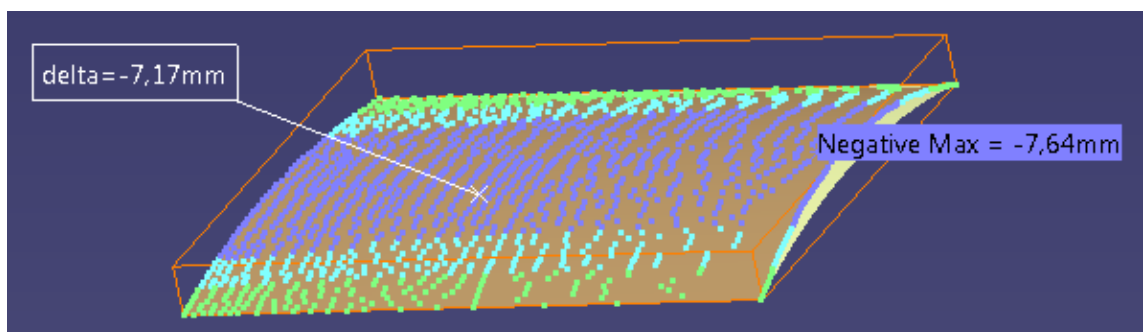


Si el conjunto de anotación no está vacío (es decir, ya contiene anotaciones creadas anteriormente), se selecciona automáticamente el análisis de desviación en el que han sido creadas dichas anotaciones y se resalta en el visor 3D. No seleccione otro análisis de desviación ya que no va a reemplazar la selección actual y no será capaz de crear anotaciones en él.

- Coloque el cursor sobre el análisis de desviación y la anotación se mostrará dentro de un recuadro.

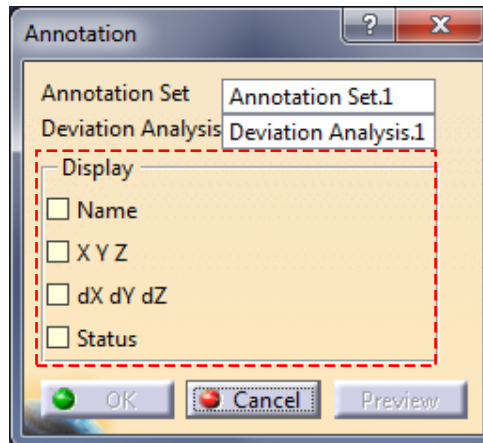


Haga clic donde desee anclar la anotación, luego arrastre y suelte el texto haciendo clic de nuevo donde desee mostrar la anotación.



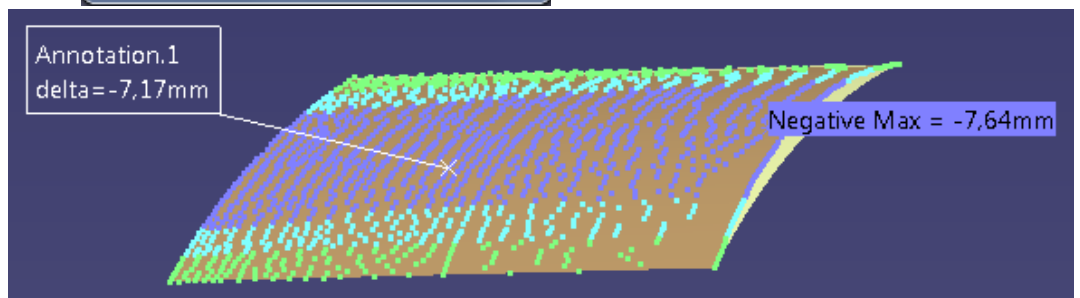
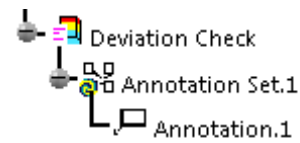
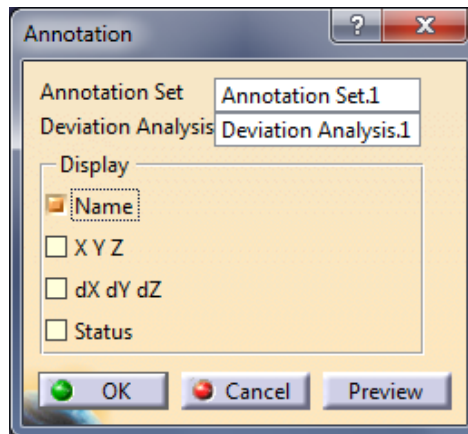
- Puede definir el formato de visualización de la anotación, antes de crearla o después, con las casillas de verificación del campo *Display*:



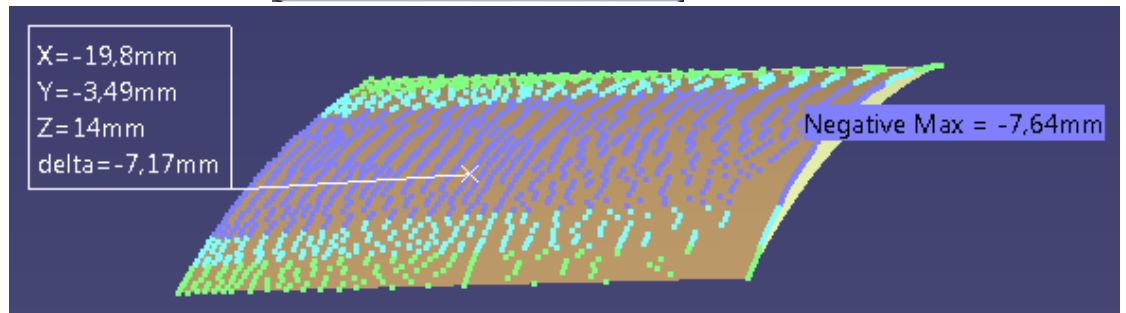
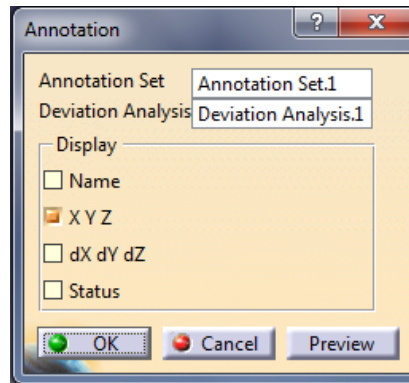


Se aplica el mismo formato de visualización a todas las anotaciones del mismo conjunto de anotación. Seleccione las casillas de verificación requeridas:

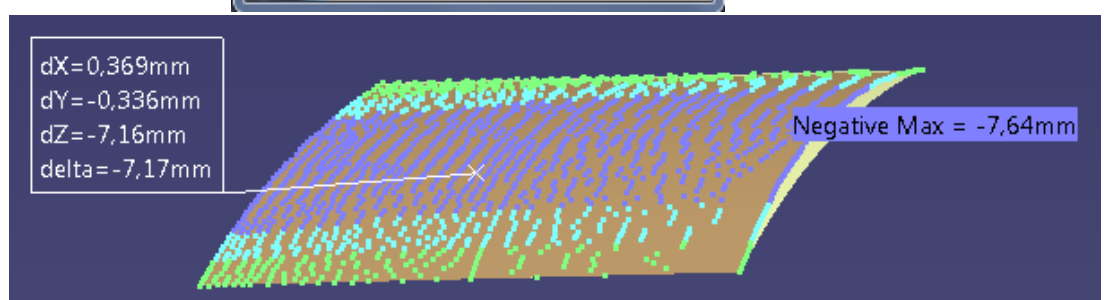
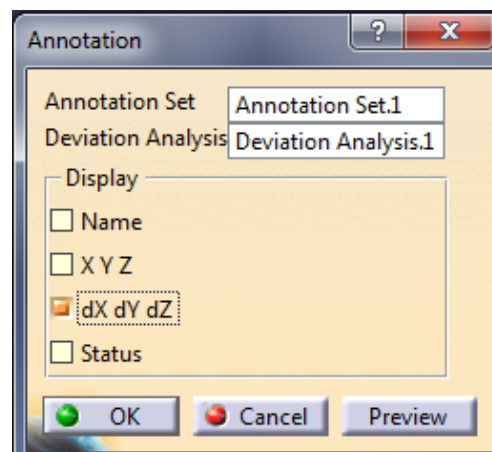
- *Name*: muestra el nombre de la anotación tal como aparece en el árbol de especificaciones:



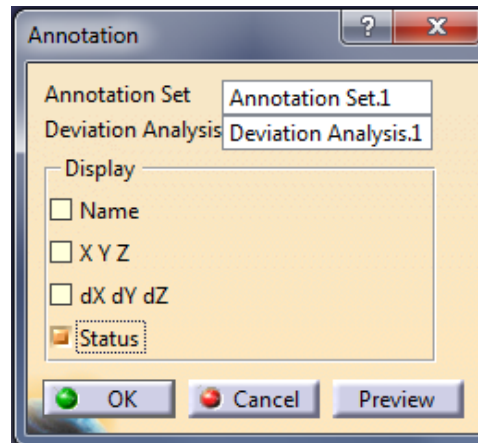
- *X Y Z*: muestra las coordenadas del punto de anclaje de la anotación, es decir, el punto que quería resaltar:



- *dX dY dZ*: muestra las desviaciones en el punto de anclaje, en las direcciones X, Y y Z:

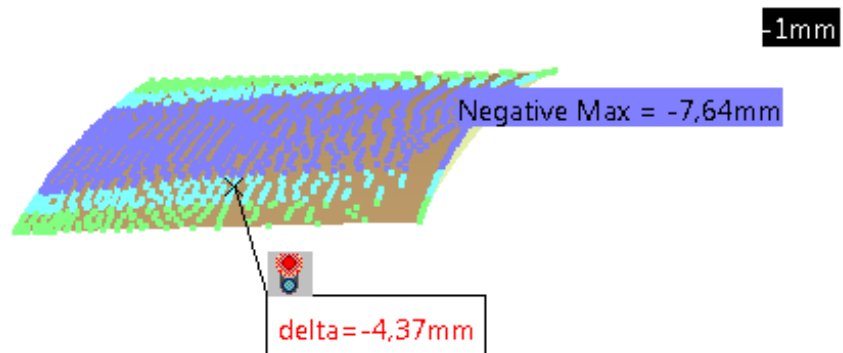


- *Status* (Estado): las tolerancias deben mostrarse en el análisis de desviación.

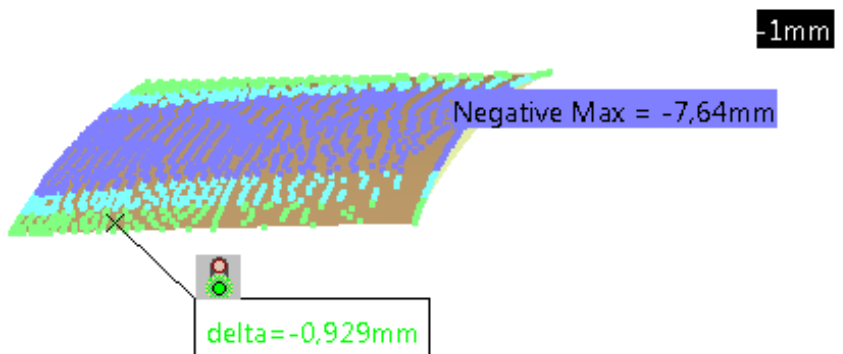


Esta opción muestra el estado del punto de anclaje de la anotación con respecto a las tolerancias:

- Si el estado es *KO*, aparece una luz roja en la esquina superior izquierda de la anotación y el texto de la anotación se muestra en color rojo.



- Si el estado es *OK*, aparece una luz verde en la esquina superior izquierda de la anotación y el texto de la anotación se muestra en color verde.



- Si el valor de la desviación en el punto de anclaje es positivo, el estado es *OK* si el valor de la desviación es menor o igual a la tolerancia positiva. De lo contrario el estado es *KO*.

- Si el valor de la desviación en el punto de anclaje es negativo, el estado es OK si el valor absoluto de la desviación es menor o igual a la tolerancia positiva. De lo contrario el estado es KO.
- Si la casilla de verificación *Status* no se selecciona o si no se muestran las tolerancias del análisis de desviación, la anotación se muestra sin luz.

Puede combinar las opciones de visualización como desee seleccionando varias casillas a la vez.

7. Haga clic en *OK* para validar y salir del cuadro de diálogo.

#### 4.12.2. Comprobación de tolerancias geométricas y dimensionales (*Geometric Tolerances Checker*)

Este comando muestra cómo comprobar tolerancias geométricas y dimensionales e incluir el resultado en un informe de desviación. El comando *Geometric Tolerances Checker*:

- Lee y decodifica tolerancias geométricas y dimensionales aplicadas sobre datos CAD.
- Evalúa con precisión el tamaño real, la posición y la forma de la malla para cada tolerancia seleccionada.
- Le proporciona:
  - Un estado de *OK/KO* para cada tolerancia en el cuadro de diálogo.
  - Un mapa de color en el visor 3D.
  - Una herramienta de análisis de defectos mediante un control deslizante en el cuadro de diálogo (siempre que sea significativo para la tolerancia actual).
- Resume los resultados en un informe.
- Con esta versión sólo se admiten las siguientes tolerancias geométricas y dimensionales:

Tipo de tolerancia	Nombre de la tolerancia	Aplicándose a
De forma (Geométrica)	Planicidad	Supuesta superficie plana
De forma (Geométrica)	Cilindricidad	Supuesta superficie cilíndrica
De forma (Geométrica)	Redondez	Supuesta superficie cilíndrica o cónica
De forma (Geométrica)	Rectitud	Eje de cilindro
De forma (Geométrica)	Rectitud	Generatriz cilíndrica
Orientación (Geométrica)	Paralelismo	Superficie / plano de referencia
Orientación (Geométrica)	Perpendicularidad	Superficie / plano de referencia
Orientación (Geométrica)	Inclinación	Superficie / plano de referencia
Dimensional	Lineal	Supuesta superficie plana
Dimensional	Angular	Supuesta superficie plana


- Los planos de referencia se calculan actualmente como planos medios.

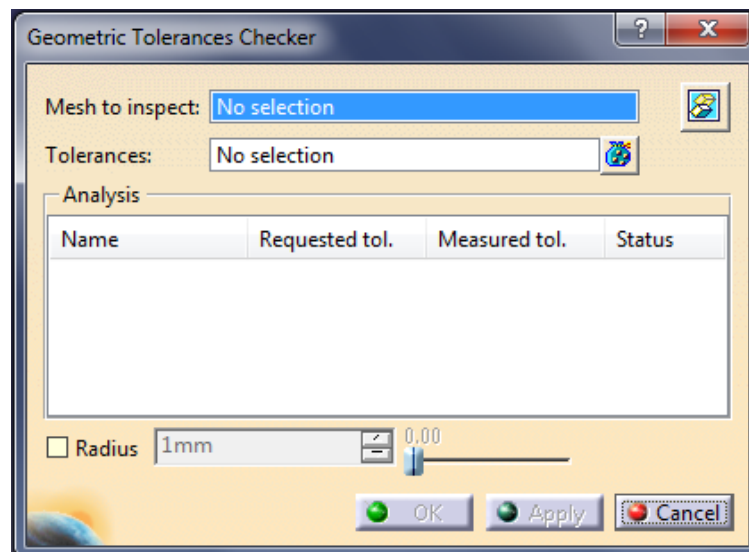
La malla debe estar correctamente alineada con los correspondientes datos CAD exactos (mediante el método *Align by Best Fit*, por ejemplo).

Con el fin de ser analizada correctamente, la malla debe ser segmentada en diferentes áreas. Se proporciona una segmentación automática dentro del comando, pero también se puede utilizar cualquier otra herramienta de segmentación (antes de entrar en el comando):

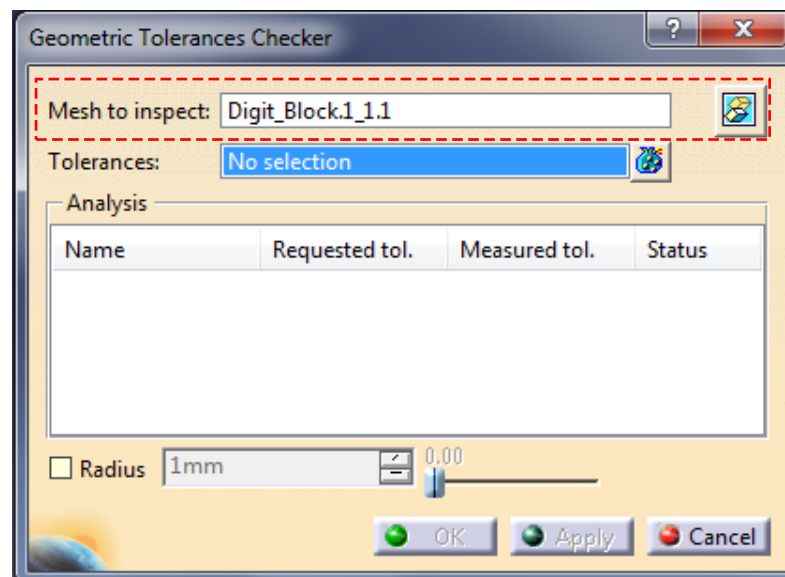
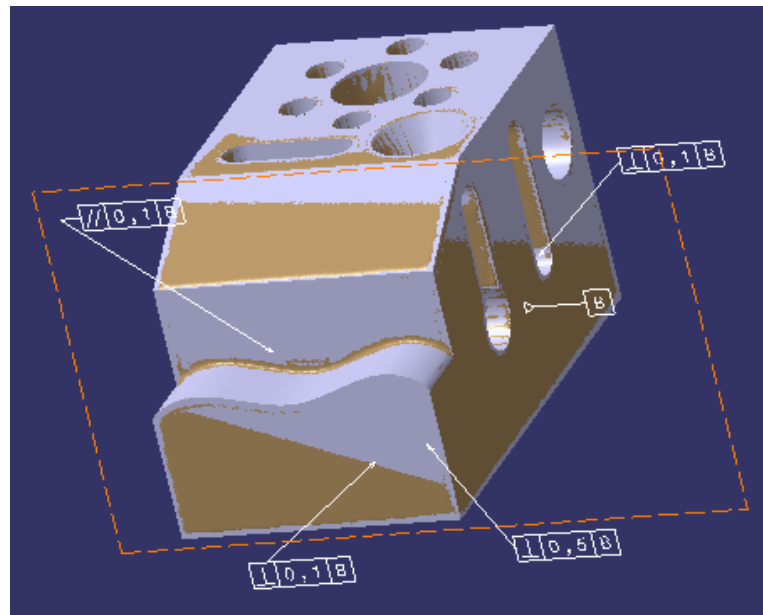
- Si la entrada es una malla ya segmentada, el comando tiene en cuenta esta segmentación y no se inicia la segmentación automática. De esta manera, usted tiene el control completo sobre la segmentación utilizada dentro del comando.
- Si la entrada es una malla no segmentada (una malla con sólo una celda interna), se inicia la segmentación automática (esta segmentación es guiada por la geometría exacta alineada, por lo tanto, el requisito de una alineación apropiada).


Abra el modelo [GeometricTolerancesChecker01.CATPart](#) perteneciente al directorio de muestras (directorio "samples").

1. Haga clic en el comando *Geometric Tolerances Checker*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Deviation Check*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando.

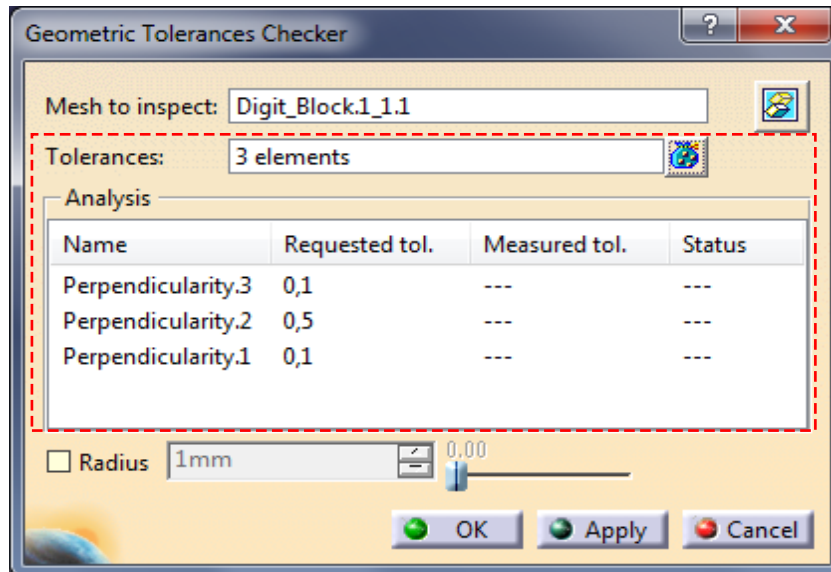


2. Seleccione la malla a inspeccionar (*Mesh to inspect*).

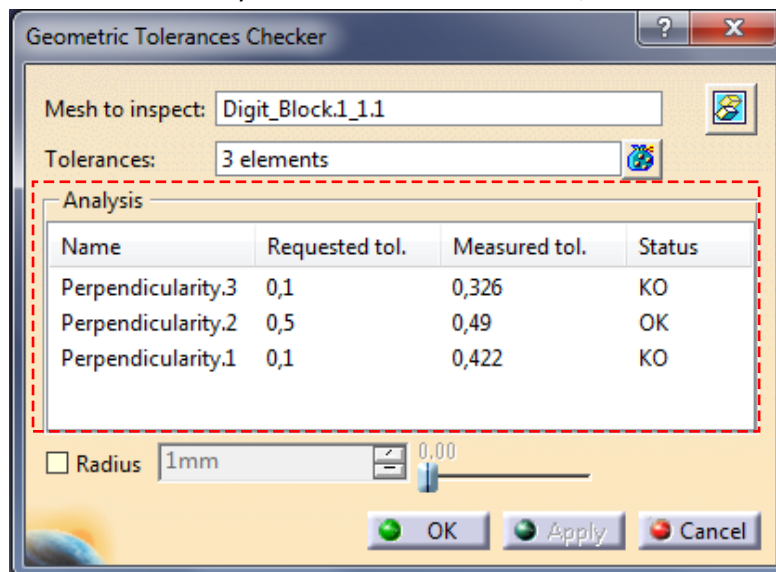


3. Seleccione las tolerancias que desea comprobar:
- Bien selecciónelas directamente.
  - O seleccione las superficies CAD relacionadas con ellas en el visor 3D (en este caso, las tolerancias se deducen de las superficies).
  - La selección múltiple  está disponible.

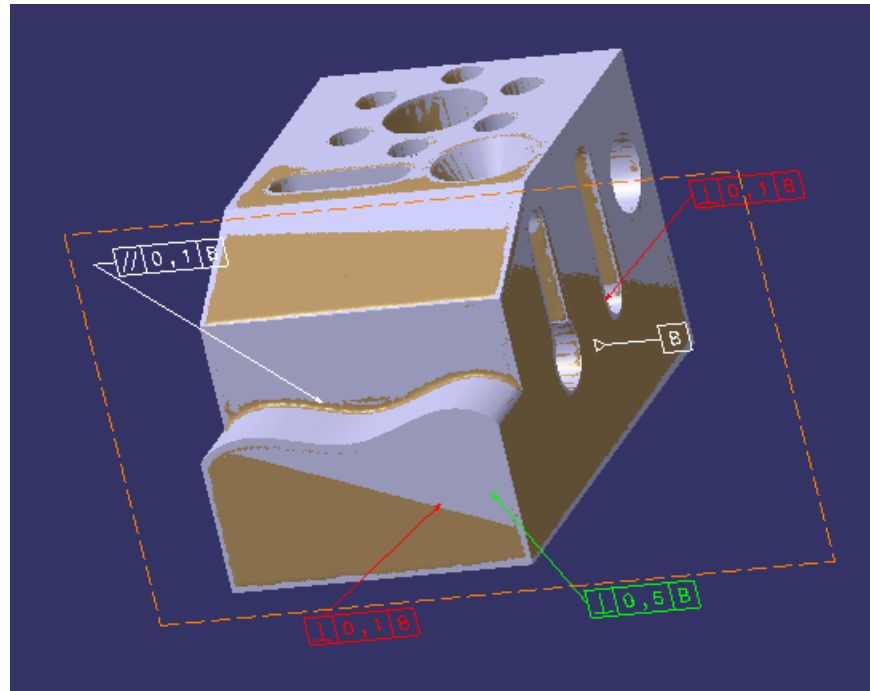
Las tolerancias seleccionadas aparecen en el cuadro de diálogo con su valor de tolerancia solicitado:



4. De forma opcional, seleccione la casilla *Radius* (Radio): cuando la nube de puntos es ruidosa, es difícil tener los bordes de la superficie CAD pasando por todos los puntos. Cuando se selecciona esta casilla, los puntos dentro de un tubo circular centrado en el borde de la superficie no se tienen en cuenta. Puede establecer el valor de este radio. Esta opción es inútil para mallas de entrada ya segmentadas, por lo que solamente está disponible si la entrada es una malla no segmentada.
5. Haga clic en *Apply* para iniciar la inspección.
  - Se evalúa cada tolerancia y se muestra el valor medido, con un estado *OK/KO*:



- Las tolerancias en el visor 3D están coloreadas según su estado.



6. Seleccione la línea *Perpendicularity.1*.

El defecto se resalta en el visor 3D con un mapa de color:

- Las áreas en verde cumplen la tolerancia.
- Las áreas en rojo está por encima de la tolerancia.
- Las áreas en azul están por debajo de la tolerancia.

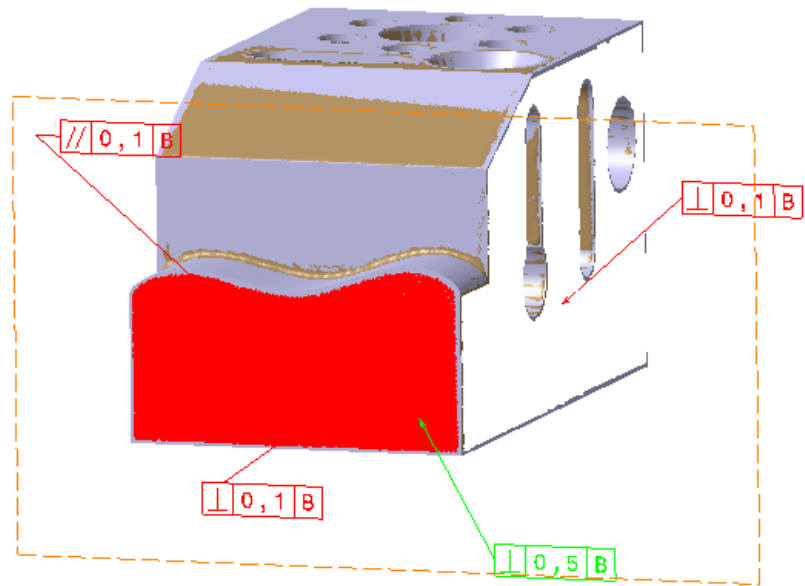
El control deslizante en la parte inferior del cuadro de diálogo pasa a estar disponible, dependiendo de la tolerancia seleccionada.

7. Mueva este control deslizante. La distribución de colores cambia en el mapa de defectos. Algunas tolerancias son evaluadas desde una referencia denominada *Datum*. Dependiendo del tipo de la tolerancia, esta referencia puede moverse ligeramente alrededor de su posición predeterminada.

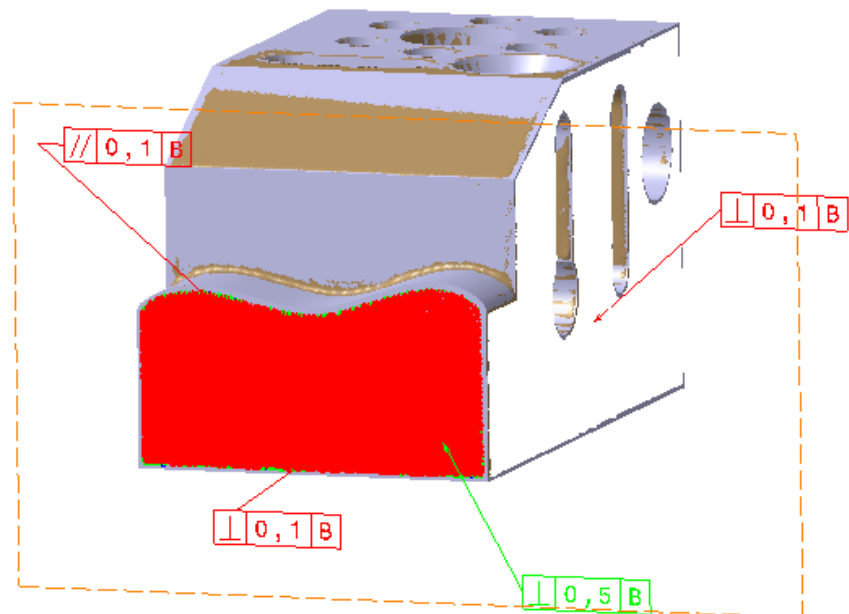
El control deslizante en el cuadro de diálogo le permite mover la referencia de un extremo al otro, de la siguiente manera:

- Primer ejemplo:
  - Primer extremo de la referencia:

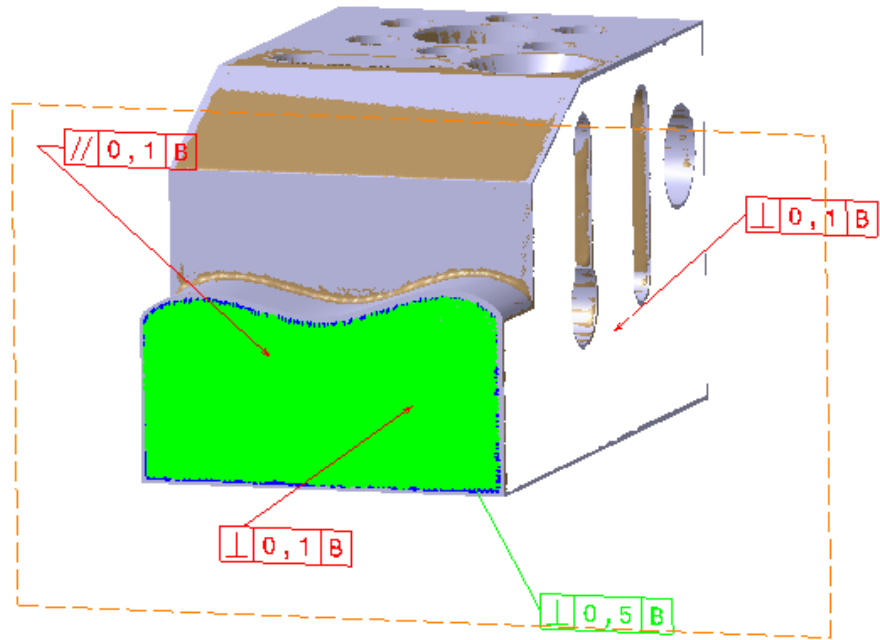




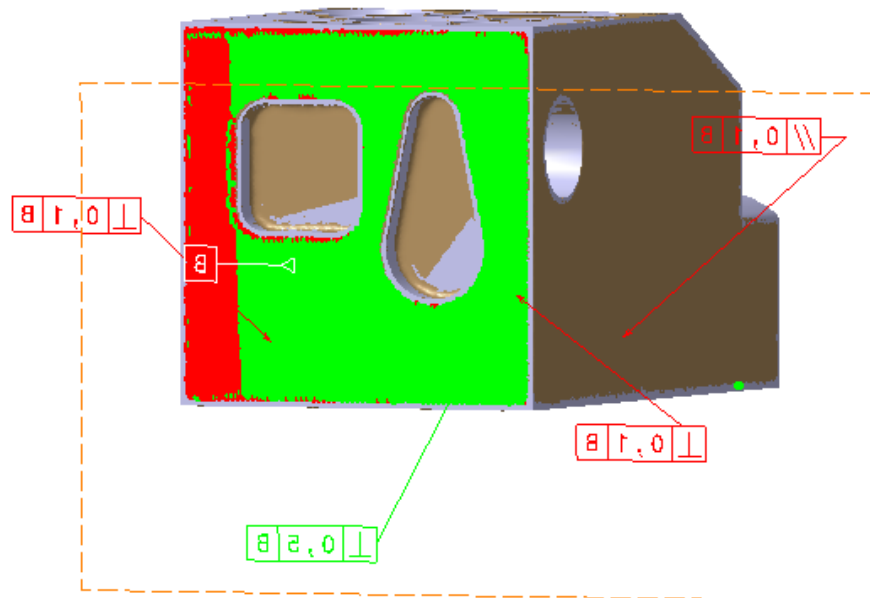
- o Posición intermedia de la referencia:



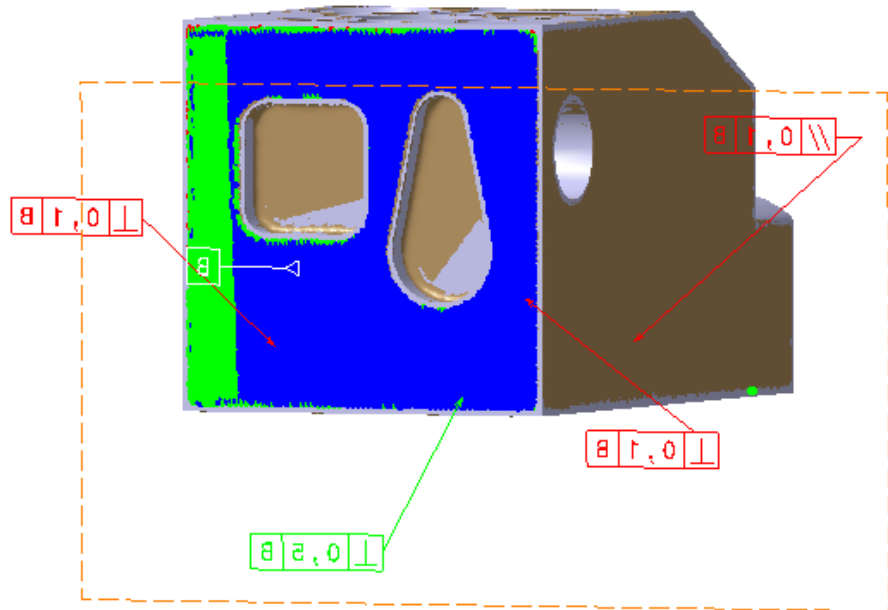
- o Segundo extremo de la referencia:



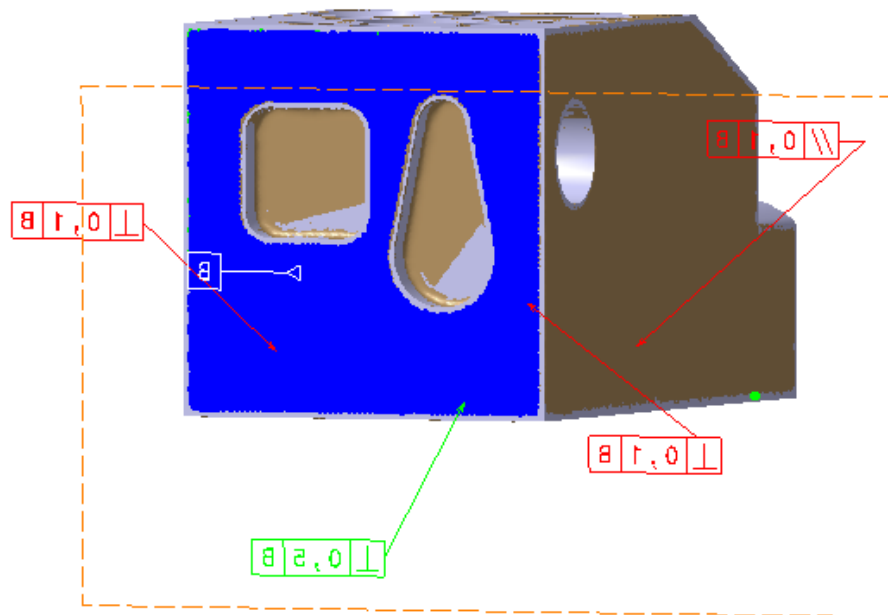
- Segundo ejemplo:
  - Primer extremo de la referencia:



- Posición intermedia de la referencia:



- o Segundo extremo de la referencia:



8. Haga clic en OK para validar y salir del comando.

La visualización de la inspección se borra de la pantalla. Un elemento *GD&T Check.x* se crea en el árbol de especificaciones bajo el nodo *Deviation Check*.



### 4.12.3. Creación de informes de desviación (*Deviation Report*)

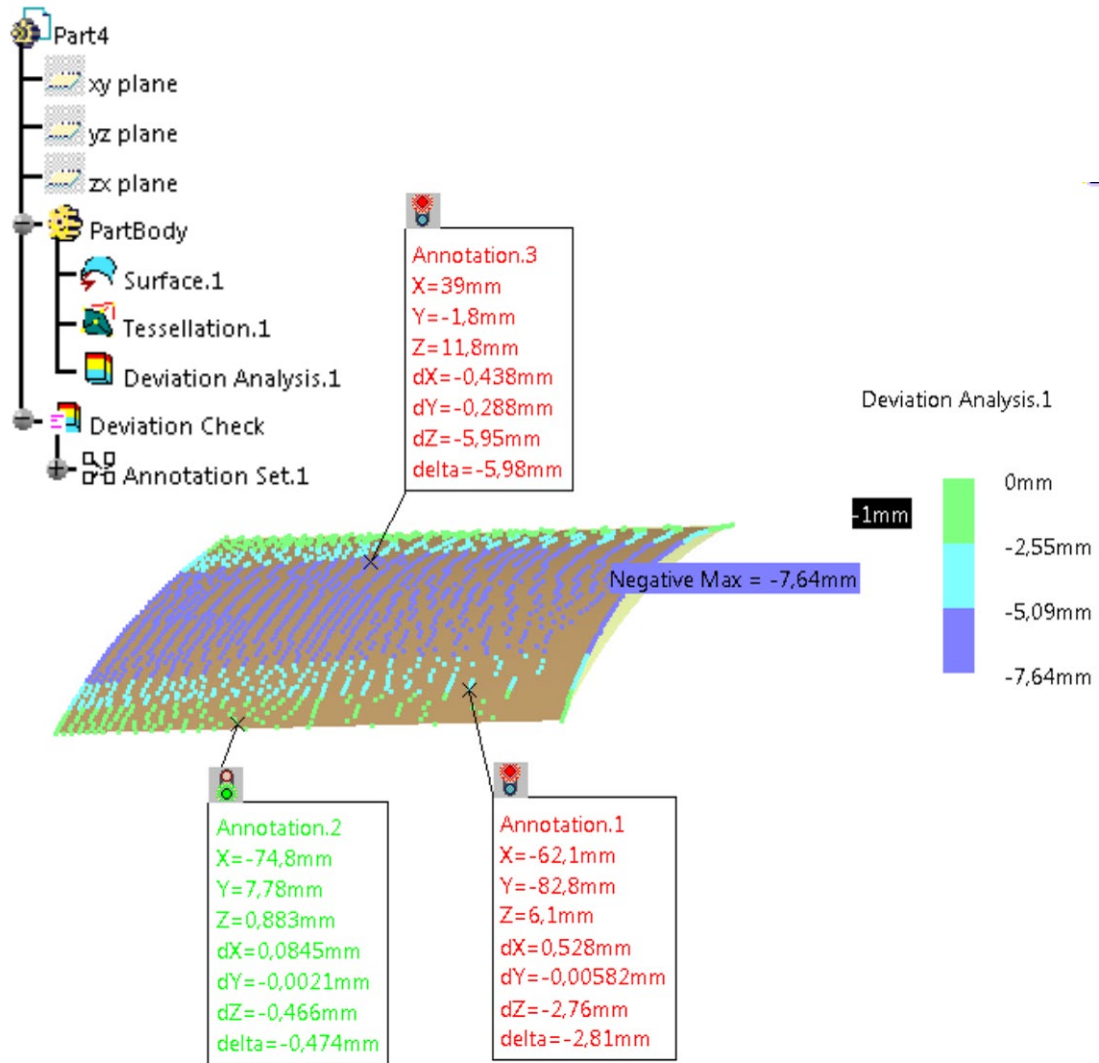
Una vez que haya realizado un análisis de desviación (*Deviation Analysis*), puede que desee crear un informe de desviación de dicho análisis. Este comando le mostrará cómo hacer esto.

- Definirá qué información o imágenes desea insertar en dicho informe de desviación. Esto se hace en el cuadro de diálogo *Deviation Report*.
- Un nodo *Deviation Check* se crea en el árbol de especificaciones. Se dedica a las anotaciones e informes de desviación. Un *CATPart* sólo puede contener un nodo *Deviation Check*.
- Una vez que haya validado los datos, un informe de desviación (*Deviation Report*) se crea en el árbol de especificaciones. Es asociativo con el análisis de desviación y las anotaciones sobre las que está basado. Si modifica el análisis de desviación o las anotaciones, el informe de desviación se actualiza en consecuencia. Puede editar el informe de desviación en cualquier momento.
- Puede exportar el informe de desviación a un archivo HTML.


Tenga en cuenta que:

- Para los elementos insertados en el informe (por ejemplo, un análisis de desviación), sólo una imagen con el punto de vista predeterminado se crea en el informe.
- No se pueden generar automáticamente varias imágenes de la misma característica asociativamente con diferentes puntos de vista en el informe.
- Puede capturar imágenes en cualquier punto de vista con la opción *Tools > Image > Capture* e insertar estas imágenes en el informe.
- Puede insertar imágenes creadas por otros medios.
- El único formato disponible para el informe de desviación es el archivo HTML.
- Si se exporta una imagen 3DXML en el informe, es necesario un reproductor 3DXML en una versión compatible con el nivel 3DXML utilizado para generar la imagen.

Realice un análisis de desviación del modo en que se describe en el apartado correspondiente al comando *Deviation Analysis*, y cree anotaciones si es necesario. Obtendrá algo así:

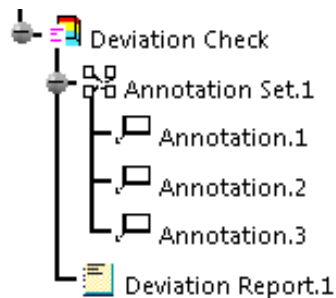


Capture algunas imágenes y guárdelas, ya sea en un directorio o en un álbum.

1. Haga clic en el comando *Deviation Report*  perteneciente a la barra de herramientas *Cloud Deviation Check*. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo de dicho comando:

Si todavía no existe, un nodo *Deviation Check* se crea en el árbol de especificaciones. Un nodo *Deviation Report.1* se añade bajo el nodo *Deviation Check*.

2. Rellene los campos propuestos en el cuadro de diálogo y haga clic en *OK* cuando haya terminado. El informe de desviación se creará en el árbol de especificaciones.



3. Utilice el menú contextual del informe de desviación (*Deviation Report*) para editarlo (*Definition*) o exportarlo a un archivo HTML.



El archivo HTML se parece a esto:

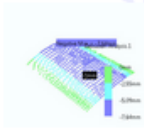
**GENERAL INFORMATION**  
[Project Information](#)  
[Company Information](#)  
[Inspector Information](#)

**DIGITIZATION INFORMATION**  
[Digitization Information](#)

**DEVIATION CHECK RESULTS**  
[Deviation Analysis Input Parameters](#)  
[Deviation Analysis Statistic Result](#)  
[3DXML Result](#)  
[Main Result](#)  
[Annotation Set.1](#)

**USER DEFINED RESULTS**  
[Figure 4.1 Imagen Informe De Prueba](#)

## GENERAL INFORMATION



**Project Information**

<b>Project Title</b>	Informe de muestra
<b>Creation Date</b>	jueves, 23 de julio de 2015 17:59:19
<b>Part Name</b>	DeviationAnalysis1
<b>Comment</b>	Manual CATIA V5

**Company Information**

<b>Company Name</b>	TFG
<b>Company Web-page</b>	

**Inspector Information**

<b>Inspector Name</b>	EII UVa
<b>Phone Number</b>	020-35
<b>E-mail Address</b>	eii_uva@hotmail.com
<b>Organization</b>	Universidad
<b>Office Address</b>	Cauce

Utilice los hipervínculos en las secciones de la izquierda para navegar a través de él.

### Contenido del informe de desviación

A continuación encontrará capturas de las pestañas del cuadro de diálogo del informe de desviación y ejemplos de cómo son las secciones del informe de desviación una vez que se ha exportado a un archivo HTML.

- *General*: estos datos son específicos del proyecto, la empresa y el inspector. En el cuadro de diálogo:

Deviation Report

General | Digitization | Deviation | Insert Images

Project Information

Project Title: Informe de muestra  
 Comment: Manual CATIA V5

Company Information

Company Name: TFG  
 Company Web-page:

Inspector Information

Inspector Name: EII UVa  
 Phone Number: 020-35  
 E-mail Address: eii\_uva@hotmail.com  
 Organization: Universidad  
 Office Address: Cauce

OK Cancel

En el archivo HTML:

**Project Information**

Project Title	Informe de muestra
Creation Date	jueves, 23 de julio de 2015 17:59:19
Part Name	DeviationAnalysis1
Comment	Manual CATIA V5

**Company Information**

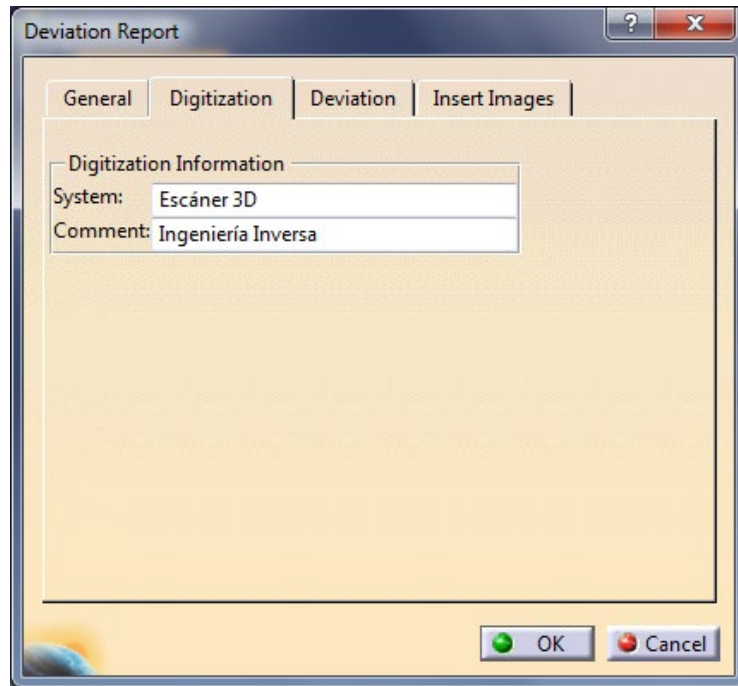
Company Name	TFG
Company Web-page	

**Inspector Information**

Inspector Name	EII UVa
Phone Number	020-35
E-mail Address	eii_uva@hotmail.com
Organization	Universidad
Office Address	Cauce

- *Digitization*: estos datos son específicos del sistema de digitalización utilizado. En el cuadro de diálogo:



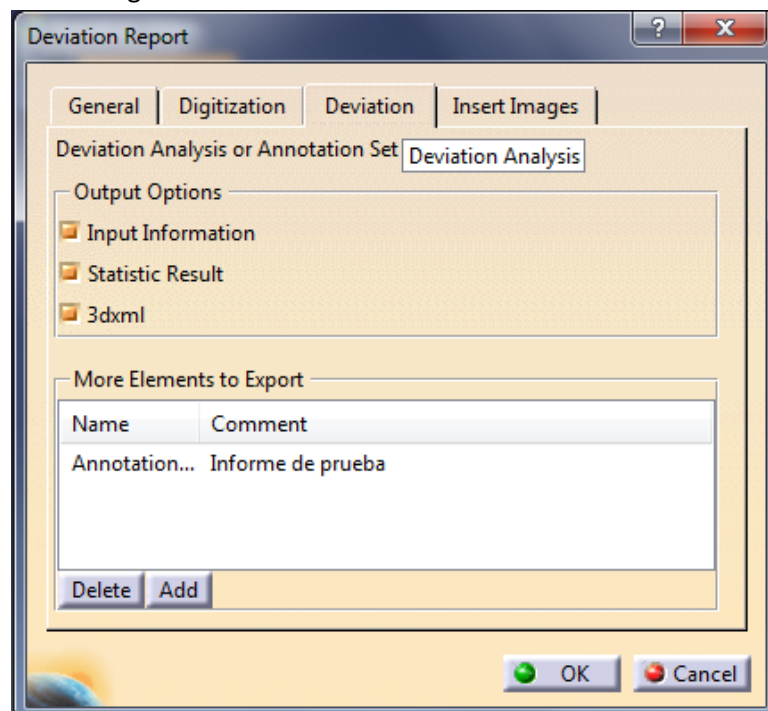


En el archivo HTML:

<b>Digitization Information</b>	
<b>System</b>	Escáner 3D
<b>Comment</b>	Ingeniería Inversa

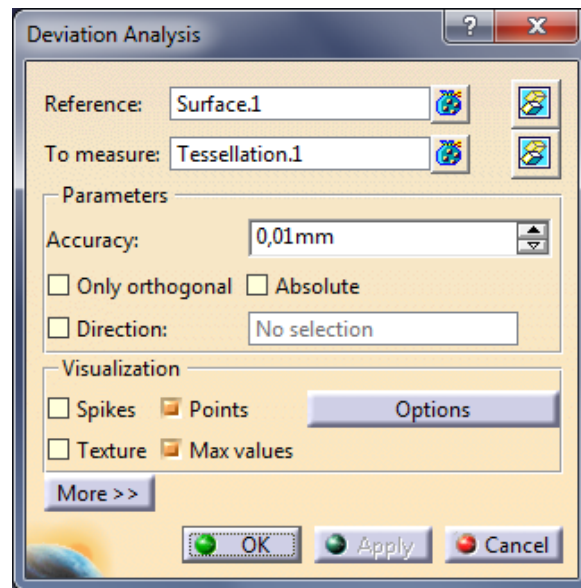
- *Deviation*: esta ficha permite definir qué información sobre el análisis de desviación desea insertar en el informe de desviación.

En el cuadro de diálogo:



- Seleccione un análisis de desviación (*Deviation Analysis*) o un conjunto de anotación (*Annotation Set*). Este será el elemento principal del informe, y si es necesario, se exportará en 3DXML. Su nombre se mostrará en el cuadro de diálogo. Haga clic en dicho campo y seleccione otro elemento en el caso de que desee reemplazar la selección inicial.
- *Output Options* (Opciones de salida): estas tres casillas están seleccionadas de forma predeterminada, pero puede desactivar las que no necesite.
  - *Input Information* (Información de entrada): información sobre la entrada del análisis de desviación y sus parámetros.

En el cuadro de diálogo *Deviation Analysis*:

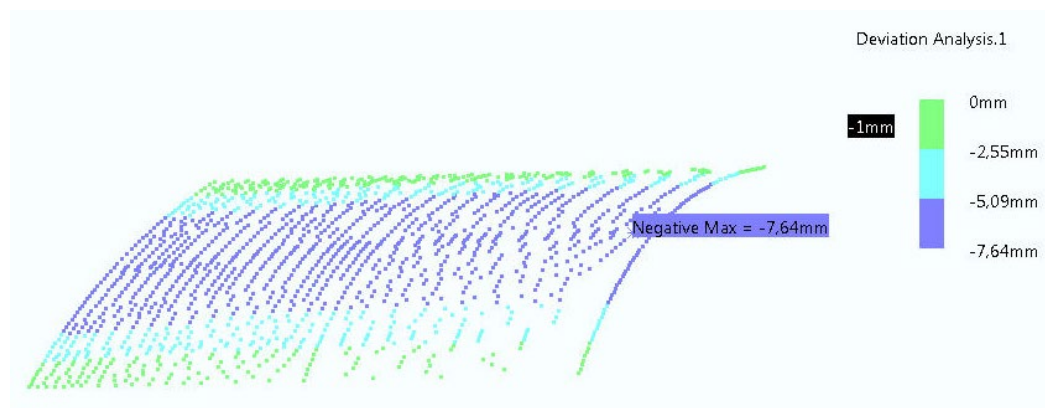


En el archivo HTML:

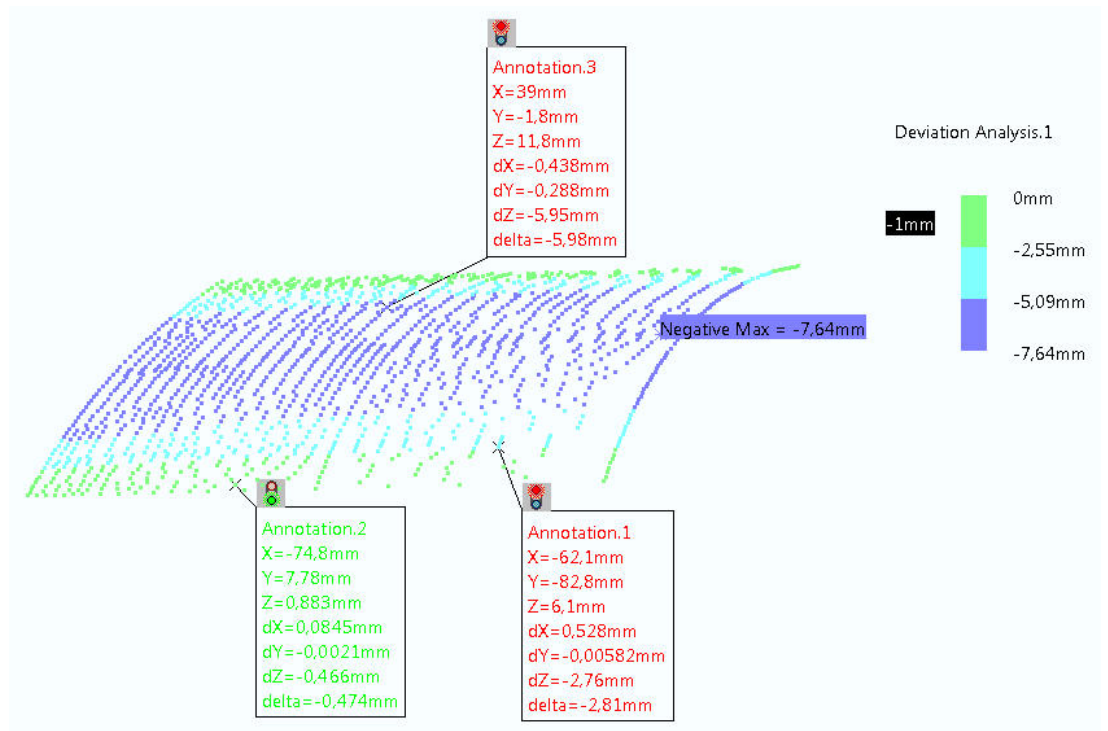
Reference Data	Surface.1
Data To Measure	Tessellation.1
Accuracy	0,01
Only Orthogonal	0
Absolute	0

- *Statistic Result* (Resultado estadístico): estadísticas y mapa de color del análisis de desviación.

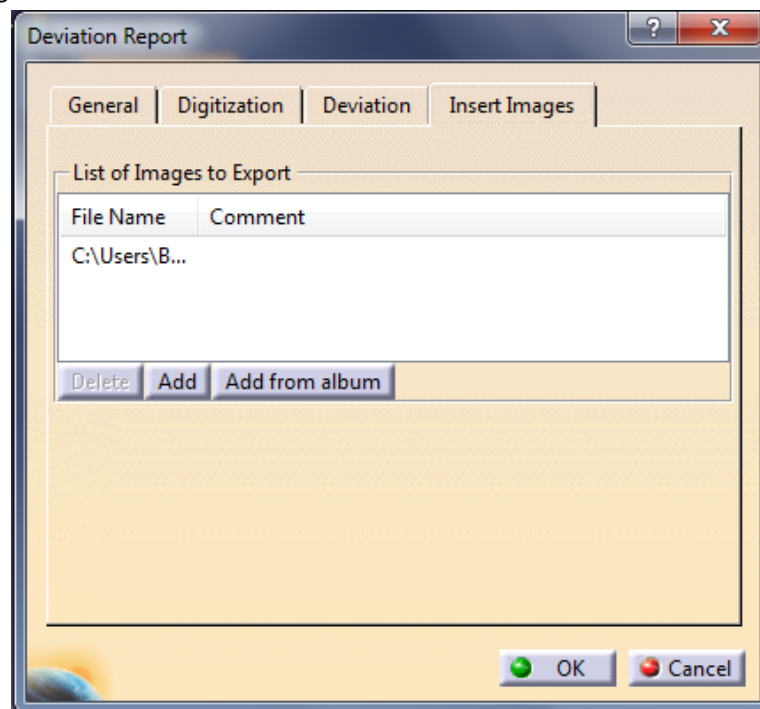
Total Number of Selected Points	1712
Number of Points Used in Computation	1712
Number of Points with Positive Deviation	0
Number of Points with Negative Deviation	1668
Positive Maximum Deviation Value	0mm
Negative Maximum Deviation Value	-7,64mm
Mean Deviation	-5,05mm
Standard Deviation	2,41mm
Positive Mean Deviation	0mm
Negative Mean Deviation	-5,18mm
Positive Tolerance	1mm
Negative Tolerance	-1mm
Percentage In Tolerance	8,64



- *3dxml*: exporta el resultado 3DXML.
  - *More Elements to Export* (Más elementos a exportar): permite exportar elementos geométricos adicionales: haga clic en *Add* y seleccione el elemento requerido. Su nombre se mostrará en el cuadro de diálogo. Haga clic debajo de *Comment* en la línea del elemento e introduzca cualquier comentario si es necesario. Seleccione un elemento en el cuadro de diálogo y haga clic en *Delete* para eliminarlo. En el archivo HTML:



- *Insert Images:*



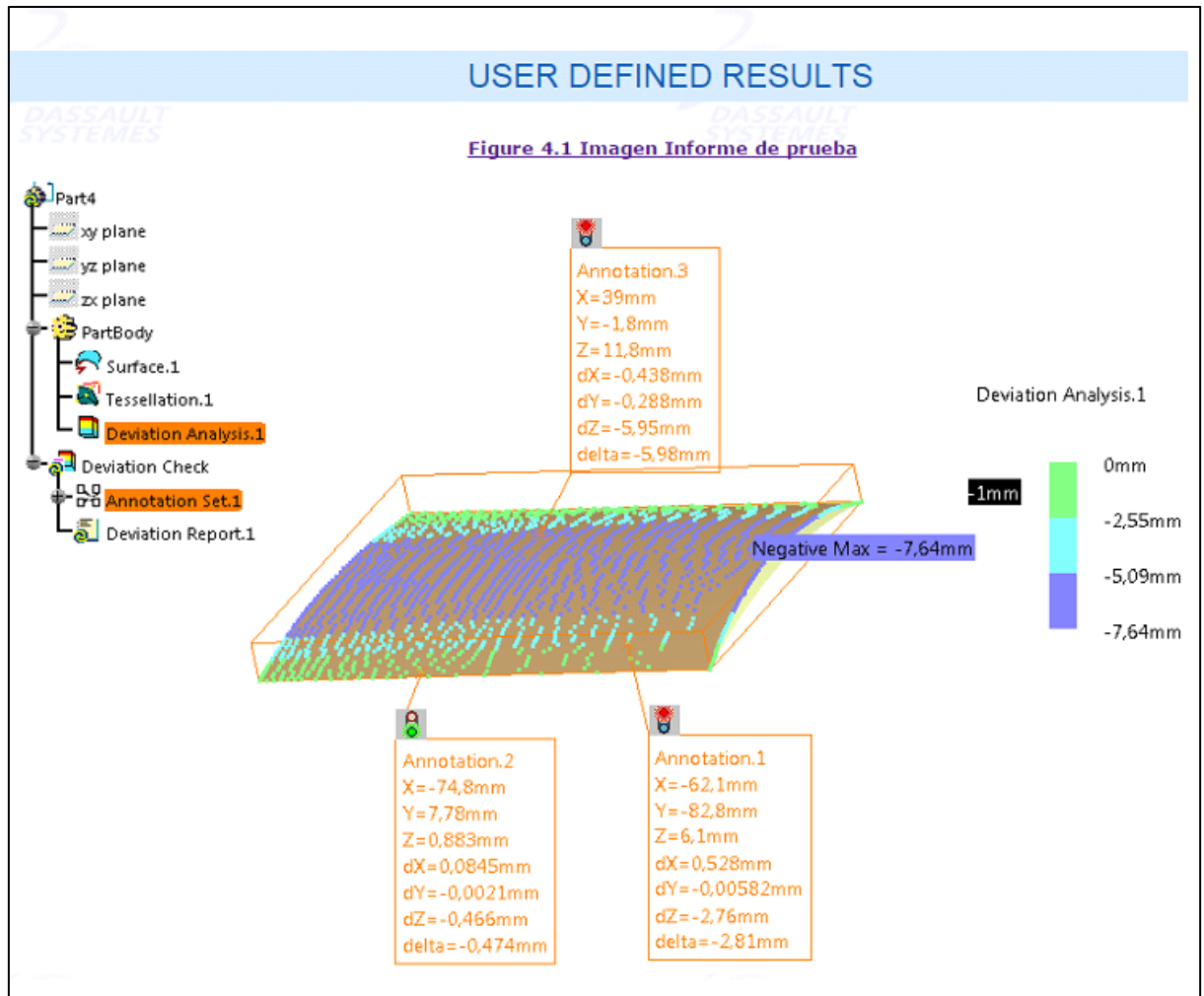
Permite insertar imágenes en el informe. Dichas imágenes pueden ser creadas a través de la opción *Tools > Image > Capture* o por cualquier otro medio.

Los formatos permitidos son .bmp, .gif, .jpeg, .jpg, .png.

Haga clic en *Add* y seleccione la imagen que desea insertar de sus directorios.

Haga clic en *Add from album* para insertar todas las imágenes de los formatos permitidos que se encuentren en el álbum.

En el archivo HTML, aparecen bajo el nombre USER DEFINED RESULTS:



## 4.13. Wireframe

### 4.13.1. Creación de puntos (*Point*)

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.14.1.

### 4.13.2. Creación de líneas (*Line*)

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.14.2.

#### **4.13.3. Creación de planos (*Plane*)**

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.14.3.

#### **4.13.4. Creación de círculos (*Circle*)**

Mismo funcionamiento que en el módulo *Digitized Shape Editor*, ver apartado 3.14.4.





## **5. CASO PRÁCTICO**





## 5. Caso práctico

El propósito de este ejemplo de aplicación es el diseño de dos piezas para modificar la cuba que se utiliza para fabricar el salpicadero de los vehículos modelo Volkswagen Polo, con el objetivo de que en las zonas donde van a ir colocadas estas piezas no entre material y no se fabrique la piel del salpicadero correspondiente a esas zonas. Así, se consigue un gran ahorro de material ya que el material que ocupa estas zonas después se elimina, lo que se traduce en una reducción de costes.



Figura 5.1: Cuba a modificar.

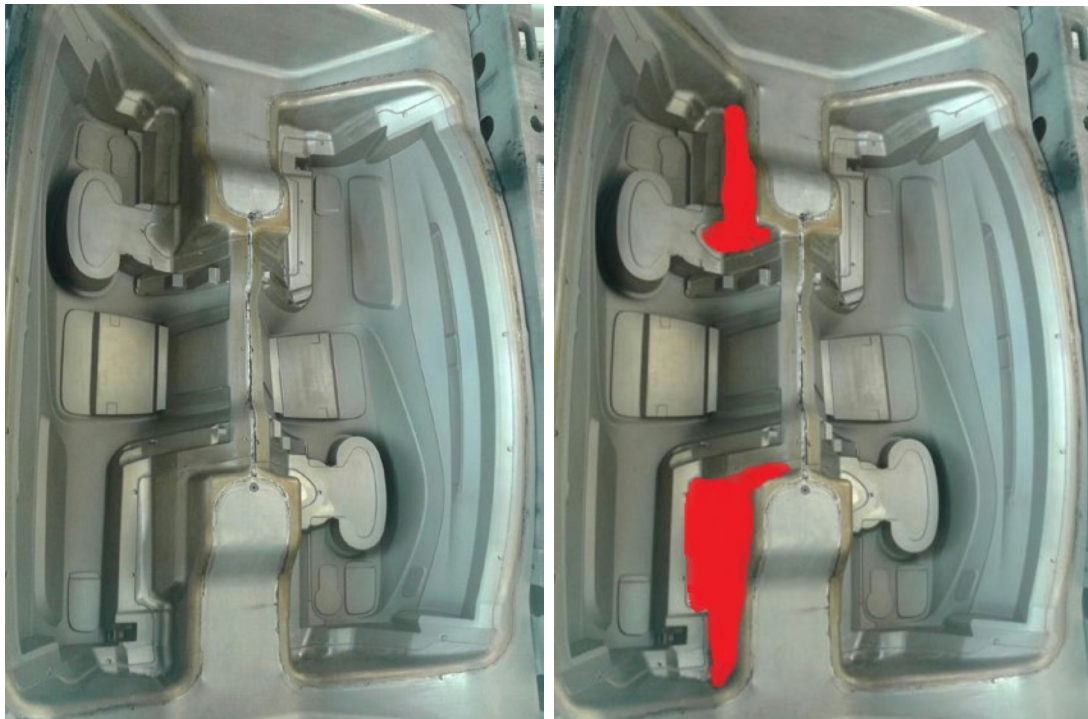


Figura 5.2: Coquilla del salpicadero sin y con las superficies a reconstruir señaladas.

Para ello se partirá de dos nubes de puntos obtenidas mediante un escáner 3D, la de la coquilla del salpicadero de un Volkswagen Polo y la de la superficie de la cuba necesaria para almacenar el polvo de PVC con el que se forma la piel del salpicadero. Posteriormente se construirán las mallas y se generarán las superficies adecuadas en CATIA V5 para obtener los modelos CAD 3D de las dos piezas necesarias. Este proceso de ingeniería inversa se realiza debido a que no se dispone de los planos CAD.

El primer paso, se realiza mediante el equipo de escaneo seleccionado. En este trabajo, a pesar de disponer de escáneres láser 3D de mayor precisión, se ha elegido un escáner 3D de luz estructurada, concretamente el escáner Artec Eva 3D. Se ha decidido elegir este escáner porque es un escáner que permite realizar un escaneo rápido, se puede entrar con él en las máquinas a estudiar y la precisión que proporciona es suficiente para el cometido a llevar a cabo.



Figura 5.3: Escáner Artec Eva 3D ([http://www.artec3d.com/es/hardware/artec-eva/how\\_it\\_works/](http://www.artec3d.com/es/hardware/artec-eva/how_it_works/)).

A través de este escáner 3D se consigue obtener las nubes de puntos de la coquilla y de la superficie de la cuba:

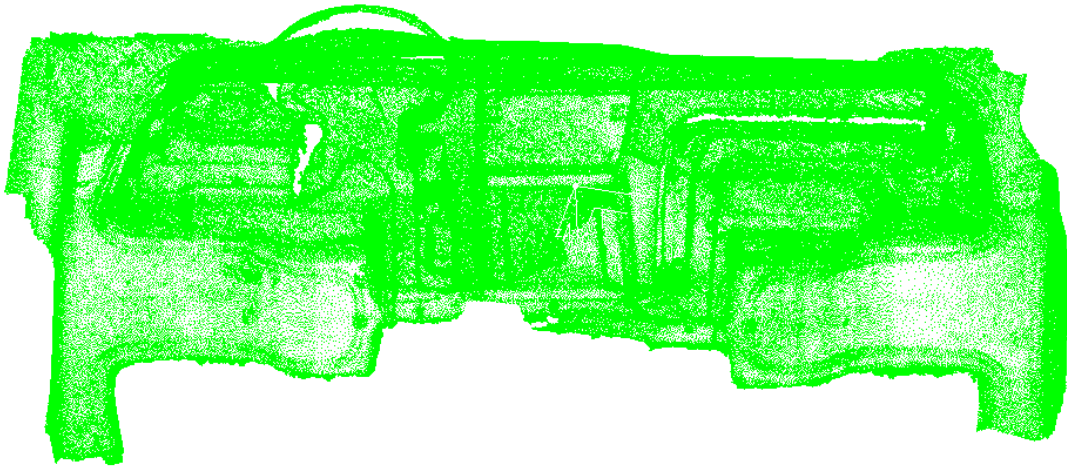


Figura 5.4: Nube de puntos de la coquilla.

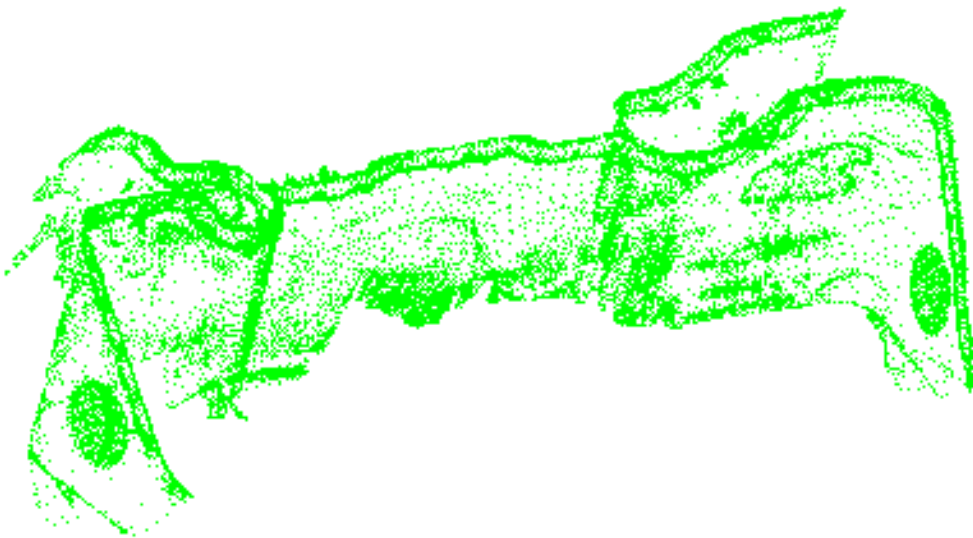



Figura 5.5: Nube de puntos de la superficie de la cuba.

## 5.1. Generación de las nubes de puntos

Las nubes de puntos se obtienen mediante el escaneo de la coquilla del salpicadero y de la superficie de la cuba con un escáner 3D, que permite guardar dichas nubes de puntos como archivos con formato STL.

Para aplicar ingeniería inversa a las nubes de puntos, se utilizará inicialmente el módulo *Digitized Shape Editor* de CATIA V5. Se deben importar las nubes de puntos en este módulo.

Para ello, en un nuevo fichero CATPart y mediante el comando *Import* , se selecciona el formato STL y el archivo que contiene los puntos en dicho formato (coquilla.stl).

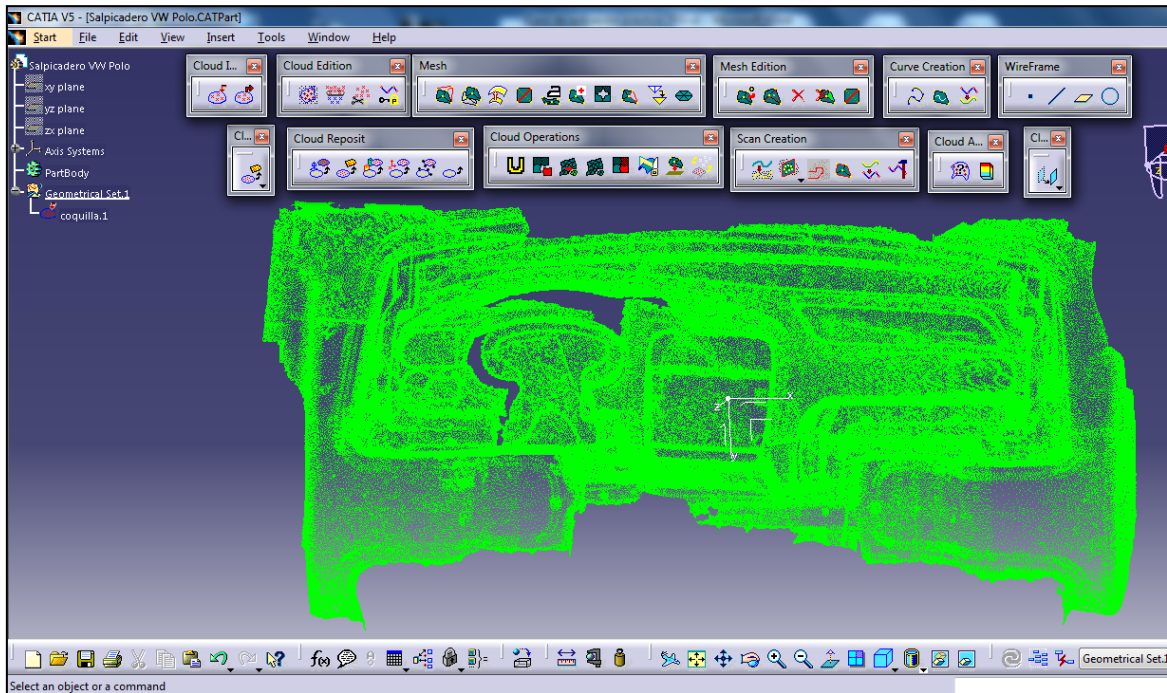


Figura 5.6: Nube de puntos de la coquilla importada en CATIA V5.

Se realiza el mismo proceso para la otra nube de puntos, seleccionando el archivo que contiene los puntos en formato STL (superficie cuba.stl).

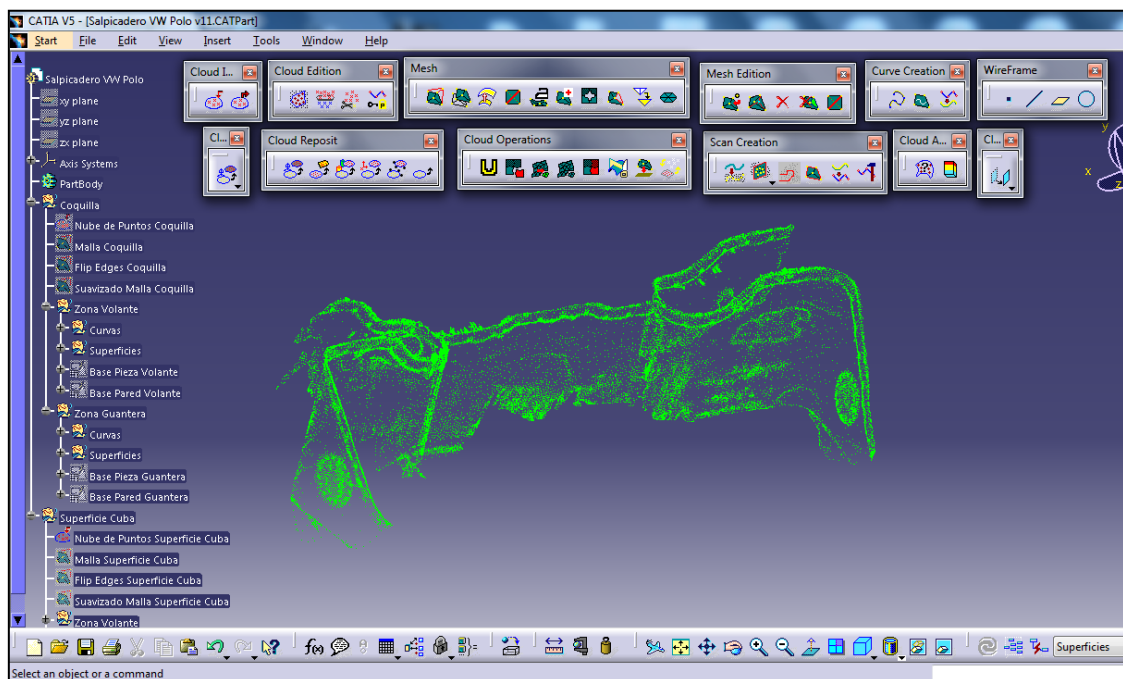


Figura 5.7: Nube de puntos de la superficie de la cuba importada en CATIA V5.




## 5.2. Tratamiento y triangulación de las nubes de puntos

Con las nubes de puntos ya en CATIA V5, se necesita realizar el mallado de dichas nubes para obtener una malla poligonal triangular para cada una de ellas.

### 5.2.1. Eliminación de puntos erróneos

Un paso previo a la creación de la malla, es la detección (mediante una primera inspección visual) y eliminación de aquellos puntos que, claramente, no pertenecen al modelo. En definitiva, elementos extraños cerca de la pieza objetivo.


Para eliminar estos puntos, se debe seleccionar la nube y usar el comando *Remove* . Dentro de dicho comando se selecciona el modo de selección (*Mode*) y el tipo de elemento (*Level*).

El comando *Remove* ha de emplearse teniendo en cuenta que los puntos eliminados son irre recuperables. Por ello, hay que asegurarse de que el punto borrado efectivamente no pertenece al modelo, y nunca borrar aquellos puntos que sean dudosos o planteen dudas.

También pueden realizarse operaciones de filtrado de puntos a través del comando *Filter* .

En este caso no hay puntos que se vea claramente que no pertenecen al modelo, por lo que a primera vista no es necesario eliminar ningún punto.

### 5.2.2. Generación de las mallas triangulares

Para generar las mallas se debe aplicar la triangulación de *Delaunay*, sometiendo las nubes de puntos a relaciones de proximidad entre los puntos. Esto se puede hacer gracias al comando *Mesh Creation*  que realiza un mallado automático, y en el que se pueden definir los siguientes parámetros:

- *Sag*: en casos donde, debido al elevado número de puntos, la máquina no sea capaz de procesar el mallado, es necesario aplicar esta opción para saltarse puntos. El valor indica la distancia mínima que debe haber entre los puntos para crear un triángulo. Como en este caso es todo lo contrario, es decir, hay zonas con escasez de puntos, no se usará esta opción.
- *Neighborhood*: permite definir la distancia máxima entre los puntos para crear un triángulo. Se debe llegar a un compromiso en esta opción. Un elevado número crea muchos triángulos erróneos y unas zonas que deben estar aisladas (figura 5.9). Un número reducido deja muchos huecos en el mallado (figura 5.8). CATIA V5 propone un valor por defecto que consiste en la distancia media entre puntos. En este caso el valor por defecto es 6.019 mm y como se puede observar (figura 5.8) es un valor reducido. Por ello, se ha decidido elegir el valor de *Neighborhood* igual a 20 mm.

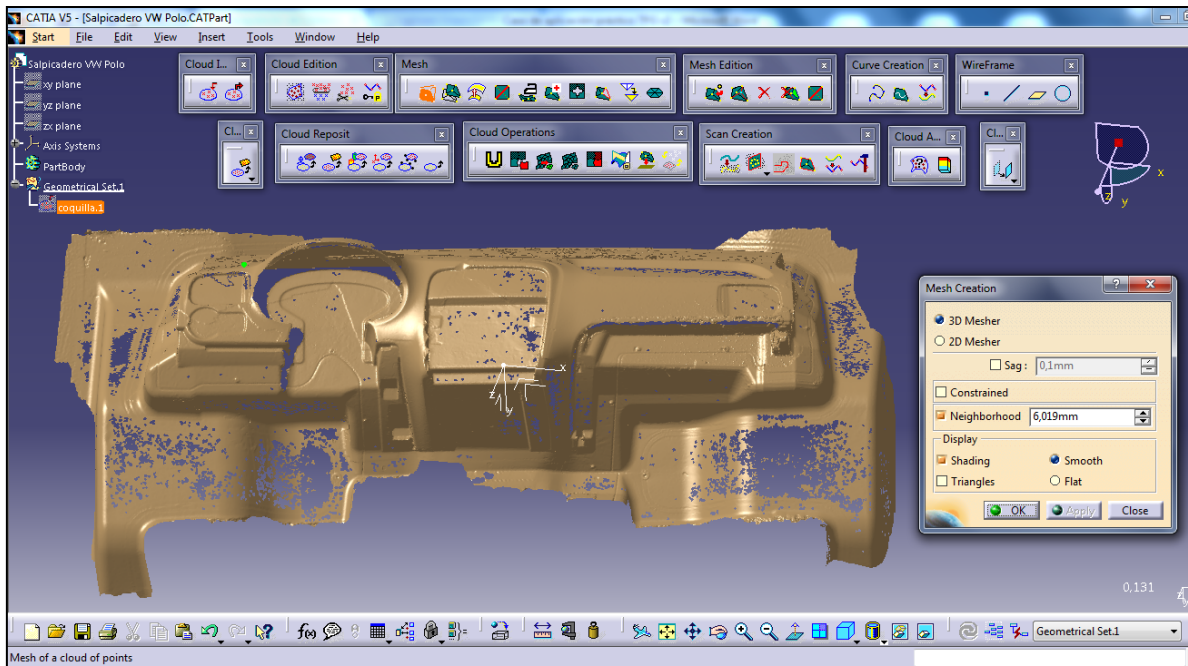


Figura 5.8: Mallado de la nube de puntos de la coquilla con huecos debido a que el valor propuesto por CATIA V5 es un valor reducido.

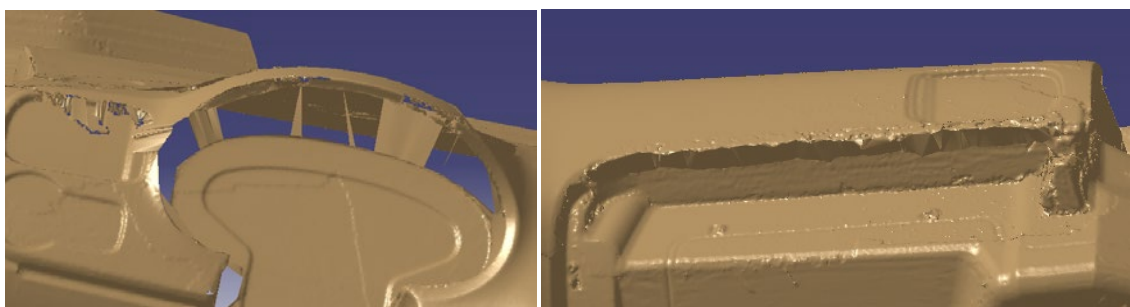
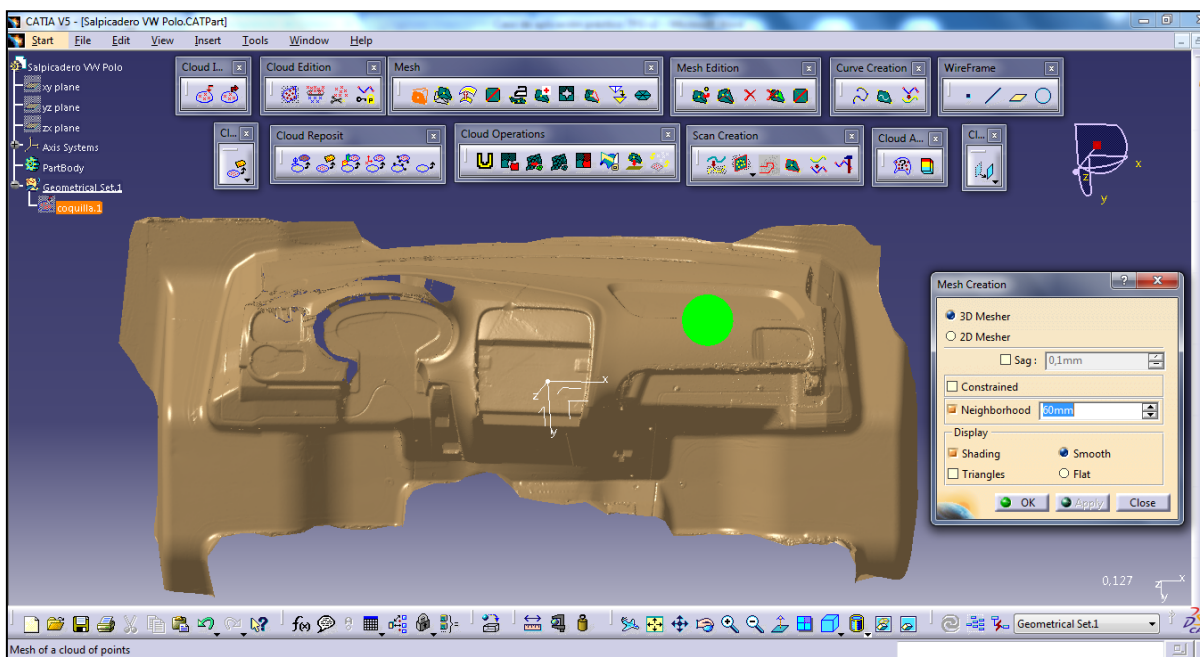


Figura 5.9: Mallado con triángulos erróneos debido a un valor elevado.

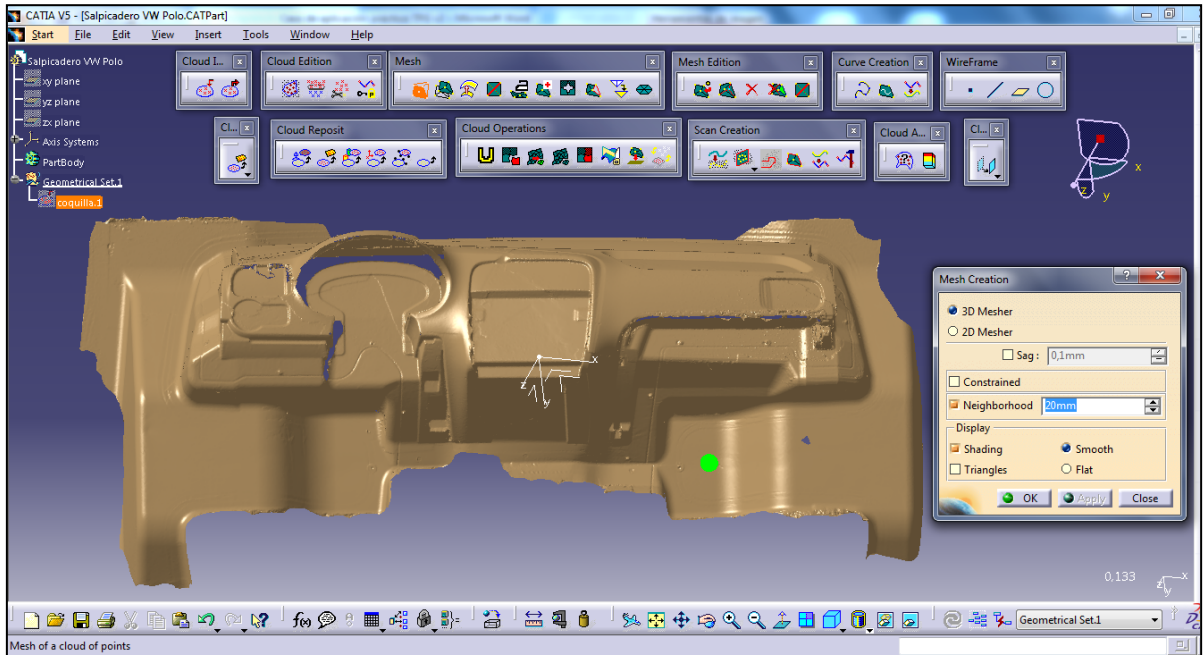
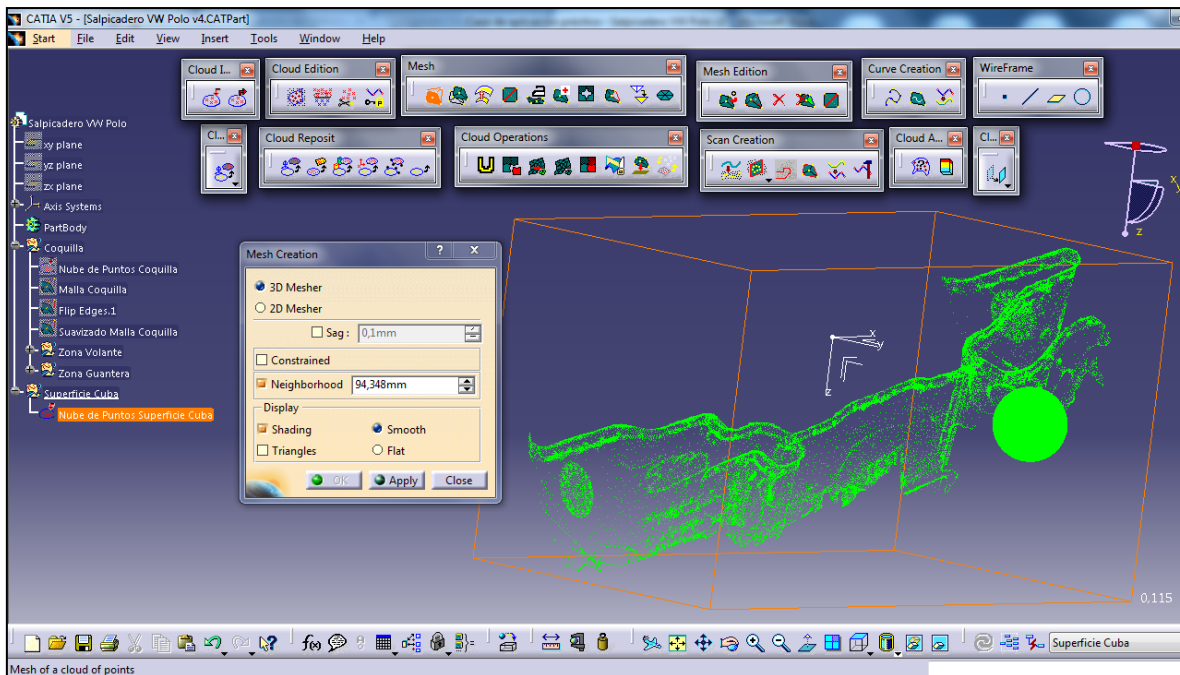


Figura 5.10: Mallado de la coquilla con el valor elegido (20 mm).

- *Display*: aquí se define la forma en la que CATIA V5 visualizará las mallas. Se elige la opción *Shading + Smooth* para obtener una simulación de la superficie con un acabado excelente (*Smooth* simula una superficie suavizando la malla de triángulos).

Para el mallado de la nube de puntos de la superficie de la cuba, se toma el valor que propone CATIA V5 (*Neighborhood* igual a 94.348 mm):





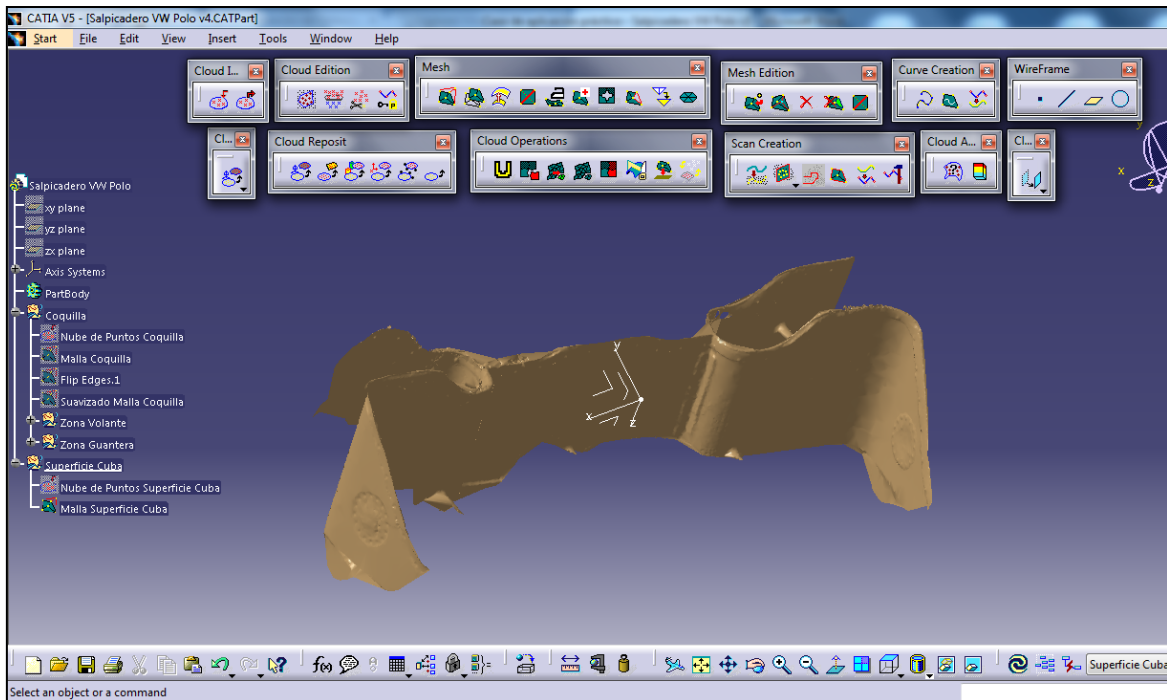


Figura 5.11: Mallado de la superficie de la cuba con el valor propuesto por CATIA V5.

### 5.3. Tratamiento de las mallas

Lamentablemente, el algoritmo que aplica CATIA V5 para triangular no garantiza que se obtenga una malla perfecta. La complejidad de algunas zonas sumada a la escasez de puntos que las definen, pueden provocar que el mallado tenga errores. Estos errores hay que tratar de eliminarlos a través de comandos de CATIA V5 como *Remove*, *Mesh Cleaner*, *Interactive Triangle Creation* o *Fill Holes*.

#### 5.3.1. Zonas a tratar

Se tratarán las mallas completas en las acciones automáticas de CATIA V5 (*Mesh Cleaner* y *Fill Holes*). En las operaciones manuales (*Remove* e *Interactive Triangle Creation*) se centrará la atención en las zonas que son de interés en el trabajo.

En la malla de la coquilla una zona de interés es la zona inferior izquierda del volante y la otra es la zona de la guantera:

- Zona inferior izquierda del volante: es una zona con un número de puntos bastante elevado y por lo tanto está bastante bien definida. Pero hay que destacar que la malla tiene una pequeña zona poco definida en la parte central. También tiene un hueco de pequeño tamaño a la derecha.

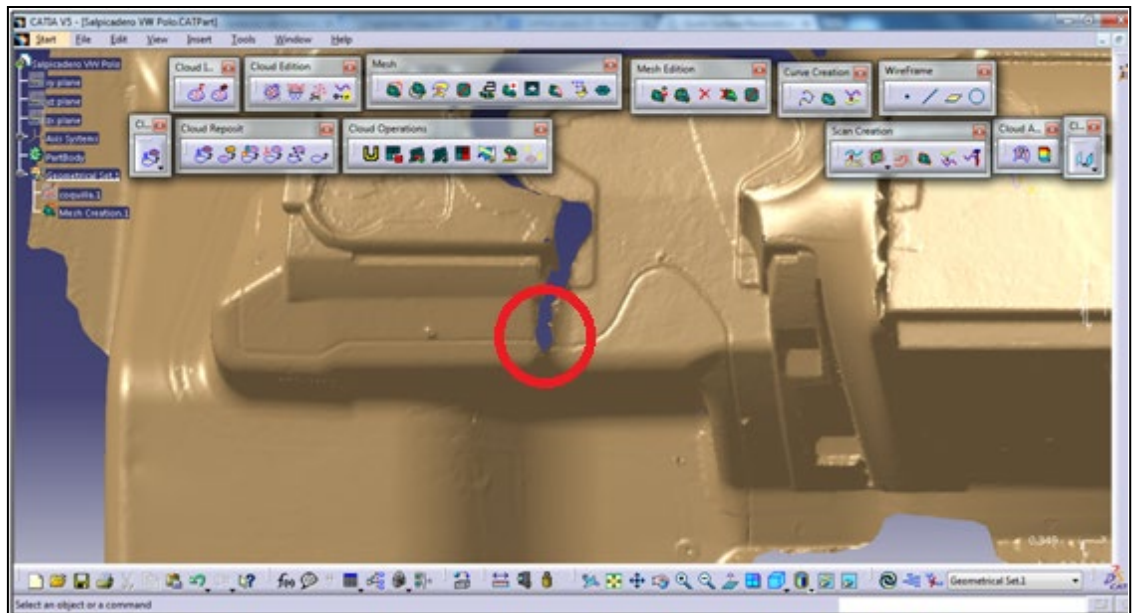


Figura 5.12: Zona poco definida en la parte inferior del volante.

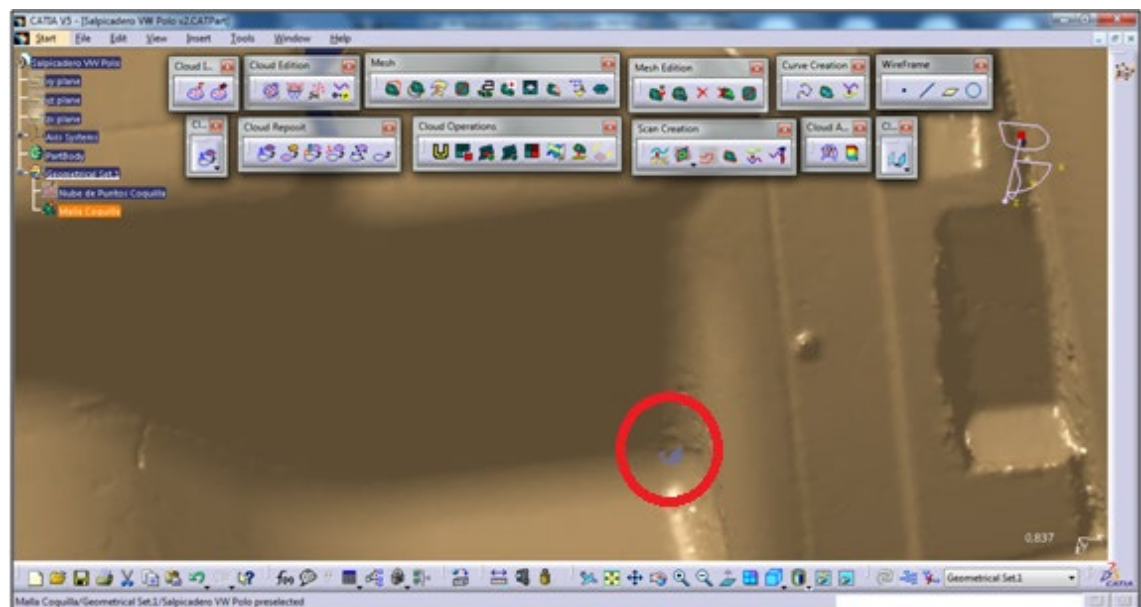


Figura 5.13: Huevo en la parte derecha de la zona inferior del volante.

- Zona de la guantera: es una zona perfectamente definida. Tiene un hueco, pero no tiene mucha importancia. De hecho, este hueco desaparecerá tras realizar la simplificación de la malla con el comando *Decimate*.

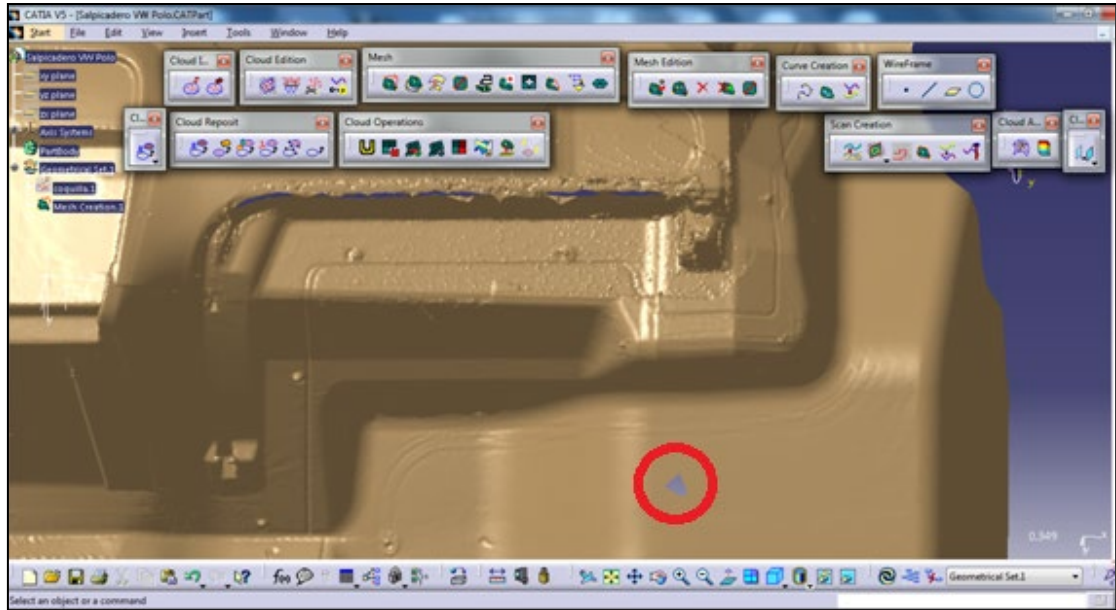


Figura 5.14: Hueco en la coquilla en la parte de la zona de la guantera.

En la malla de la superficie de la cuba no será necesario realizar ninguna operación manual, se corregirá con los comandos automáticos de CATIA V5.

### 5.3.2. Chequeo de las mallas

Para obtener información acerca de las mallas y poder corregir los posibles errores, se puede realizar un pequeño informe inicial a través del comando *Information*.

- Malla de la coquilla:

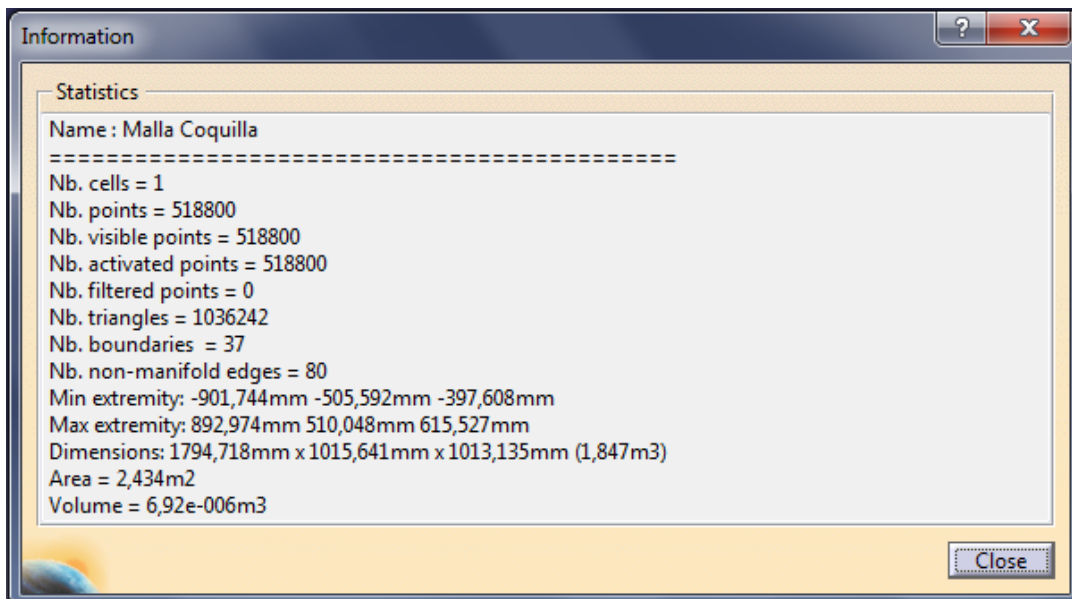


Figura 5.15: Información sobre la malla de la coquilla.

Aquí ya se puede observar, entre otras cosas, que hay 80 aristas *non-manifold* que se deben eliminar.

- Malla de la superficie de la cuba:

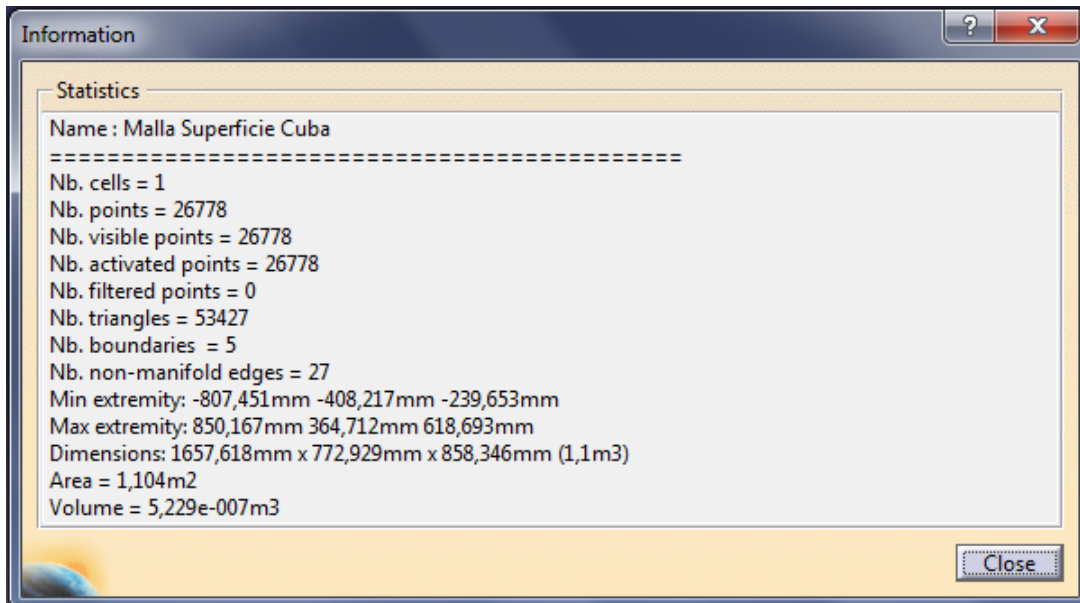


Figura 5.16: Información sobre la malla de la superficie de la cuba.

Se observa que hay 27 aristas *non-manifold* que se deben eliminar.

### 5.3.3. Corrección de errores en el mallado

Puede haber diferentes tipos de defectos o irregularidades en el mallado que pueden ser ocasionados por errores del algoritmo que aplica CATIA V5 para realizar el mallado automático, o por datos erróneos o escasez de los mismos para definir determinadas zonas con una superficie compleja. Estos últimos provocan que la malla no siga la forma de la superficie original y son difíciles de detectar ya que no provocan defectos matemáticos en la malla y no afectan al algoritmo que genera la superficie geométrica. La única manera de detectarlos es teniendo un gran conocimiento de la forma del modelo.

- Triángulos corruptos: son aquellos triángulos que tienen el mismo vértice dos veces. Se pueden eliminar a través del comando *Mesh Cleaner*. En este caso se ha analizado la malla y la conclusión es que no posee ningún triángulo corrupto.

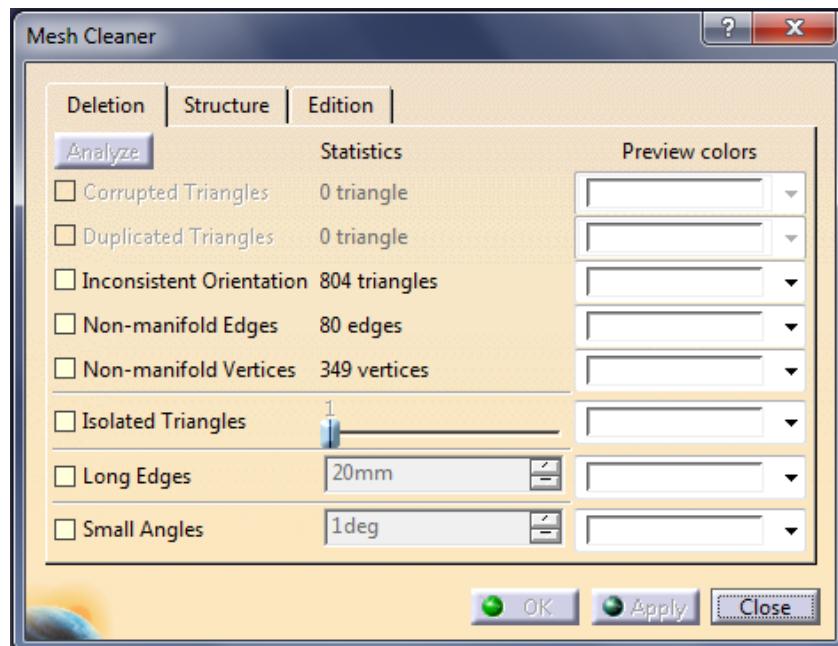


Figura 5.17: Análisis de la malla de la coquilla con el comando *Mesh Cleaner*.

- Triángulos duplicados:** son aquellos triángulos que comparten sus tres vértices con otro triángulo. Se pueden detectar porque CATIA V5 los representa con un cambio de tonalidad de su color respecto a los triángulos contiguos. Las caras vistas de los triángulos tienen una tonalidad distinta.

Una forma automática de eliminarlos es a través del comando *Mesh Cleaner*. En este caso, tras analizar la malla con este comando, se deduce que la malla no contiene ningún triángulo duplicado (figura 5.17).

Si hubiese triángulos duplicados, otra forma de eliminarlos (en este caso manualmente) sería a través del comando *Remove*, escogiendo en *Level* la opción *Triangle*.
- Aristas o bordes que no son variedad bidimensional (bordes *non-manifold*):** este tipo de defectos provocan que se formen triángulos cuyos lados comparten más de dos triángulos. Se pueden detectar porque aparecen de forma aislada y rompen la homogeneidad de la malla. La figura 5.19 muestra una representación donde el lado “a” está compartido por los triángulos 1, 6 y 7, y el lado “b” está compartido por 3, 4 y 7. Esto indica que tanto el lado “a” como el lado “b” son aristas *non-manifold* que hacen que la malla no sea una variedad bidimensional.

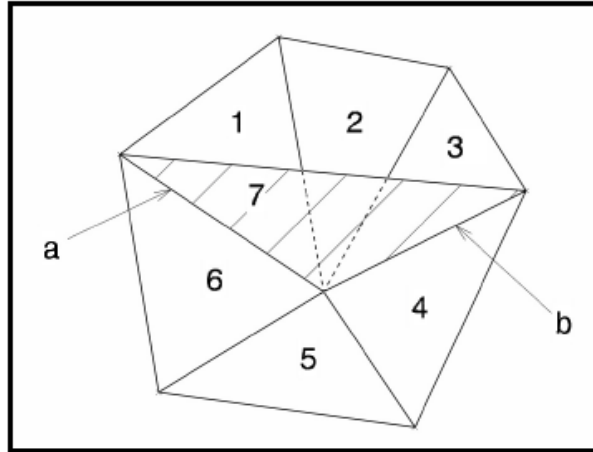


Figura 5.19: Representación de aristas *non-manifold*.

Al igual que los triángulos duplicados, estos triángulos se pueden eliminar manualmente a través del comando *Remove*. Pero una forma automática de eliminar este tipo de defectos es a través del comando *Mesh Cleaner* con la opción *Non-manifold Edges*.

En este caso, la malla posee 80 aristas de este tipo (figura 5.17) que se pueden observar sobre la misma seleccionando la casilla *Non-manifold Edges*:

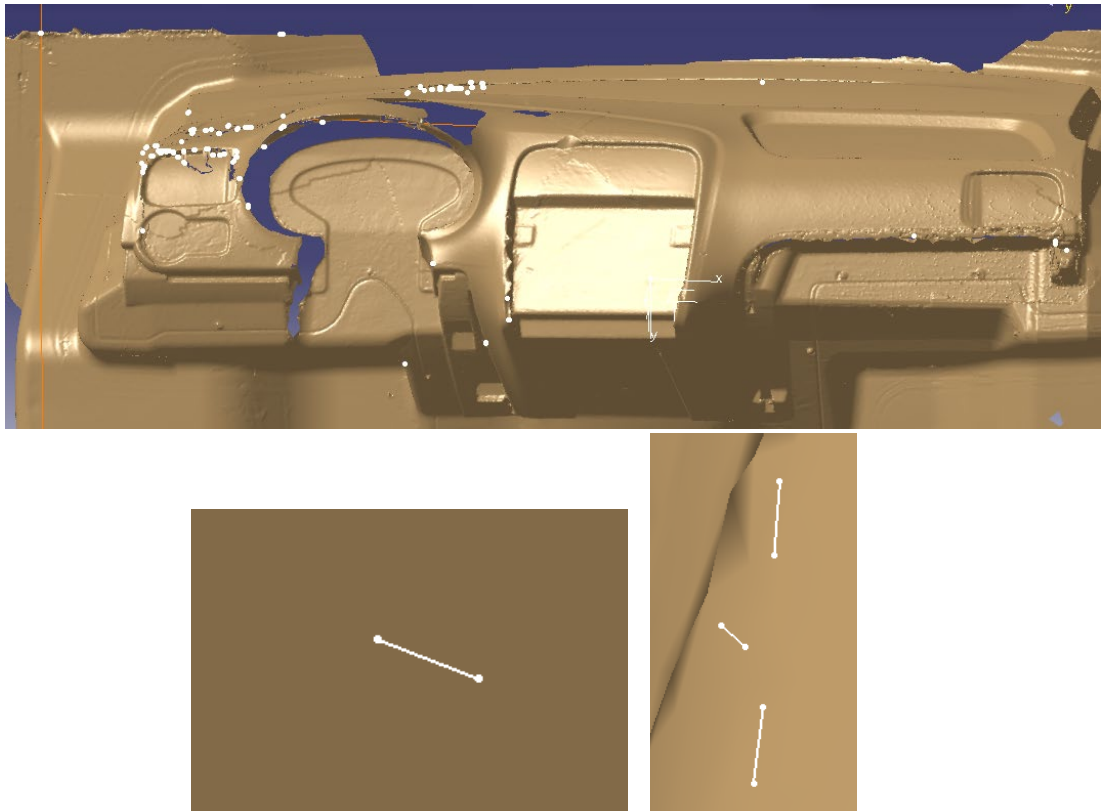


Figura 5.20: Representación de las aristas *non-manifold* de la malla de la coquilla.

Para eliminar dichas aristas, se hace clic en *Apply* las veces que sean necesarias teniendo activada la casilla *Non-manifold Edges*.



- Vértices *non-manifold*: se detectan a través del comando *Mesh Cleaner*. Inicialmente había 349 vértices de este tipo (figura 5.17).

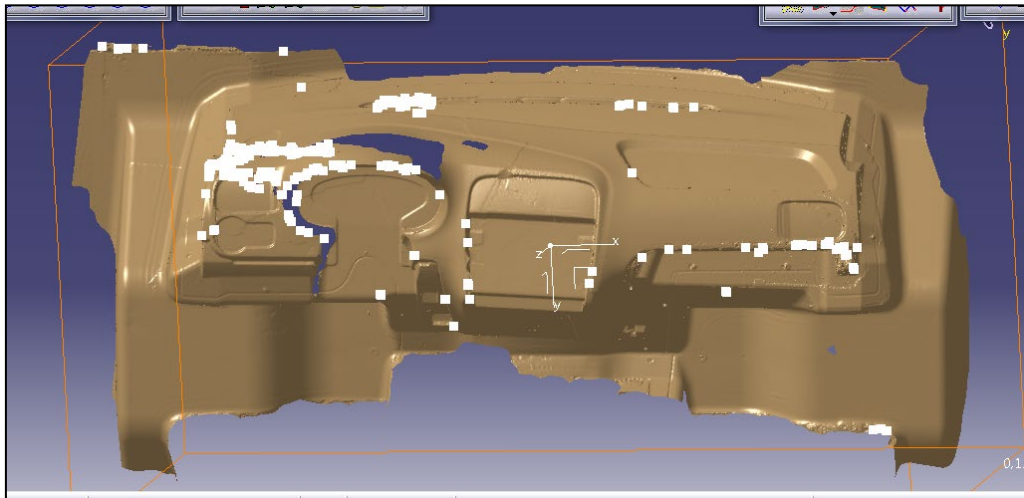


Figura 5.21: Representación de los vértices *non-manifold* de la malla de la coquilla.

Para eliminar estos vértices, se selecciona la casilla *Non-manifold Vertices* y haga clic en *Apply* las veces que sean necesarias.

- Conjunto de triángulos contiguos con normales opuestas: estos triángulos se caracterizan porque, entre ellos, existe una frontera tal, que a un lado y al otro los triángulos tienen normales opuestas. Se detectan claramente porque esta frontera se representa en CATIA V5 como una “costura” en el mallado (figura 5.22). Se deben eliminar todos los triángulos que rodean la “costura”. Para ello se puede utilizar el comando *Mesh Cleaner* que los elimina automáticamente, o el comando *Remove*. Con *Remove* se haría manualmente, por lo que se realiza con el comando *Mesh Cleaner*. Inicialmente había 804 triángulos de este tipo (figura 5.17).

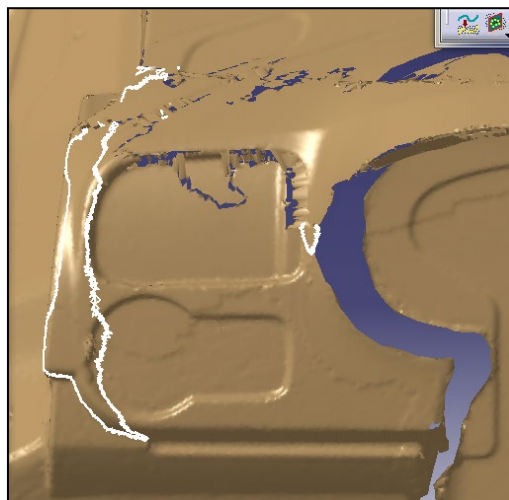


Figura 5.22: Representación de los triángulos contiguos con normales opuestas de la malla de la coquilla.

- **Triángulos mal orientados:** es posible encontrar zonas donde los triángulos no están correctamente orientados y esto provoca que no favorezcan la curvatura que tiene el modelo original. Para corregir estos triángulos una opción automática es reorientar los triángulos a través del comando *Mesh Cleaner*.

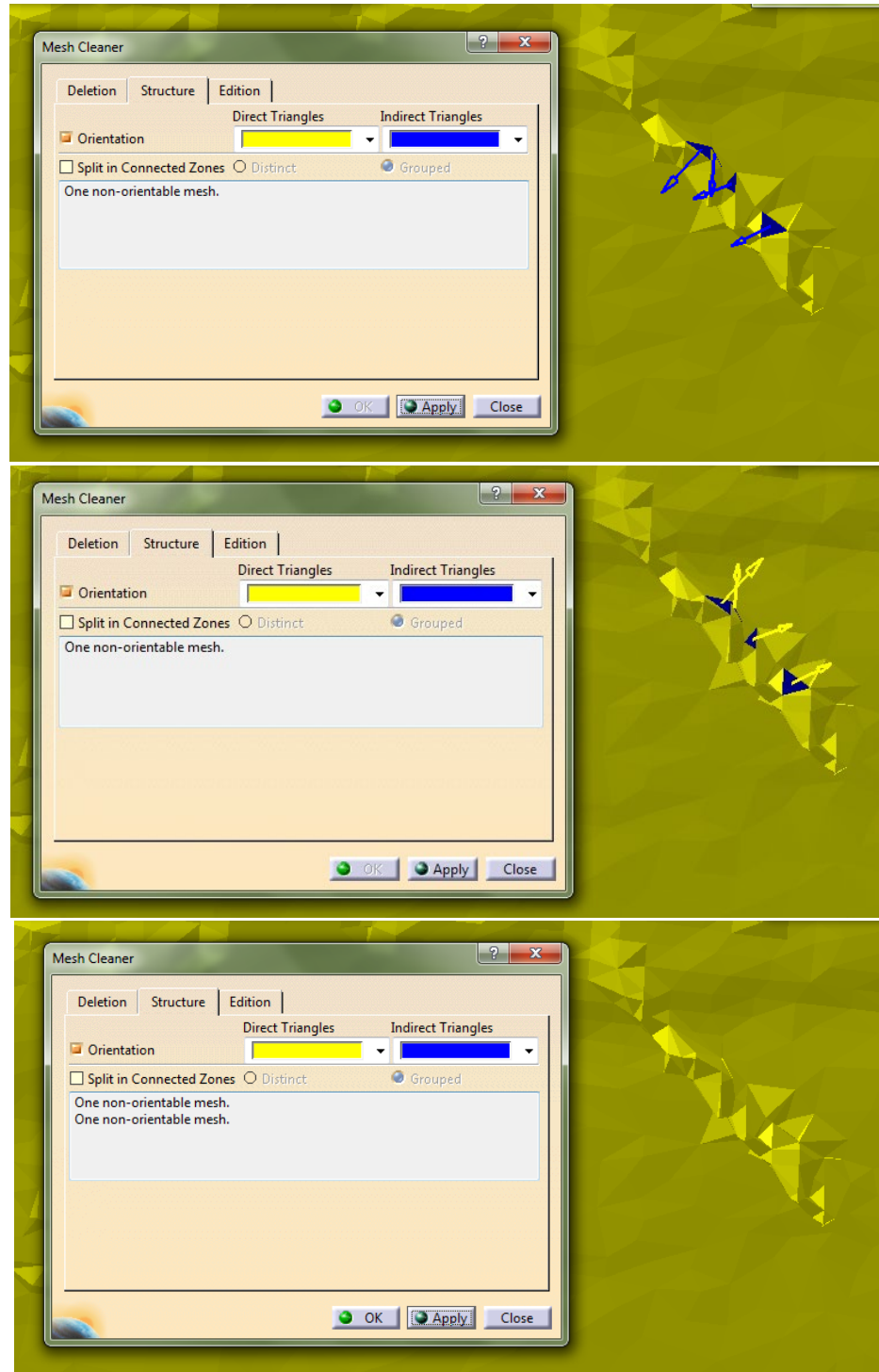


Figura 5.23: Proceso de reorientación de los triángulos mal orientados.



Se haría el mismo proceso para la malla de la superficie de la cuba:

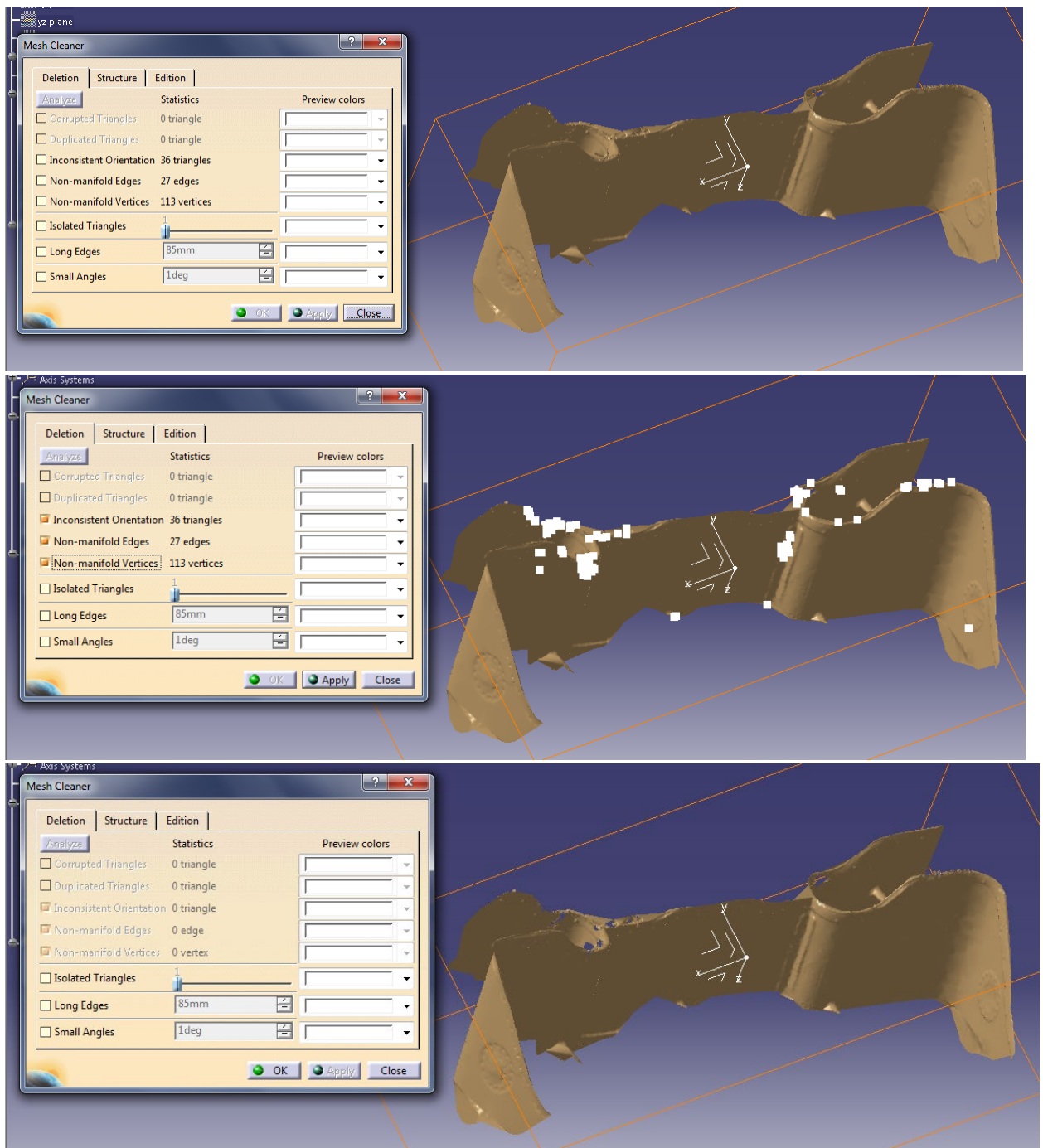


Figura 5.24: Limpieza de la malla de la superficie de la cuba.

### 5.3.4. Simplificación del mallado

A través del comando *Decimate* se consigue reducir el número de triángulos de las mallas, es decir, se consigue realizar un proceso de simplificación de las mallas.

- Para la malla de la coquilla: inicialmente la malla poseía 1 031 423 triángulos y tras aplicar el comando *Decimate* el número de triángulos ha pasado a ser 721 996.

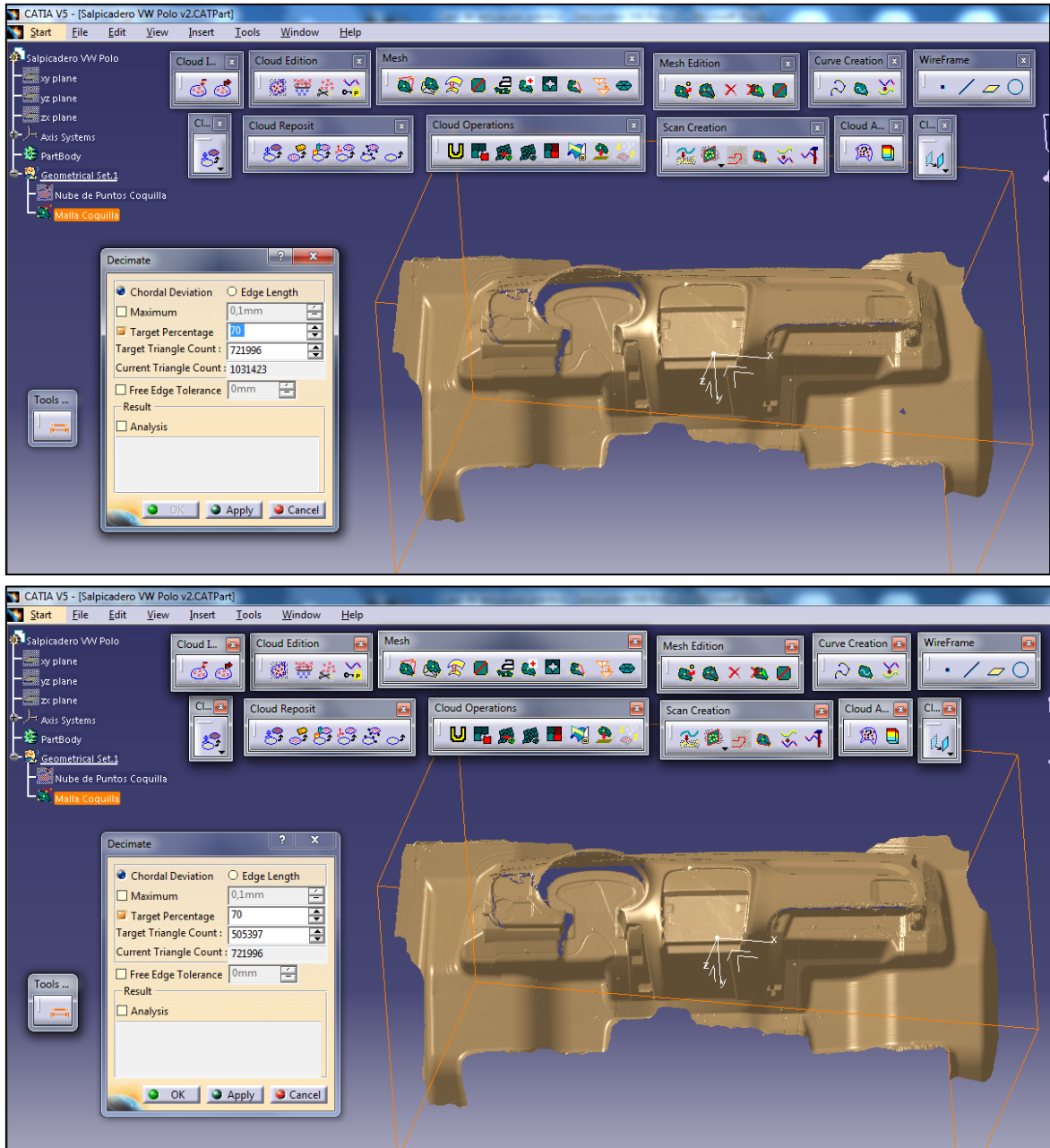


Figura 5.25: Simplificación de la malla de la coquilla.

Tras esta operación de simplificación ha desaparecido el hueco que había en la zona de la guantera.

- Para la superficie de la cuba: se ha pasado de tener 51 984 triángulos a 36 387 triángulos.

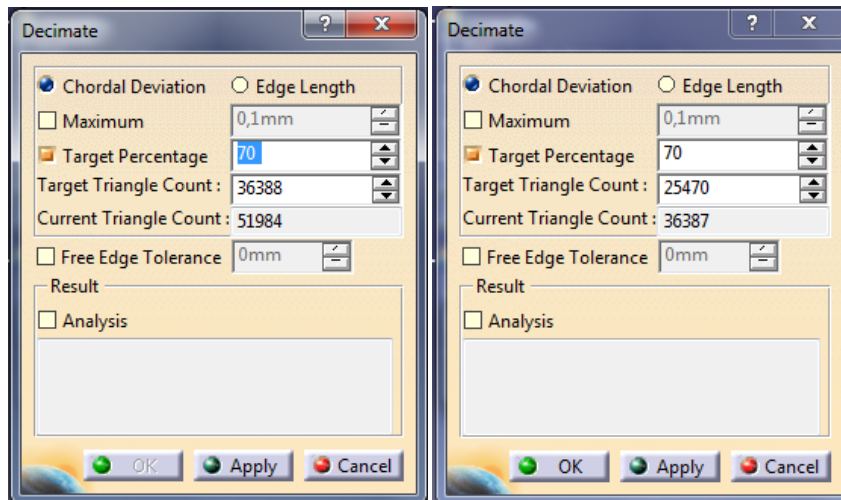


Figura 5.26: Simplificación de la malla de la superficie de la cuba.

### 5.3.5. Tratamiento de zonas escasamente definidas

El mallado automático ha dejado zonas sin triangular debido a la gran distancia entre puntos de dicha zona.

El siguiente paso será completar y cerrar todos los huecos que afecten a las zonas de la malla que van a ser estudiadas.

Atendiendo al tamaño del hueco de la malla y a si se dispone, o no, de puntos en esa zona, se puede hacer la siguiente clasificación:

- Huecos
- Zonas poco definidas
- Zonas sin definir

#### 5.3.3.1. Huecos

El mallado automático y el proceso de limpiar la malla, es decir, de eliminar triángulos defectuosos, ocasionan huecos en la malla que deben ser cerrados. Para este paso se utilizará el comando *Fill Holes* o el comando *Interactive Triangle Creation* atendiendo siempre a la orientación de los triángulos que rodean al hueco y a la curvatura de la superficie en esa zona.

Como tras la simplificación de la malla de la superficie de la cuba ha desaparecido el hueco que había en la zona de la guantera, sólo queda que tratar la parte de la zona del volante. En dicha parte hay un hueco que será tratado a continuación con el comando *Fill Holes*:

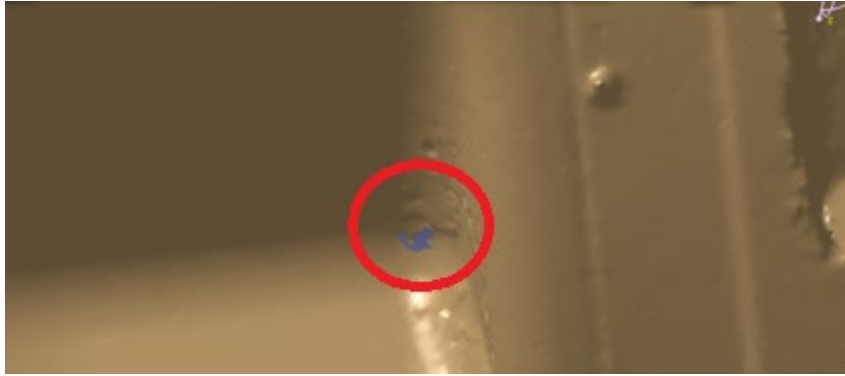


Figura 5.27: Hueco en la zona del volante.

Antes de comenzar, se van a eliminar con *Remove* una serie de triángulos para facilitar posteriormente el proceso de rellenar el hueco:

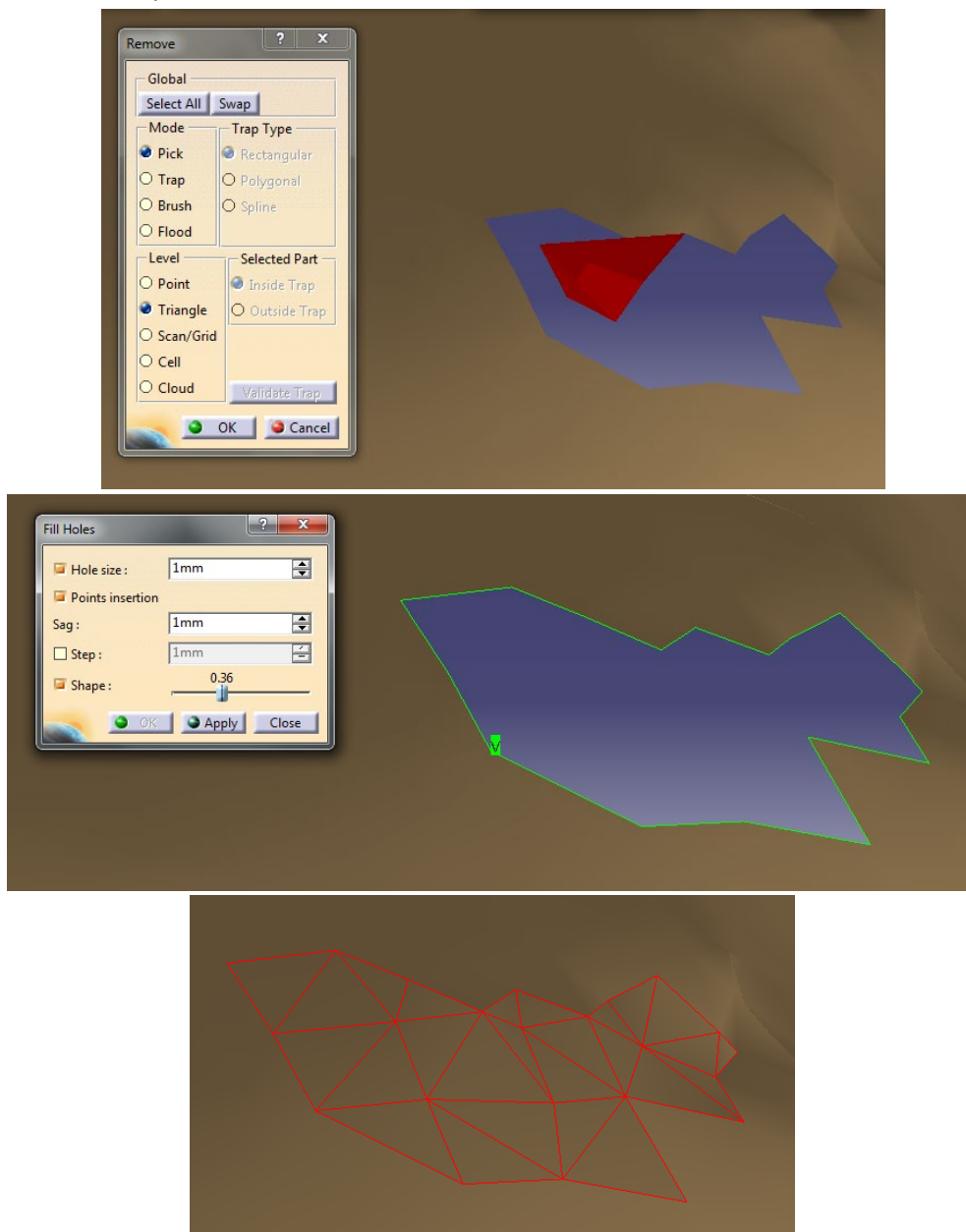


Figura 5.28: Proceso de relleno del hueco de la zona del volante.

Para la superficie de la cuba no se rellenan huecos.

### 5.3.3.2. Zonas poco definidas

Debido a la condición de proximidad (*Neighborhood*) que se le puso al mallado automático, la malla estará sin crear en aquellas zonas donde la distancia entre los puntos supere el valor introducido. Este es, sin duda, el paso que necesita mayor cantidad de tiempo, destreza y recursos del modelista. Usando el comando *Interactive Triangle Creation*, se crearán los triángulos que faltan basándose siempre en el modelo real. Según lo requiera, se irán cogiendo, o desechando, los puntos que den la forma correcta a la malla.

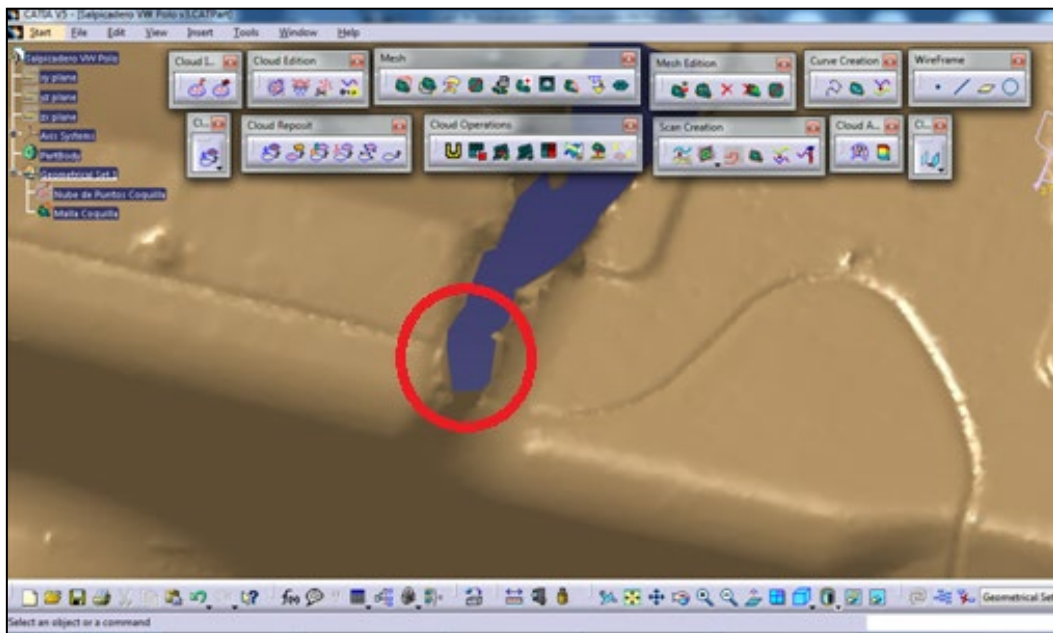
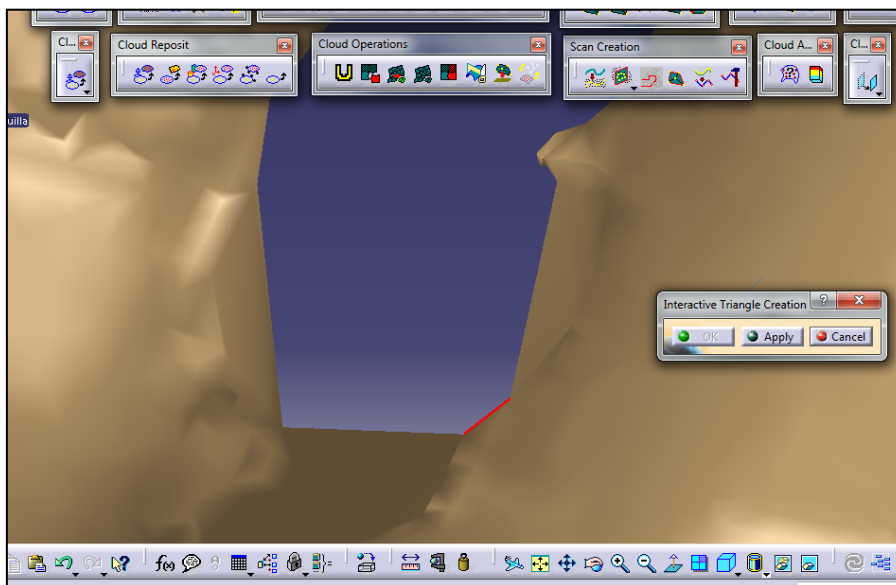


Figura 5.29: Zona poco definida en la parte central de la zona del volante.





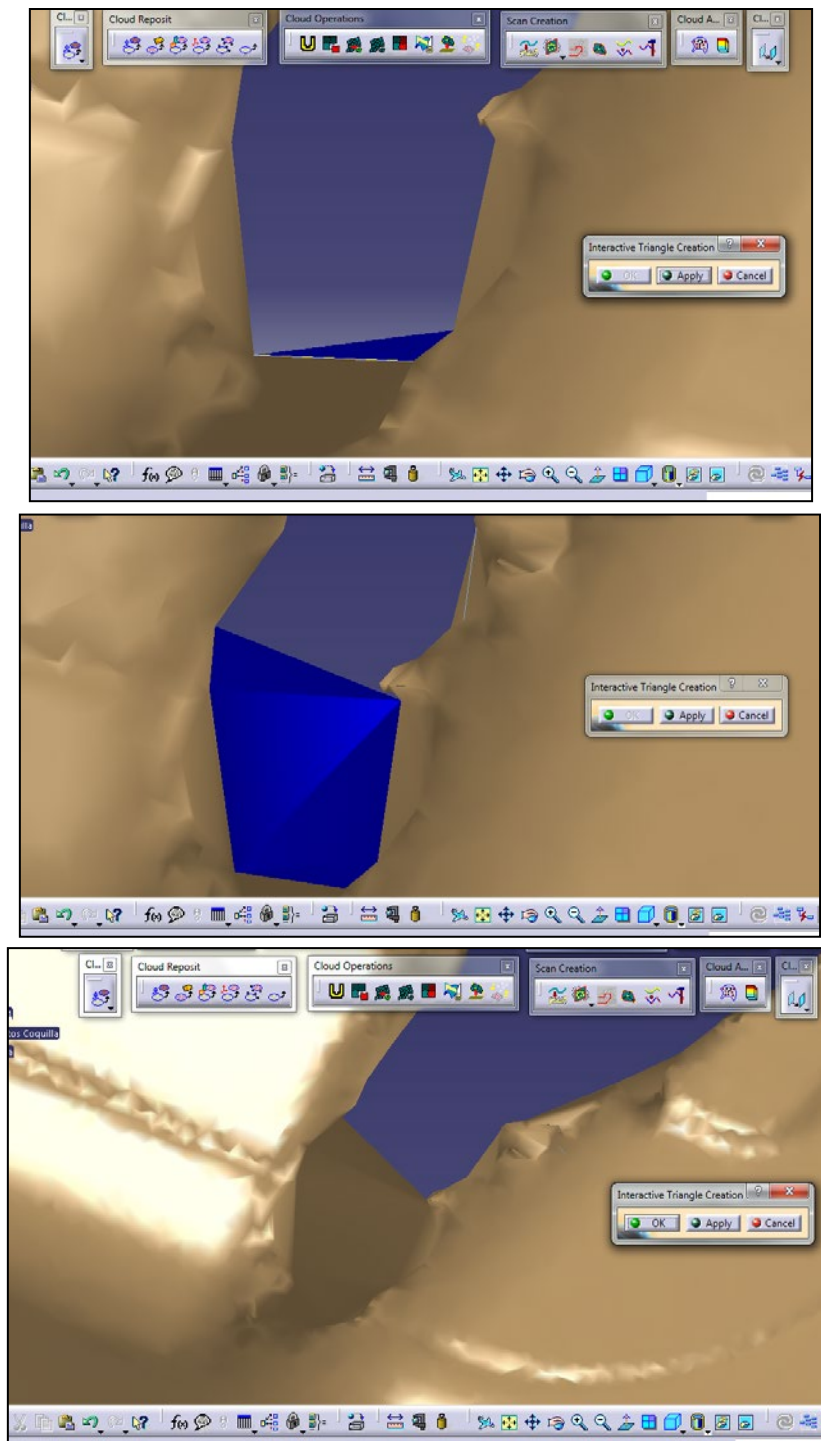


Figura 5.30: Proceso de creación de triángulos de la parte central de la zona del volante.

### 5.3.6. Operaciones de mejora del mallado

Estas operaciones básicamente consisten en el suavizado de la malla y se realizan con los comandos *Flip Edges* y *Mesh Smoothing*.

Se lanza primero el comando *Flip Edges*, con el que se conseguirá un mejor respeto de la forma de la pieza ya que los triángulos se orientarán en la dirección de la forma. Esto es

particularmente importante para las operaciones de fresado que va haber posteriormente a la hora de mecanizar las piezas.

- Para la coquilla:

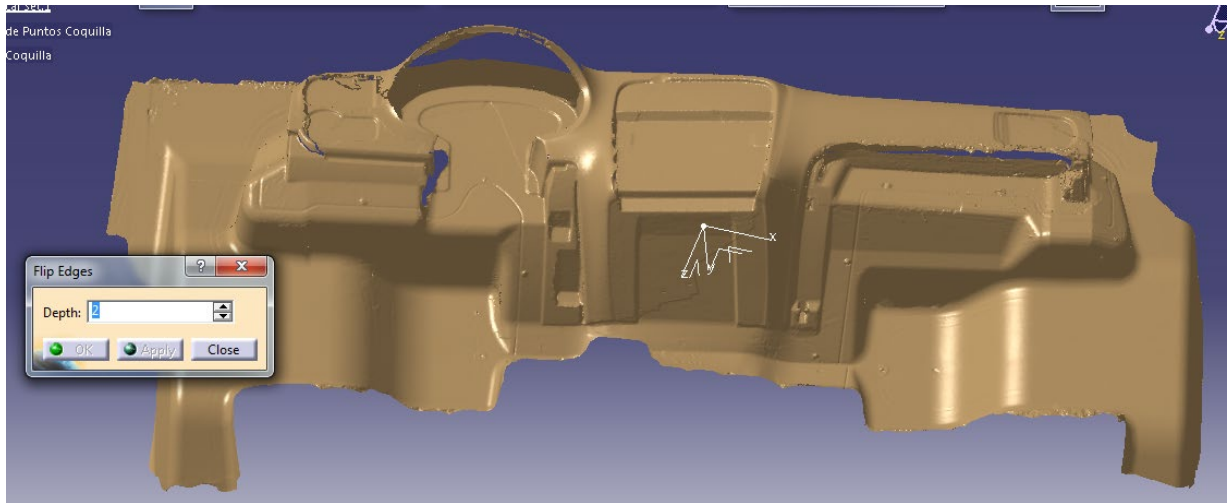


Figura 5.31: Acción del comando *Flip Edges* sobre la malla de la coquilla.

- Para la superficie de la cuba:

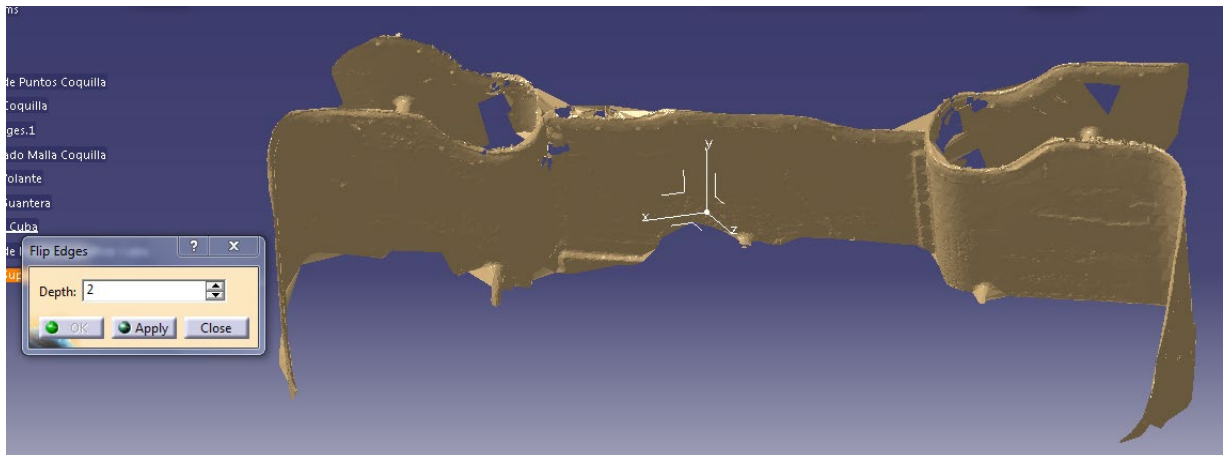


Figura 5.32: Acción del comando *Flip Edges* sobre la malla de la superficie de la cuba.

Tras la acción del comando *Flip Edges*, se realiza un suavizado de ambas mallas con el comando *Mesh Smoothing* en diferentes pasos, con el objetivo de mejorar la calidad de las mallas.

- Para la coquilla:

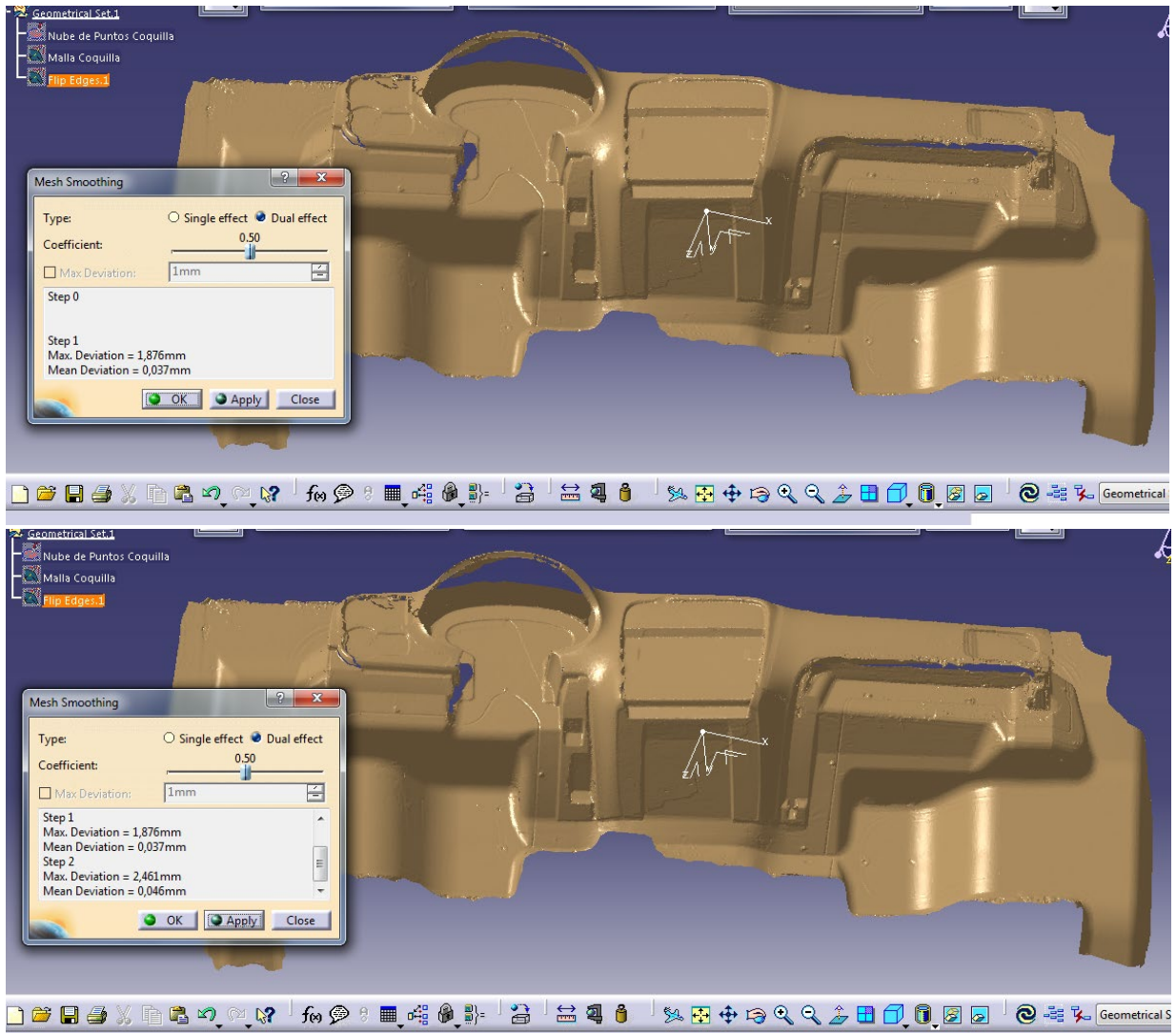


Figura 5.33: Proceso de suavizado de la malla de la coquilla.

- Para la superficie de la cuba

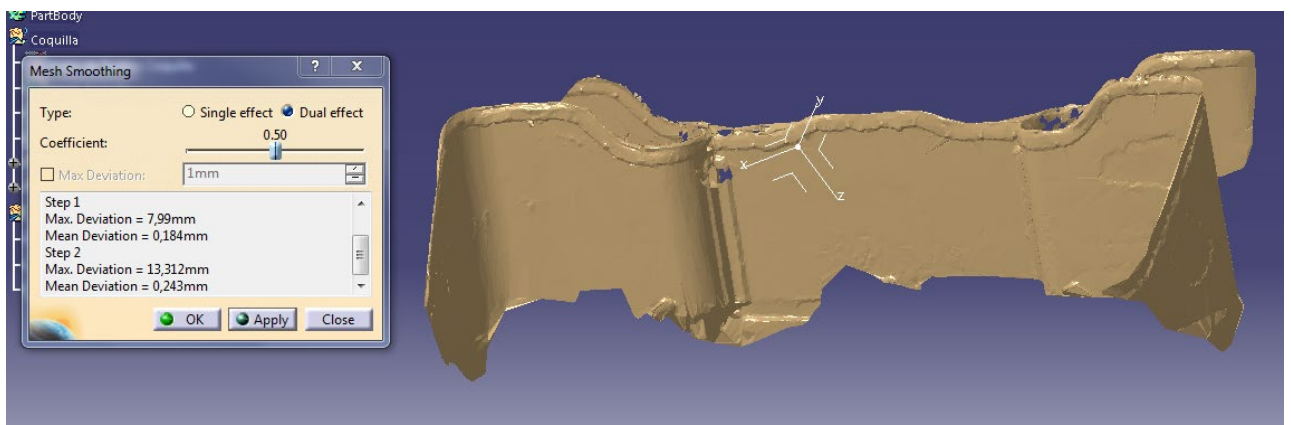



Figura 5.34: Proceso de suavizado de la malla de la superficie de la cuba.



## 5.4. Generación de los contornos

Para realizar la transformación de las zonas de la malla de la coquilla deseadas en superficies geométricas, se usa el módulo de CATIA V5 denominado *Quick Surface Reconstruction*.

El comando que se necesita es *Automatic Surface* . Este comando aplica un algoritmo matemático que transforma la malla en un conjunto de superficies tangentes.

### 5.4.1. Contorno de la pieza de la zona de la guantera

Como la malla completa en sí posee zonas sin conectar, no es posible utilizar directamente el comando *Automatic Surface*, hay que utilizar previamente el comando *Activate* para seleccionar la superficie a reconstruir y con dicha parte seleccionada luego ya se puede crear la superficie a través de *Automatic Surface*.

Se va activando la malla hasta conseguir tener toda la parte deseada:

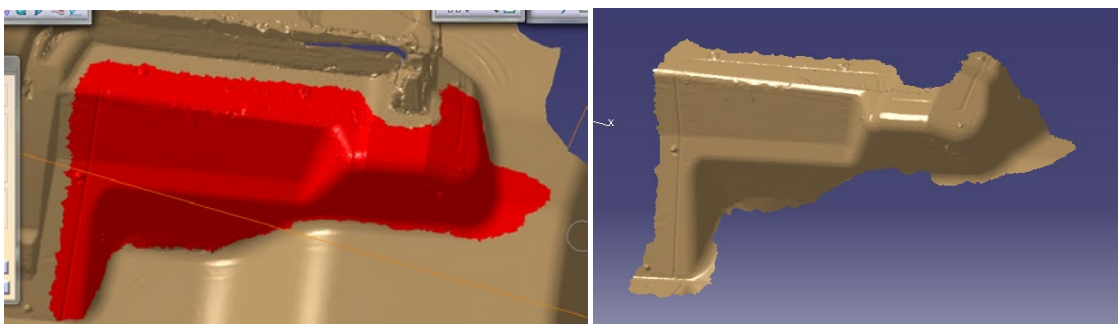
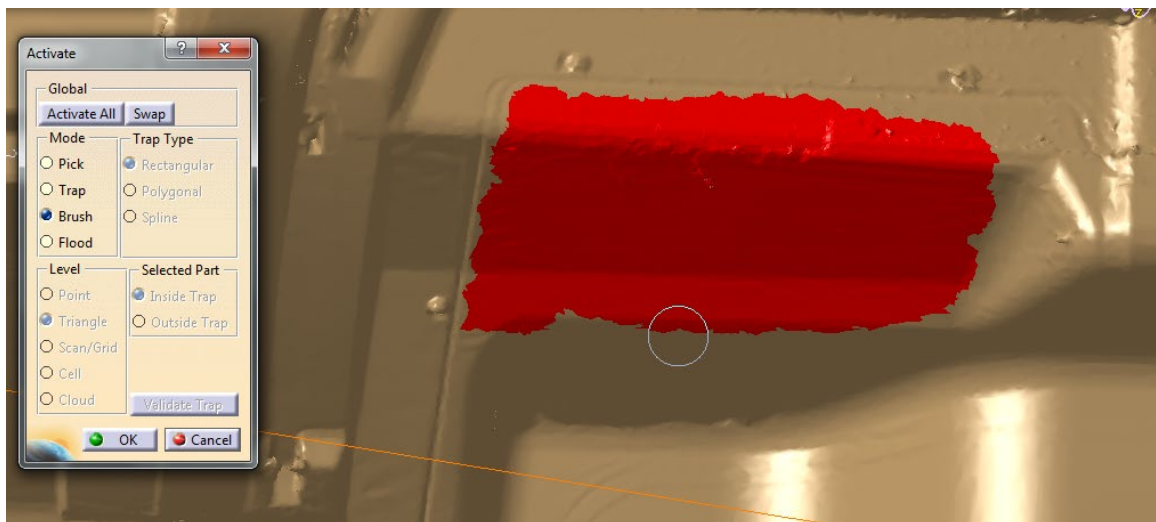


Figura 5.35: Selección de la zona de la guantera mediante *Activate*.

Una vez que está activada la zona de la malla de la coquilla deseada, se lanza el comando *Automatic Surface* para convertir esa parte de la malla en una superficie. Esta superficie será uno de los límites a la hora de obtener el sólido:

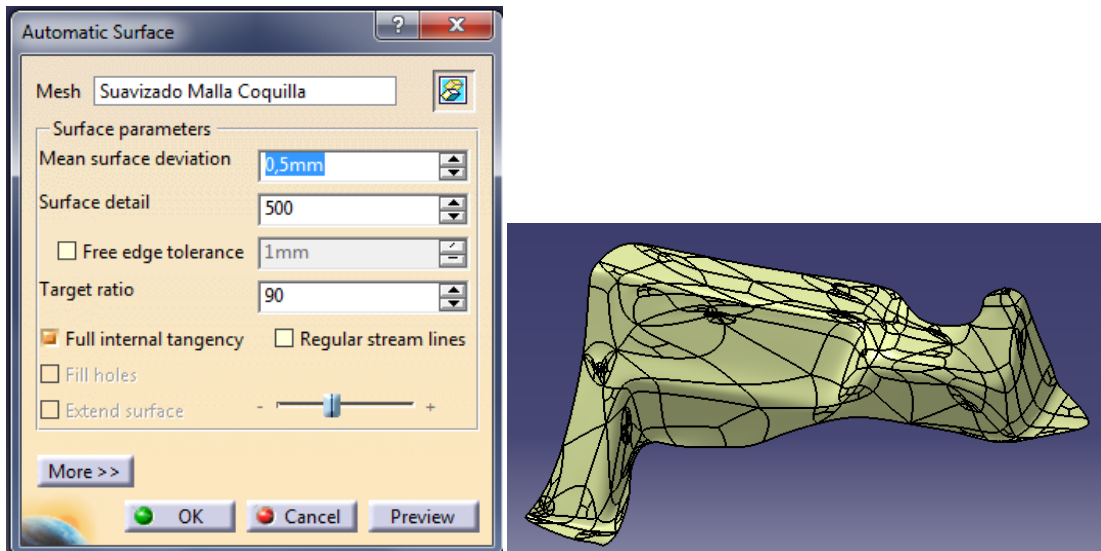

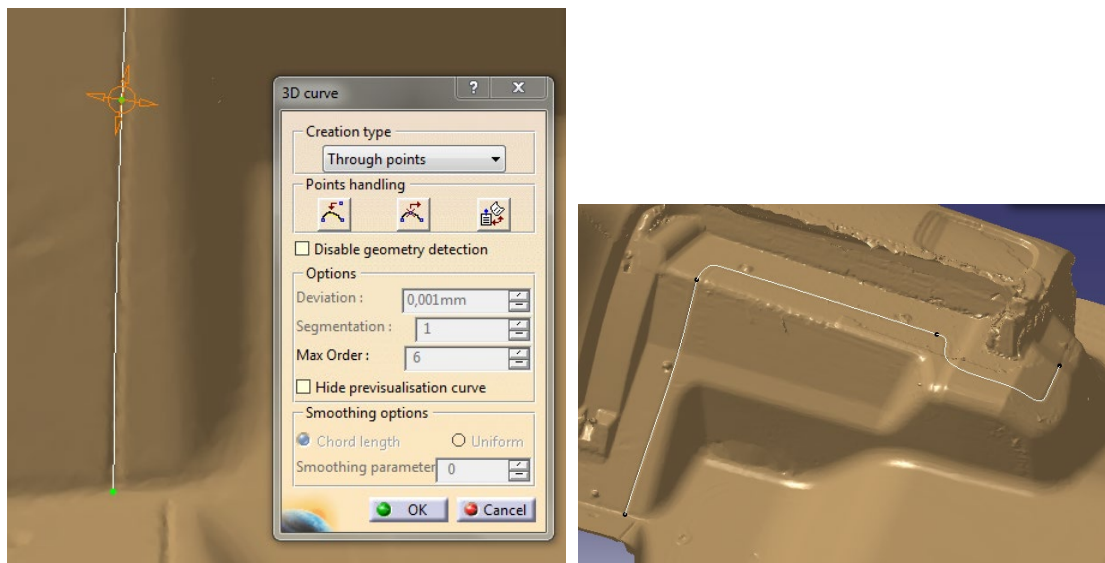


Figura 5.36: Superficie de la zona de la guantero obtenida mediante *Automatic Surface*.

El siguiente paso es crear curvas 3D a partir del comando *3D Curve*  sobre la hendidura de la malla, que es la que marca uno de los límites del contorno:



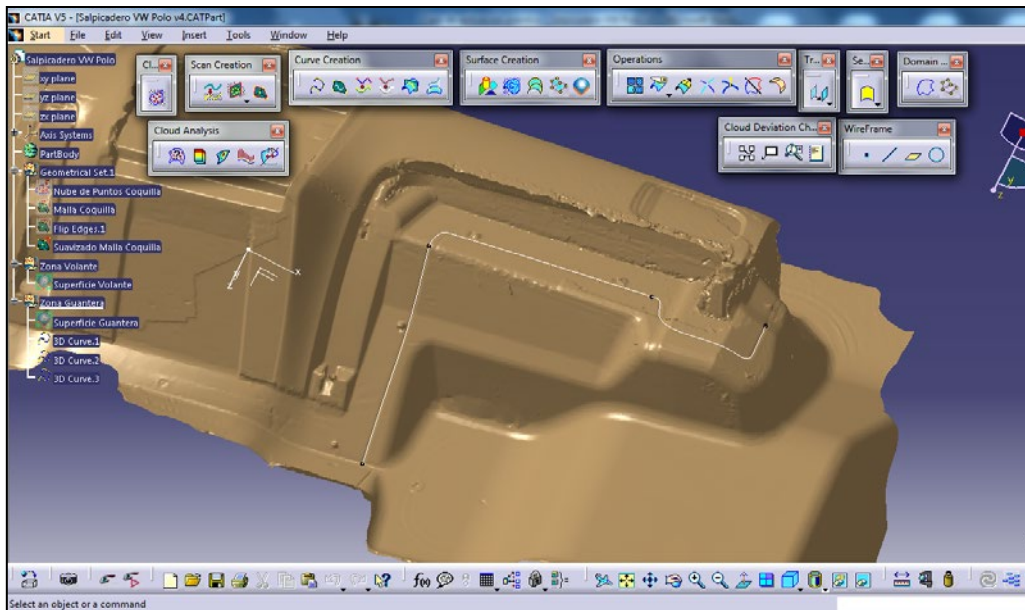



Figura 5.37: Curvas 3D creadas sobre la hendidura de la zona de la guantera.

Ahora se van a unir estas curvas a través del comando *Join* :

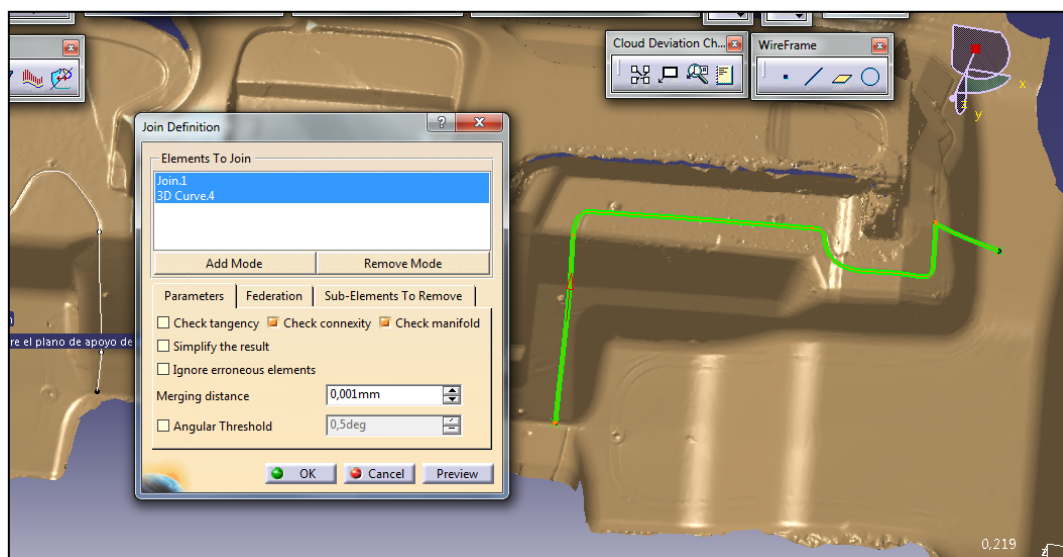



Figura 5.38: Unión de las curvas 3D de la zona de la guantera mediante el comando *Join*.

Lo siguiente es crear un plano mediante el comando *Basic Surface Recognition* . Lo que se hace es activar la zona plana de la malla en la que se quiere crear el plano y, si efectivamente la superficie seleccionada es un plano, CATIA directamente reconoce que es un plano y lo crea automáticamente:

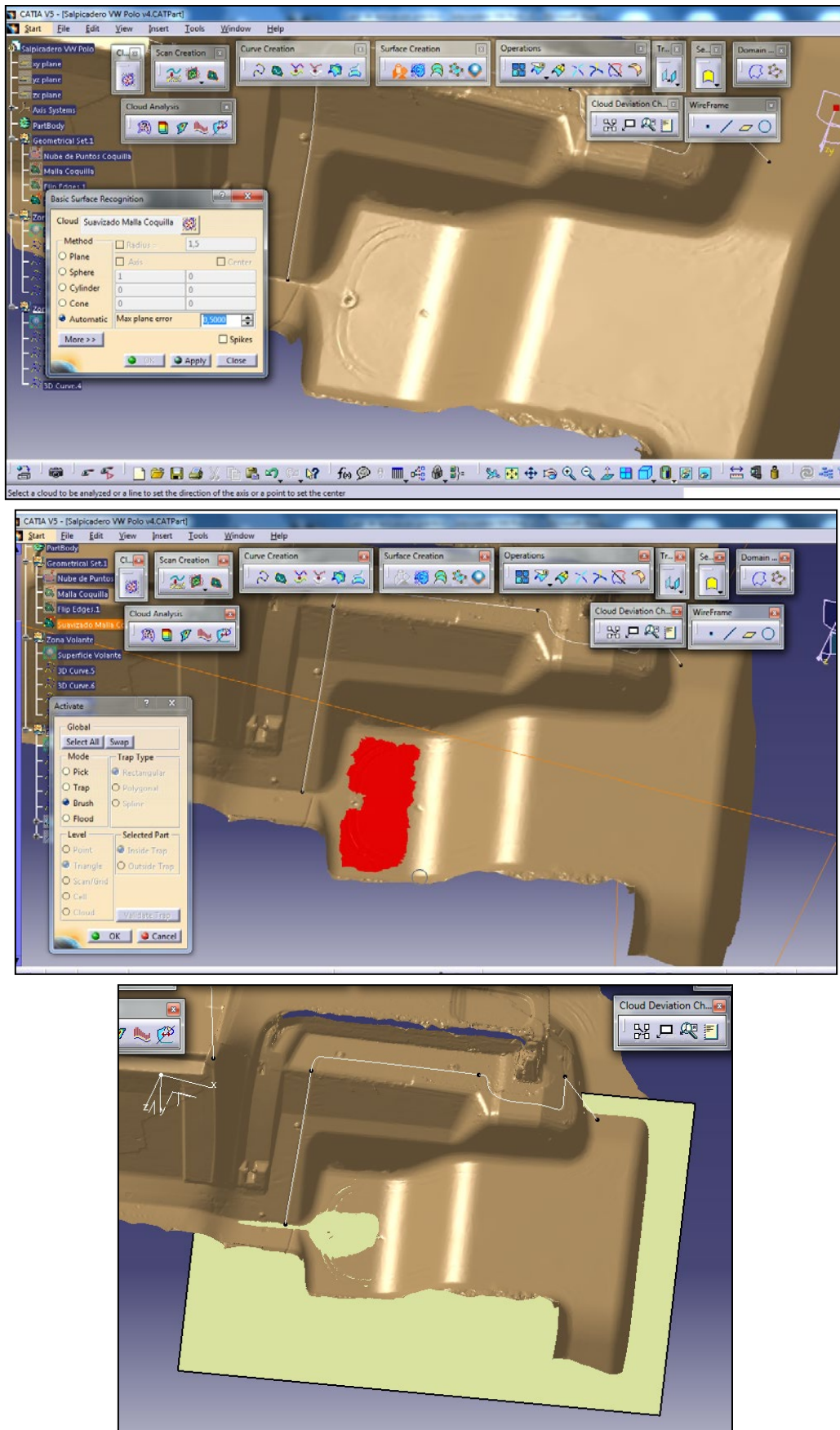



Figura 5.39: Proceso de creación del plano de apoyo de la zona de la guantera.



Se desplaza dicho plano 3 cm hacia abajo a través del comando *Translate*  para evitar posibles problemas posteriores a la hora de acoplar la pieza diseñada:

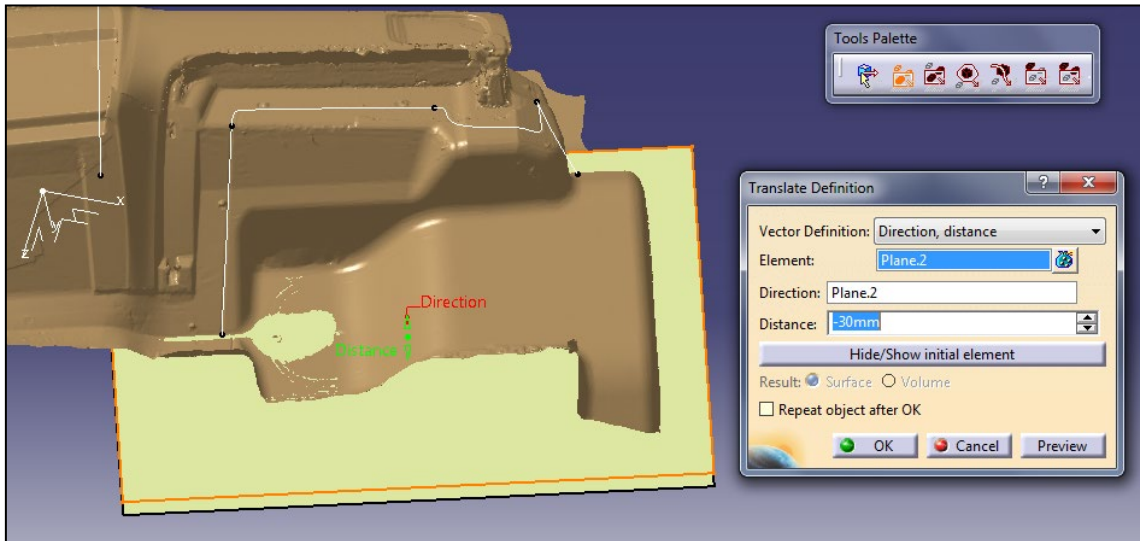

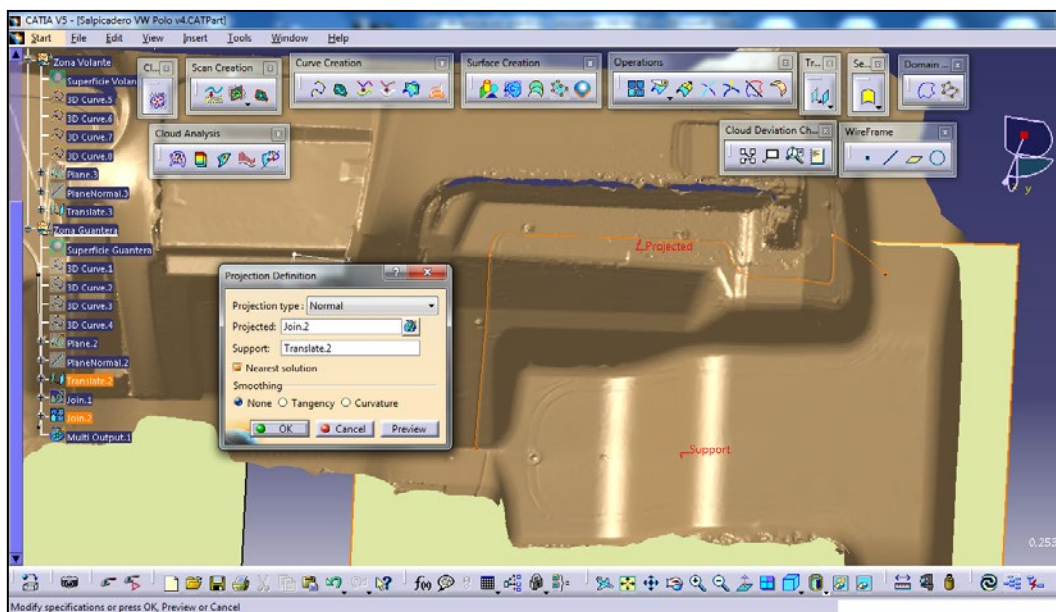


Figura 5.40: Creación del plano desplazado del plano de apoyo de la zona de la guantera.

El siguiente paso es proyectar la unión (*Join*) de las curvas 3D creada anteriormente sobre el plano desplazado a través del comando *Projection* :



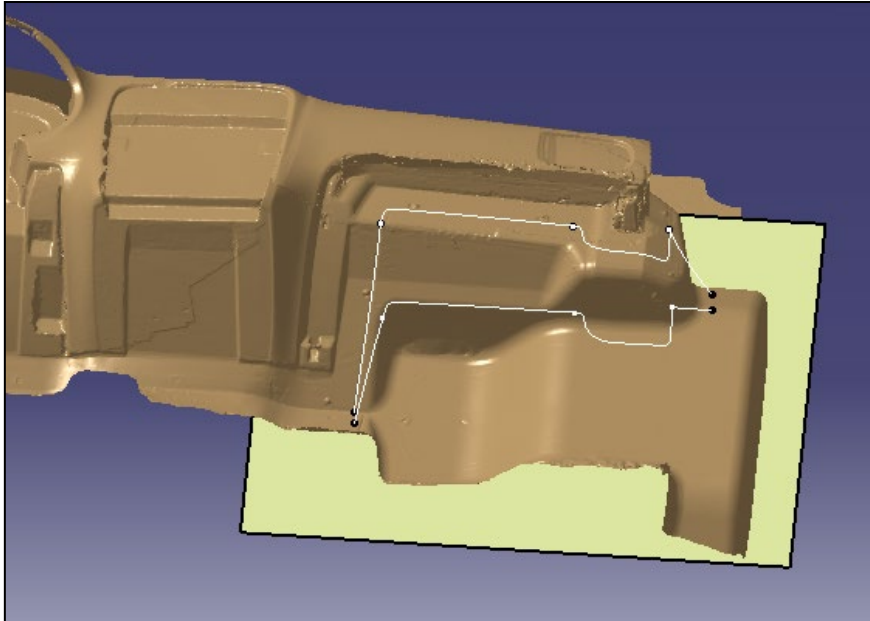


Figura 5.41: Proyección de la unión de las curvas 3D sobre el plano de apoyo desplazado.

### 5.4.2. Contorno de la pieza de la zona del volante

Se va activando la malla hasta conseguir tener toda la parte deseada:

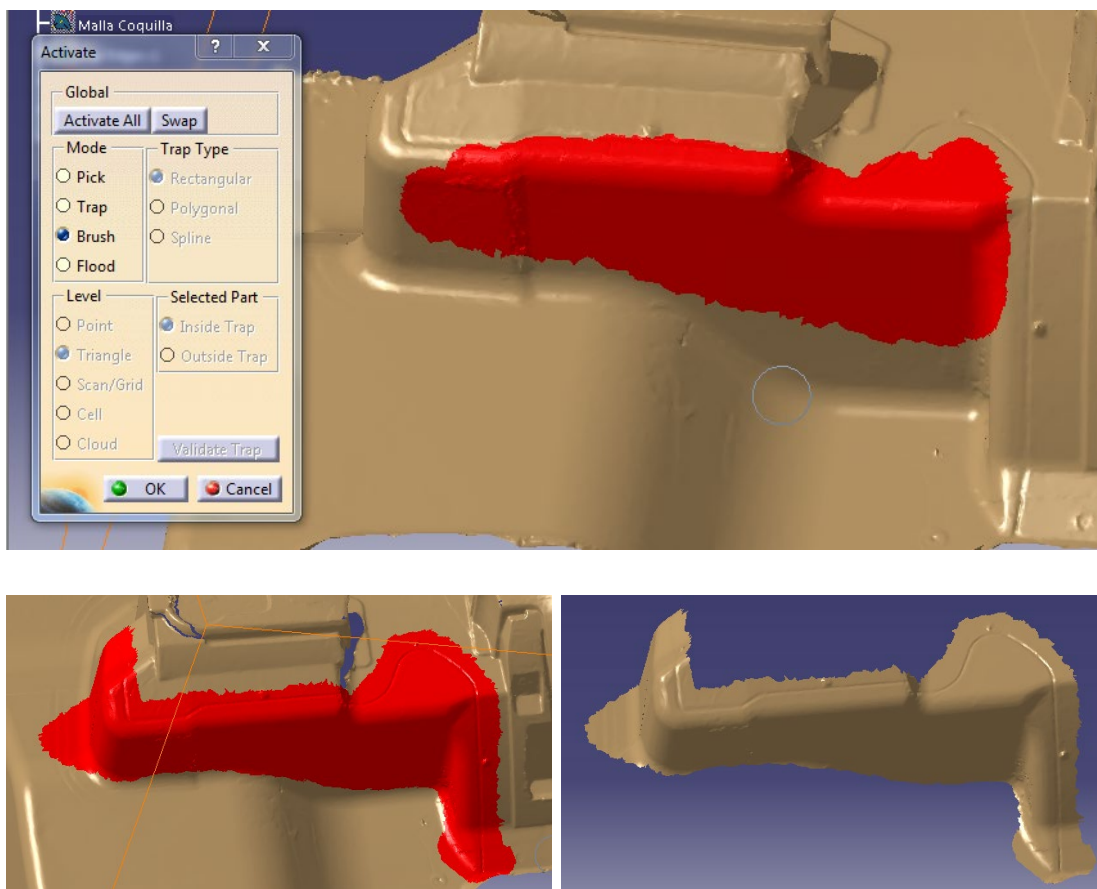


Figura 5.42: Selección de la zona del volante mediante *Activate*.

Una vez que está activada la zona de la malla de la coquilla deseada, se lanza el comando *Automatic Surface* para convertir esa parte de la malla en una superficie. Esta superficie será uno de los límites a la hora de obtener el sólido:

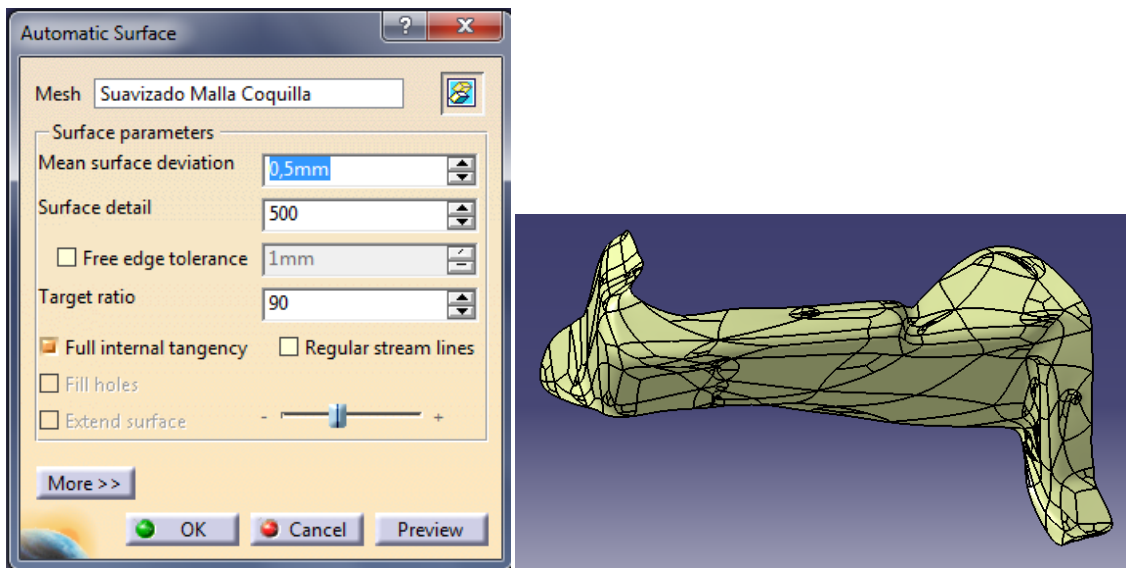

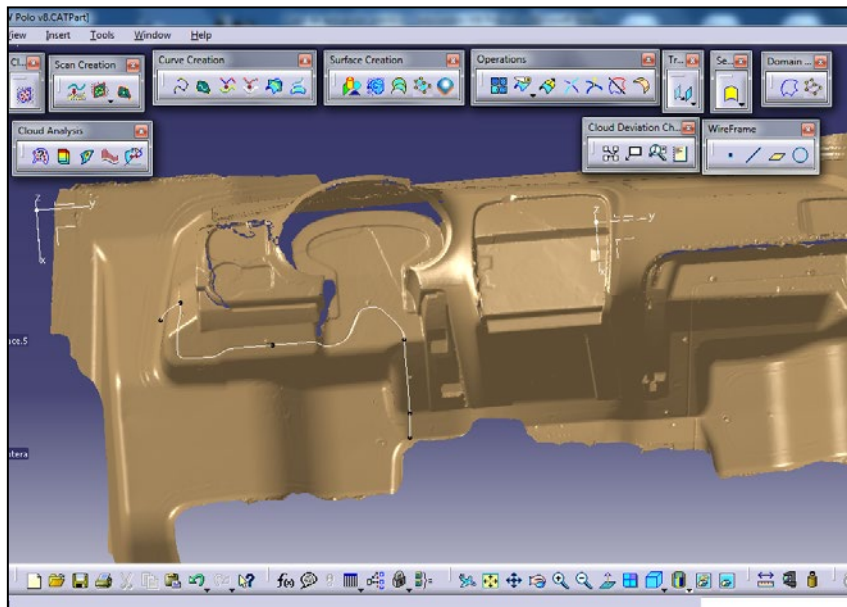


Figura 5.43: Superficie de la zona del volante obtenida mediante *Automatic Surface*.

El siguiente paso es crear curvas 3D a partir del comando *3D Curve*  sobre la hendidura de la malla, que es la que marca uno de los límites del contorno:



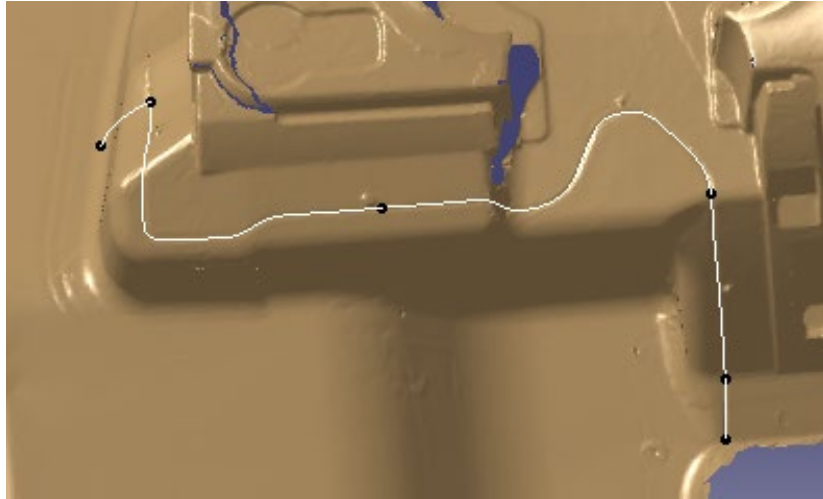



Figura 5.44: Curvas 3D creadas sobre la hendidura de la malla en la zona del volante.

Ahora se van a unir estas curvas a través del comando *Join* .

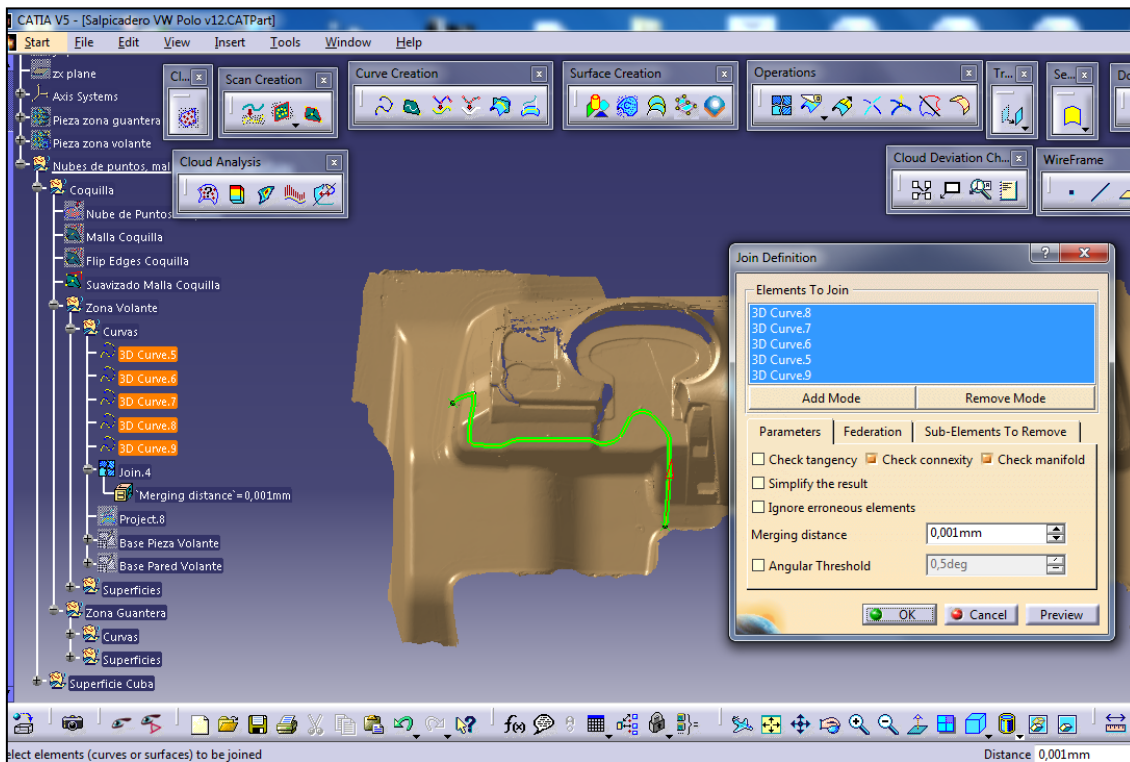

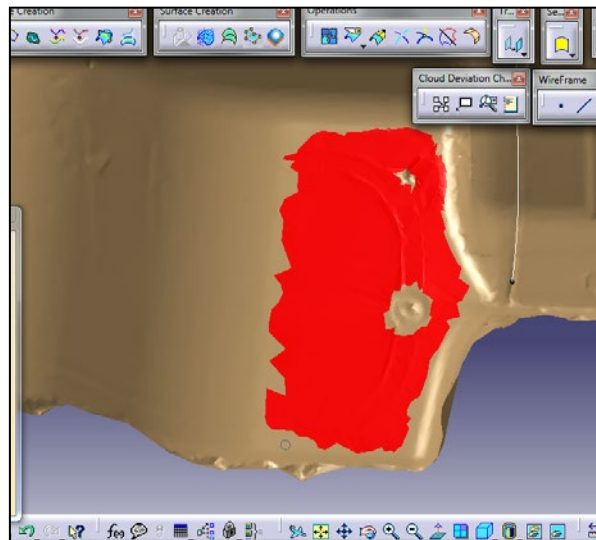
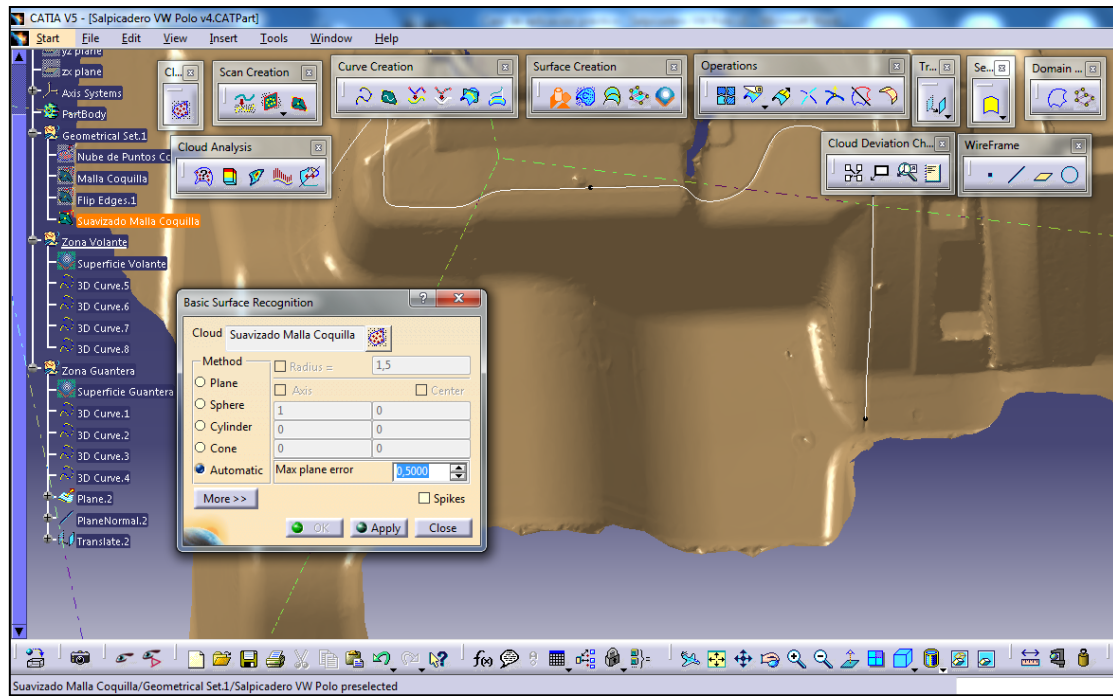


Figura 5.45: Unión de las curvas 3D creadas en la zona del volante.

El siguiente paso es crear un plano mediante el comando *Basic Surface Recognition* . Lo que se hace es activar la zona plana de la malla en la que se quiere crear el plano y si efectivamente la superficie seleccionada es un plano, CATIA directamente reconoce que es un plano y lo crea automáticamente:





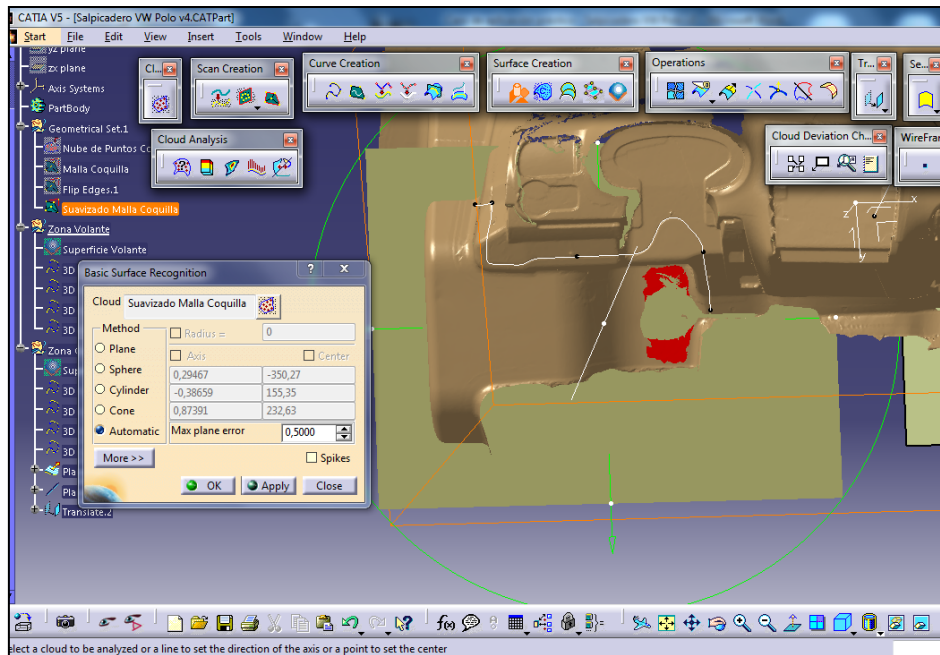



Figura 5.46: Proceso de creación del plano de apoyo de la zona del volante.

Se desplaza el plano 3 cm hacia abajo a través del comando *Translate*  para evitar posibles problemas posteriores a la hora de acoplar la pieza diseñada:

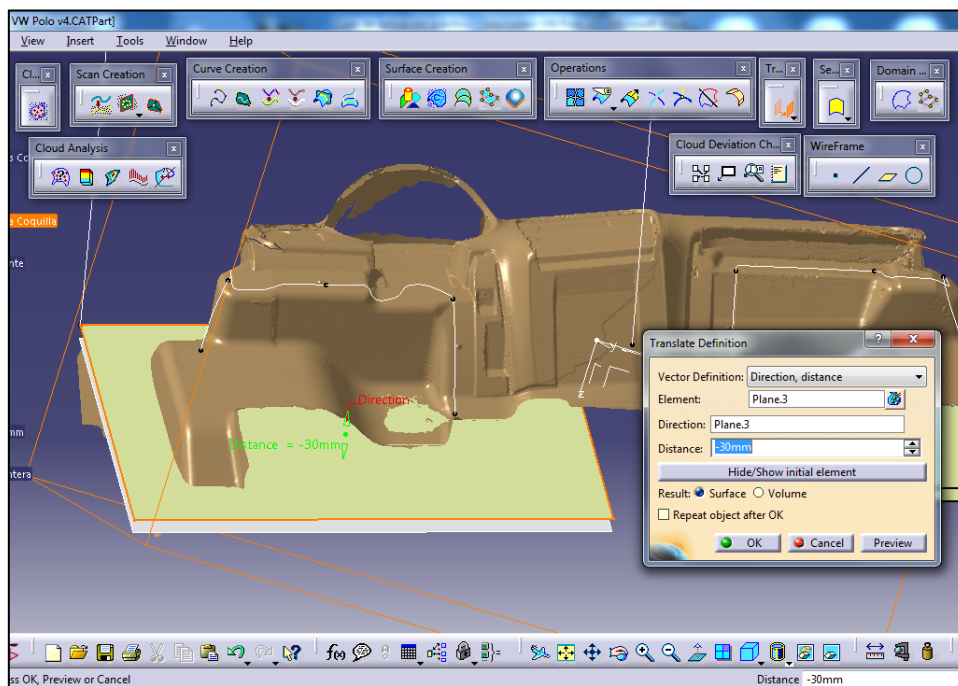



Figura 5.47: Creación del plano desplazado del plano de apoyo de la zona de la guantera.

Se proyecta la unión (*Join*) de las curvas 3D a través del comando *Projection*  sobre el plano desplazado calculado anteriormente:

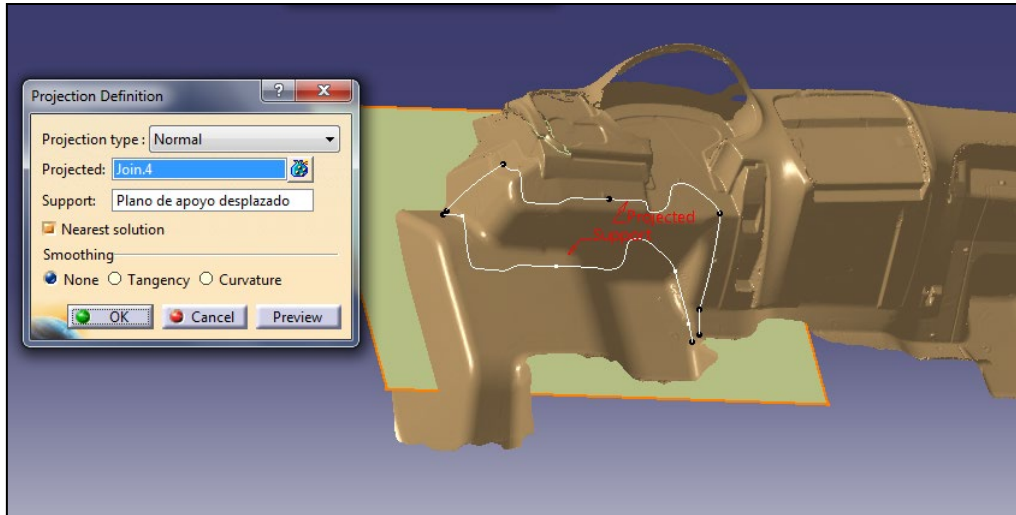


Figura 5.48: Proyección de la unión de las curvas 3D sobre el plano de apoyo desplazado.

Ahora ya, con las curvas proyectadas en los planos desplazados de ambas zonas y con las superficies basadas en la coquilla obtenidas a través del comando *Automatic Surface*, se tiene el límite de los sólidos a crear respecto a la coquilla.

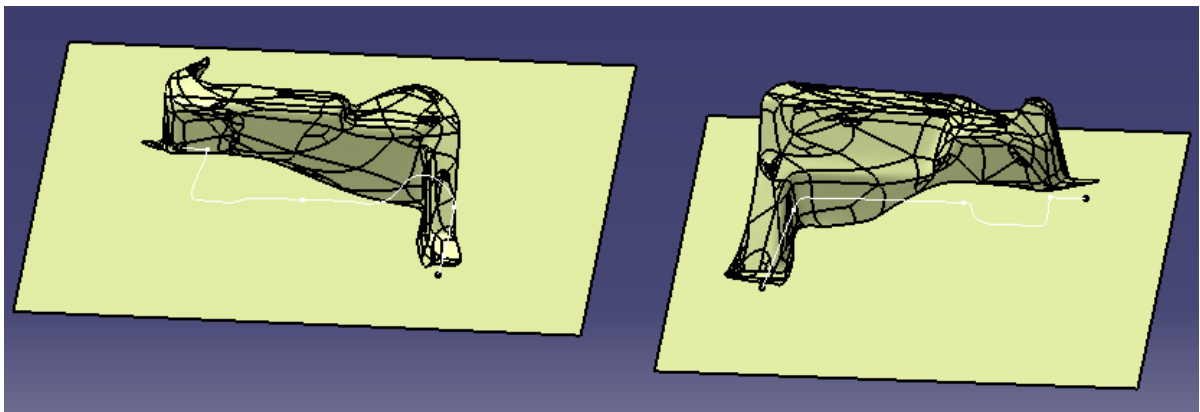


Figura 5.49: Límites para crear los sólidos respecto a la coquilla.

A continuación se ha de trabajar con la superficie de la cuba, con el objetivo de sacar la curva intersección entre la superficie de la cuba y los planos desplazados calculados anteriormente. De esta manera se tendrá el límite de los sólidos respecto a la cuba. Para ello, se van a crear las superficies en las que está dicha intersección activando la zona de la malla correspondiente con el comando *Activate* y posteriormente usando el comando *Automatic Surface*.

- Para el lado del volante:

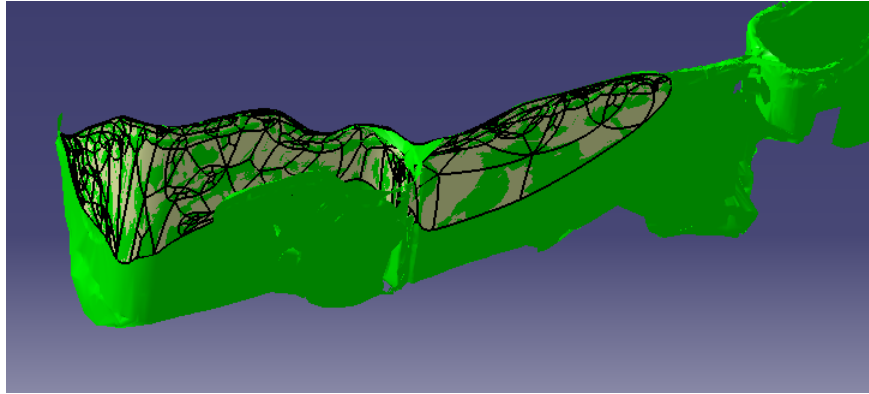


Figura 5.50: Superficie de la cuba de la zona del volante.

- Para el lado de la guantera:

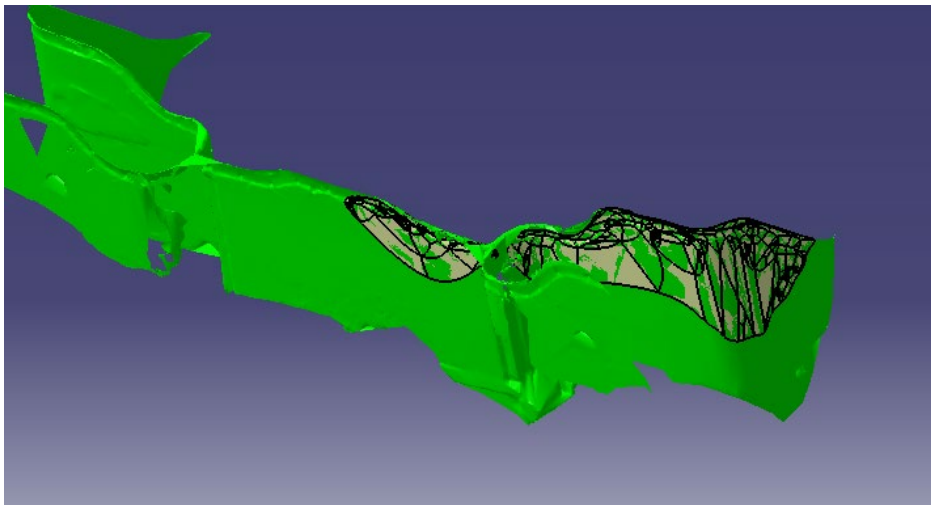

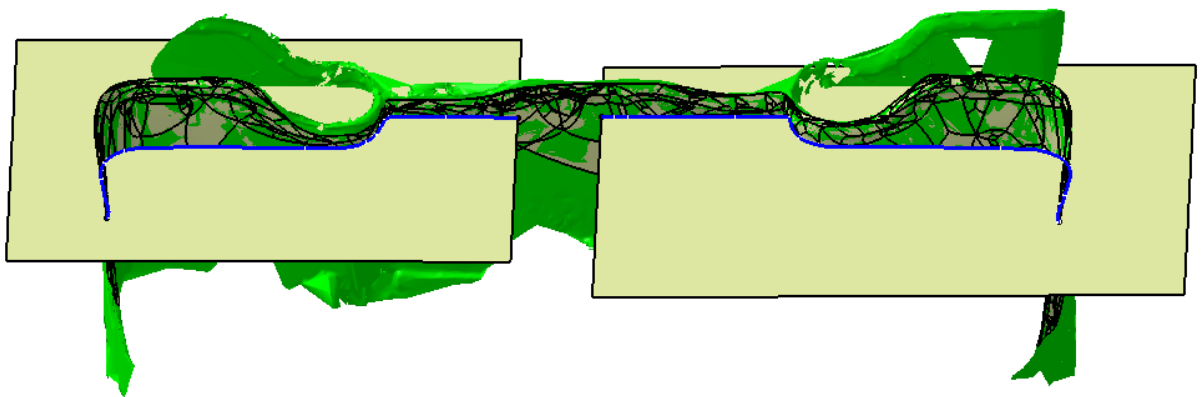


Figura 5.51: Superficie de la cuba de la zona de la guantera.

Con ambas superficies creadas, ahora se calcula la intersección con los planos desplazados a través del comando *Intersection* .

Figura 5.52: Intersección de las superficies de la cuba obtenidas mediante el comando *Automatic Surface* con los planos de apoyo desplazados calculados anteriormente.

Ahora ya se disponen de todas las curvas límite:

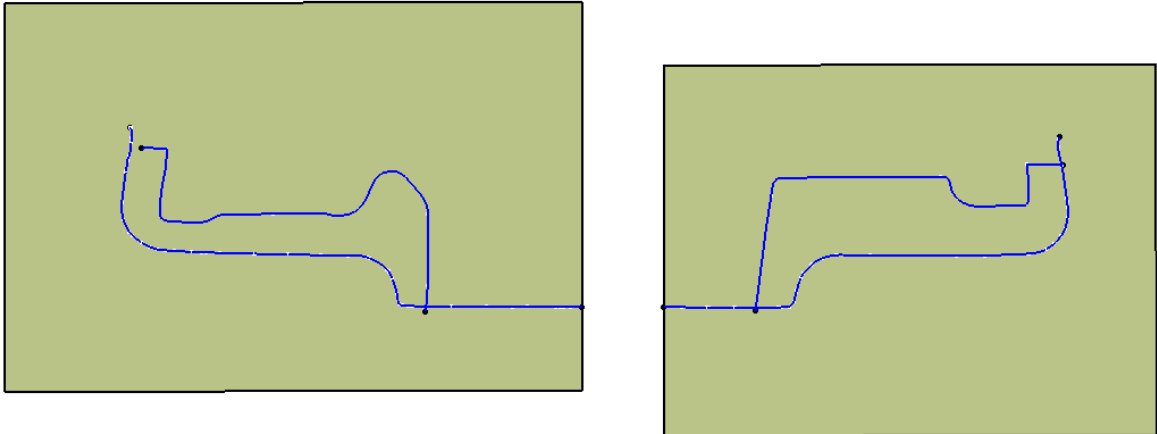


Figura 5.53: Curvas límite a partir de las cuales se formarán los bocetos para las piezas.

Partiendo de estas curvas límite se van a crear dos bocetos en los planos desplazados que se aproximen a dichos contornos. Para ello habrá que crear un sistema de referencia en cada plano desplazado:

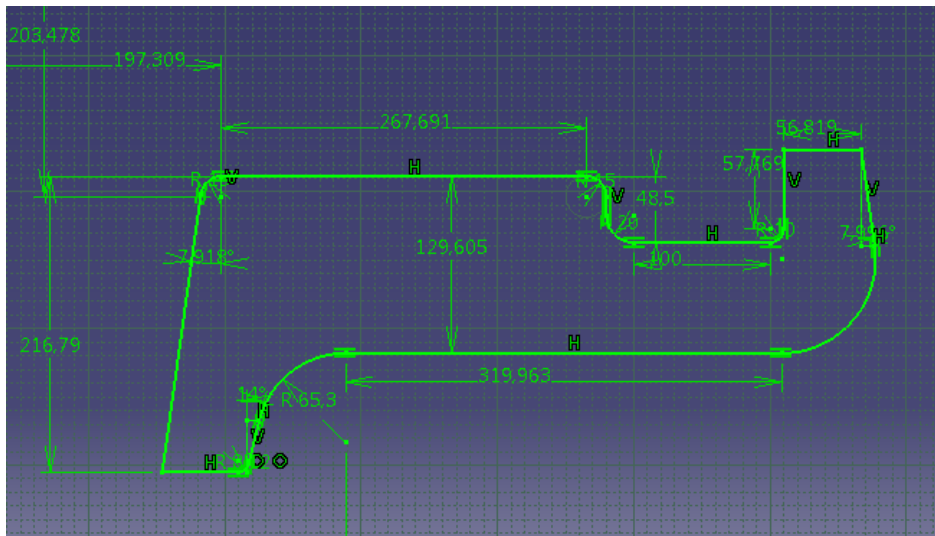


Figura 5.54: Boceto de la base de la pieza de la zona de la guantera.

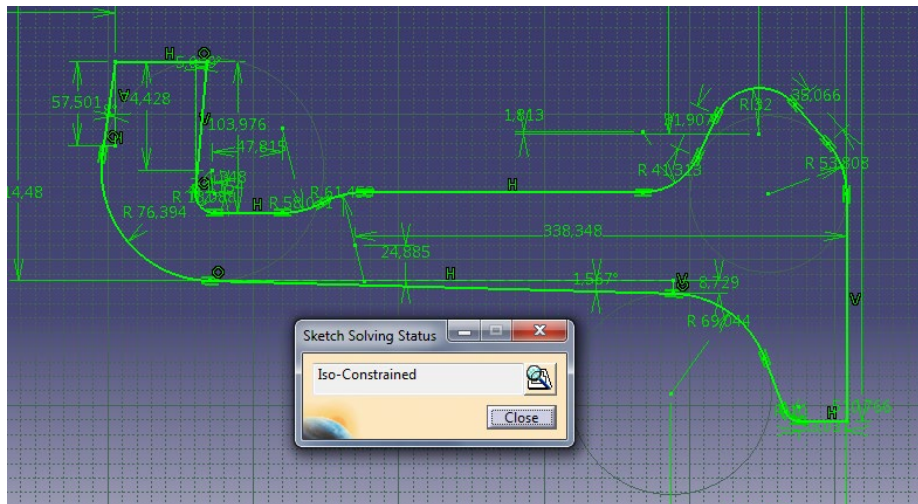


Figura 5.55: Boceto de la base de la pieza de la zona del volante.

Se muestran ambos bocetos con los planos de apoyo desplazados sobre los que han sido creados:

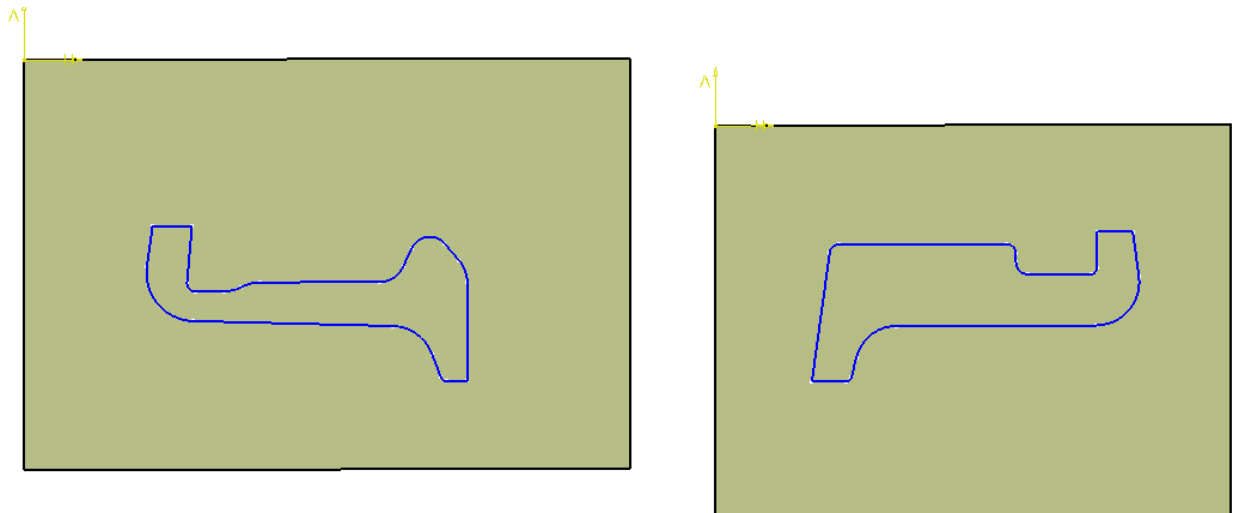


Figura 5.56: Bocetos de la base de los sólidos construidos a través de las curvas límite.

Estos bocetos van a ser la base del diseño de los sólidos necesarios para modificar la cuba. Las piezas van a estar formadas por una pared vertical en todo el contorno de la parte trasera. Por ello hay que crear otros dos bocetos. Estos dos bocetos se crean con apoyo de la parte posterior de los bocetos anteriores:





## 5.5. Generación de los modelos sólidos

Llegados a este punto, ya se tiene todo lo necesario para generar los modelos sólidos. Para ello, habrá que pasarse al módulo de sólidos de CATIA V5 denominado *Part Design*.

### 5.6.1. Modelo sólido de la pieza de la zona de la guantera

Se comenzará por crear la pared vertical de la pieza a través del comando *Pad* partiendo del boceto de la figura 5.57 (*Base Pared Guantera*). Como límite superior hay que marcar la superficie de la zona de la guantera obtenida con el comando *Automatic Surface* (*Superficie Guantera*):

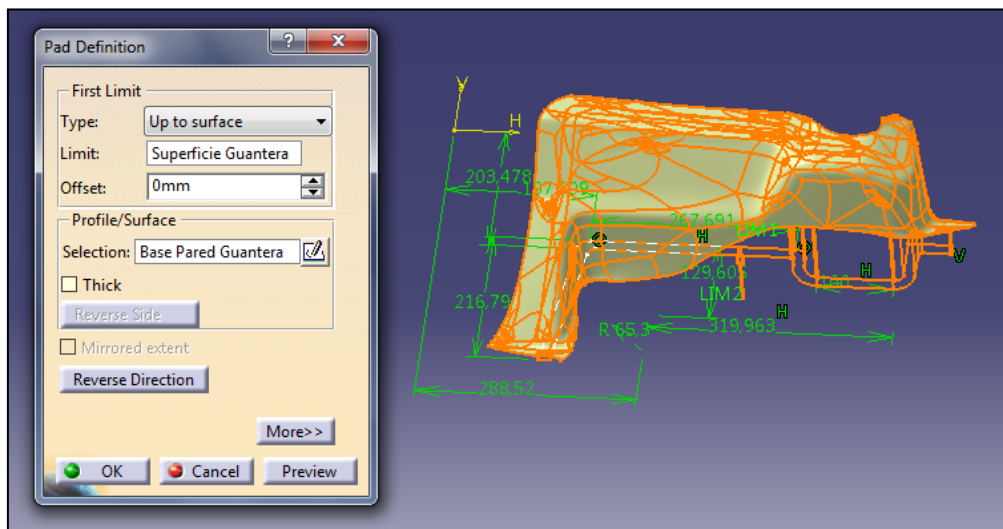


Figura 5.60: Creación de la pared vertical de la pieza de la zona de la guantera.

Se obtiene la parte superior (pared) de la pieza correspondiente al lado de la guantera:

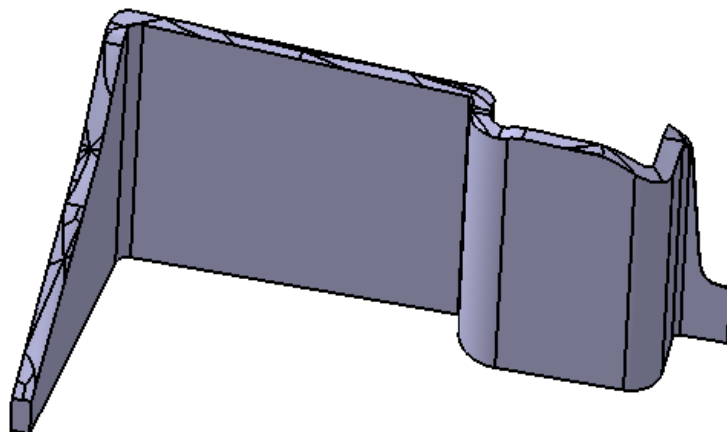


Figura 5.61: Pared vertical de la pieza de la zona de la guantera.

A continuación se va a crear mediante otro *Pad* la base de la pieza partiendo del boceto de la figura 5.54 (*Base Pieza Guantera*). Se lanza el comando *Pad* y se realiza la operación con un valor de longitud de 45 mm hacia abajo:



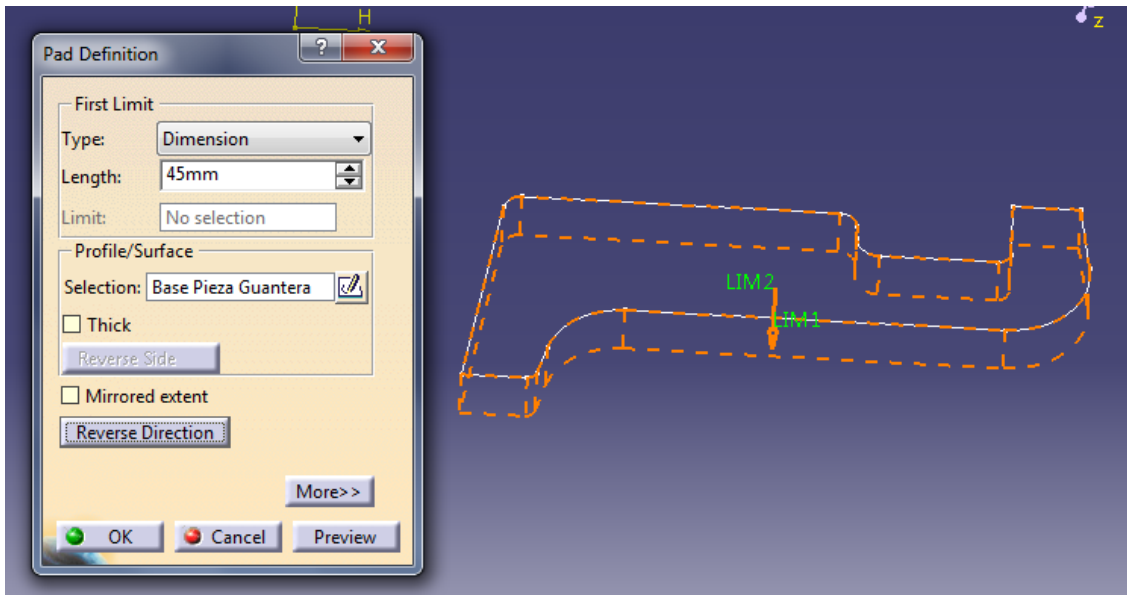


Figura 5.62: Creación de la base de la pieza de la zona de la guantera.

Se obtiene la pieza que va a ir colocada en la zona de la guantera:

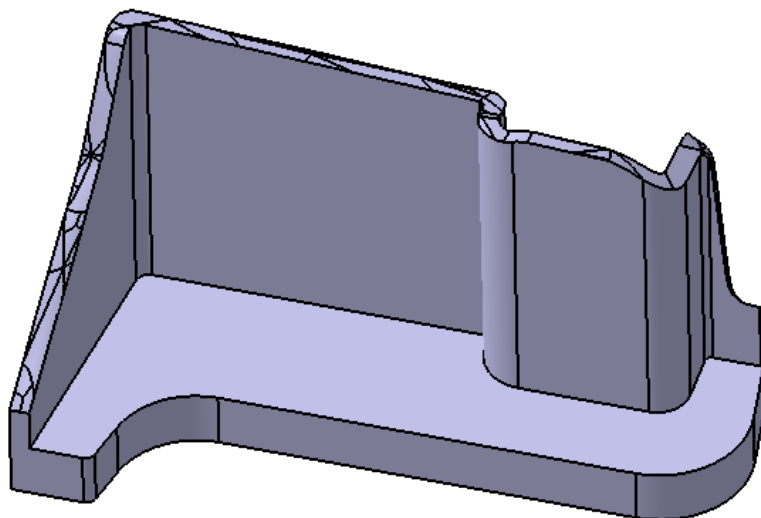



Figura 5.63: Pieza de la zona de la guantera a falta del redondeo de la arista interior de la pared vertical.

Para finalizar con esta pieza se le realiza una operación de redondeo a la arista interior de la pared vertical de la pieza a través del comando *Edge Fillet* :

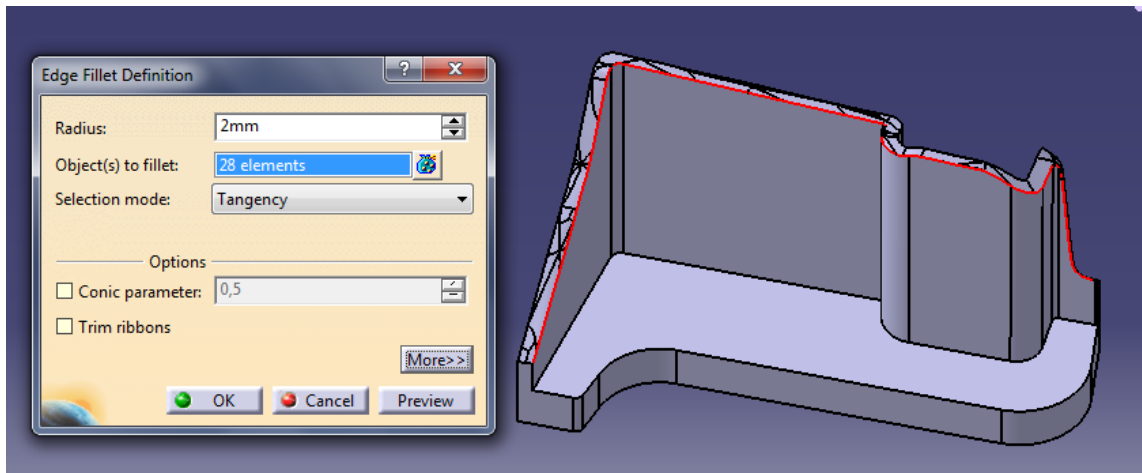


Figura 5.64: Operación de redondeo de la arista interior de la pared vertical.

Resultando:

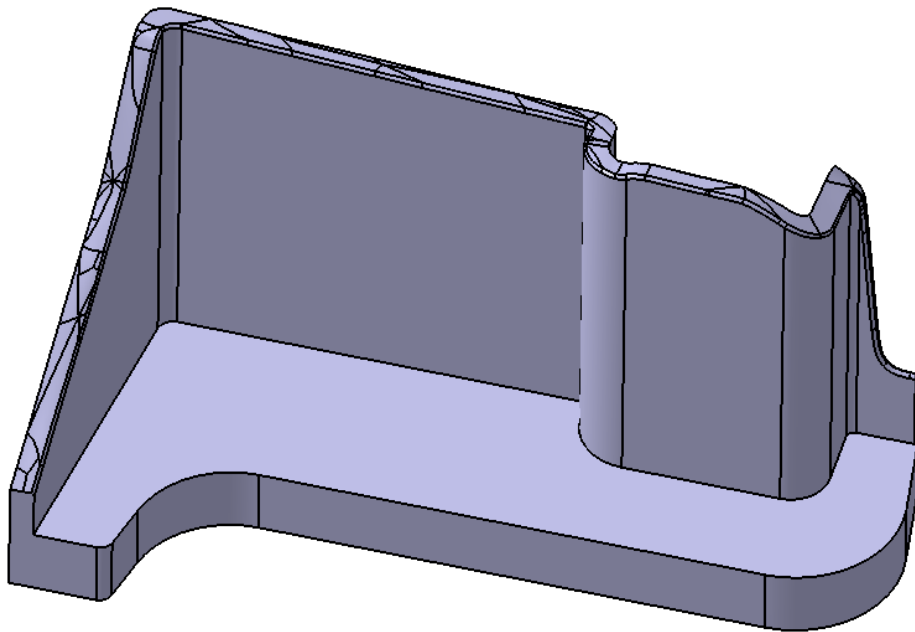


Figura 5.65: Modelo CAD 3D de la pieza de la zona de la guantera.

### 5.6.2. Modelo sólido de la pieza de la zona del volante

Se comenzará por crear la pared vertical de la pieza a través del comando *Pad* partiendo del boceto de la figura 5.58 (*Base Pared Volante*). Como límite superior hay que marcar la superficie de la zona del volante obtenida con el comando *Automatic Surface* (*Superficie Guantera*):

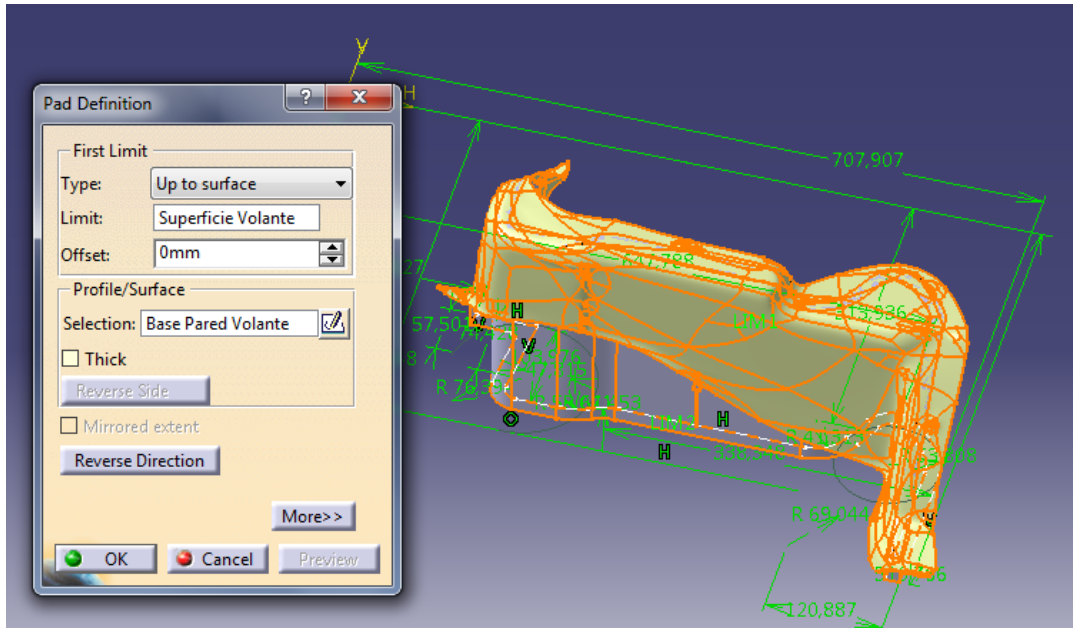


Figura 5.66: Creación de la pared vertical de la pieza de la zona del volante.

Se obtiene la parte superior de la pieza correspondiente al lado del volante:

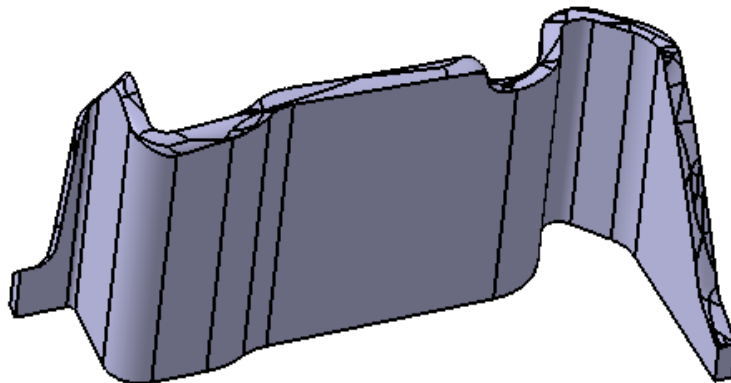


Figura 5.67: Pieza de la zona del volante a falta del redondeo de la arista interior de la pared vertical.

A continuación se va a crear mediante otro *Pad* la base de la pieza partiendo del boceto de la figura 5.55 (*Base Pieza Volante*). Se lanza el comando *Pad* y se realiza la operación con un valor de longitud de 45 mm hacia abajo:

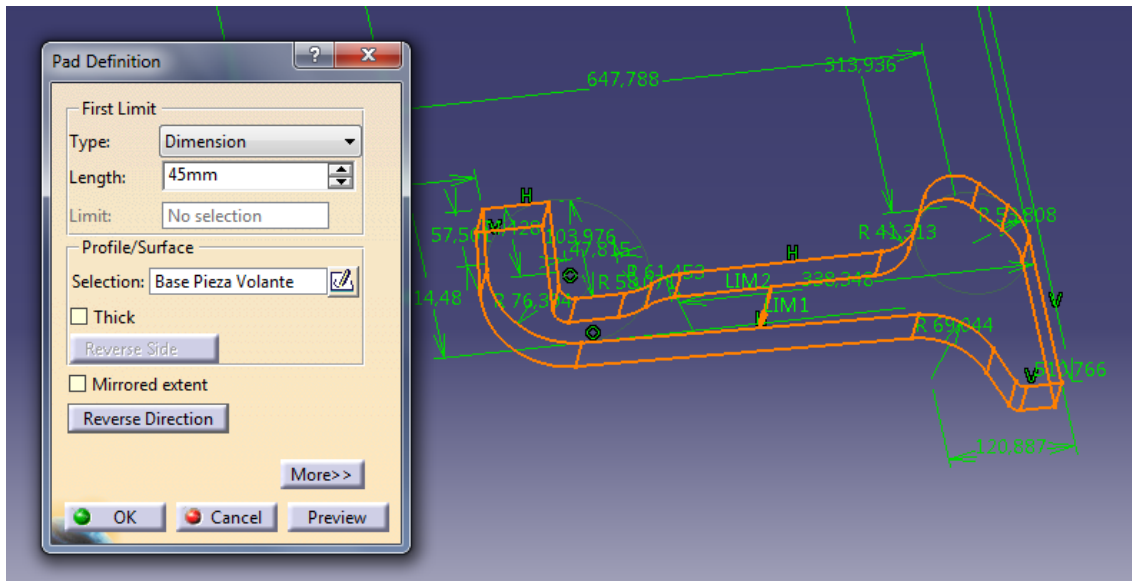


Figura 5.68: Creación de la base de la pieza de la zona del volante.

Se obtiene la pieza que va a ir colocada en la zona del volante:

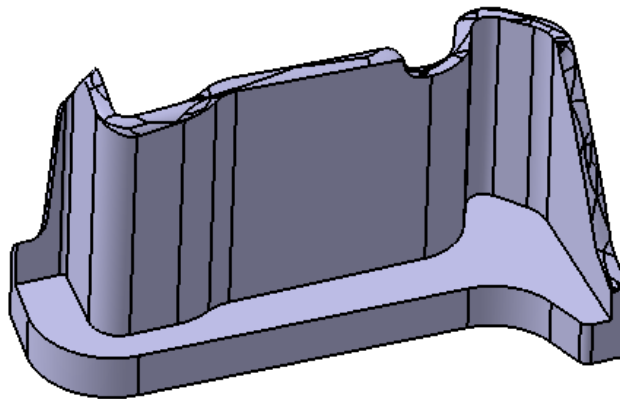



Figura 5.69: Modelo CAD 3D de la pieza de la zona del volante a falta del redondeo de la arista interior.

Para finalizar con esta pieza se le realiza una operación de redondeo a la arista interior de la pared vertical de la pieza a través del comando *Edge Fillet* :

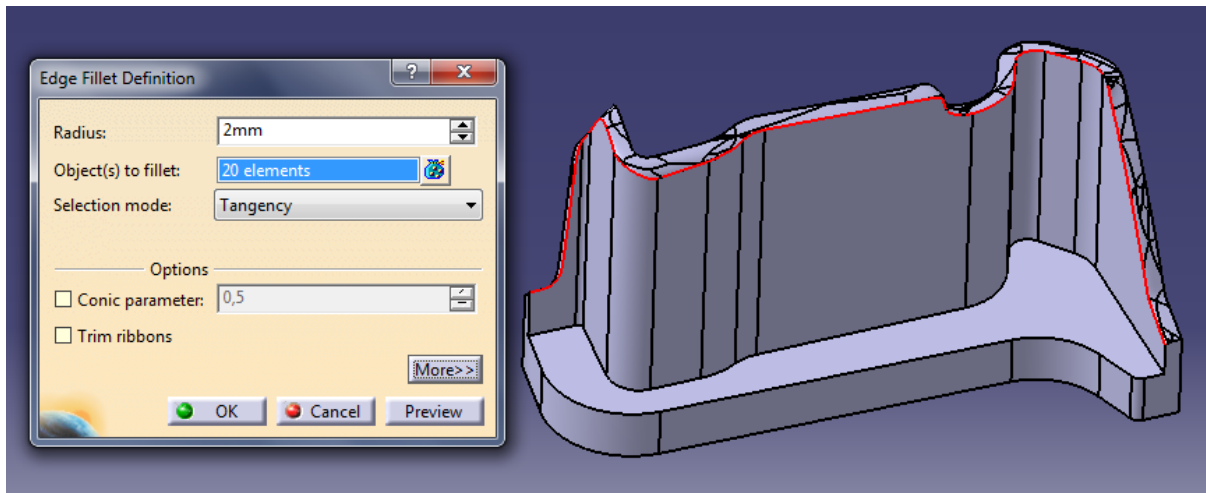


Figura 5.70: Redondeo de la arista interior de la pared vertical de la pieza de la zona del volante.

Resultando:

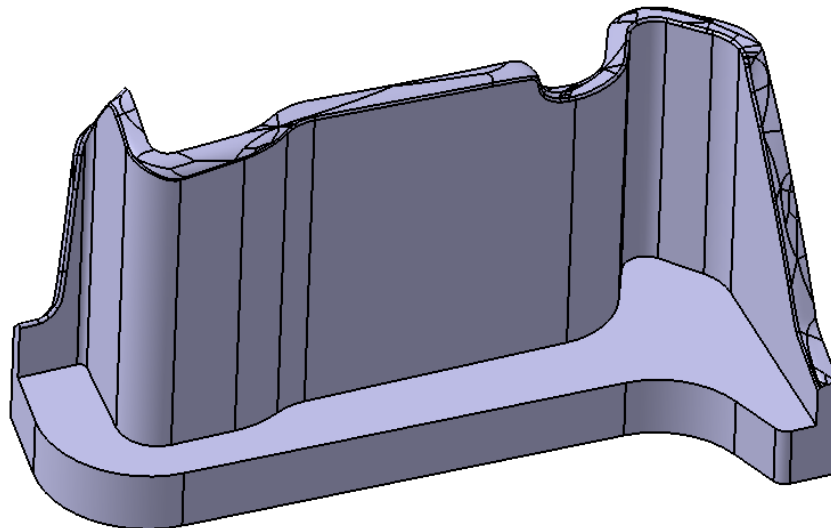


Figura 5.71: Modelo CAD 3D de la pieza de la zona del volante.

Tras obtener los modelos CAD 3D en CATIA V5, posteriormente se ha realizado un prototipo de cada uno de ellos mediante impresión 3D.



Figura 5.72: Prototipo de la pieza de la zona de la guantera.

Dichos prototipos se han montado en la cuba mediante tornillos para ver que funcionan.



Figura 5.73: Prototipo de la pieza correspondiente al lado de la guantera montado sobre la cuba.

Tras comprobar que los resultados eran satisfactorios, se decidió mecanizar las piezas en aluminio:



Figura 5.74: Pieza correspondiente al lado de la guantera mecanizada en aluminio.





## **6. CONCLUSIONES**





## 6. Conclusiones

---

En este trabajo se han conseguido cumplir todos los objetivos establecidos al inicio del mismo.

El primer objetivo era la elaboración de dos manuales para los módulos *Digitized Shape Editor (DSE)* y *Quick Surface Reconstruction (QSR)* de CATIA V5, programa ampliamente utilizado, entre otros campos, en la industria automotriz para el diseño y desarrollo de componentes de carrocería.

En el primero de ellos se ha descrito con detalle la multitud de operaciones que se pueden realizar sobre las nubes de puntos y las mallas triangulares: importaciones y exportaciones, limpieza de mallas, relleno de huecos, optimización y simplificación de mallas, etc. Con ello, se consigue obtener una malla triangular sin defectos partiendo de una nube de puntos obtenida con un escáner 3D. El conocimiento de las posibilidades que ofrece dicho módulo es fundamental para poder obtener una malla limpia y sin defectos que facilite el trabajo posterior.

En el segundo manual se ha detallado el proceso que se ha de seguir para convertir la malla obtenida con el módulo *DSE* en una superficie, generalmente de tipo NURBS. Se han detallado los diferentes comandos existentes para realizar este proceso. La selección de uno u otro depende principalmente de la forma del objeto a modelar.

En conjunto, con estos dos manuales se han explicado todos los pasos necesarios para obtener la superficie a partir de la nube de puntos resultante del escaneo. Este proceso es de gran importancia en la industria en la actualidad. Con él se agilizan considerablemente los procesos de diseño y se reducen notablemente los costes de producción.

La importancia de estos manuales radica en que en ellos se han sintetizado de la forma más simple posible las indicaciones que se han de seguir para conseguir una correcta reconstrucción de superficies con lo que se facilita enormemente el proceso de aprendizaje de manejo de dichos módulos.

Con la modificación de la cuba de un molde utilizado para la fabricación de salpicadero del Volkswagen Polo se ha conseguido alcanzar el segundo objetivo establecido al inicio de este trabajo: poner en práctica lo desarrollado en ambos manuales.

Este caso práctico, se ha hecho uso y se ha visto la utilidad de los dos manuales. Asimismo, se ha demostrado las ventajas que supone la ingeniería inversa:

- Ha permitido la modificación de la cuba partiendo del escaneo 3D ya que no se poseían los planos CAD.
- Con dicha modificación se ha reducido el coste de dicha pieza al reducir el uso del material necesario para su fabricación.





## **7. BIBLIOGRAFÍA**



## 7. BIBLIOGRAFÍA

---

3D SCANNER to Surfaces Catia. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=idikKQDp3gQ>

Ali, N. S. (2005). *Reverse Engineering of Automotive Parts Applying Laser Scanning and Structured Light Techniques*. Tesis. The University of Tennessee. Knoxville. EEUU.

Álvarez, J.E. (2011). *Ingeniería Inversa y Criptoanálisis*. <  
<http://es.slideshare.net/LeonardoDaVinciMX/ingenieria-inversa-9585581>>

Arbeláez, L. (2012) *Importancia de la Ingeniería Inversa en la calidad de nuevos productos*. USM Colombia.

Auto body construction from cloud points and surface. YouTube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=PQdCfoTM-jQ>

Botsch, M., Pauly, M., Rössl, C., Bischoff, S. y Kobbelt, L. (2006). *Geometric modeling based on triangle meshes*. Nueva York. EEUU.

Branch, J.W. (2007). *Reconstrucción de objetos de forma libre a partir de imágenes de rango empleando una red de parches NURBS*. Universidad Nacional de Colombia. Tesis.

Cano, C. (2013). *Ingeniería Inversa, escaneado y reconstrucción*. ATE Group.

CATIA V5 Ayuda. Dassault Systemes.

Creaform. *Reverse Engineering of physical objects – teaching manual*. AsorCAD. (2014). <  
[http://www.creaform3d.com/sites/default/files/assets/technological-fundamentals/teaching\\_manual\\_reverse\\_engineering\\_en\\_18032014\\_0.pdf](http://www.creaform3d.com/sites/default/files/assets/technological-fundamentals/teaching_manual_reverse_engineering_en_18032014_0.pdf)>

Création de surfaces en mode automatique à partir d'un STL dans catia V5. YouTube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=1wtkDL444uw>

Digitized Shape Editor CAD SOL CATIA V5. YouTube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=Fg2EstV4HgU>

DS Catia V 5 < [http://sebastien.thibaud.free.fr/\\_Logiciels/CATIA/CATIA\\_QSR.html](http://sebastien.thibaud.free.fr/_Logiciels/CATIA/CATIA_QSR.html)>

Esteban, J. (2013). *Gestión de diseño mecánico*. Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Gijón. Dpto. de Construcción e Ingeniería de Fabricación. Universidad de Oviedo.

Flores, M. S. (2013). *Propuesta metodológica para documentación y evaluación de elementos patrimoniales dentro del complejo histórico de la Alhambra (Granada) mediante modelización tridimensional*. Trabajo final de máster. Universidad de Almería. <<http://repositorio.ual.es:8080/jspui/bitstream/10835/3357/1/Trabajo.pdf>> [Consulta: Marzo de 2013]

Gómez, L. (2012). *Proyecto técnico-económico de utilización de técnicas de ingeniería inversa y prototipado rápido aplicadas al rediseño y mejora de productos*. Proyecto final de carrera. Universidad Pontificia de Comillas.

*Ingeniería inversa*. (2009) <https://www.xing.com/communities/forums/100524184>

*Ingeniería Inversa*. (2009) <https://www.xing.com/communities/forums/100524189>

Ju, T. (2009). Fixing geometric errors on polygonal models: a survey. *Journal of Computer Science Technology* 21 pp 19-29.

Make stl.file to surface By catia v.5(tutorial) YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=r0yKt1BW4PU>

Maldonado, M.A. (2011). *Registro de imágenes de rango basado en características geométricas*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Colombia. Tesis. <<http://www.bdigital.unal.edu.co/4695/1/200720849.2011.pdf>> [Consulta: Agosto 2015]

Martínez, M. (2013). *Análisis y casos de estudio sobre herramientas bajo coste para el diseño digital y el prototipado rápido*. Tesis. Universidad Politécnica de Valencia. <<http://es.slideshare.net/ManoloMartinezToran/tesina-v11>> [Consulta: Abril 2015]

Mentel Tutorial 1 Catia\_Surface Design by mitnarin.avi. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=n3TfIKjYvzs>

Michaud, M. (2012). *CATIA Core Tools: Computer Aide Three Dimensional Interactive Application*. McGraw-Hill.

Morentón, P. *Numérisation 3D. Reconstruction de surfaces*. París.

Object construction from cloud points and surface. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=oREIMGa29EU>

Paniagua, B. (2014). *Procesos de ingeniería inversa en elementos de automoción usando Gaming Sensors*. Trabajo final de máster. Universidad de Salamanca

Pérez, E. (2011). *Técnicas de relleno de huecos en superficies adquiridas mediante escáneres 3D*. Universidad Nacional de Educación a Distancia (España). Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. Tesis. <<http://e-spacio.uned.es/fez/view/tesisuned:IngInf-Eperez>> [Consulta: Agosto 2015]

Reverse Engineering of a Head Sculpture using CATIA. YouTube  
<https://www.youtube.com/watch?v=VKtw214RFZI>

Reverse Engineering. YouTube.[https://www.youtube.com/watch?v=Se2GUfs\\_Ti8](https://www.youtube.com/watch?v=Se2GUfs_Ti8)

Ribas Lagares, J. (2013). *Aprender CATIA V5 con ejercicios: alámbricos y superficies*. Bilbao. Marcombo.

Rico, D. (2008). *Aplicación de Herramientas Informáticas +Industriales de Alto Nivel a Levantamientos Histórico-Artísticos*. El Giralillo de Sevilla. Proyecto final de carrera Universidad de Sevilla.

Rodríguez, C.P. (2005). *Simulación computacional de procesos de conducción de calor en alimentos de formas irregulares complejas*. Universidad Austral de Chile. Tesis.

Tutorial: Ingeniería Inversa. Reconstrucción de piezas. CATIA V5. Digitized Shape Editor. Quick Surface Reconstruction. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=hoIKTRd5h\\_Q](https://www.youtube.com/watch?v=hoIKTRd5h_Q)

Vásquez Angulo, J. A. (2012). *Análisis y diseño de piezas de máquinas con CATIA V5*. Bilbao. Marcombo.

Yasno, J. (2011). *Técnicas de Ingeniería Inversa para diseño Producto*. ATE GROUP







## **8. ANEXO: ESCANEEO 3D**



## 8. Escaneo 3D

---

En el campo de la ingeniería inversa existen sobre todo dos elementos diferenciados, **el escaneo tridimensional**, que es la captura física de la información tridimensional del objeto a escanear, y el **tratamiento de dicha información** para poder ser utilizada posteriormente con los programas CAD.

Las tecnologías de digitalizado tridimensional son las que ayudan a generar objetos tridimensionales digitales desde el mundo real.

Este campo tradicionalmente ha sido uno de los menos evolucionados de los relacionados con la ingeniería y, generalmente, ha ido muy relacionado con la investigación y la visión artificial. Esto es debido a que, en general la concepción del desarrollo del producto asistido por ordenador se ha entendido como que del ordenador surgía el objeto, y se llevaba a la producción. Si se necesitaba realizar alguna modificación, se modificaba en el programa CAD y se volvía a producir. Al necesitar de gran precisión en la fabricación del hardware, incluso aunque se utilice para aplicaciones que no requieren de una calidad alta de información tridimensional, el coste del hardware para el escaneo tridimensional ha sido siempre elevado.

Para entender esto es necesario hacer una introducción de cuales son las técnicas existentes para la obtención de geometría tridimensional, y cuál es el funcionamiento básico de un sistema de escaneo.

### 8.1. Técnicas de escaneo 3D

Un escáner 3D es un dispositivo que analiza un objeto o una escena para reunir datos de su forma y, ocasionalmente, de su color. La información obtenida se puede usar para construir modelos digitales tridimensionales que se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones. Desarrollados inicialmente en aplicaciones industriales (metrología, automóvil), han encontrado un vasto campo de aplicación en actividades como la arqueología, arquitectura, ingeniería y entretenimiento (en la producción de películas y videojuegos).

El propósito de un escáner 3D es, generalmente, el de crear una nube de puntos a partir de muestras geométricas en la superficie del objeto. Estos puntos se pueden usar entonces para extrapolar la forma del objeto (proceso llamado reconstrucción). Si la información de color se incluye en cada uno de los puntos, entonces también se pueden determinar los colores en la superficie del objeto.

Los escáneres 3D son distintos a las cámaras. Al igual que éstas, tienen un campo de visión en forma de cono, pero mientras una cámara reúne información de color acerca de las superficies dentro de su campo de visión, los escáneres 3D reúnen información acerca de su geometría. El modelo obtenido por un escáner 3D describe la posición en el espacio tridimensional de cada punto analizado.

Si se define un sistema esférico de coordenadas y se considera que el origen es el escáner, cada punto analizado se asocia con dos coordenadas angulares y con una distancia, que

corresponde al componente r. Estas coordenadas esféricas describen completamente la posición tridimensional de cada punto en el modelo, en un sistema de coordenadas local relativo al escáner.

Para la mayoría de las situaciones, un solo escaneo no producirá un modelo completo del objeto. Generalmente se requieren múltiples tomas, incluso centenares, desde muchas direcciones diferentes para obtener información de todos los lados del objeto. Estos escaneos tienen que ser integrados en un sistema común de referencia mediante un proceso que se llama generalmente alineación y que transforma las coordenadas locales de cada toma en coordenadas generales del modelo. El proceso completo, que va de las tomas individuales a un modelo completo unificado define el flujo de captura de modelo 3D.

Una técnica óptima de escaneo tridimensional normalmente incluye las siguientes características:

- Precisión
- Velocidad
- Alta resolución
- Robusta para diferentes tipos de materiales
- Estable en diferentes entornos
- Fácil de usar y mover
- Segura y no destructivo
- Capaz de capturar la apariencia del objeto
- De bajo coste

Sin embargo, en la práctica, no existe una única tecnología de digitalizado tridimensional que cumpla con todas las características anteriores. Normalmente un método concreto de escaneo está especializado para un tipo específico de aplicaciones. Por ejemplo, un método de alta resolución normalmente funciona más lento que un método a baja resolución. La mejor elección de la tecnología de escaneo se realiza normalmente de prueba y dependiendo de la aplicación. El objetivo de unos sistemas u otros es conseguir el mayor número posible de puntos en el menor tiempo y sin errores.

Los escáneres 3d se pueden clasificar en función de si existe o no contacto con la superficie a adquirir. Los escáneres 3D sin contacto se pueden dividir además en dos categorías principales: escáneres activos y escáneres pasivos, que a su vez agrupan a una gran variedad de tecnologías.

### **8.1.1. Escáneres de contacto**

Este tipo de escáneres 3D examinan el objeto apoyando el elemento de medida (palpador) sobre la superficie del mismo, típicamente una punta de acero duro o zafiro. Una serie de sensores internos permiten determinar la posición espacial del palpador. Ejemplos de este tipo de sistemas son un CMM (Máquina de Medición por Coordenadas) o un brazo de medición. Se usan en su mayoría en control dimensional en procesos de fabricación y pueden conseguir precisiones típicas de 0,01 mm. Su mayor desventaja es que requiere el contacto físico con el objeto para ser escaneado, por lo que el acto de escanear el objeto quizás lo modifique o lo

dañe. Este hecho es crítico cuándo se escanean objetos delicados o muy valiosos tales como piezas históricas o patrimoniales. La otra desventaja de las máquinas de medición por coordenadas es que son muy lentas en comparación con los otros métodos que se pueden utilizar para escanear. El movimiento físico del brazo donde se monta el escáner puede ser muy lento y la máquina de medición por coordenadas más rápida puede sólo operar en unos pocos cientos de hercios (Hz). Por contraste, un sistema óptico semejante al de un sistema de escáner de láser puede operar de 10 a 1000 kHz.

### 8.1.2. Escáneres sin contacto

#### a) Activos

Los escáneres activos emiten alguna clase de señal y analizan su retorno para capturar la geometría de un objeto o una escena. Se utilizan radiaciones electromagnéticas (desde ondas de radio hasta rayos X) o ultrasonidos. Dentro de ellos se pueden encontrar diferentes tipos:

- De tiempo de vuelo (*Time of flight*)

Un escáner 3D de tiempo de vuelo determina la distancia a la escena cronometrando el tiempo del viaje de ida y vuelta de un pulso de luz. Un diodo láser emite un pulso de luz y se cronometra el tiempo que pasa hasta que la luz reflejada es vista por un detector. Como la velocidad de la luz  $C$  es conocida, el tiempo del viaje de ida y vuelta determina la distancia del viaje de la luz, que es dos veces la distancia entre el escáner y la superficie. Si  $T$  es el tiempo del viaje completo, entonces la distancia es igual a

$$\frac{(C \cdot T)}{2} \quad \text{Ec. 8.1}$$

Claramente la certeza de un escáner láser de tiempo de vuelo 3D depende de la precisión con la que se puede medir el tiempo  $T$ : 3,3 picosegundos, aproximadamente, es el tiempo requerido para que la luz viaje 1 milímetro. Se utilizan láseres visibles (verdes) o invisibles (infrarrojo cercano).

El distanciómetro láser sólo mide la distancia de un punto en su dirección de la escena. Para llevar a cabo la medida completa, el escáner va variando la dirección del distanciómetro tras cada medida, bien moviendo el distanciómetro o deflectando el haz mediante un sistema óptico. Este último método se usa comúnmente porque los pequeños elementos que lo componen pueden ser girados mucho más rápido y con una precisión mayor. Los escáneres láser de tiempo de vuelo típicos pueden medir la distancia de 10.000 - 100.000 puntos cada segundo.

Sus características principales son:

- Rápido muestreo.
- Disponen de un sistema de medición (contador) que se reinicia al alcanzar el objetivo.
- Suelen ser equipos de alta precisión (submilimétrica).

- Aptos para trabajos de alta precisión en monumentos o elementos constructivos (para el análisis de las deformaciones).
- Generación de una alta densidad de puntos.
- Frecuencia oscilante entre los 10.000-100.000 puntos.

A continuación se enumeran algunos ejemplos de escáneres basados en el tiempo de vuelo: Callidus CP3200, Leica ScanStation2, Leica C10, Mensi GS100/200 (ahora Trimble GX), Optech ILRIS, Riegl (toda la gama).

- De triangulación

El escáner láser de triangulación 3D es también un escáner activo que usa la luz del láser para examinar el entorno. El haz de luz láser incide en el objeto y se usa una cámara para buscar la ubicación del punto del láser. Dependiendo de la distancia a la que el láser golpea una superficie, el punto del láser aparece en lugares diferentes en el sensor de la cámara.

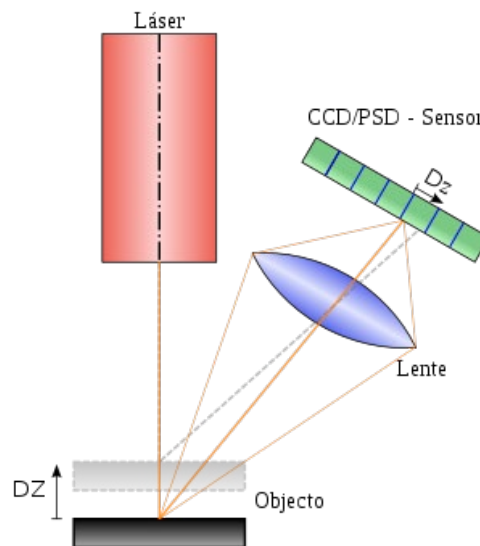


Figura 6. 1: Representación de la captura en los escáneres de captura por triangulación

Esta técnica se llama triangulación porque el punto del láser, la cámara y el emisor del láser forman un triángulo. La longitud de un lado del triángulo definido por la cámara y el emisor del láser es conocida. El ángulo del vértice del emisor de láser se sabe también. El ángulo del vértice de la cámara (paralaje) puede ser determinado mirando la ubicación del punto del láser en la cámara. Estos tres valores permiten determinar el resto de las dimensiones del triángulo, y por tanto, la posición de cada punto en el espacio.

La precisión de este sistema de medida puede ser muy elevada (milésimas de milímetro), pero depende del ángulo del vértice opuesto al escáner (cuanto más se aparte de 90° más baja es la precisión), lo que limita el tamaño de la escena a analizar. Dado que ese ángulo depende fuertemente de la distancia entre el emisor láser y la cámara, el aumentar el alcance supone incrementar mucho el tamaño del equipo de medida. En la práctica, el alcance máximo de estos escáneres se limita a 20-30 centímetros.

En la mayoría de los casos en lugar de un punto de medida se proyecta una línea que barre la superficie del objeto para acelerar el proceso de adquisición.

A continuación se enumeran algunos ejemplos de escáneres 3D por triangulación: Konica Minolta Vivid, Exascan o ZScanner.

- Diferencia de fase

Este tercer tipo de escáner mide la diferencia de fase entre la luz emitida y la recibida, y utiliza dicha medida para estimar la distancia al objeto. El haz láser emitido por este tipo de escáner es continuo y de potencia modulada.

El rango y la precisión de este tipo de escáner son intermedios, situándose como una solución entre el largo alcance de los dispositivos de tiempo de vuelo y la alta precisión de los escáneres por triangulación. Su alcance ronda los 200 m en condiciones de poco ruido (baja iluminación ambiente), y su error característico ronda los 2 mm por cada 25 m.

En algunos modelos, el alcance está limitado precisamente por su modo de funcionamiento, ya que al modular el haz con una frecuencia constante, existe ambigüedad en la medida de la distancia proporcional a la longitud de onda de la modulación utilizada.

La precisión de la medida también depende de la frecuencia utilizada, pero de manera inversa a como lo hace el alcance, por lo cual estos conceptos son complementarios, y se debe encontrar un punto de compromiso entre ambos, o bien utilizar dos frecuencias distintas (*multi-frequency-ranging*).

La velocidad de adquisición es muy alta, consiguiendo en los modelos actuales velocidades de escaneo que oscilan entre los 100.000 y 1 millón de puntos por segundo, en función de la precisión requerida.

Las características principales de este tipo de equipos son:

- Haz continuo y de potencia modulada.
- Rango y precisión intermedio (100 metros en condiciones de baja iluminación ambiente).
- Error característico de 2 mm a los 25 m.
- Alcance limitado por el fenómeno de ambigüedad de la onda en función de la frecuencia utilizada.
- Posibilidad de establecer un modo de multifrecuencia.
- Tiempo de adquisición del producto intermedio.
- Velocidades de escaneo comprendidas entre los 100.000 y el millón de puntos.

Algunos ejemplos de escáneres basados en la tipología de diferencia de fase son: Faro Photon, Zoom, Trimble CX (mixto, fase y tiempo de vuelo), Trimble FX, Z+F Imager 5005, 5010.



- De luz estructurada

Además de la tecnología láser empleada por los equipos de escaneo, también se emplea la tecnología denominada luz estructurada, la cual es más novedosa y en la actualidad sigue conformando gran parte de las líneas de investigación en el campo de la digitalización 3D.

Los escáneres 3D de luz estructurada proyectan un patrón de luz en el objeto y analizan la deformación del patrón producida por la geometría de la escena. El modelo puede ser unidimensional o de dos dimensiones. Un ejemplo de un modelo unidimensional es una línea. La línea se proyecta sobre el objeto que se analiza con un proyector de LCD o un láser. Una cámara, desviada levemente del proyector de modelo, mira la forma de la línea y usa una técnica semejante a la triangulación para calcular la distancia de cada punto en la línea. En el caso del modelo de una sola línea, la línea se barre a través del campo del panorama para reunir información de distancia. Un ejemplo de un modelo bidimensional es una cuadrícula o un modelo de líneas. Para registrar la deformación del modelo se utiliza una cámara y un algoritmo complejo para calcular la distancia a cada punto en el modelo. Uno de los inconvenientes que presenta esta tecnología es la ambigüedad. En objetivos no triviales que contienen cambios de patrón y de profundidad, hoyos y oclusiones, la secuencia capturada por el equipo puede esconder ciertas líneas creadas por la descomposición de la toma, dando lugar a zonas ocultas o incluso cambiadas de orden, esto se debe al fenómeno de ambigüedad de raya que se ocasiona en el láser. Si bien en la actualidad este fenómeno ha sido resuelto mediante una tecnología de ruptura llamada *Multistripe Laser Triangulation* (MLT).

La ventaja de los escáneres 3D de luz estructurada es la velocidad. En vez de escanear un punto, escanean múltiples puntos o el campo entero del panorama. Esto reduce o elimina el problema de la deformación del movimiento. Algunos sistemas existentes son incluso capaces de escanear objetos en movimiento en tiempo real.

- De luz modulada

Los escáneres 3D de luz modulada emiten una luz continuamente cambiante en el objeto. Generalmente la fuente de luz simplemente cicla su amplitud siguiendo un patrón senoidal, una cámara detecta la luz reflejada y la cantidad que el patrón de luz cambia para determinar la distancia que viaja la luz.

#### b) Pasivos

Los escáneres pasivos no emiten ninguna clase de radiación por sí mismos, se basan en detectar la radiación reflejada del ambiente. La mayoría de los escáneres de este tipo detectan la luz visible porque es una radiación ya disponible en el ambiente. Otros tipos de radiación, tal como la infrarroja podrían ser utilizados también. Los métodos pasivos pueden ser muy baratos, porque en la mayoría de los casos estos no necesitan un hardware particular, pero proporcionan baja precisión.

- Estereoscópicos

Los sistemas estereoscópicos utilizan el mismo principio de la fotogrametría, utilizando la medida de la paralaje entre dos imágenes para determinar la distancia de cada pixel de la imagen. Emplean generalmente dos cámaras de vídeo, levemente separadas, mirando a la misma escena. Analizando las diferencias leves entre las imágenes vistas por cada cámara, es posible determinar la distancia en cada punto en las imágenes. Este método se basa en la visión estereoscópica humana. Como ventajas han de resaltarse la posibilidad de captura de geometría y textura simultáneamente, el bajo coste y la transportabilidad. Por el contrario, las desventajas del sistema son la baja resolución que ofrecen y la necesidad de una calibración adecuada para su correcto funcionamiento.

- Silueta

Estos tipos de escáneres 3D usan bosquejos creados de una sucesión de fotografías alrededor de un objeto tridimensional contra un fondo muy bien contrastado. Estas siluetas se estiran y son cruzadas para formar la aproximación visual de casco del objeto. Es una técnica de bajo coste pero con baja precisión y aplicaciones limitadas. Con esta clase de técnicas alguna clase de concavidades de un objeto (como el interior de un tazón) no son detectadas.

A continuación se muestra un esquema resumen de las tecnologías de escaneo 3D existentes y de su uso:

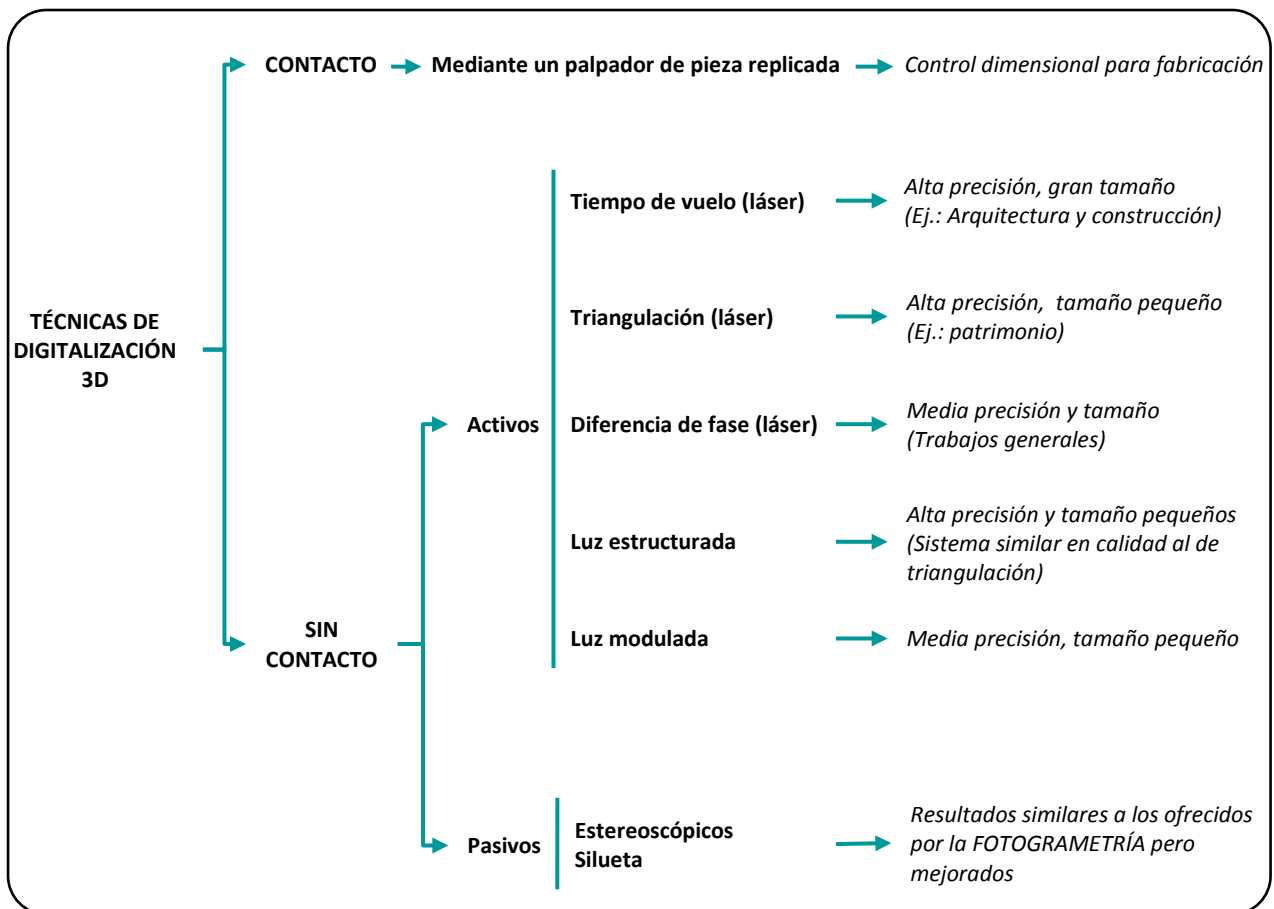


Figura 6.2: Tecnologías de escaneo 3D existentes y sus aplicaciones.

## 8.2. Factores a considerar previamente en cualquier proceso de escaneado 3D

La digitalización 3D en sí misma, presenta un conjunto de limitaciones que deben ser estudiadas y evaluadas previamente a cualquier trabajo de campo a desarrollar, ya que la selección del equipo y la tecnología a emplear determinarán el éxito del archivo escaneado a obtener. El desconocimiento de todos los equipos existentes, así como la imposibilidad de encontrar empresas capaces de disponer de todas ellas, da pie en muchos casos, a ser desarrollados con técnicas no apropiadas.

A continuación se enumeran las grandes limitaciones que rodean a este tipo de técnicas:

- 1) Tecnología y equipo a emplear en el trabajo de campo.
- 2) Peculiaridades impuestas por la pieza a desarrollar.

El equipo debe siempre seleccionarse en función de la pieza a escanear así como del entorno en el que se encuentra la misma, ya que todos los factores afectaran al correcto desarrollo del proceso.

Los factores que determinan la elección del equipo son:

- Material

El material que conforme la pieza a digitalizar es determinante, ya que en función de él se tendrán referencias de la textura a obtener en la superficie digitalizada.

El primer factor a esclarecer será saber si la pieza está realizada en algún material brillante del tipo metales reflectantes. Este tipo de superficies son las más complejas de estudiar, ya que en el caso de la tecnología láser una superficie brillante impide al láser realizar el barrido, reflejándolo y generando una superficie llena de ruido o picos que no son una representación de la superficie, sino un texturizado defectuoso. En estos casos se pueden disponer de dos alternativas:

- a. Cubrir la pieza con sprays especializados que recubran los brillos y poder emplear la tecnología láser pero con ciertas limitaciones.
- b. Utilizar un escáner 3D de luz estructurada. Sin duda esta tecnología aportará mejores resultados en este tipo de casos.

- Ubicación

Es muy importante considerar que para el digitalizado de cualquier pieza se deberá disponer como mínimo de un espacio de trabajo circular alrededor que cubra un radio de 1 metro de distancia a la pieza, de forma que puedan capturarse imágenes alrededor de la misma. Esta distancia puede ser menor en función del equipo, pero para un trabajo óptimo no debe disponerse de menos de 1 metro como distancia mínima de movilidad del técnico y el equipo.

La ubicación incorpora dos parámetros más a tener en cuenta, si la pieza se encuentra en el interior o en el exterior al aire libre. Este factor es muy importante porque no todas las tecnologías láser son capaces de escanear con un índice de luminosidad elevado, por lo que en ocasiones existen dos soluciones si la pieza está en el exterior, sustituir la tecnología por una válida para exteriores o construir una cámara oscura que aisle la pieza en el exterior.

Por otro lado, se deberá conocer previamente qué posición ocupa y si la pieza puede o no ser manipulada. Si la pieza se encuentra en altura y no puede ser manipulada, se deberá disponer de una estructura de elevación o sistema que permita elevar todo el equipo. Una vez se conoce que la pieza está ubicada en altura, se deberá conocer si alrededor de la misma existe un espacio de trabajo circular que cubra 1 metro libre alrededor de todos sus puntos, de no ser así, o la pieza se manipula o solo podrá digitalizarse la superficie vista de la misma.

- Protección

Cuando se trabaja con piezas delicadas, por ejemplo con piezas pertenecientes al patrimonio histórico, es importante considerar si la pieza puede o no ser manipulada o simplemente tocada, principalmente porque algunas tecnologías pueden requerir el uso de target de posicionamiento (pegatinas adhesivas referenciadas) que deben ser colocadas sobre las piezas y que en ocasiones no está permitido. Este factor suele guiarse principalmente por lo muy importante que sea la pieza, o por el material en el que está realizada, ya que si se trata de materiales naturales como por ejemplo la madera, el riesgo de ubicar target es muy alto porque el adhesivo que emplea puede arrastrar parte del acabado de la pieza y por tanto ser deteriorada.

- Geometría

Aunque en general todas las tecnologías están preparadas para cualquier forma geométrica, hay diferentes aspectos que provocan que la geometría sea otro de los factores limitantes.

Un aspecto a considerar son los ángulos de 90° o bordes de 90° que requieren de giros muy grandes para ser capturados.

Además hay que tener en cuenta el nivel de huecos o grandes relieves que puede poseer la pieza. Los equipos tanto de luz estructurada como láser, tienen el gran inconveniente de disponer de una longitud de penetración en los huecos de las piezas, a partir de la cual no toma la captura o no puede acceder a ellos. También hay que tener en cuenta que la tecnología se articula en base a dos zonas de captura, la lente y el barrido láser o de luz, por lo que cuando una de las dos (pueden ser tres dependiendo de los equipos) se ve interrumpida por superficie, la captura no se lleva a cabo.

Por tanto, los huecos y geometrías complejas con relieves ocasionan uno de los grandes limitantes de esta tecnología que además no pueden ser salvados por medio de ninguna

técnica, ya que el barrido es inexistente, quedando solo la alternativa de la reconstrucción mediante software, dando lugar a una superficie que no es fidedigna con respecto a la original.

- Tamaño

Aunque el tamaño no es un limitante a priori de ninguna de las tecnologías, si es un factor a tener en cuenta a la hora de la ejecución o de las técnicas empleadas, ya que a grandes superficies a capturar hay que tener en cuenta que los ficheros alcanzarán grandes pesos y la manipulación de estos datos resultará compleja con ciertos equipos. En el caso de piezas grandes, suelen ganar las tecnologías más estacionarias del tipo trípodes o brazos articulados que los equipos tipo pistola libre que se suelen apoyar en equipos portátiles, sobre todo porque alcanzado un nivel de procesamiento es imposible llevar a cabo la pieza en un solo documento inicial.

Este factor no se toma como muy limitante para ninguna tecnología sobre todo porque siempre existe la posibilidad de dividir la pieza en secciones de captura y proceder con su digitalización.