



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

**Aplicación práctica de técnicas de
modelado y modificación de superficies de
clase A con ICEM Shape Design para
alcanzar niveles de continuidad G0, G1,
G2 y G3**

Autor:

González Rojo, Eduardo

Tutor:

Juan Manuel Sanz Arranz

**CMelM/Expresión Gráfica en
la Ingeniería**

Valladolid, septiembre 2021



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi familia y en concreto a mis padres, José Eduardo y María del Rocío el apoyo moral y la confianza que han depositado en mi durante estos cinco años de carrera durante los buenos y malos momentos.

Agradecer también a mis compañeros de clase que he tenido la suerte de conocer y amigos de siempre, los grandes momentos que hemos pasado tanto dentro como fuera de la universidad y que muchas veces sirve para desconectar de esta.

Finalmente agradecer al gran profesor y tutor Juan Manuel Sanz Arranz por la oportunidad y confianza puesta en mí para realizar este proyecto.



RESUMEN

El módulo de CATIA sobre el que se trabaja es el ICEM Shape Design, el cual permite a los usuarios modelar superficies complejas de clase A con diversas formas de gran calidad estética y ergonómicas y que a su vez estas responden bien ante los reflejos provocados por la luz.

En este proyecto se tratará de explicar de la forma más sencilla posible y a través de ejemplos gráficos algunos de los comandos que permiten realizar modificaciones y análisis avanzados sobre estas.

Para la creación de dichas superficies es bueno saber cómo son y cómo funcionan las curvas con las que se van a crear. También saber la distribución de sus puntos de control para lograr el tipo de continuidad deseado.

PALABRAS CLAVE

Superficies de clase A, Continuidad, G0, G1, G2, G3, Puntos de Control, Comando, Cuadro de diálogo.

ABSTRACT

The CATIA module on which we work is the ICEM Shape Design, which allows users to model complex class A surfaces with various shapes of high aesthetic and ergonomic quality and which in turn respond well to reflections caused by the light.

This project will try to explain in the simplest way possible and through graphic examples some of the commands that allow advanced modifications and analysis on them.

For the creation of these surfaces it is good to know what the curves with which they are going to be created are and how they work. Also know the distribution of your control points to achieve the type of continuity desired.

KEY WORDS

Class A surfaces, Continuity, G0, G1, G2, G3, Control Points, Command, Dialog box.



ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	19
1.1	Módulo de ICEM Shape Design (Systemes C. V.-6., 2011).....	19
1.2	Superficies de clase A (Zamarrón Ledo, 2021)	19
1.3	Tipos de continuidades (Zamarrón Ledo, 2021) (Technology in Architecture, 2018)	20
1.4	Objetivos	21
2.	ADVANCED TASK (Trabajos avanzados) (Systemes C. V.-6., 2011).....	23
2.1	EXPERT	23
2.1.1	ADJUSTING SURFACES (Ajuste de Superficies)	24
2.1.2	CREATING A HELIX SUERFACE (Creación de un helicoides).....	30
2.1.3	OVERCROWNING (Curvado de una superficie).....	37
2.1.4	SHAPE MAPPING (Grabado sobre una superficie).....	43
2.1.5	SHAPE MODELING (Modelado con forma)	48
2.1.6	TUBING (Crea una superficie tubular).....	55
2.1.7	GLOBAL SURFACE OFFSET (Desplazamiento de una Superficie)	61
2.1.8	ACCELERATED SURFACES (Crea superficies con cambios en la curvatura).....	66
2.1.9	CREATE GAP (Crea una ranura).....	73
2.1.10	LOFT (Crea una superficie siguiendo perfiles)	84
2.2	ADVANCED ANALYSIS	98
2.2.1	FLAT REGIONS ANALYSIS (Análisis de superficies planas)	98
2.2.2	HEAD IMPACT ANALYSIS (Análisis de impacto).....	112
2.2.3	LEVELING ANALYSIS (Análisis de desnivel)	119
2.2.4	GAP ANALYSIS (Análisis de ranuras).....	127
2.2.5	SURFACE CHECK (Análisis de superficies)	136
2.2.6	CURVE CHECK (Análisis de curvas).....	140
3.	ANÁLISIS PRÁCTICO DE LA INFLUENCIA DEL ORDEN Y DEL FLUJO DE LOS PUNTOS DE CONTROL DE LAS CURVAS UTILIZADAS EN LA CREACION DE UNA SUPERFICIE DE CLASE A EN EL ORDEN DE LA SUPERFICIE OBTENIDA Y SU CONTINUIDAD CON SUPERFICIES ADYACENTES.....	143



4. ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN Y MODIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL SOBRE LAS SUPERFICIE DE CLASE A PARA CONSEGUIR LAS CONTINUIDADES DESEADAS.	165
5. ESTUDIO ECONÓMICO.....	183
6. CONCLUSIONES.....	185
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	187
8. ANEXO 1: TAB FUNCTIONS (Systemes C. V.-6., 2011)	189
• APPLY MODE (Modos de aplicación).....	189
• OUTPUT RESULT (Resultados de salida).....	189
• APROXIMATION TAB (Pestaña de aproximación).....	190
• OUTPUT TAB (Estructura del resultado)	196
• MOVING FRAME TAB (Pestaña de marco móvil)	198

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Representación gráfica continuidad G0.....	20
Figura 1.2 Representación gráfica continuidad G1.....	21
Figura 1.3 Representación gráfica continuidad G2.....	21
Figura 1.4 Representación gráfica continuidad G3.....	21
Figura 2.1 Barra de herramientas Expert.....	23
Figura 2.2 Comando Adjust.....	24
Figura 2.3 Cuadro de diálogo del comando Adjust.....	24
Figura 2.4 Menús contextuales.....	25
Figura 2.5 Solución tras aplicar Translation.....	26
Figura 2.6 Solución tras aplicar Translation y Rotation.....	26
Figura 2.7 Solución tras aplicar Translation, Rotation y Scale.....	27
Figura 2.8 Solución final tras aplicar Translation, Rotation, Scale y Compensation...27	
Figura 2.9 Datos del ejemplo.....	28
Figura 2.10 Cuadro de diálogo del ejemplo.....	29
Figura 2.11 Resultado del ejemplo.....	29
Figura 2.12 Comando Helix.....	30
Figura 2.13 Cuadro de diálogo del comando Helix.....	30
Figura 2.14 Solución del ejemplo con los datos.....	31
Figura 2.15 Indicación para cambiar el rango.....	32
Figura 2.16 Explicación del Pitch.....	32
Figura 2.17 Solución modificando solo Length.....	33
Figura 2.18 Solución modificando sólo Angle (45°-20°).....	33
Figura 2.19 Cuadro de diálogo del More Info.....	34
Figura 2.20 Datos del ejemplo.....	35
Figura 2.21 Cuadro de diálogo del ejemplo.....	35
Figura 2.22 resultado del ejemplo.....	36
Figura 2.23 Comando Overcrown.....	37
Figura 2.24 Cuadro de diálogo de Overcrown.....	37
Figura 2.25 Solución con las especificaciones del cuadro de diálogo.....	38
Figura 2.26 Pestaña Advanced Tab.....	38
Figura 2.27 Ejemplo de la opción Edge.....	39
Figura 2.28 Continuidad G0.....	40
Figura 2.29 Continuidad G0 + G1.....	40
Figura 2.30 Continuidad G0 + G1 + G2.....	40
Figura 2.31 Ejemplos a), b) y c) modificando Shape.....	41
Figura 2.32 Datos del ejemplo.....	41
Figura 2.33 Cuadros de diálogo del ejemplo.....	42

Figura 2.34 Resultado ejemplo.....	42
Figura 2.35 Comando Shape Mapping.....	43
Figura 2.36 Cuadro de diálogo Shape Mapping.	43
Figura 2.37 Explicación Translation.....	44
Figura 2.38 Explicación a) Sin Rotation y b) Con Rotation.....	44
Figura 2.39 a) Superficies con Crop-ON b) Superficies con Crop-OFF.....	45
Figura 2.40 Cuadro de diálogo Parameter.	45
Figura 2.41 Datos del ejemplo.....	46
Figura 2.42 Cuadros de diálogo del ejemplo.	46
Figura 2.43 Resultado del ejemplo.....	47
Figura 2.44 Comando Shape Modeling.....	48
Figura 2.45 Modelado de un conjunto de curvas usando una curva como referencia.	48
Figura 2.46 Cuadro de diálogo de Shape Modeling.	49
Figura 2.47 Cuadro de diálogo Parameter.	50
Figura 2.48 Explicación Translation.....	51
Figura 2.49 Explicación Rotation.	51
Figura 2.50 Cuadro de diálogo Using Control Points.....	52
Figura 2.51 Menú contextual de los manipuladores.....	53
Figura 2.52 Datos del ejemplo.....	53
Figura 2.53 Cuadros de diálogo del ejemplo.	54
Figura 2.54 Resultado del ejemplo.....	54
Figura 2.55 Comando Tubing.....	55
Figura 2.56 Cuadro de diálogo de Tubing.	55
Figura 2.57 Explicación gráfica Center y Blend.	56
Figura 2.58 Explicación apartado Close con Center activado.....	57
Figura 2.59 Explicación Create Curve.....	58
Figura 2.60 Cuadro de diálogo More Info.....	58
Figura 2.61 Datos del ejemplo.....	59
Figura 2.62 Cuadro de diálogo del ejemplo.	60
Figura 2.63 Resultado del ejemplo.....	60
Figura 2.64 Comando Global Surface Offset.	61
Figura 2.65 Ejemplo superficies recortadas o extrapoladas.....	61
Figura 2.66 Cuadro de diálogo de Global Surface Offset.....	61
Figura 2.67 Ejemplo Side Surface.	62
Figura 2.68 Cuadro de diálogo del More Info.	63
Figura 2.69 Manipuladores contextuales.....	63
Figura 2.70 Datos del ejemplo.....	64
Figura 2.71 Cuadro de diálogo del ejemplo.	64

Figura 2.72 Resultado del ejemplo.	65
Figura 2.73 Comando Accelerated Surface.	66
Figura 2.74 Cuadro de diálogo Accelerated Surface.....	66
Figura 2.75 Aplicación Trim Support a) OFF b) ON.....	67
Figura 2.76 Ejemplo gráfico de las Options.	68
Figura 2.77 Aplicación Length-Individual ON.....	68
Figura 2.78 Aplicación Distance-Individual ON.....	69
Figura 2.79 Aplicación Radius.	69
Figura 2.80 a) Shape=0 b) Shape= 2.....	70
Figura 2.81 Cuadro de diálogo More Info.	70
Figura 2.82 Diferentes combinaciones de los manipuladores.....	71
Figura 2.83 Datos del ejemplo.....	71
Figura 2.84 Cuadro de diálogo del ejemplo.....	72
Figura 2.85 Resultado final del ejemplo.	72
Figura 2.86 Comando Create Gap.....	73
Figura 2.87 Ejemplo aplicaciones del comando Create Gap.....	73
Figura 2.88 Cuadro de diálogo Create Gap.....	74
Figura 2.89 Ejemplo con Surface 1 y 2.	75
Figura 2.90 Ejemplo Normal to Surface.....	76
Figura 2.91 Ejemplo Direction.	76
Figura 2.92 Ejemplo Position.....	77
Figura 2.93 a) Crimp/Crimp b) Crimp/Crimp-Flange c) Crimp-Flange/Crimp-Flange..	77
Figura 2.94 a) Crimp/Flange b) Crimp-Flange/Flange.	78
Figura 2.95 Ejemplo True min. Rad.....	79
Figura 2.96 Ejemplo Crimp Angle.	79
Figura 2.97 a) No Extrapolation b) Si Extrapolation.	80
Figura 2.98 Cuadro de diálogo More Info.	81
Figura 2.99 Datos del ejemplo.....	82
Figura 2.100 Cuadro de diálogo del ejemplo.....	82
Figura 2.101 Resultado del ejemplo.	83
Figura 2.102 Comando Loft.	84
Figura 2.103 Flujo isoparamétrico.	84
Figura 2.104 Orientación de la espina en curvas 2D.....	85
Figura 2.105 Ejemplo cuando se cruzan perfiles internos.	86
Figura 2.106 Cuadro de diálogo de Loft.	86
Figura 2.107 Explicación de la tolerancia cuando se excede el valor de la intersección.	87
Figura 2.108 Explicación de la tolerancia cuando el valor de esta se cumple en el punto de intersección.....	88

Figura 2.109 a) Ejemplo sin recortar b) Ejemplo recortado.....	89
Figura 2.110 Ejemplo con None.	89
Figura 2.111 Ejemplo con Segments.	90
Figura 2.112 Ejemplo con Cells.	90
Figura 2.113 Ejemplo con Bends.....	90
Figura 2.114 Ejemplo con continuidad.	91
Figura 2.115 Ejemplo con configuración aceptable del uso de superficies de apoyo para alinear guías y perfiles.	91
Figura 2.116 Ejemplo con superficies de apoyo.....	91
Figura 2.117 Ejemplo de posicionamiento Local.	92
Figura 2.118 Ejemplo de posicionamiento Spread.	92
Figura 2.119 Ejemplo de alineamiento Global.	93
Figura 2.120 Explicación de Adjust cuando las guías son las que tienen influencia en el resultado.....	93
Figura 2.121 Explicación de Adjust- Mean.....	93
Figura 2.122 Explicación de Adjust cuando son los perfiles los que tienen influencia en el resultado.....	94
Figura 2.123 Cuadro de diálogo More Info.	95
Figura 2.124 Datos del ejemplo.	96
Figura 2.125 Cuadro de diálogo del ejemplo.....	96
Figura 2.126 Resultado del ejemplo.	97
Figura 2.127 Barra de herramientas Advanced Analysis.....	98
Figura 2.128 Comando Flat Regions Analysis.	98
Figura 2.129 Muestra las regiones extremadamente planas que se analizan.	99
Figura 2.130 Muestra cómo se rige la planitud.....	100
Figura 2.131 Explicación gráfica método Chord.....	101
Figura 2.132 Análisis con el método Chord.	103
Figura 2.133 Análisis con el método Local.	103
Figura 2.134 Muestra como es la regla virtual.....	104
Figura 2.135 Ejemplo con Rotation angle=1°.....	104
Figura 2.136 Ejemplo con Rotation angle= 15°.....	105
Figura 2.137 Ejemplo con Rotation angle= 180°.....	105
Figura 2.138 Detección de un área crítica.....	107
Figura 2.139 Ejemplo modificación del radio del disco.	107
Figura 2.140 Cuadro de diálogo de Flat Regions Analysis.....	108
Figura 2.141 Ejemplo de cómo son los parches triangulares.	108
Figura 2.142 Cuadro de diálogo More Info.	110
Figura 2.143 Datos del ejemplo.	111
Figura 2.144 Cuadro de diálogo del ejemplo.....	111

Figura 2.145 Resultado del ejemplo.	111
Figura 2.146 Comando Head Impact Analysis.	112
Figura 2.147 Cuadro de diálogo de Head Impact Analysis.	113
Figura 2.148 Ejemplo Sharp Bend.	114
Figura 2.149 Ejemplo Edge.	114
Figura 2.150 Representación de la esfera usada para el análisis.	115
Figura 2.151 Ejemplo con radio de curvatura 1mm, sin regiones rojas.	115
Figura 2.152 Ejemplo con radio de curvatura de 3mm.	115
Figura 2.153 Ejemplo con radio de curvatura de 5mm.	116
Figura 2.154 Ejemplo donde se muestra la posición de la superficie de separación y las zonas rojas.	116
Figura 2.155 Ejemplo Individual.	117
Figura 2.156 Datos del ejemplo.	118
Figura 2.157 Cuadro de diálogo del ejemplo.	118
Figura 2.158 Resultado del ejemplo.	118
Figura 2.159 Comando Leveling Analysis.	119
Figura 2.160 Cuadro de diálogo de Leveling Analysis.	119
Figura 2.161 Muestra las opciones de Source y Tarjet extensión.	120
Figura 2.162 Ejemplo de la opción Tangential.	120
Figura 2.163 Ejemplo de análisis con Source y Tarjet Extension -> None.	121
Figura 2.164 Ejemplo de análisis con extensión de borde (edge).	121
Figura 2.165 a) Método de extensión Edge max b) Método de extensión Edge.	122
Figura 2.166 Ejemplo de análisis con extensión de borde y superficie.	122
Figura 2.167 Ejemplo de análisis con Extended Surface (extensión de la superficie origen).	123
Figura 2.168 Líneas del resultado generadas con Comb.	124
Figura 2.169 Líneas del resultado generadas con Envelope.	124
Figura 2.170 Resultado del análisis generado con Shaded.	125
Figura 2.171 Datos del ejemplo.	125
Figura 2.172 Cuadro de diálogo del ejemplo.	126
Figura 2.173 Resultado del ejemplo.	126
Figura 2.174 Comando Gap Analysis.	127
Figura 2.175 Ejemplo brecha Gap Analysis.	127
Figura 2.176 Ejemplo de la línea de intersección.	128
Figura 2.177 Ejemplo de las opciones de Gap Analysis.	128
Figura 2.178 Cuadro de diálogo Gap Analysis.	129
Figura 2.179 a) Start=0 y End=0 b) Start=0 y End= 3mm.	130
Figura 2.180 a) Start= 0mm b) Start= 4mm.	131

Figura 2.181 a) Optimal Gap=1mm y Delta= 0mm b) Optimal Gap= 1mm y Delta -> Start= 0mm y End= 4mm. 131

Figura 2.182 Ejemplo de Comb. 133

Figura 2.183 Ejemplo de Envelope (línea azul). 133

Figura 2.184 Ejemplo de Shaded. 133

Figura 2.185 Datos del ejemplo. 134

Figura 2.186 Cuadro de diálogo del ejemplo..... 135

Figura 2.187 Resultado del ejemplo. 135

Figura 2.188 Comando Surface Check. 136

Figura 2.189 Cuadros de diálogo de Surface Check. 136

Figura 2.190 Ejemplo de conexiones en T. 137

Figura 2.191 Menú para crear una nueva lista de visualización..... 138

Figura 2.192 Datos del ejemplo. 138

Figura 2.193 Cuadros de diálogo del ejemplo. 139

Figura 2.194 Resultado del ejemplo. 139

Figura 2.195 Comando Curve Check..... 140

Figura 2.196 Cuadro de diálogo Curve Check. 140

Figura 2.197 Menú para crear una nueva lista de visualización..... 141

Figura 2.198 Datos del ejemplo. 141

Figura 2.199 Cuadros de diálogo del ejemplo. 142

Figura 2.200 Resultados del ejemplo. 142

Figura 3.1 Datos del ejemplo de continuidad con superficie plana. 143

Figura 3.2 Resultado fallido de la superficie generada a la hora de conseguir G1. 144

Figura 3.3 Análisis de continuidad entre la superficie generada y la superficie dato.145

Figura 3.4 Resultado de la superficie generada al aumentar el orden de la guía 2.146

Figura 3.5 Continuidad G1 conseguida con la guía 2 de orden 3. 147

Figura 3.6 Superficie generada obtiene el orden de la guía 1= 14 x 14. 147

Figura 3.7 Resultado fallido de la superficie generada a la hora de conseguir G2. 148

Figura 3.8 Continuidad G2 conseguida al aumentar el orden de la guía 2 a 4..... 149

Figura 3.9 Continuidad G3 conseguida al aumentar el orden de la guía 2 a 5..... 150

Figura 3.10 Resultado al optimizar los órdenes de los datos..... 150

Figura 3.11 Continuidad G3 sin que coincidan las columnas de puntos. 151

Figura 3.12 Superficie generada al introducir una cuarta guía de orden 7..... 152

Figura 3.13 Coordenadas de la última fila de puntos de control de una superficie curva.153

Figura 3.14 Coordenadas de la primera fila de puntos de control de una superficie curva. 153

Figura 3.15 Distribución de los puntos de control de una superficie curva < 90 grados.153

Figura 3.16 Datos del ejemplo a tratar con superficie curva.	154
Figura 3.17 Superficie curva generada con el comando Blend Surface.....	154
Figura 3.18 Continuidad G3 al cambiar la superficie adyacente al orden 4x2.	155
Figura 3.19 Continuidad G3 al cambiar la superficie adyacente al orden 3x2.	155
Figura 3.20 Distribución de los puntos de control en las superficies al conseguir G3 con superficie adyacente de orden 3x2.	155
Figura 3.21 Resultado de la distribución de los puntos de control sobre las superficies al cambiar el orden de la guía 2 a 8.....	156
Figura 3.22 Análisis de continuidad entre las superficies del ejemplo lancha.	157
Figura 3.23 Distribución de los puntos de control de las guías con las que se generaran las superficies sin arreglar.	157
Figura 3.24 Distribución de los puntos de control de la guía 1.....	157
Figura 3.25 Distribución de los puntos de control de la guía 2.....	158
Figura 3.26 Distribución de los puntos de control de la guía 3.....	158
Figura 3.27 Distribución de los puntos de control de la guía 4.....	158
Figura 3.28 Distribución de los puntos de control de la guía 5.....	159
Figura 3.29 Continuidad G2 fallida entre superficies.	159
Figura 3.30 Distribución de los puntos de control de la guía 1 de orden 8 y de la guía 3 de orden 8.....	159
Figura 3.31 a) Distribución puntos de control de las guías 1 y 3 sin modificar b) Distribución uniforme de los puntos de control de las guías 1 y 3.	160
Figura 3.32 Superficie generada con las guías 1,2 y 3 modificadas.....	160
Figura 3.33 Superficie generada con las guías 1,2 y 3 sin modificar.....	160
Figura 3.34 Distribución ordenada y homogénea de los puntos de control de la guía 4 con un orden de 10.	161
Figura 3.35 Superficie generada con las guías 1,3 y 4 modificadas.....	161
Figura 3.36 Distribución ordenada y homogénea de los puntos de control de la guía 5 con un orden de 16.	162
Figura 3.37 Superficie generada con las guías 1,4 y 5 modificadas.....	162
Figura 3.38 Ejemplo con Adapt/Linear Connection OFF.....	163
Figura 3.39 Ejemplo con Adapt/Linear Connection ON.	163
Figura 4.1 Datos ejemplo continuidad con superficie plana.	165
Figura 4.2 Superficie generada para conseguir G0.....	166
Figura 4.3 Vista lateral de la posición de la primera fila de puntos.....	167
Figura 4.4 Vista en planta de la distribución de los puntos de control sobre la superficie generada.	167
Figura 4.5 Cuadro de diálogo del comando Control Points.	168
Figura 4.6 Distribución primera y segunda fila de puntos de control.	169
Figura 4.7 Pérdida de continuidad al acercarse mucho uno de los puntos.	169
Figura 4.8 Posición del sexto punto de control.....	170
Figura 4.9 Pérdida de continuidad al acercarse el quinto punto de control.....	171

Figura 4.10 Posición sexto punto de control.....	171
Figura 4.11 Distribución de los puntos de control al pedir continuidad del tipo G3.	172
Figura 4.12 Análisis de continuidad al modificar los puntos de control de la guía 4.	172
Figura 4.13 Datos y superficies del ejemplo con superficies curvas.	173
Figura 4.14 Análisis sobre las superficies del barrido.....	173
Figura 4.15 Análisis de reflejos sobre las superficies.	174
Figura 4.16 Superficie creada con Blend Surface.	174
Figura 4.17 Análisis de continuidad sobre las superficies.....	175
Figura 4.18 Datos sobre la continuidad desplegando More Info.	175
Figura 4.19 Análisis de reflejos.....	176
Figura 4.20 Superficies y cuadro de diálogo de la pestaña Coupling.	177
Figura 4.21 Datos sobre la continuidad desplegando More Info.	177
Figura 4.22 Análisis de continuidad.	178
Figura 4.23 Análisis de brillos/reflejos.....	178
Figura 4.24 Pestaña Options en el comando Blend Surface.	179
Figura 4.25 Análisis de continuidad y de reflejos sobre las superficies.	180
Figura 8.1 Cuadro de diálogo de Apply Mode.	189
Figura 8.2 Cuadro de diálogo de Output Result.....	189
Figura 8.3 Diagrama de flujo para la aproximación de una curva.....	191
Figura 8.4 Pestaña Approximation.....	192
Figura 8.5 Pestaña de Output.	196
Figura 8.6 Pestaña de Moving Frame.....	198
Figura 8.7 a) Parallel to plane b) Radial to guide c) 2nd Curve d) Normal to Surface.	199



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Opciones Variant.	78
Tabla 2 Interpretación de los resultados de forma cualitativa.	100
Tabla 3 Interpretación de los resultados en función del color.	106
Tabla 4 Diferentes planitudes en función del ángulo de rotación.....	110
Tabla 5 Interpretación de los resultados del comando Head Impact Analysis.....	112
Tabla 6 Interpretación de los resultados del comando Gap Analysis.	129



1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En primer lugar, hay que explicar una serie de términos para poder entender mejor las futuras explicaciones sobre el módulo de ICEM Shape Design, superficies de clase A y tipos de continuidades.

1.1 Módulo de ICEM Shape Design (Systemes C. V.-6., 2011)

Dicho módulo permite dar forma a curvas y superficies complejas llamadas de clase A y modificarlas para conseguir las más altas exigencias de diseño. Presenta técnicas únicas de modelado y análisis, ofreciendo tiempos de respuesta mejorados y nuevos niveles de integración dentro del ciclo de vida de desarrollo del producto.

El módulo presenta tres funciones clave:

- **Modelado de la realidad:** accede a comandos arbitrarios y activos, como puntos de control locales, restricciones de coincidencia, comandos de creación de curvas y superficies, lo que permite un control directo de la forma. El número de iteraciones necesarias para obtener la forma deseada se reduce en gran medida para que el usuario pueda concentrarse en el trabajo de modelado en lugar del uso repetitivo de comandos.
- **Asociatividad de forma libre:** combina dos mundos, métodos paramétricos y basados en técnicas de modelado de forma libre. A medida que se va modelando el producto se va actualizando para gestionar las restricciones de clase A relacionadas, manteniéndolo actualizado en todo momento. Esto permite al usuario ver el impacto de cada modificación al instante
- **Captación de la intención de diseño:** permite al usuario capturar todas las restricciones y dependencias de diseño a lo largo del ciclo de vida de un modelo de diseño. Esto significa que las superficies de Clase A no tienen que realizarse una y otra vez porque los cambios se adaptan automáticamente a la nueva forma.

1.2 Superficies de clase A (Zamarrón Ledo, 2021)

Son aquellas superficies que deben poseer una alta calidad estética y buen reflejo ante la luz, alcanzando altos niveles de continuidad entre superficies. Deben poseer como mínimo una continuidad tipo G2 o

continuidad en curvatura, aunque preferiblemente continuidad G3 o continuidad en curvatura tangente.

Estas requieren mano de obra numerosa y cualificada, por eso son costosas a la hora de producirlas.

Se aplican en ámbitos como la industria automovilística, aeronáutica y cada vez se extiende a otros donde los productos requeridos necesitan de un alto valor estético.

1.3 Tipos de continuidades (Zamarrón Ledo, 2021)

(Technology in Architecture, 2018)

Muy necesarias para las superficies de clase A, indican cómo es el tipo de unión entre las superficies.

- **G0:** se trata de la continuidad a nivel de punto como aparece en la *Figura 1.1*. Las dos superficies comparten una misma arista. Un fallo en esta es una falta de contacto entre superficies. El error de este tipo de continuidad se mide en unidades de longitud representando la distancia existente entre los elementos que debieran permanecer unidos. Solo el punto de control del extremo es el que debe estar alineado.



Figura 1.1 Representación gráfica continuidad G0.

- **G1:** se trata de la continuidad en tangencia. Garantiza la coincidencia de la tangente del final de uno de los elementos con la del inicio del siguiente, es decir, ambas líneas tangentes forman un ángulo de 180 grados, como se ve en la *Figura 1.2*. Un fallo en esta continuidad se traduce en la aparición de una arista visible no deseada. El error existente en este tipo de continuidad se mide en unidad angular, representando el ángulo entre las normales a las tangentes (debiendo ser nulo en el caso de continuidad G1). El punto de control extremo y el siguiente deben estar alineados.



Figura 1.2 Representación gráfica continuidad G1.

- **G2:** en la *Figura 1.3* se observa que se trata de la continuidad en curvatura. Garantiza que el radio de curvatura del final de un elemento coincide con el de inicio del contiguo. El incumplimiento de este tipo de continuidad se traduce en la aparición de brillos y reflejos en la superficie. El error se representa mediante el cálculo del tanto por ciento de desviación entre el valor absoluto de la diferencia de curvaturas (inversa del radio) dividido por la curvatura mayor. Los tres primeros puntos de control deben estar alineados.

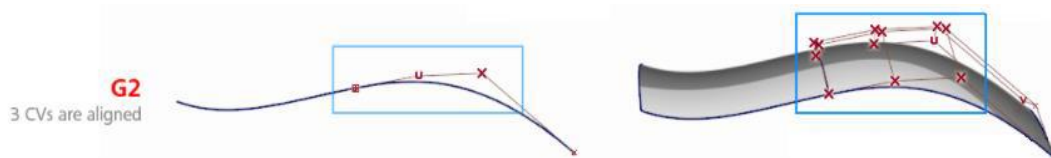


Figura 1.3 Representación gráfica continuidad G2.

- **G3:** se trata de la continuidad en curvatura tangente. Asegura la continuidad en curvatura y además la continuidad en el ritmo de variación de la curvatura entre ambas superficies. En la *Figura 1.4* se ve que los tres primeros puntos de control deben estar alineados y el cuarto debe encontrarse en una posición determinada por la curvatura de la superficie con la que se alinea.



Figura 1.4 Representación gráfica continuidad G3.

1.4 Objetivos

El objetivo de este TFG es facilitar a los usuarios la explicación de dos paletas de herramientas: “Expert” y “Advanced Analysis” del módulo de CATIA ICEM Shape Design a través de explicaciones acompañadas de ejemplos gráficos para poder entender los comandos de la mejor forma posible.

Pero la parte más relevante es la que viene a continuación, que es conocer cómo influye el orden y la colocación de los puntos de control tanto en las curvas usadas para la generación de superficie de clase A como en las mismas superficies con el fin de lograr las continuidades. A esto también se le unen las técnicas para distribuir y modificar de la forma más sencilla posible los puntos de control para cumplir con las exigencias de continuidad de la forma más rápida posible en el caso de que en un primer momento las superficies presenten discontinuidades de algún tipo.

Esto puede ser de gran ayuda y así ahorrar mucho tiempo a los usuarios que trabajen con esto.

2. ADVANCED TASK (Trabajos avanzados) (Systemes C. V.-6., 2011)

Se van a desarrollar un conjunto de comandos para la modificación de superficies avanzadas creadas con ICEM Shape Design.

Este apartado se divide en dos paletas de herramientas: “Expert” y “Advanced Analysis”.

2.1 EXPERT

Los comandos por tratar son los de la *Figura 2.1* (de izquierda a derecha):



Figura 2.1 Barra de herramientas Expert

- 1) Adjusting Surfaces
- 2) Creating a Helix Surface
- 3) Overcrowning
- 4) Shape Mapping
- 5) Shape Modeling
- 6) Tubing
- 7) Global Surface Offset
- 8) Accelerated Surfaces
- 9) Create Gap
- 10) Loft



NOTA: Si no logramos encontrar las barras de herramientas, recurrimos a:

TOOLS -> CUSTOMIZE -> TOOLBARS -> RESTORE POSITIONS

De esta manera aparecerán en el contorno de la pantalla.

Esto sirve para todos los módulos que integra CATIA.

2.1.1 ADJUSTING SURFACES (Ajuste de Superficies)

En la *Figura 2.2* se indica el comando que explica cómo se puede modificar y mover una superficie usando un número determinado de vectores, es decir, dos puntos en el que el primero es el de inicio y el segundo el final.



Figura 2.2 Comando Adjust.

Se usa cuando se quiere ensamblar un elemento más grande en otro más pequeño, usando un número específico de vectores, el elemento en cuestión se ajustará al tamaño y posición deseado.

Al seleccionar el comando aparece el cuadro de diálogo de la *Figura 2.3*:

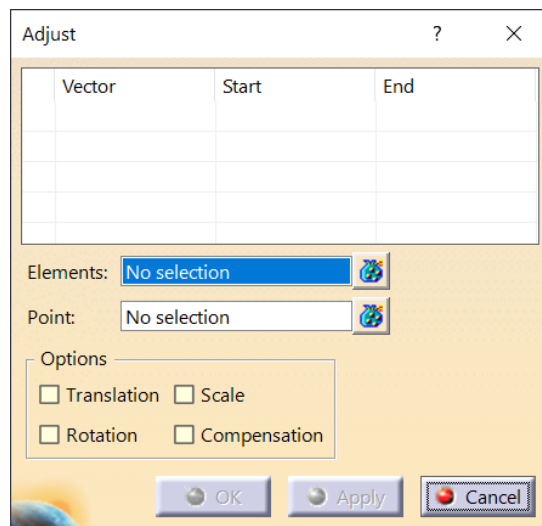


Figura 2.3 Cuadro de diálogo del comando Adjust.

Donde se pueden definir las siguientes opciones:

Tabla de Vectores: donde se introducen los vectores necesarios para el movimiento del elemento, indicando el punto inicial contenido en el elemento en cuestión y el punto final, donde se quiere colocar. Según el número de vectores definidos se pueden hacer las siguientes transformaciones:

- 1 vector: traslación
- 2 vectores: traslación y rotación
- 3 vectores: traslación, rotación y colocación en la posición final.

Elements (Elementos): se selecciona el elemento que se quiera mover. Al aparecer una bolsa azul a la derecha del comando indica que se puede introducir más de un elemento.

Point (Punto): son los pares de puntos (inicial y final), que definen los vectores usados para la transformación (mencionados en la tabla de vectores).

Tanto en “Elements” como en “Point” se puede acceder a el menú contextual de la *Figura 2.4* con el botón derecho del ratón, que permite la creación de más elementos para su elección.

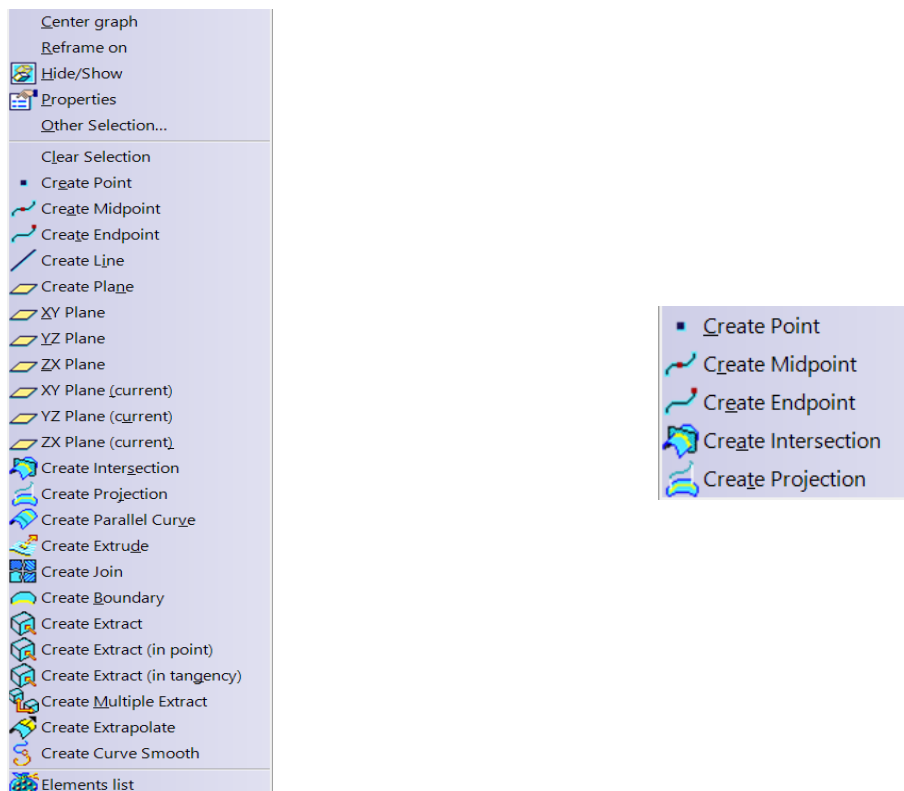


Figura 2.4 Menús contextuales.

Options:

- **Translation (Traslación):** requiere un vector definido por dos puntos, inicial y final, siempre debe estar seleccionado porque sin él no es posible ningún movimiento del elemento. Permite el movimiento de este a la posición deseada como se observa en la *Figura 2.5*.

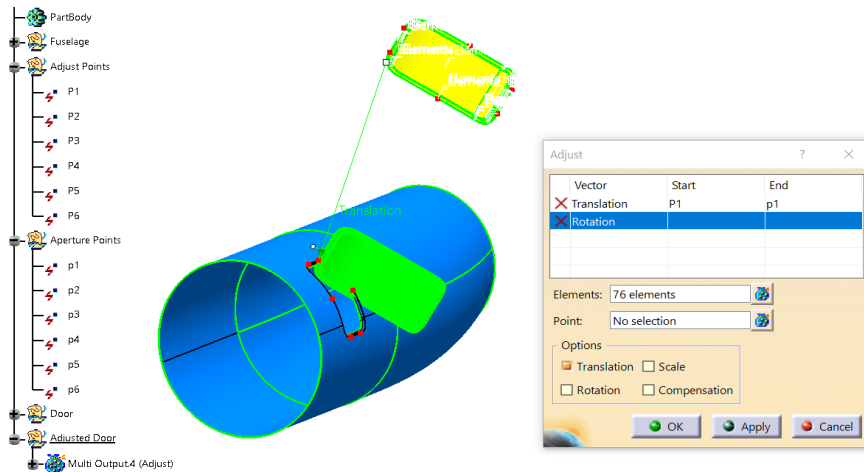


Figura 2.5 Solución tras aplicar Translation.

- Rotation (Rotación):** necesita de otro vector con dos puntos. Este vector junto con el de “Translation”, permiten definir un origen y una dirección para la colocación del elemento en la posición deseada. En la *Figura 2.6* se ve el ejemplo de esta aplicación:

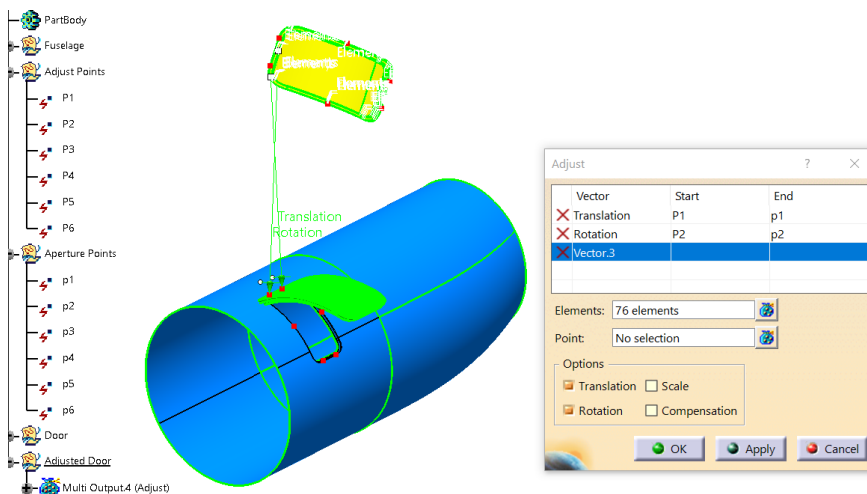


Figura 2.6 Solución tras aplicar Translation y Rotation

- Scale (Escala):** esta opción sólo está disponible si están seleccionadas previamente “Translation” y “Rotation” (*Figura 2.7*). No requiere la elección de ningún vector ya que el cociente de la distancia de los puntos finales y la distancia de los puntos iniciales de los vectores anteriores es el factor con el que realiza la escala.

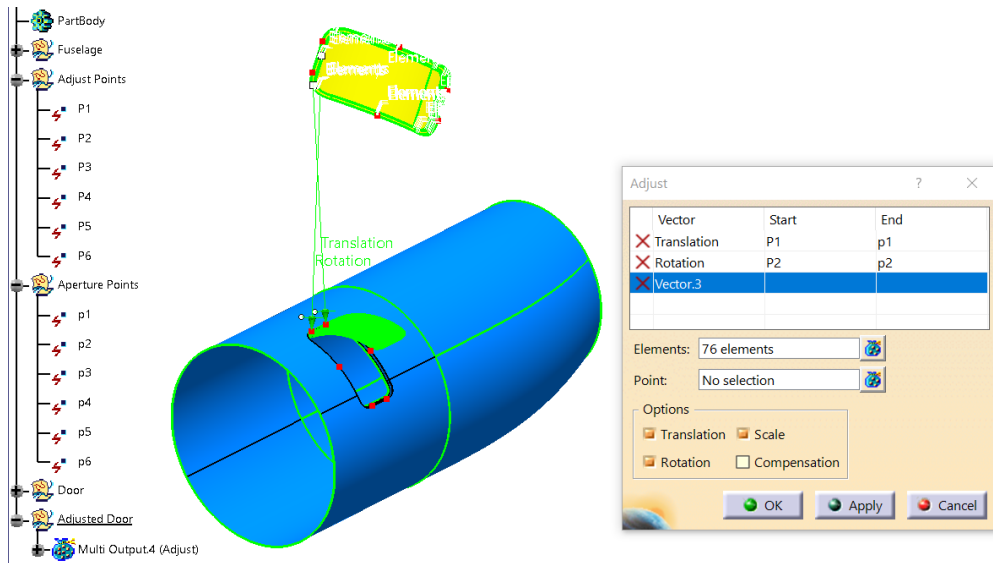


Figura 2.7 Solución tras aplicar Translation, Rotation y Scale.

- Compensation (Colocación):** es necesario que estén seleccionadas las opciones de “Translation” y “Rotation”. Necesita de un tercer vector como se observa en la *Figura 2.8*, cuyos puntos inicial y final pertenezcan a los mismos planos de los que parten y acaban los vectores anteriores. Con estos tres vectores se completa la transformación.

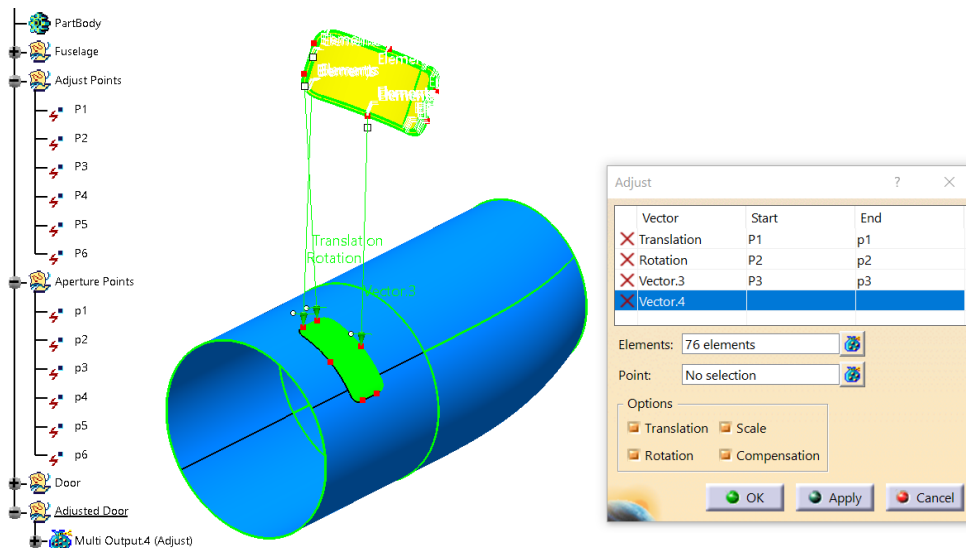


Figura 2.8 Solución final tras aplicar Translation, Rotation, Scale y Compensation.

NOTA: en los extremos de los vectores se puede desplegar un menú contextual (clic con el botón derecho del ratón) donde aparecen tres opciones:

- **Nuevo vector:** permite crear un nuevo vector manteniendo los anteriores.
- **Reposition (Recolocación):** selecciona e indica el vector en el que te has posicionado.
- **Delete (Eliminar):** elimina el vector seleccionado y permite definir uno nuevo.

En resumen, el objetivo del comando es el siguiente: colocar la tapa amarilla en el hueco del tubo azul de la *Figura 2.9* de forma que se adapte perfectamente, con los datos y ajustes del cuadro de diálogo de la *Figura 2.10*:

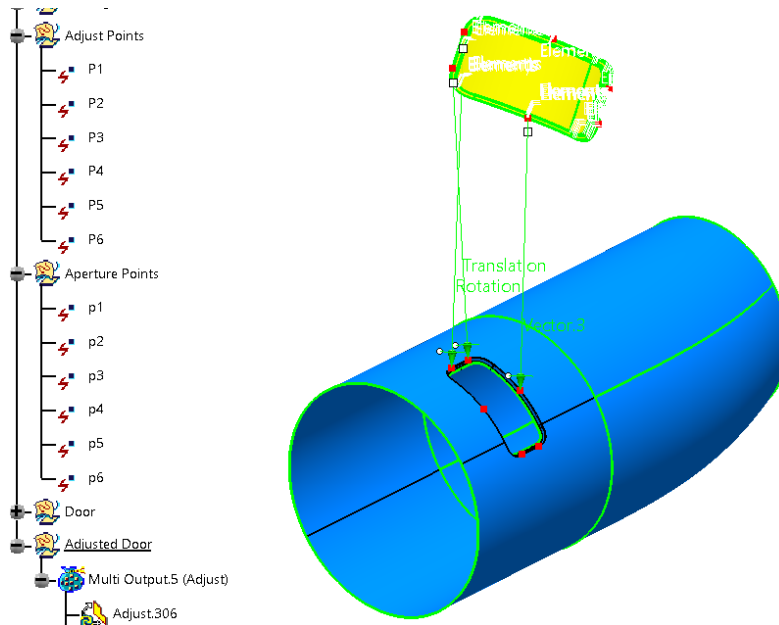


Figura 2.9 Datos del ejemplo.

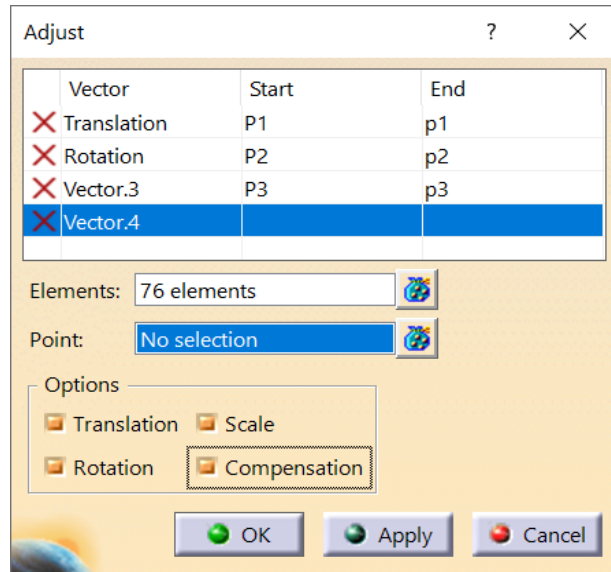


Figura 2.10 Cuadro de diálogo del ejemplo.

Se obtiene el resultado final de la Figura 2.11:

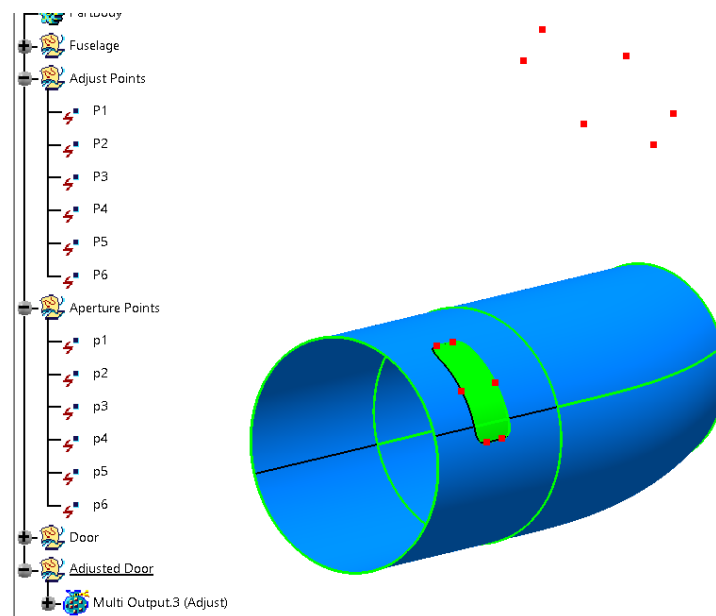


Figura 2.11 Resultado del ejemplo.

2.1.2 CREATING A HELIX SURFACE (Creación de un helicoides)



En la *Figura 2.12* está el comando con el que se crean superficies helicoidales combinando un movimiento de rotación y un movimiento de traslación a lo largo del mismo eje.



Figura 2.12 Comando Helix.

Al seleccionar el comando, aparece el cuadro de diálogo de la *Figura 2.13*:

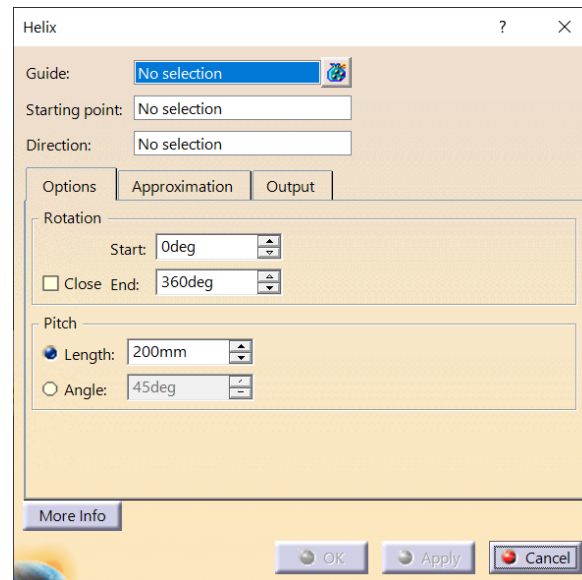


Figura 2.13 Cuadro de diálogo del comando Helix.

Donde:

Guide (Guía): es la generatriz de la superficie, es decir, el elemento que se va a barrer en la dirección que se elija posteriormente para generar la superficie. Aparece la bolsa que permite coger más generatrices.

Starting Point (Punto de partida): origen del sistema de coordenadas local que se toma como referencia para realizar la superficie.

Direction (Dirección): es el eje de rotación (directriz) sobre el que se va a revolucionar la superficie.

Options (mostradas en la *Figura 2.14*):

- **Rotation (Rotación):** define como va a ser la amplitud de la superficie helicoidal a través del ángulo inicial y final por el cual la guía gira alrededor de la directriz.
 - **Start:** define el ángulo desde el cual empieza la superficie a revolucionarse con la referencia del punto de partida.
 - **End:** es el ángulo donde acaba la superficie de revolucionarse.
 - **Close:** genera una superficie con valores para los ángulos inicio: 0° a final: 360° . Bloquea estos valores tengan el valor que tengan.

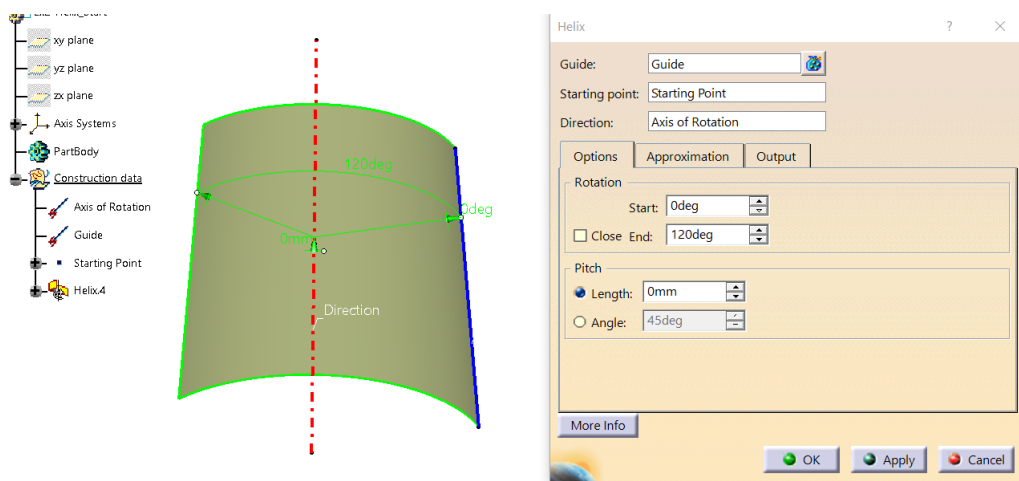


Figura 2.14 Solución del ejemplo con los datos.

Estos datos no solo se pueden modificar en el cuadro de diálogo del comando, sino que también en la pantalla gráfica aparecen modificadores (flechas) que se pueden arrastrar y modificar.

En la *Figura 2.15* el programa tiene definido un rango para estos datos de 0 a 360° , pero se pueden modificar pinchando con el botón derecho sobre el número para que se abra el menú contextual, después se selecciona rango y edit.

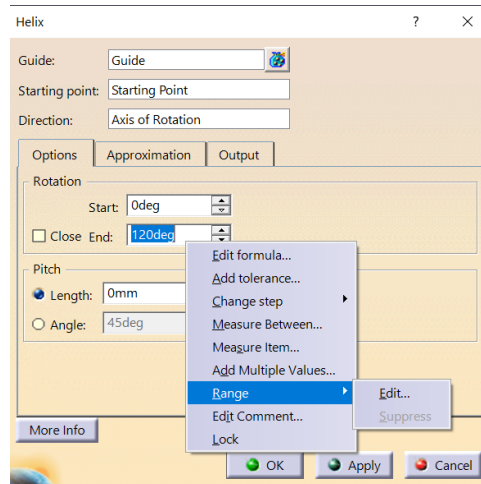


Figura 2.15 Indicación para cambiar el rango.

- **Pitch (Paso):** distancia entre los puntos inicial y final del desplazamiento a lo largo del eje después de una revolución completa (360°). Puede medirse tanto en unidades de longitud como en ángulo. En la *Figura 2.16* se ve un ejemplo donde se muestra:

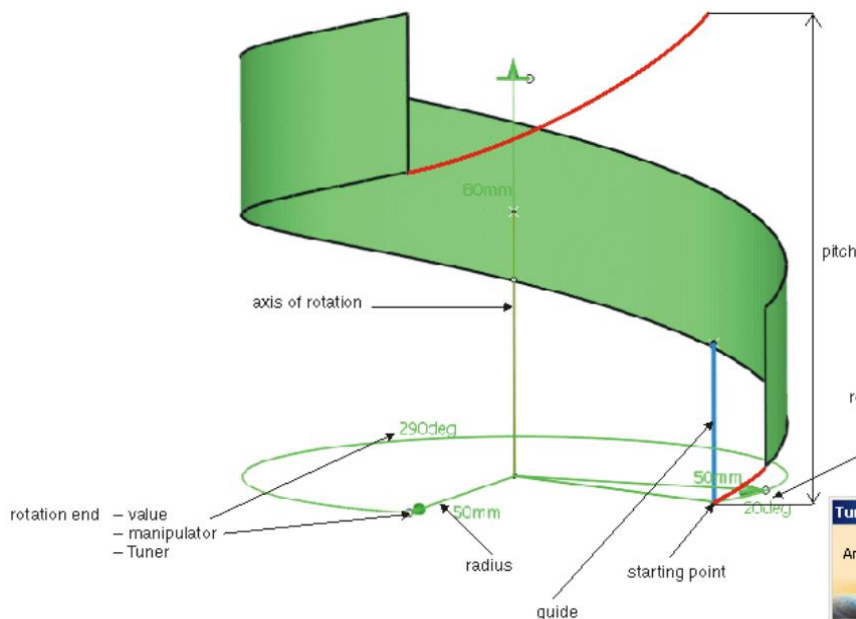


Figura 2.16 Explicación del Pitch.

- **Length (Longitud):** altura que tiene la hélice barrida, medida en un ángulo de 360° como en la *Figura 2.17* (no confundir con la altura de la hélice creada, que depende de la longitud de la generatriz (guía) y del ángulo de paso).

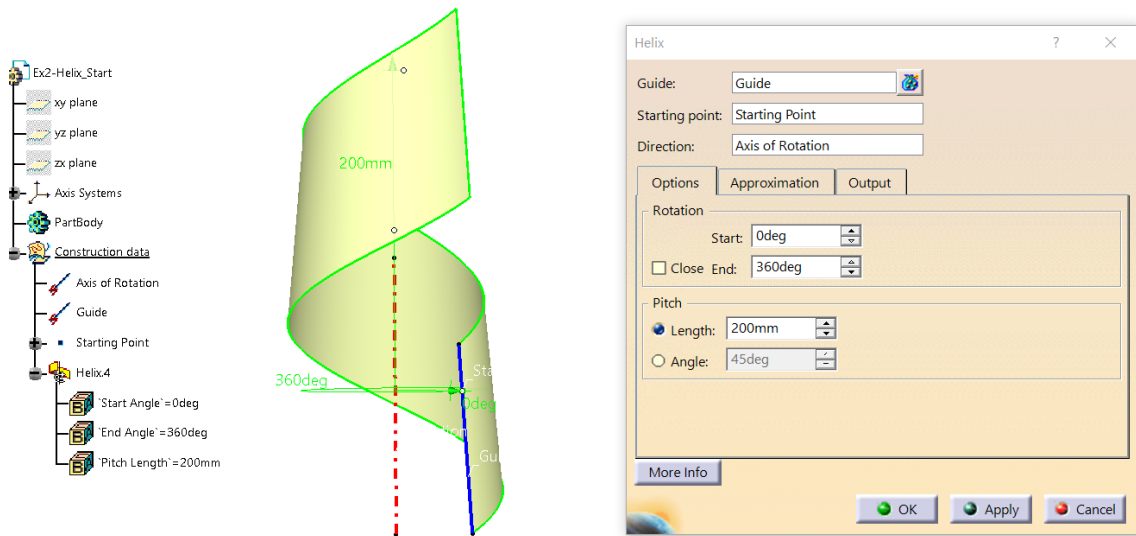


Figura 2.17 Solución modificando solo Length.

- **Angle (Ángulo):** ángulo desde el que se empieza a barrer la superficie medido con respecto al plano perpendicular a la directriz (Figura 2.18).

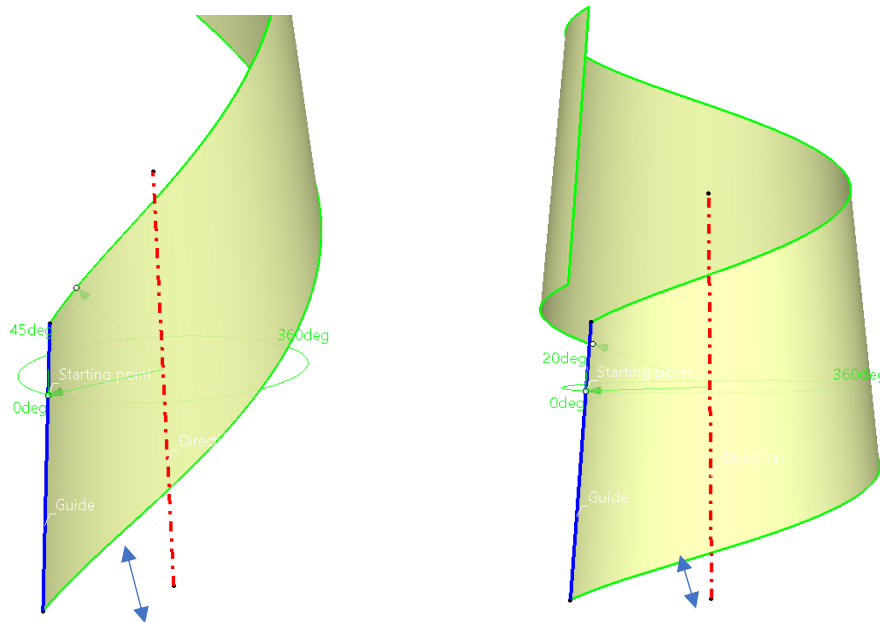


Figura 2.18 Solución modificando sólo Angle (45°-20°).

Approximation: ver “Approximation Tab” en el Anexo 1.

Output: ver “Output Tab” en el Anexo 1.

Si seleccionamos “More Info”, se despliega un menú (Figura 2.19) que proporciona datos de la creación de la superficie:

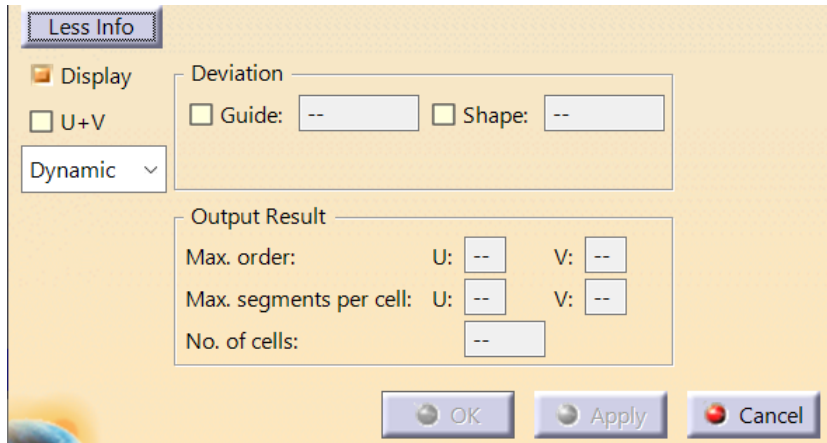


Figura 2.19 Cuadro de diálogo del More Info.

Donde:

Display: los datos que proporciona la ventana se muestran en la zona de gráficos.

U + V: se visualizan en la superficie creada los vectores de curvas y superficies U y V.

Dinamic, Static, None: ver “Apply Mode” en el Anexo 1.

Deviation: desviación máxima entre los bordes de la superficie creada y las curvas originales.

-**Guide:** muestra la desviación de la guía aproximada.

-**Shape:** muestra la desviación de la superficie helicoidal.

Output Result: ver “Output Result” en el Anexo 1.

En resumen, el objetivo del comando es: generar una superficie helicoidal al barrer la guía en torno al eje de rotación.

A continuación, en las Figuras 2.20 y 2.21 se muestra un ejemplo del funcionamiento del comando:

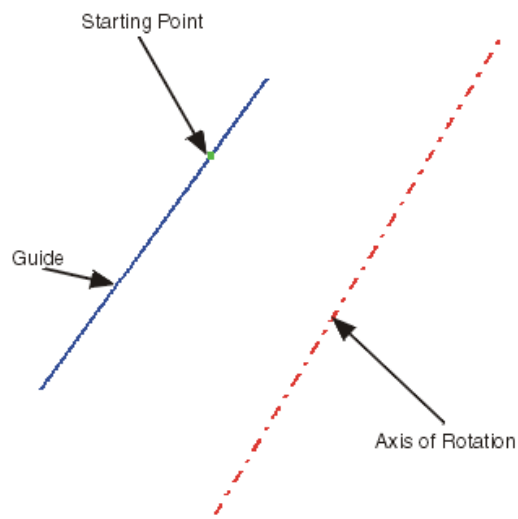


Figura 2.20 Datos del ejemplo

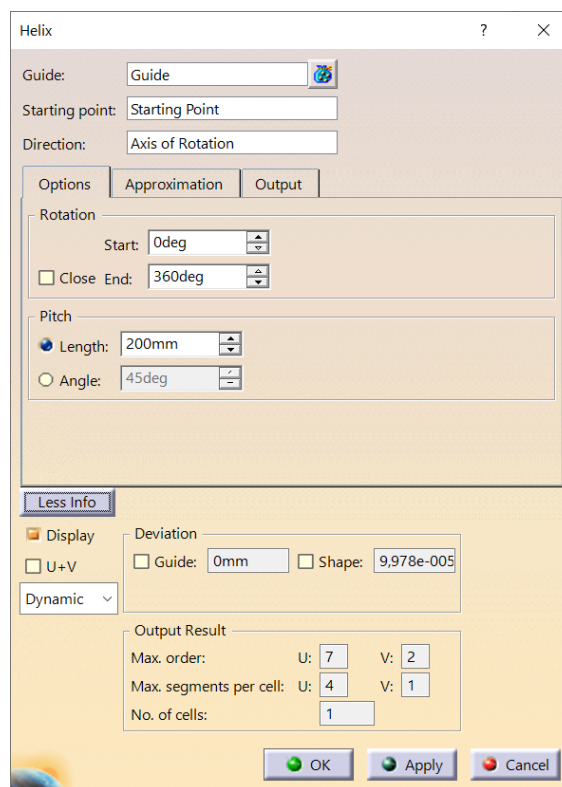


Figura 2.21 Cuadro de diálogo del ejemplo.

Se obtiene el resultado de la *Figura 2.22*:

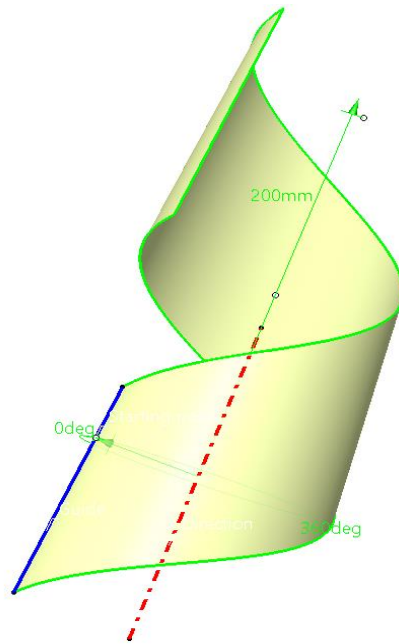


Figura 2.22 resultado del ejemplo.

2.1.3 OVERCROWNING (Curvado de una superficie)



En la *Figura 2.23* se observa el comando que permite modificar superficies con el posicionamiento de uno o varios puntos sobre esta.



Figura 2.23 Comando Overcrown.

Al seleccionarlo se despliega el cuadro de diálogo de la *Figura 2.24*:

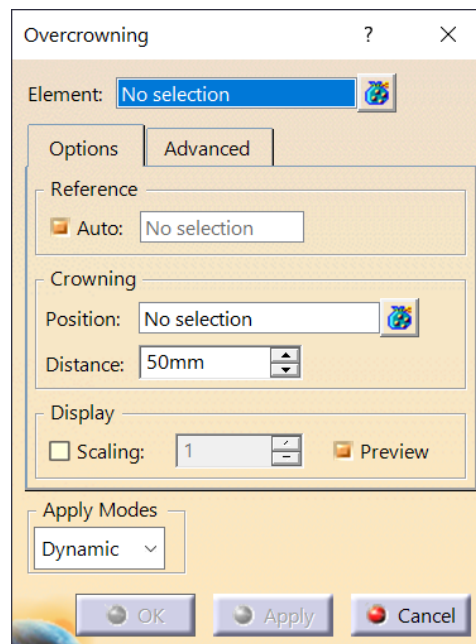


Figura 2.24 Cuadro de diálogo de Overcrown.

Donde se pueden definir las siguientes opciones:

Element: selección de la superficie o superficies a modificar.

Options (*Figura 2.25*):

- **Reference:** las modificaciones se aplican tomando como referencia una superficie o parche escogidos de manera automática por el programa, seleccionando “auto” o se puede deseleccionarlo y elegir la superficie deseada.

NOTA: si no se tiene claro la superficie de referencia es recomendable seleccionar “auto”.

- **Crowning:**
 - **Position:** elección del punto o puntos sobre los que se proyectan los vectores los cuales se van a poder modificar su longitud y dirección desde los manipuladores del mismo. La modificación de estos supone un cambio en toda la superficie.
 - **Distance:** longitud del vector.

- **Display:**
 - **Scaling:** es el tamaño del vector o manipulador en la figura para mayor precisión en la modificación y comodidad.
 - **Preview (Vista previa):** vista previa de las modificaciones en la superficie durante sus modificaciones.

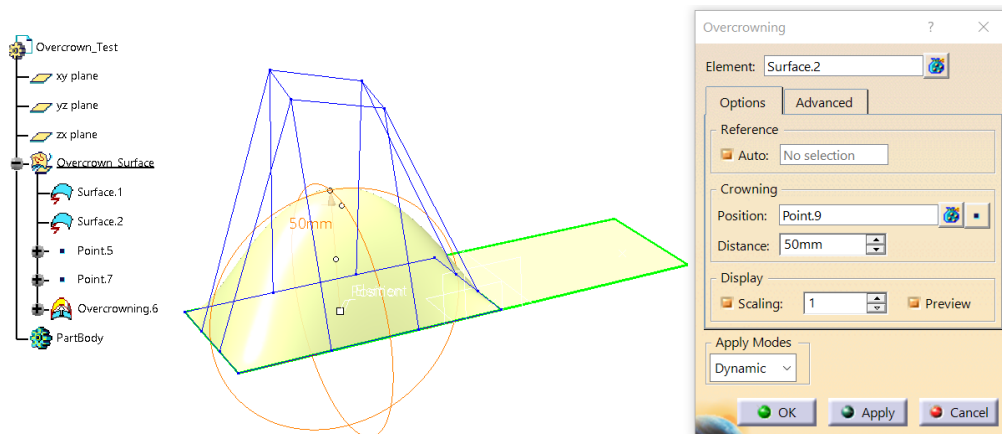


Figura 2.25 Solución con las especificaciones del cuadro de diálogo.

Apply Modes: “Dynamic”, “Estatic”, “None”. Ver “Apply Modes” en el Anexo 1.

Advanced (Opciones avanzadas-Figura 2.26):

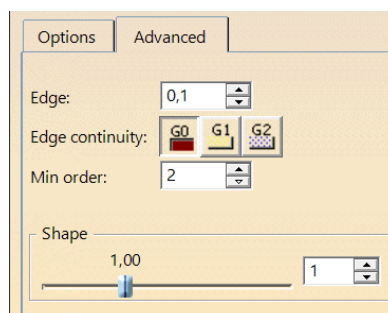


Figura 2.26 Pestaña Advanced Tab.

- **Edge:** determina que porcentaje de la región de la superficie elegida se considera borde, es decir, un valor de 0,15 significa que la región interna de la superficie está a un 15% del contorno de esta.

Si el punto de referencia se coloca dentro de esta región interna, se genera una superficie “campana” donde el contorno se ve modificado, pero en menor grado, es la opción a) de la *Figura 2.27*, mientras que, si lo colocamos fuera de esta, cerca del borde, se va a modificar en gran medida tanto la región interior como el contorno, es la opción b).

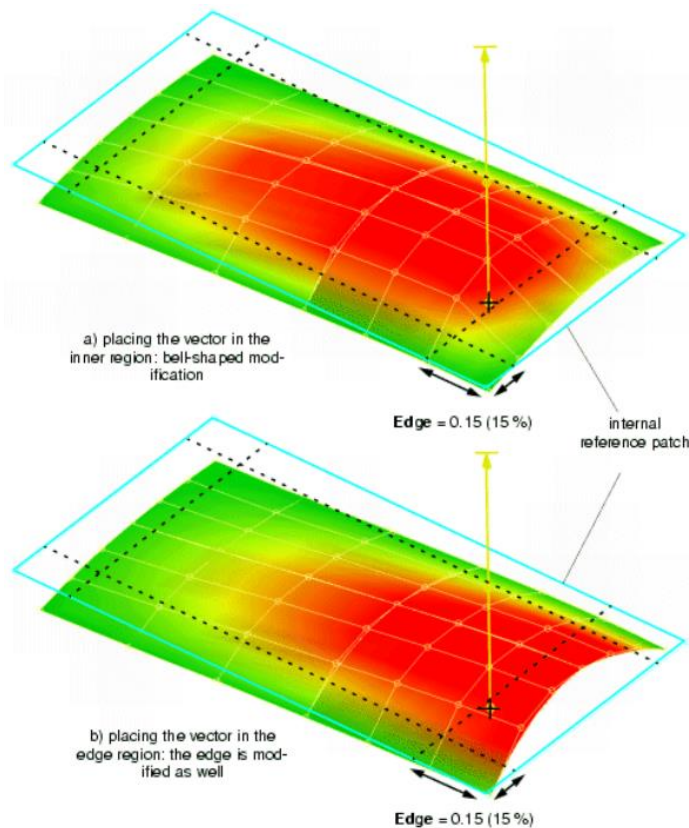


Figura 2.27 Ejemplo de la opción Edge.

- **Edge Continuity (Continuidad del borde):** tipo de continuidad presente en el borde de la superficie de referencia con otra superficie adyacente. Las *Figuras 2.28, 2.29 y 2.30* se presentan algunos ejemplos gráficos:

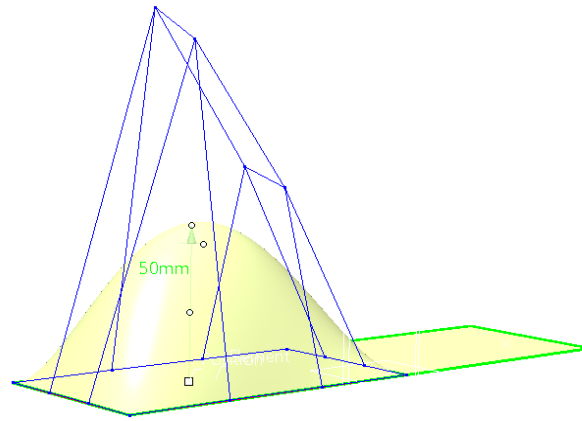


Figura 2.28 Continuidad G0.

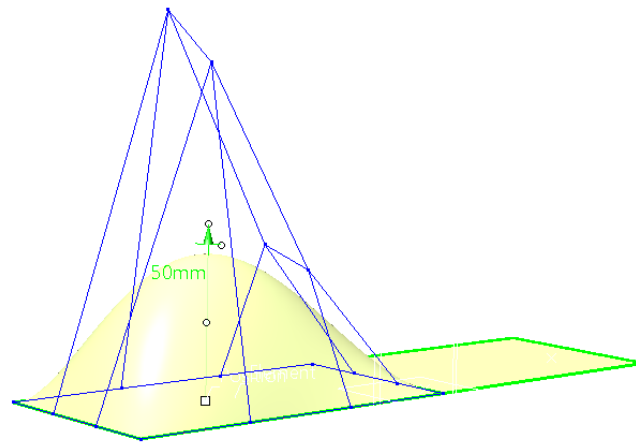


Figura 2.29 Continuidad G0 + G1.

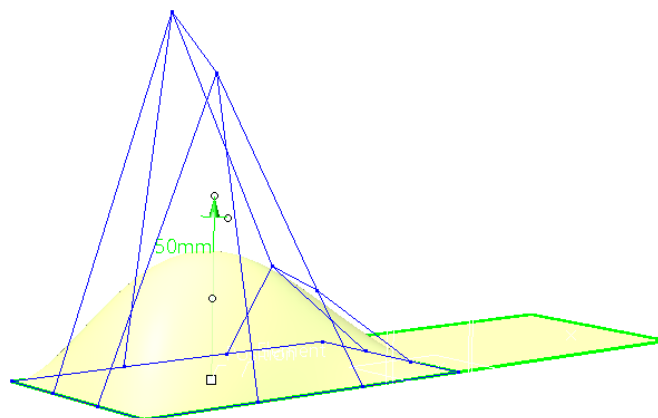


Figura 2.30 Continuidad G0 + G1 + G2.

NOTA: la continuidad sólo se aplica a la superficie elegida para el cálculo, no a la adyacente.

- **Min Order:** determina el orden mínimo de las ecuaciones con las que se genera la superficie.
- **Shape (Forma):** modifica la forma de la parte superior de la “campana”. Un valor pequeño provoca un cambio local (pequeño) a) de la *Figura 2.31* y uno grande un cambio global (grande) c).

El valor por defecto es 1, b) ya que con este se logra una buena distribución de los puntos de control.

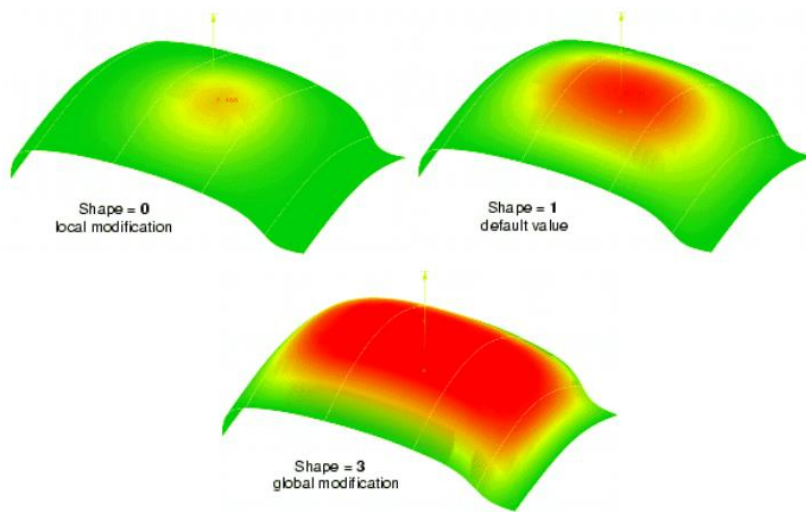


Figura 2.31 Ejemplos a), b) y c) modificando Shape.

Resumiendo, el objetivo del ejemplo de la *Figura 2.32* va a ser conseguir una superficie campana sobre la superficie de la izquierda.

Lo observamos con los siguientes datos y cuadros de diálogo de la *Figura 2.33*:

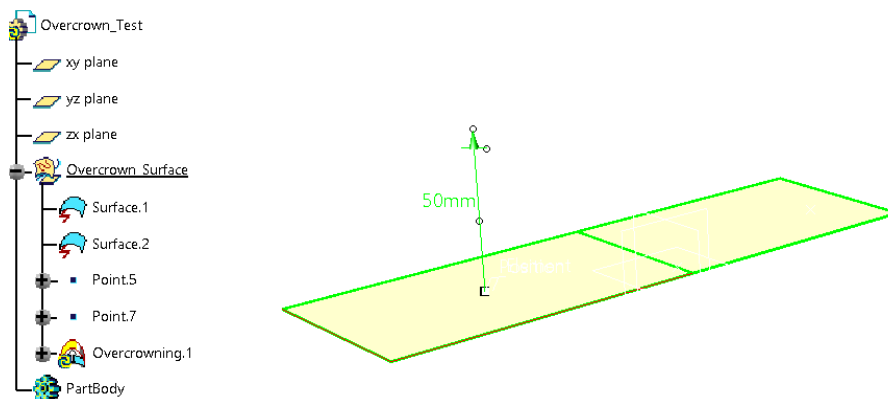


Figura 2.32 Datos del ejemplo.

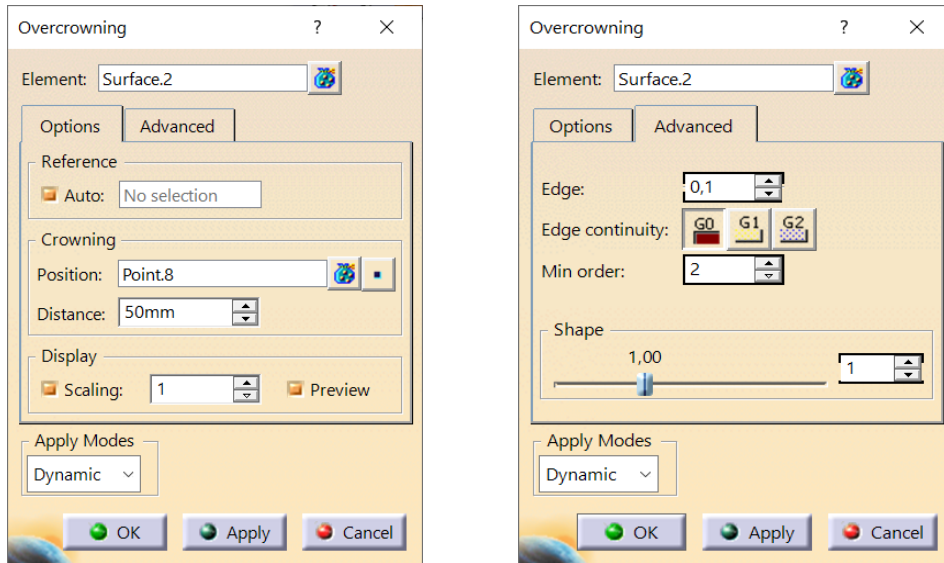


Figura 2.33 Cuadros de diálogo del ejemplo.

En la *Figura 2.34* está el resultado final del ejemplo:

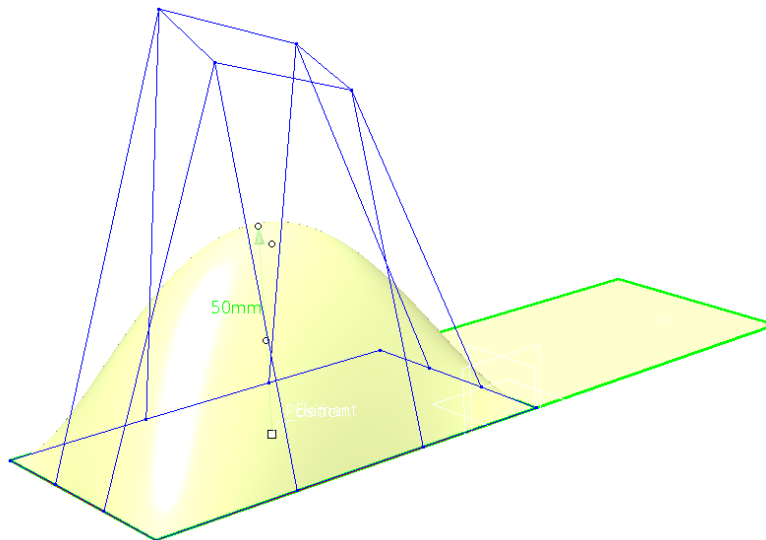


Figura 2.34 Resultado ejemplo.

2.1.4 SHAPE MAPPING (Grabado sobre una superficie)




La *Figura 2.35* se muestra el comando que graba un conjunto de elementos en una superficie objetivo.



Figura 2.35 Comando Shape Mapping.

Primero se proyecta la geometría a grabar en una superficie de referencia y posteriormente se le asigna un objetivo. La forma de esta geometría se adapta y toma la escala de la superficie objetivo.

NOTA: la orientación normal y las direcciones U y V se tienen muy en cuenta a la hora de realizar la operación. Si es necesario se pueden cambiar con el siguiente comando: “Invert  (Datum)”.

Se pueden definir las siguientes opciones en el cuadro de diálogo de la *Figura 2.36*:

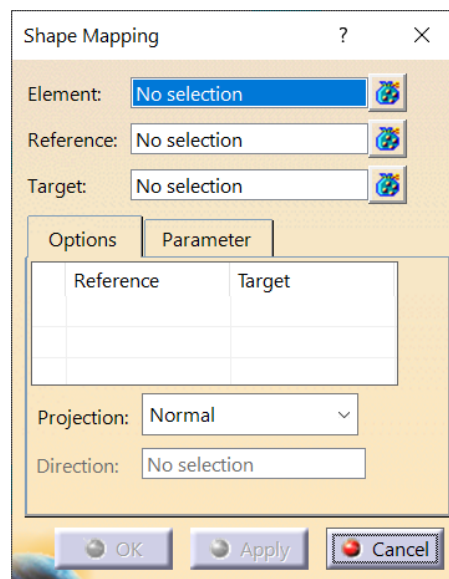


Figura 2.36 Cuadro de diálogo Shape Mapping.

Donde:

Element: selección de la geometría a grabar.

Reference: selección de la superficie de referencia.

Target (Objetivo): es la superficie final sobre la que se va a grabar.

Options:

- **Projection:** tipo de proyección de la geometría sobre la superficie final, se puede elegir entre dos tipos: “Normal”: la proyección se realiza de forma perpendicular a la superficie final y “Along a direction”: la proyección sigue la dirección que se le indique.

Parameter (Figura 2.40):

- **Translation (Figura 2.37):** la distancia entre el resultado final y la superficie objetivo es igual a la distancia entre la geometría inicial y la superficie de referencia.

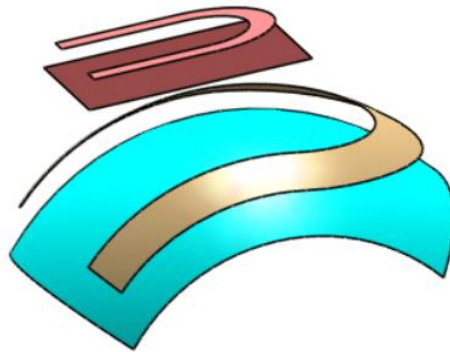


Figura 2.37 Explicación Translation.

- **Rotation (Figura 2.38):** el ángulo entre el resultado final y la superficie objetivo es igual al ángulo entre la geometría a grabar y la superficie de referencia.

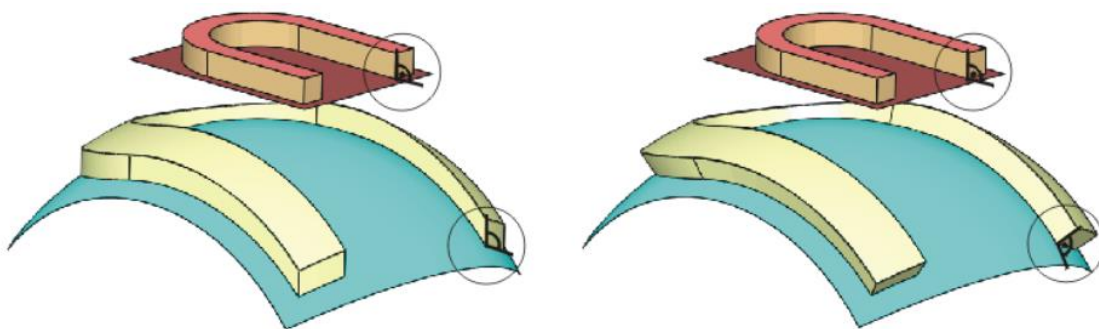


Figura 2.38 Explicación a) Sin Rotation y b) Con Rotation.

- **Control Point:** modifica los puntos de control que pertenecen a la superficie de referencia, los que estén fuera de esta no sufren cambios.
- **Smooth Factor:** establece una mejora en la distribución de los puntos de control a través de un factor de suavizado.

NOTA: aplicando el “Smooth Factor” se puede perder la continuidad de tipo G0 entre la geometría inicial y la final.

- **Min Order:** se especifica el orden mínimo que deben tener las ecuaciones de la geometría final.
- **Crop (Recortar):** recorta las superficies adyacentes de la geometría grabada entre sí, en su mínima extensión como se observa en la *Figura 2.39*.

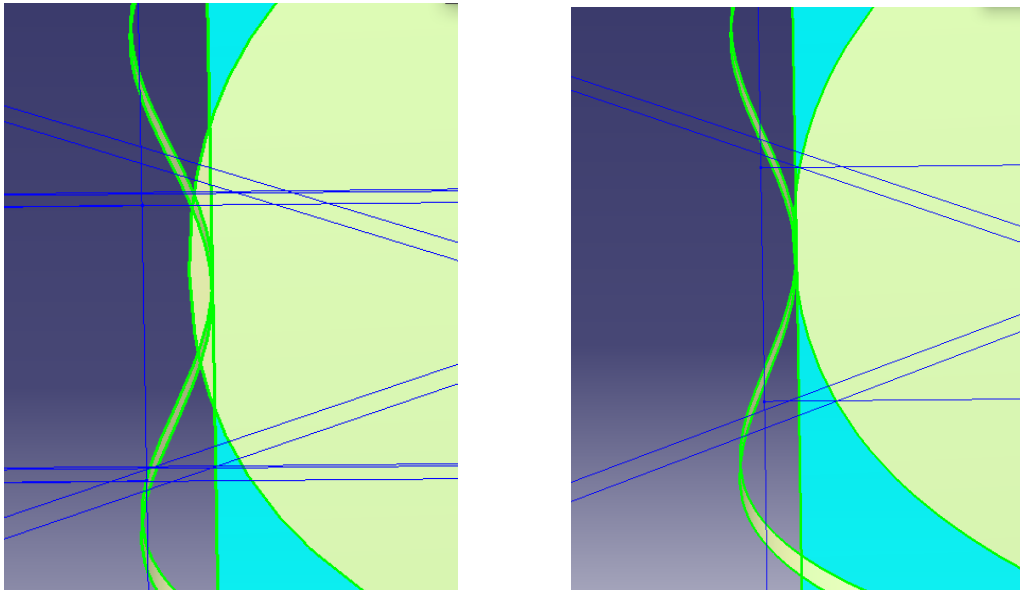


Figura 2.39 a) Superficies con Crop-ON b) Superficies con Crop-OFF.

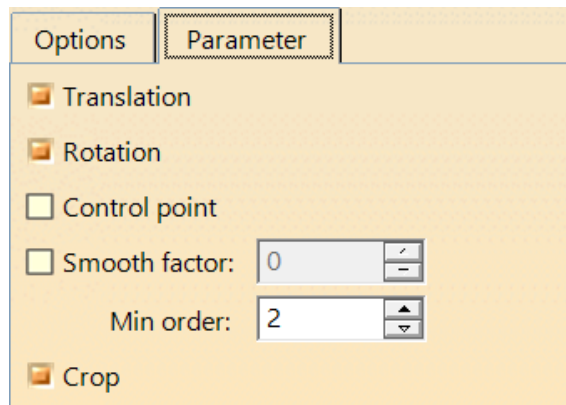


Figura 2.40 Cuadro de diálogo Parameter.

Resumiendo, el objetivo va a ser grabar la palabra AIRBAG sobre la superficie azul de forma que se adapte correctamente.

Se muestra con los datos y cuadros de diálogo de las *Figuras 2.41* y *2.42*:

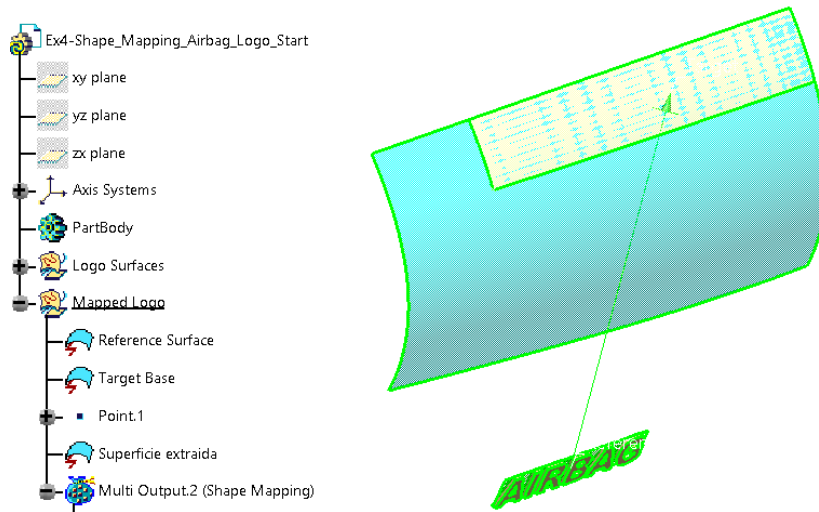





Figura 2.41 Datos del ejemplo.

NOTA: se han usado a mayores comandos como: “Geometry Extraction”  “Order”  e “Invert (Datum)”  para definir y mejorar completamente la superficie objetivo sobre la que se va a grabar.

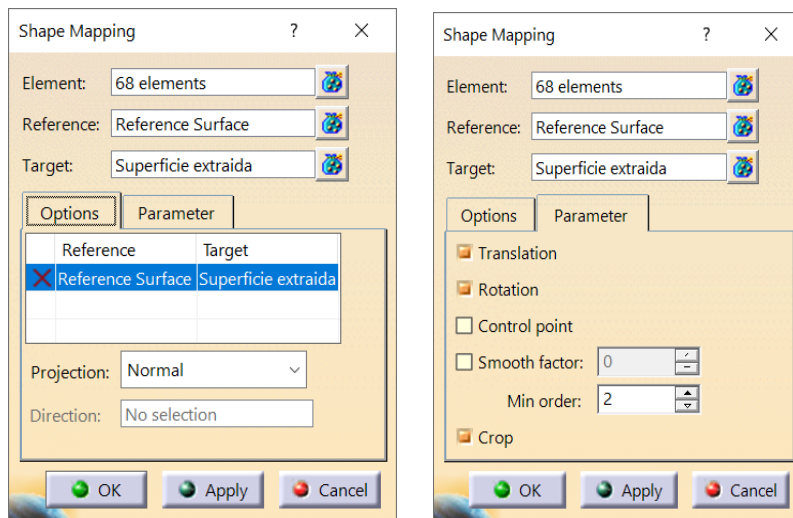


Figura 2.42 Cuadros de diálogo del ejemplo.

Donde el resultado final es el de la Figura 2.43:



Figura 2.43 Resultado del ejemplo.

2.1.5 SHAPE MODELING (Modelado con forma)



En la *Figura 2.44* se muestra el comando que permite modificar curvas y superficies mediante una geometría de referencia.



Figura 2.44 Comando Shape Modeling.

El conjunto de elementos geométricos se puede modelar conjuntamente modificando la referencia seleccionada o creada automáticamente (*Figura 2.45*). Los elementos que se quieren modificar deben poderse proyectar sobre la referencia y mantendrán su posición relativa con esta.

Si la referencia es creada automáticamente va a ser siempre una superficie y se va a poder definir su posición y alineación. También se va a actualizar automáticamente si se selecciona la geometría adicional.

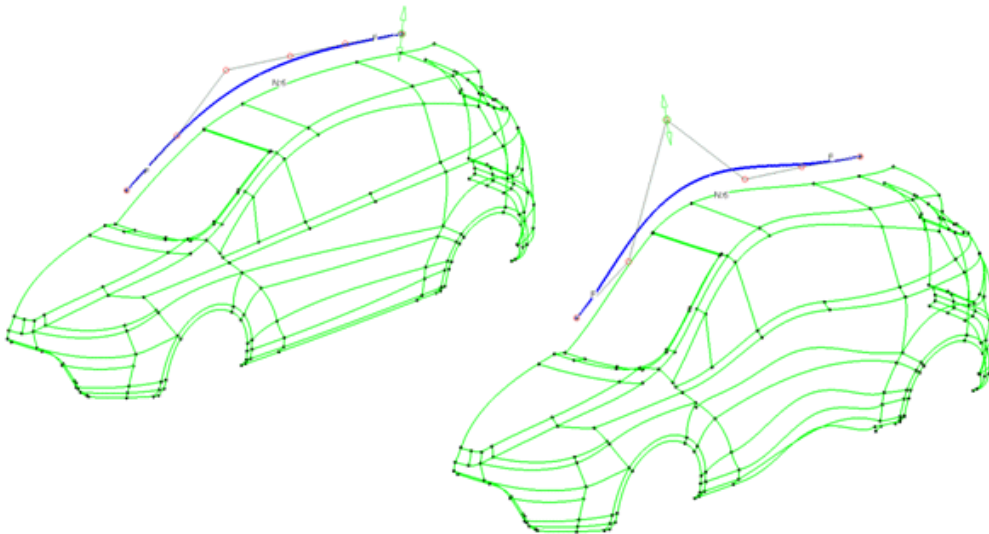


Figura 2.45 Modelado de un conjunto de curvas usando una curva como referencia.

Se pueden elegir las siguientes opciones en el cuadro de diálogo de la *Figura 2.46*:

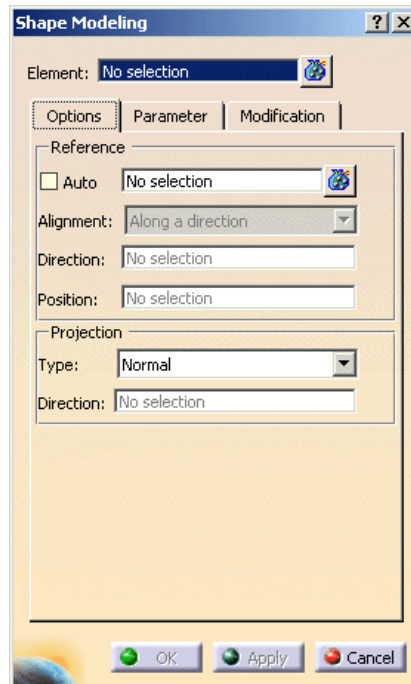


Figura 2.46 Cuadro de diálogo de Shape Modeling.

Donde:

Element: selección de la geometría para modelar, tanto curvas como superficies.

Options:

- **Reference:** definición de la superficie o curva de referencia.
 - **ON:** la referencia se crea de manera automática.
 - **OFF:** la referencia se puede elegir.

La referencia debe abarcar todos los elementos geométricos para un resultado favorable. Una referencia creada automáticamente es más cómoda porque siempre abarca los elementos.

NOTA: las superficies que se crean de forma automática son transparentes por lo que para verlas correctamente active la opción “High” en “Tools”: “Transparency Quality” -> “Options” -> “General Display” -> “Performance”.

NOTA: las opciones de “Alignment”, “Direction” y “Position” estarán disponibles cuando “Auto” esté seleccionado.

- **Alignment:** alineación de la superficie creada automáticamente.
 - **Normal:** la referencia es perpendicular a la superficie normal y pasa por el punto definido en el apartado “Position”.
 - **Along a direction:** la referencia es perpendicular al vector definido en “Direction” y pasa por el punto definido en “Position”.
- **Projection:** los elementos seleccionados se proyectan sobre la referencia en la dirección definida.
 - **Type:** tipo de proyección.
 - **Normal:** los elementos se proyectan sobre la referencia en la dirección normal de la superficie.
 - **Along a direction:** los elementos se proyectan sobre la referencia en la dirección del vector definido en el apartado “Direction”.

Parameter (Figura 2.47):

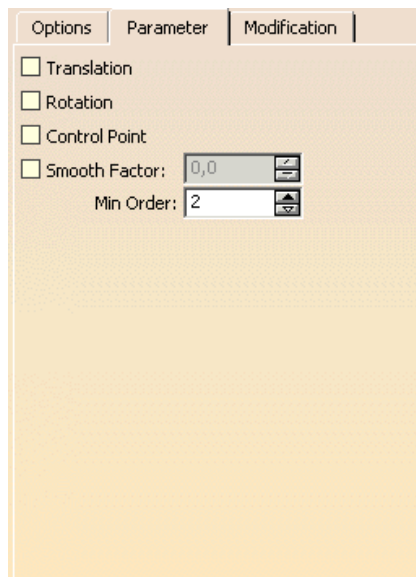


Figura 2.47 Cuadro de diálogo Parameter.

- **Translation:** determina cómo se comportarán la geometría que no está cubierta por la referencia durante su modificación (Figura 2.48).

- **ON:** las regiones que no están cubiertas por la superficie de referencia se modificarán igual que las cubiertas.
- **OFF:** las regiones no cubiertas no se modificarán como la región cubierta, pero podrán verse influenciadas por la modificación de la región cubierta.

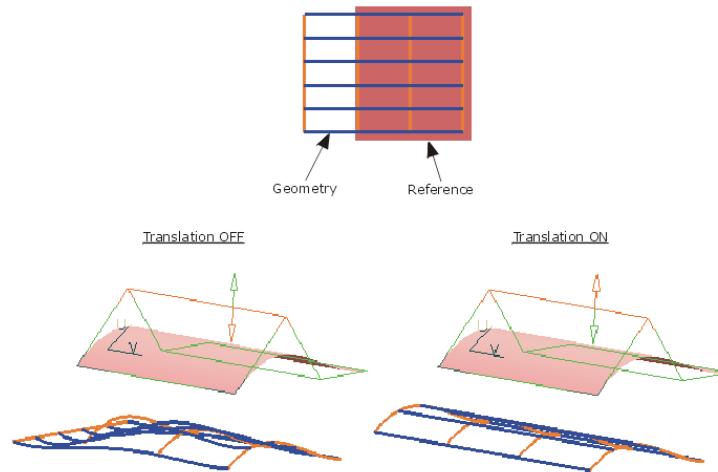


Figura 2.48 Explicación Translation.

- **Rotation:** determina si la geometría y la referencia mantienen su ángulo durante la modificación en caso de estar activado o si está desactivado solo se trasladará (Figura 2.49).

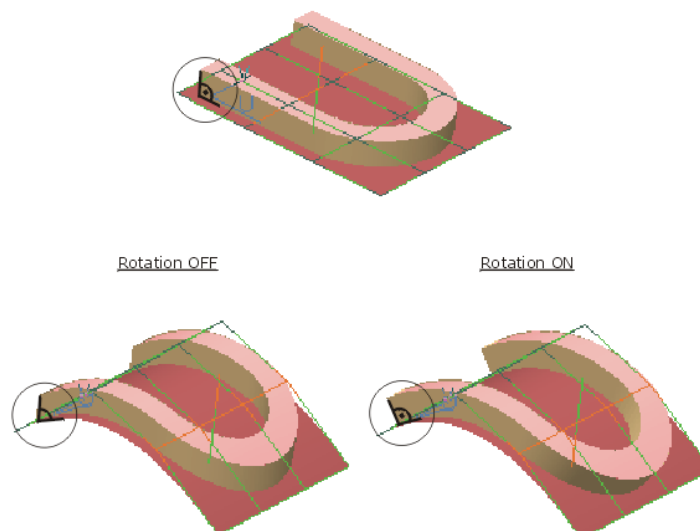



Figura 2.49 Explicación Rotation.

- **Control Point:** posibilidad de modificar o no la geometría o los puntos de control de los elementos geométricos seleccionados.
- **Smooth Factor:** suavizado en la aproximación.
- **Min Order:** si los elementos geométricos seleccionados tienen un orden inferior al orden mínimo especificado aquí, su orden se incrementará automáticamente a este valor.

Modification: esta pestaña (Figura 2.50) es la misma que el comando “Using Control Points” .

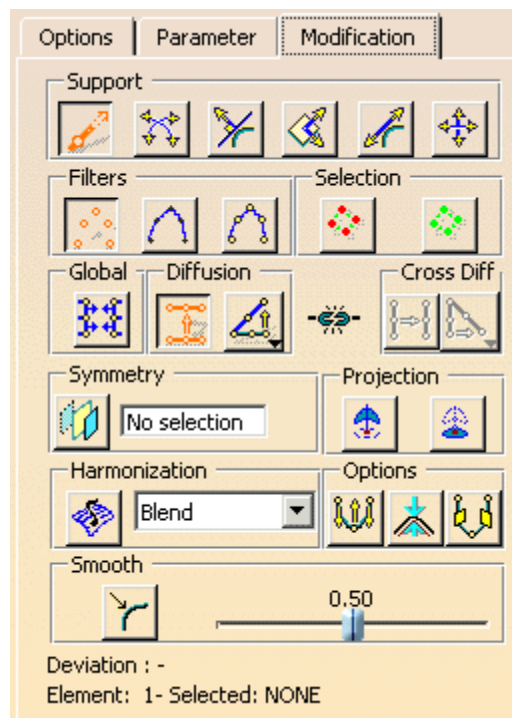


Figura 2.50 Cuadro de diálogo Using Control Points.

NOTA: aparecen manipuladores de continuidad (se modifican con doble clic) y comandos contextuales como el de la Figura 2.51 (aparecen clicando con el botón derecho del ratón) en los bordes de la geometría una vez seleccionada la superficie de referencia. Permiten modificar la continuidad:

- **F (Libre):** aparece por defecto.
- **G0 (Continuidad de Punto):** primera fila de puntos de control es fija.
- **G1 (Continuidad en Tangencia):** la primera y la segunda fila de puntos de control son fijas.
- **Reset All:** restablece a todos los bordes continuidad libre “F”.

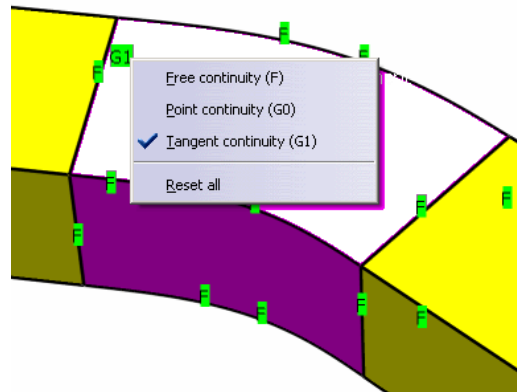


Figura 2.51 Menú contextual de los manipuladores.

En resumen, el objetivo es modificar la palabra AIRBAG plasmada sobre la superficie amarilla (Figura 2.52), tomando como referencia esta superficie a través del cambio de los puntos de control.

Esto se muestra con los datos y ajustes de los cuadros de diálogo Figura 2.53:

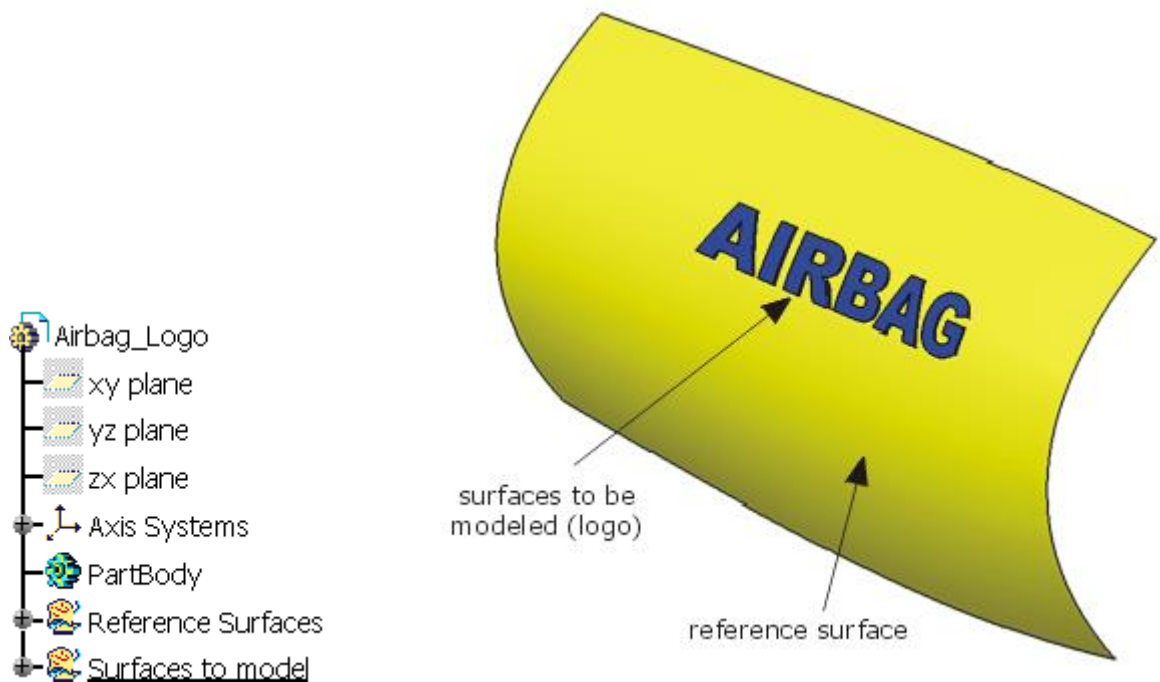


Figura 2.52 Datos del ejemplo.

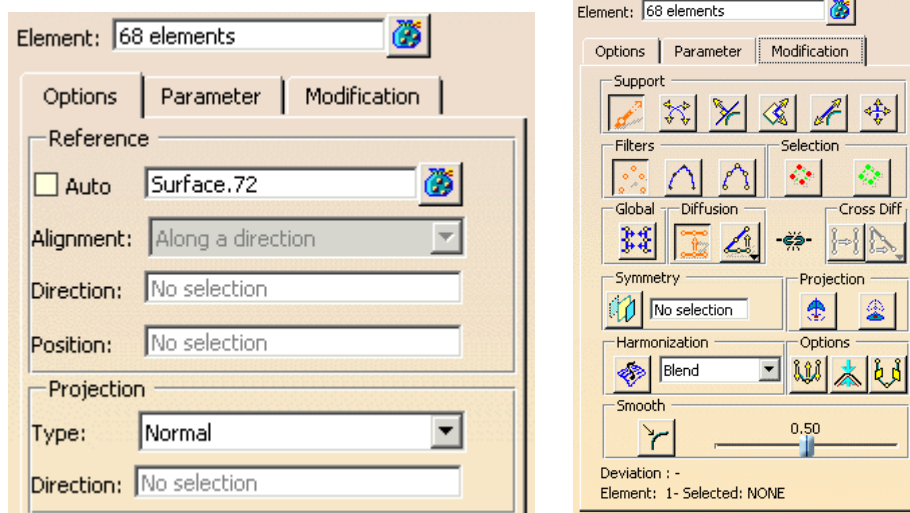


Figura 2.53 Cuadros de diálogo del ejemplo.

En la Figura 2.54 se muestra el resultado final:



Figura 2.54 Resultado del ejemplo.

2.1.6 TUBING (Crea una superficie tubular)



En la *Figura 2.55* se muestra el comando que permite crear superficies con forma de tubo abiertas o cerradas con un radio determinado.



Figura 2.55 Comando Tubing.

Seleccionándolo aparece el cuadro de diálogo de la *Figura 2.56*:

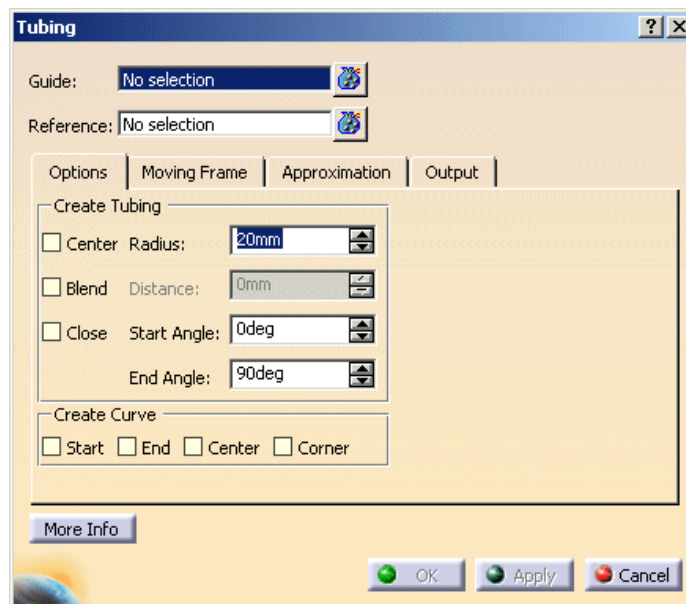


Figura 2.56 Cuadro de diálogo de Tubing.

Donde:

Guide: selección de la curva-guía donde se establece el marco móvil (eje de coordenadas local). La superficie creada va a ser tangente a esta.

Reference: selección de una superficie de referencia para que la superficie generada pueda ser tangente a la referencia en vez de a la guía. Esta referencia tiene que cortar con el eje Y del sistema de coordenadas local.

Options:

- **Create Tubing:**

- **Center:** es el punto de referencia de la superficie del tubo que se mueve de la siguiente manera en relación con el origen del sistema de coordenadas local. Se muestra en la *Figura 2.57*.
 - **ON:** el eje de rotación del tubo coincide con el centro de coordenadas del sistema de ejes local.
 - **OFF:** el eje de rotación del tubo se mueve a lo largo del eje Y de manera que la superficie generada toque al eje X.
- **Radius:** radio de la superficie tubular.
- **Blend:** es la distancia que hay desde la guía en el sentido del eje X del sistema de coordenadas local hasta el punto donde comienza a crearse la superficie.
 - **ON:** el punto central se mueve a lo largo del eje X.
 - **OFF:** el punto central se encuentra en el eje Y.

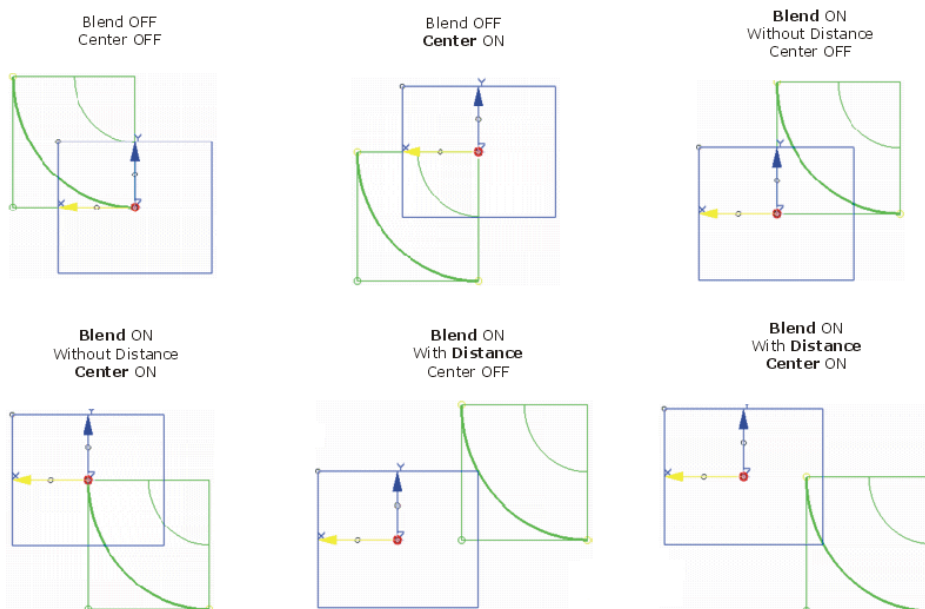


Figura 2.57 Explicación gráfica Center y Blend.

- **Close:** crea una superficie cerrada. En la *Figura 2.58* hay un ejemplo gráfico.

- **OFF:** la superficie es abierta pudiendo modificar los ángulos de inicio y fin de la superficie tubular.
- NOTA:** si se selecciona una superficie de referencia, el ángulo se mide en relación con el plano tangente de la superficie de referencia.
- **ON:** crea la superficie de 360° cerrada.

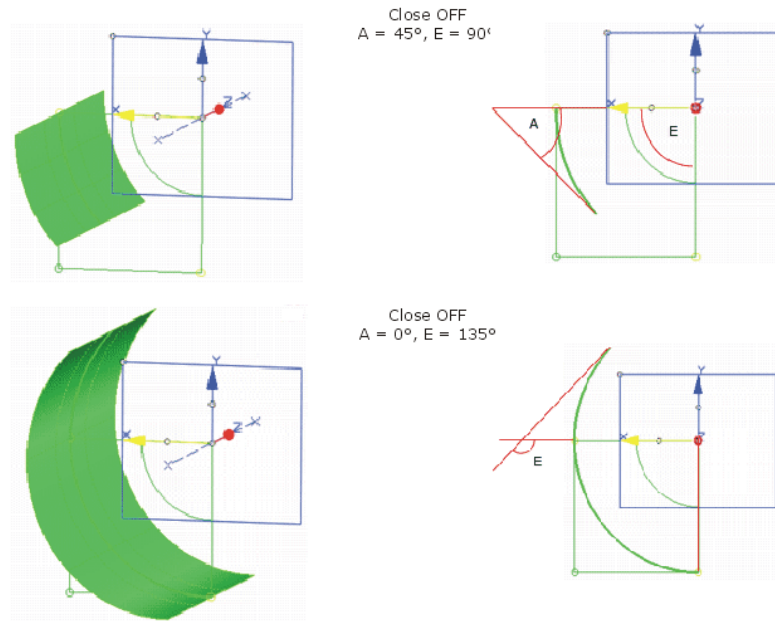


Figura 2.58 Explicación apartado Close con Center activado.

- **Create Curve:** se crearán curvas a mayores de la de superficie como en la *Figura 2.59*. Estas curvas tienen la forma de las curvas guía y se forman seleccionando:
 - **Start:** a lo largo del borde en el inicio de la superficie.
 - **End:** a lo largo del borde en el extremo final de la superficie.
 - **Center:** a través del punto central de la superficie.
 - **Corner:** a través de la esquina teórica.

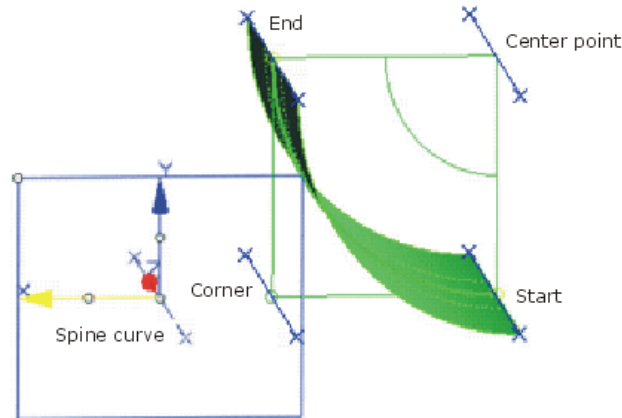


Figura 2.59 Explicación Create Curve.

Moving Frame: ver “Moving Frame Tab”.

Approximation: ver “Approximation Tab”.

Output: ver “Output Tab”.

Seleccionando “More Info”, se despliega el menú de la *Figura 2.60* que proporciona datos de la creación de la superficie:

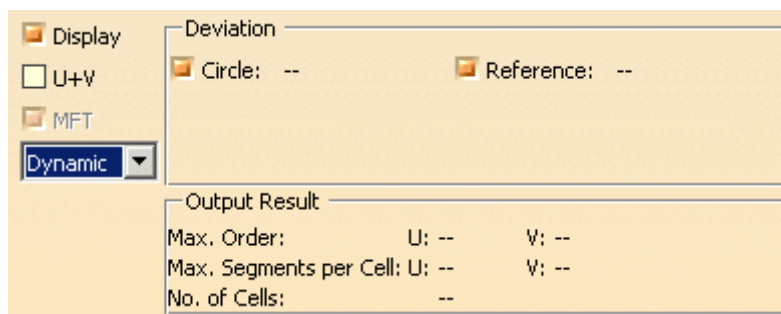


Figura 2.60 Cuadro de diálogo More Info.

Donde:

Display: los datos que proporciona la ventana se muestran en la zona de gráficos.

U + V: se visualizan en la superficie creada los vectores de curvas y superficies U y V.

Mft: muestra el sistema de coordenadas local que se sitúa en la guía.

Dinamic, Static, None: ver “Apply Mode”.

Deviation: desviación máxima entre los bordes de la superficie creada y las curvas originales.

-**Circle:** desviación de la superficie Bézier aproximada de un círculo exacto. Puede ser influenciado por la segmentación.

-**Reference:** desviación entre el tubo recién creado y la geometría de referencia.

Output Result: ver “Output Result”.

Para resumir el comando se muestra el ejemplo de la *Figura 2.61*, consiste en crear parte de una superficie tubular abierta, separada de la guía y cuya guía está a la misma altura del eje de giro de la superficie.

Los datos y cuadro de diálogo de la *Figura 2.62* son:

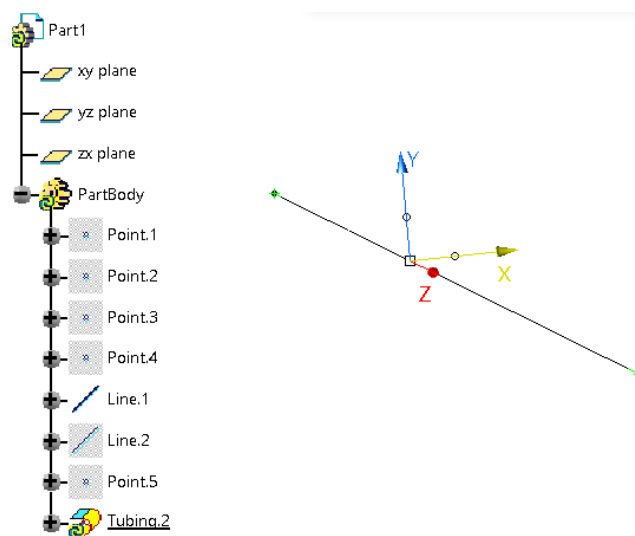


Figura 2.61 Datos del ejemplo.

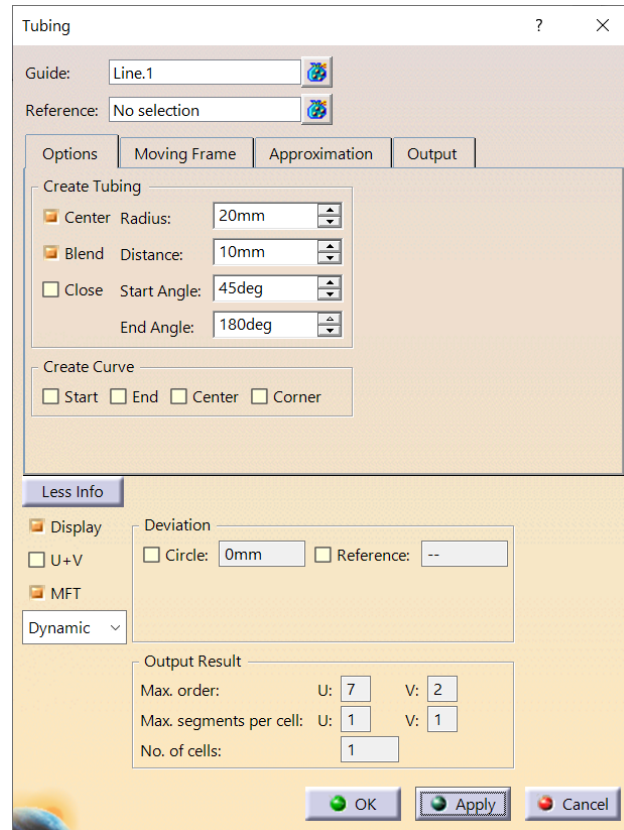


Figura 2.62 Cuadro de diálogo del ejemplo.

El resultado final se muestra en la Figura 2.63:

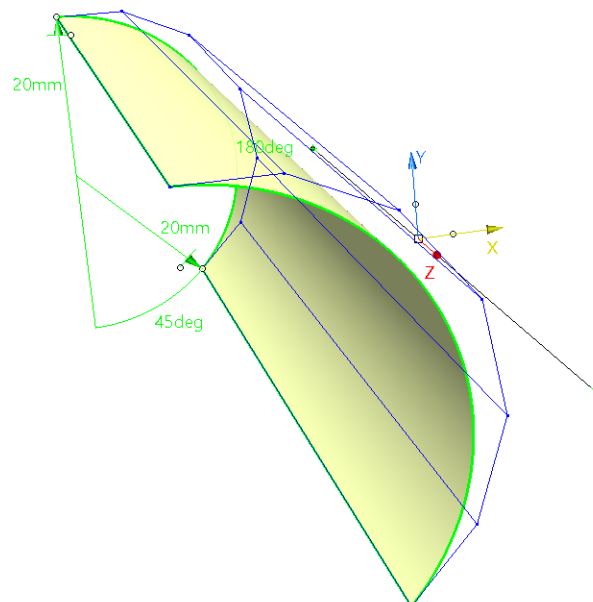


Figura 2.63 Resultado del ejemplo.

2.1.7 GLOBAL SURFACE OFFSET (Desplazamiento de una Superficie)

En la *Figura 2.64* se indica el comando que crea superficies desplazadas a la original una determinada distancia constante.



Figura 2.64 Comando Global Surface Offset.

La dirección de desplazamiento corresponde con la dirección normal de cada parche o superficie como en la *Figura 2.65*. Si es necesario, las superficies desplazadas se recortan o extrapolan.

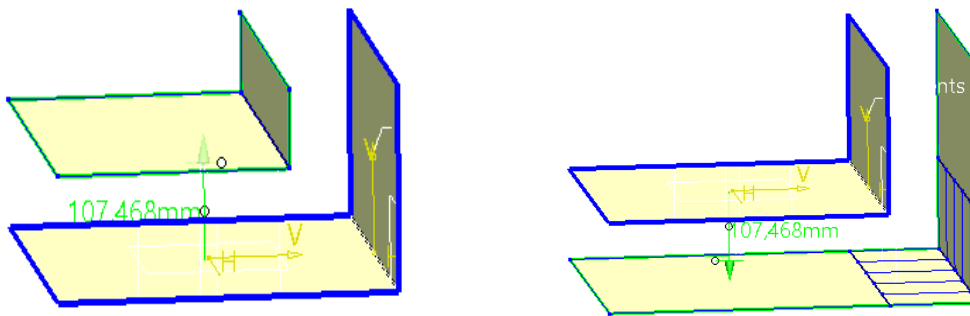


Figura 2.65 Ejemplo superficies recortadas o extrapoladas.

NOTA: las superficies deben estar unidas a través del comando “Join”. 

Seleccionando el comando aparece el cuadro de diálogo de la *Figura 2.66*:

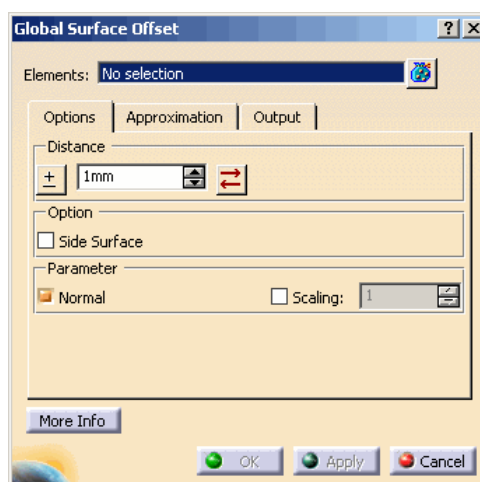




Figura 2.66 Cuadro de diálogo de Global Surface Offset.

Donde:

Elements: selección de la superficie a desplazar.

Options:

- **Distance:** distancia de desfase desde la superficie original.
 - **Invert Direction**  : invierte la dirección y la distancia.
 - **Revert Direction**  : solo se invierte la dirección, el valor de la distancia permanece sin cambios. Esto se usa para introducir solo valores positivos.
- **Option:**
 - **Side Surface (Superficie lateral):** se genera una superficie lateral en el contorno, que une la superficie original y la desplazada como en el ejemplo de la *Figura 2.67*.

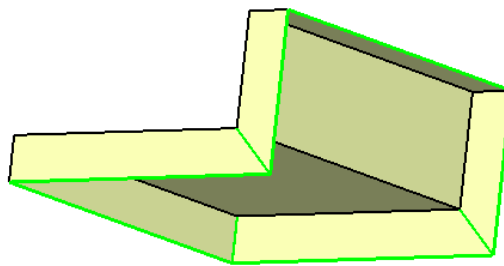


Figura 2.67 Ejemplo Side Surface.

- **Parameter:**
 - **Normal:** muestra el manipulador de la distancia, en la superficie, de forma perpendicular indicando dirección y sentido. Con este manipulador, se puede cambiar la distancia e invertir la dirección.
 - **Scaling:** el tamaño del manipulador en la figura se modifica.

Approximation: ver “Approximation Tab”.

Output: ver “Output Tab”.

Seleccionando “More Info”, se despliega el menú de la *Figura 2.68* que proporciona datos sobre la creación de la superficie:

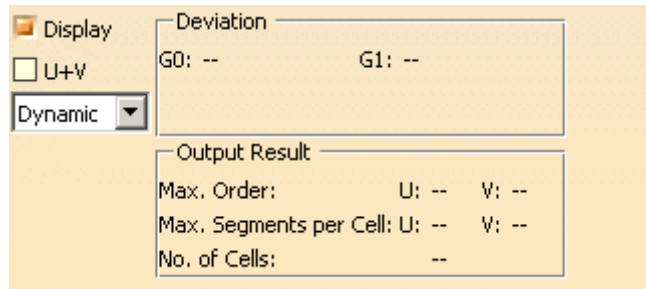


Figura 2.68 Cuadro de diálogo del More Info.

Donde:

Display: visualización en la zona de gráficos de los valores de desviación.

U + V: se visualizan en la superficie creada los vectores de curvas y superficies U y V.

Dinamic, Static, None: ver “Apply Mode”.

Deviation:

- **G0/G1:** visualización de la desviación máxima entre el resultado real y el resultado matemático calculado.

Output Result: ver “Output Result”.

NOTA: aparecen manipuladores contextuales en la zona de gráficos como se observa en la *Figura 2.69*, que se activan al hacer clic al botón derecho del ratón. Se pueden definir las siguientes opciones:

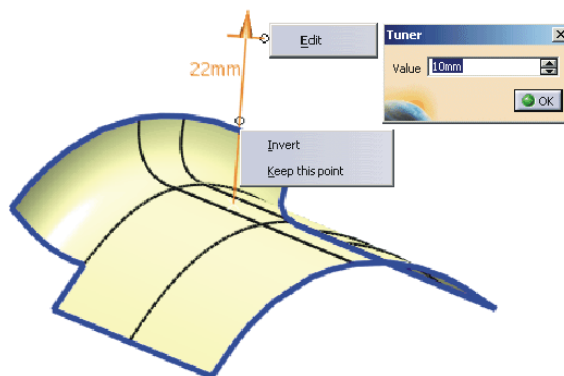


Figura 2.69 Manipuladores contextuales.

- **Edit:** cambia la distancia de desplazamiento.
- **Invert:** invierte la dirección de desplazamiento.
- **Keep this point:** crea un punto en el manipulador.

El ejemplo de las Figuras 2.70 y 2.71 muestra un resumen del comando, consiste en hacer una superficie a partir de la inicial con una cierta separación y que tanto la superficie inicial como la final estén unidas perimetralmente.

Datos:

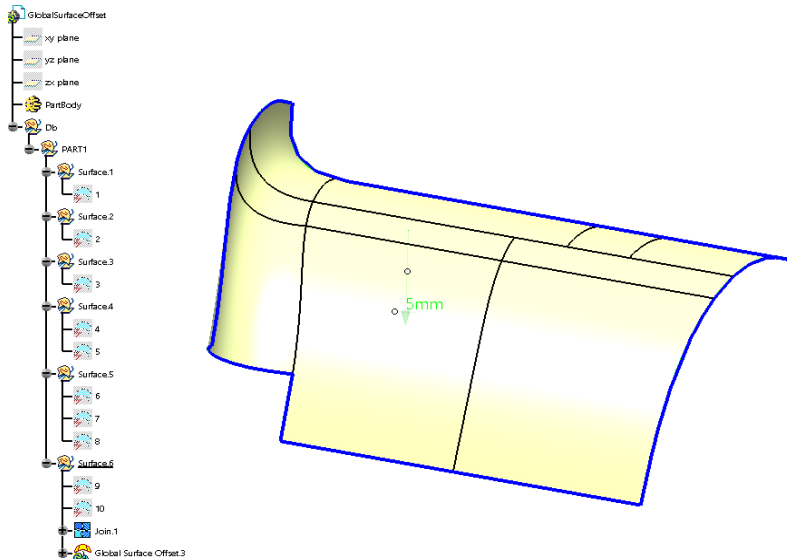


Figura 2.70 Datos del ejemplo.

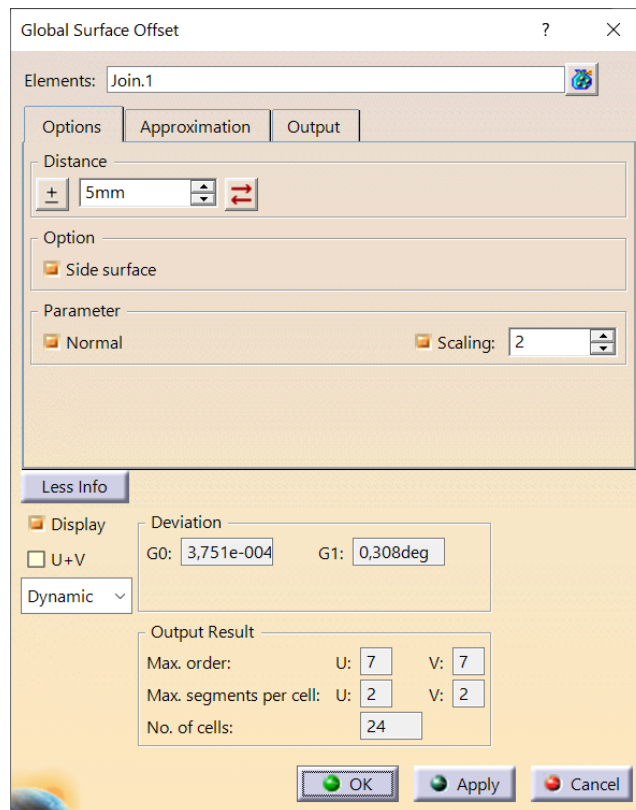


Figura 2.71 Cuadro de diálogo del ejemplo.

En la *Figura 2.72* se muestra el resultado final del ejemplo:

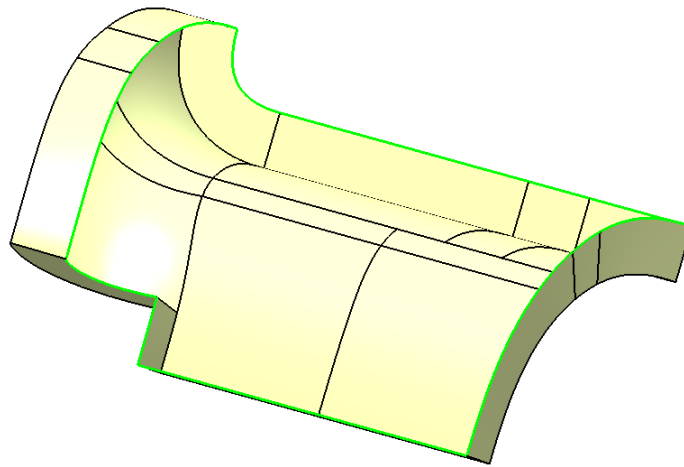


Figura 2.72 Resultado del ejemplo.

2.1.8 ACCELERATED SURFACES (Crea superficies con cambios en la curvatura)

En la *Figura 2.73* se indica el comando que crea superficies con el contorno de una geometría indicando una distancia constante desde una curva seleccionada como espina.



Figura 2.73 Comando Accelerated Surface.

El objetivo de esta función es reducir el tiempo de perfeccionar áreas estampadas como tapas de depósitos de combustible, manijas de puertas, etc., para mejorar la calidad y evitar problemas debido a radios de curvatura muy grandes.

El comando realiza los siguientes pasos:

1. La geometría seleccionada se proyecta sobre la superficie y la curva proyectada se utiliza como guía.
2. La guía es normal a la superficie con la distancia especificada en el campo de texto “Distance”.
3. A partir de la curva proyectada se crea otra curva en la superficie con la distancia especificada en el campo de texto “Length”.

El cuadro de diálogo que aparece es el de la *Figura 2.74*:

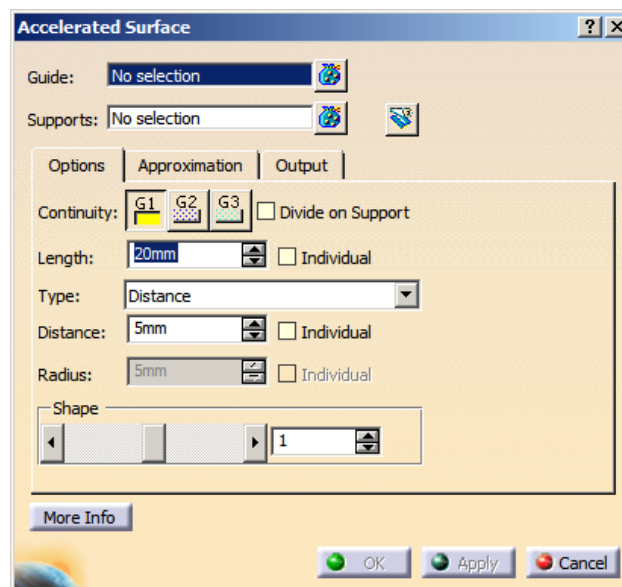


Figura 2.74 Cuadro de diálogo Accelerated Surface.


Donde:

Guide: selección de la guía.

NOTA: las guías pueden ser curvas 3D, líneas de tipo Bézier, NURBS y B-Spline, así como bordes de superficie.

Supports: selección de los elementos de apoyo.

NOTA: los apoyos son superficies de tipo Bézier, NURBS y B-Spline.

Trim Support  : recorta las superficies de apoyo de acuerdo con el borde de la superficie creada como en la *Figura 2.75*. Hay un manipulador en el eje X que da la posibilidad de elegir qué lado de la superficie se elige.

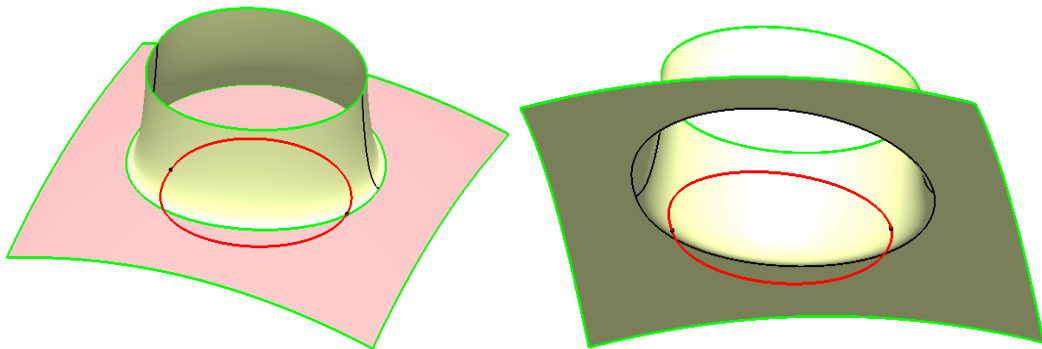


Figura 2.75 Aplicación Trim Support a) OFF b) ON.

Si la curva guía es más pequeña que la superficie de apoyo, se realiza una extrapolación automática de tangencia del límite de corte.

Options (*Figura 2.76*):

- **Continuity:** especifica la continuidad entre la superficie creada y el soporte de G1 a G3.
- **Divide On Support:** en el caso de que las superficies de apoyo estén formadas de múltiples celdas, la superficie resultante se divide en los límites de las celdas en la dirección V de la superficie apoyo.
- **Length:** distancia entre la proyección de la guía y el borde de la superficie resultante que descansa sobre la superficie de apoyo.

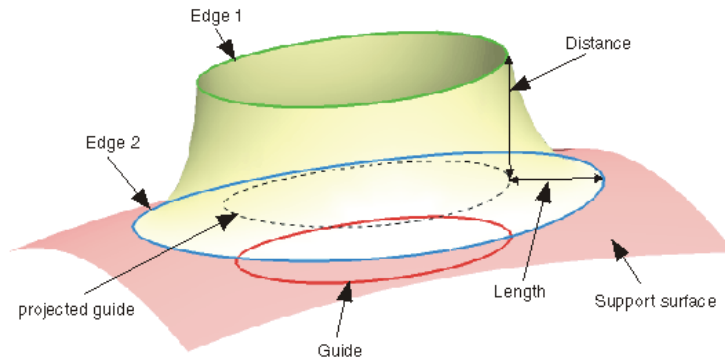


Figura 2.76 Ejemplo gráfico de las Options.

- **Individual:** permite aplicar diferentes longitudes en cada extremo de la superficie resultante como se ve en la Figura 2.77.

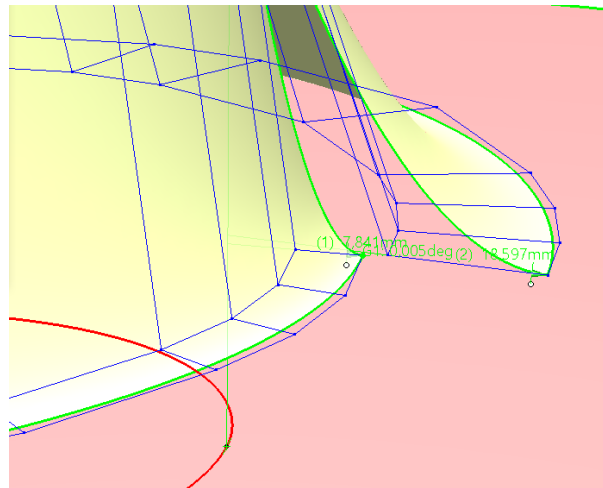


Figura 2.77 Aplicación Length-Individual ON.

- **Type:**
 - **Distance:** distancia entre la guía y el borde de la superficie resultante que se encuentra perpendicular al soporte.
 - **Individual:** permite aplicar diferentes longitudes en cada extremo de la superficie resultante. Se observa en la Figura 2.78.

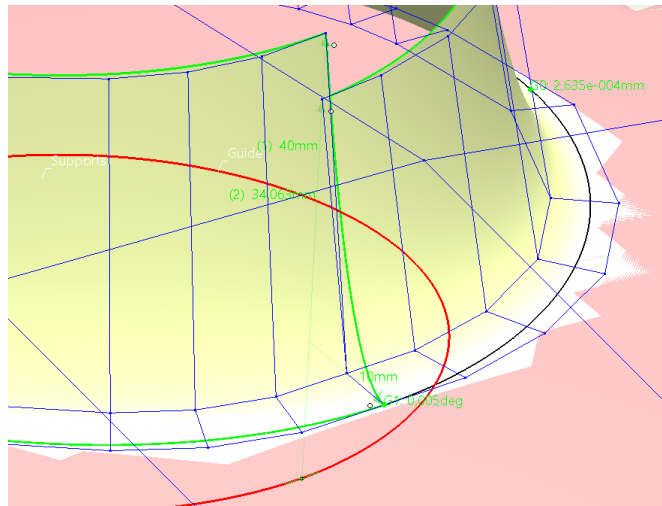


Figura 2.78 Aplicación Distance-Individual ON.

- **Radius:** radio de curvatura en el borde de la superficie resultante como en la Figura 2.79, perpendicular a la superficie de apoyo (“edge 2”).
 - o **Individual:** permite aplicar diferentes longitudes en cada extremo de la superficie resultante.

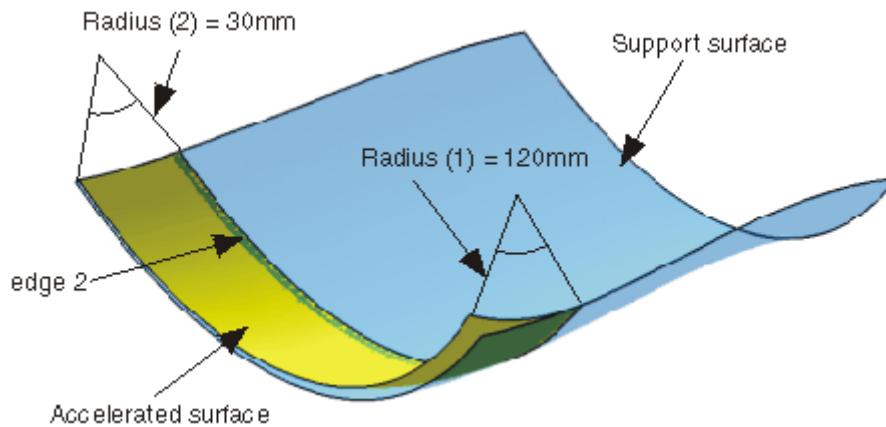


Figura 2.79 Aplicación Radius.

- **Shape:** modifica la longitud de la tangente del resultado modificando la posición de los puntos de control. En la Figura 2.80 se muestra que un valor pequeño da como resultado una superficie plana y un valor grande una superficie con relieve.

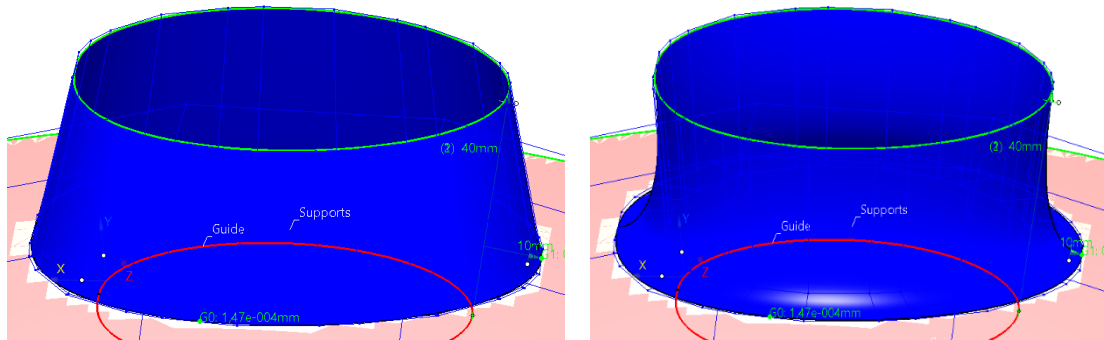


Figura 2.80 a) Shape=0 b) Shape= 2.

Approximation: ver “Approximation Tab”.

Output: ver “Output Tab”.

Seleccionando “More Info”, se despliega el menú de la *Figura 2.81* que proporciona datos de la superficie creada:

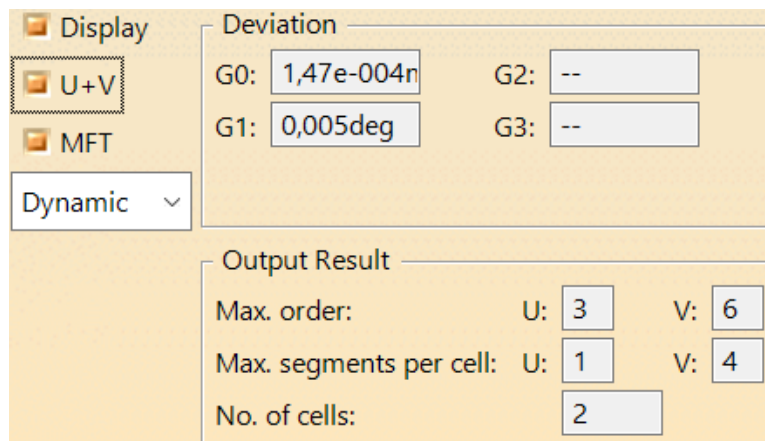


Figura 2.81 Cuadro de diálogo More Info.

Donde:

Display: visualización en la zona de gráficos de los valores de desviación.

U + V: se visualizan en la superficie creada los vectores de curvas y superficies U y V.

Mft: muestra el sistema de coordenadas local que se sitúa en la guía.

Dinamic, Static, None: ver “Apply Mode”.

Deviation:

- **GO/G1:** visualización de la desviación máxima entre el resultado real y el resultado matemático calculado.

Output Result: ver “Output Result”.

NOTA: en la *Figura 2.82* se muestran los manipuladores que aparecen en la zona de gráficos que permiten modificar “Length”, “Distance” y “Radius”. Además, en la guía aparece un sistema de ejes donde los ejes X e Y se pueden cambiar para elegir en qué cuadrante se quiere el resultado final.

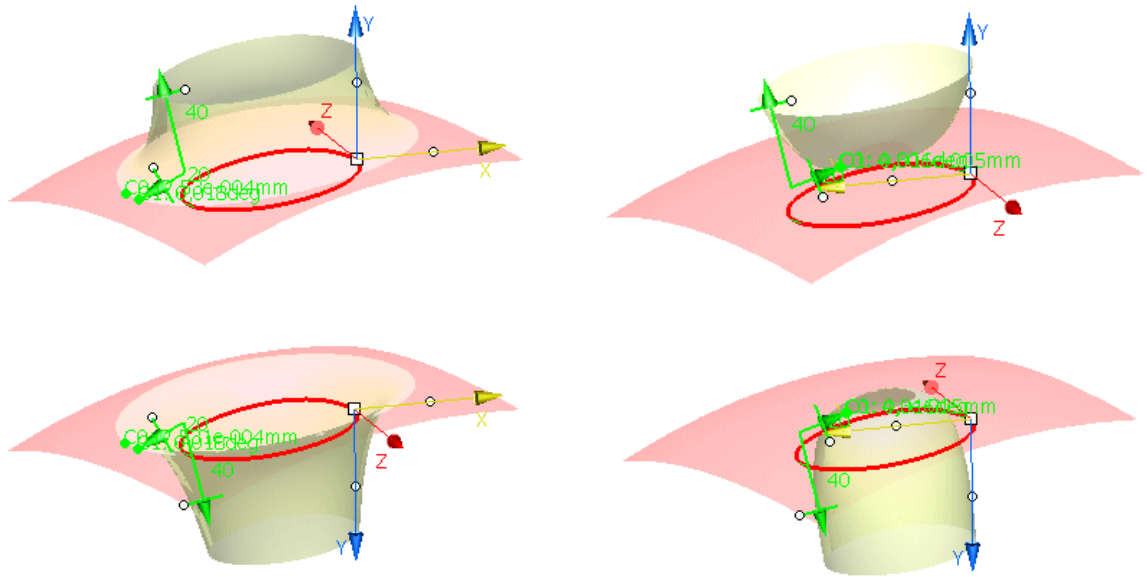


Figura 2.82 Diferentes combinaciones de los manipuladores.

El ejemplo de la *Figura 2.83* muestra un resumen del comando donde se quiere crear un cráter con los siguientes datos y cuadros de diálogo de la *Figura 2.84*:

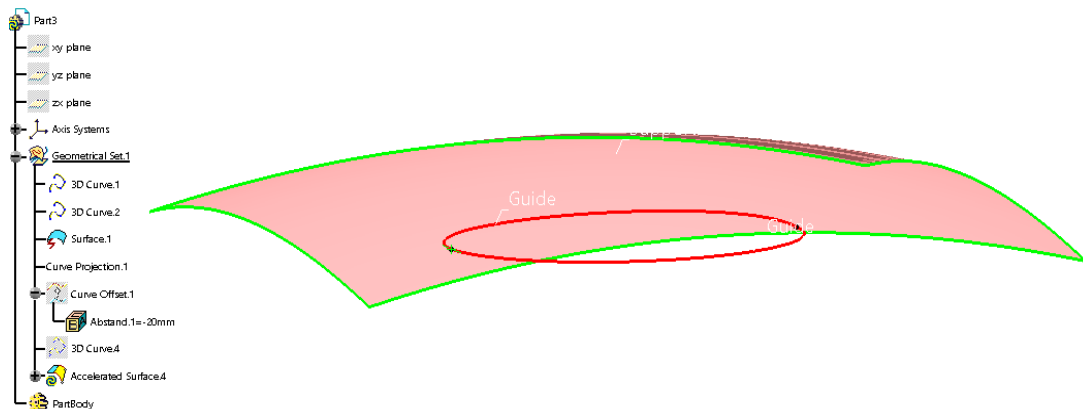


Figura 2.83 Datos del ejemplo.

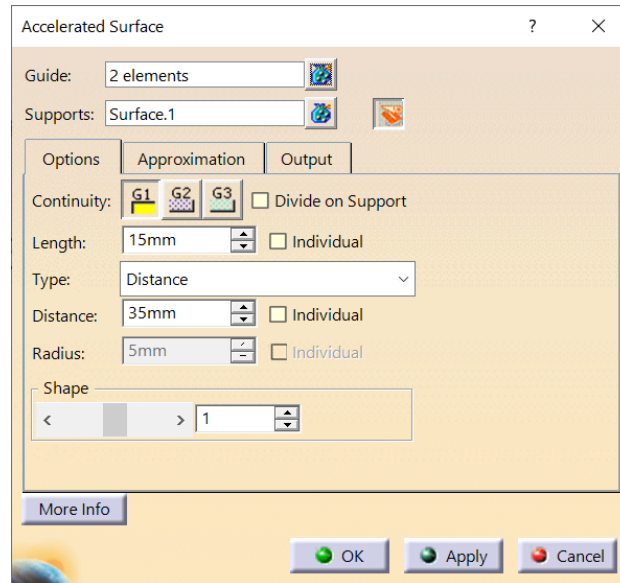


Figura 2.84 Cuadro de diálogo del ejemplo.

La Figura 2.85 muestra el resultado final del ejemplo:

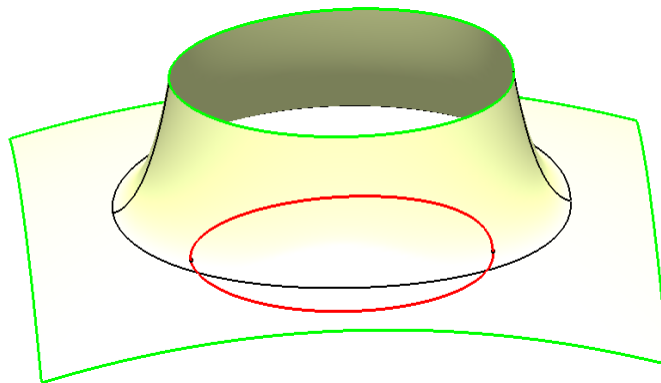


Figura 2.85 Resultado final del ejemplo.

2.1.9 CREATE GAP (Crea una ranura)

La *Figura 2.86* se indica el comando que crea superficies onduladas con una separación constante sobre una superficie de apoyo. La curva seleccionada como guía define la trayectoria de la ranura.

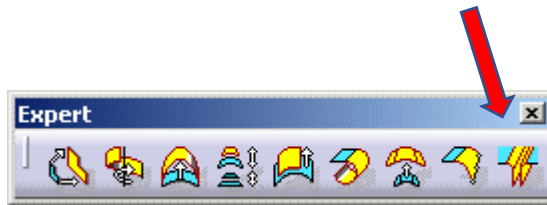


Figura 2.86 Comando Create Gap.

Las superficies de reborde onduladas se crean en ambos lados de la guía y se apoyan en la superficie de apoyo. El objetivo de la función es reducir el tiempo para la creación de un hueco entre los rebordes ondulados. Este método se usa para las siguientes aplicaciones (*Figura 2.87*): ranura de la luna, ranura de la puerta, contorno del faro...

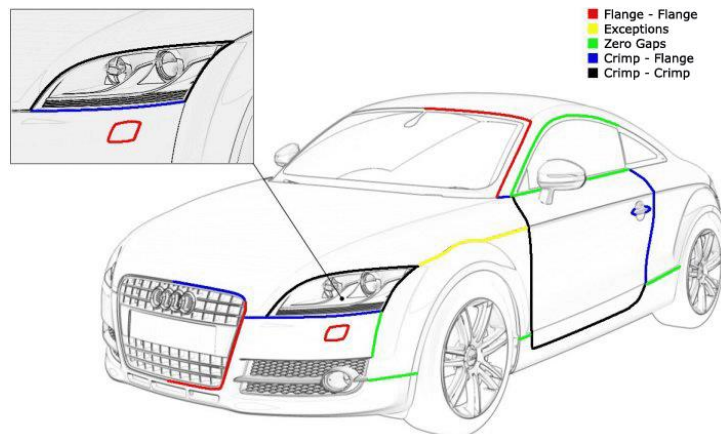


Figura 2.87 Ejemplo aplicaciones del comando Create Gap.

Al seleccionarlo se despliega el cuadro de diálogo de la *Figura 2.88*:

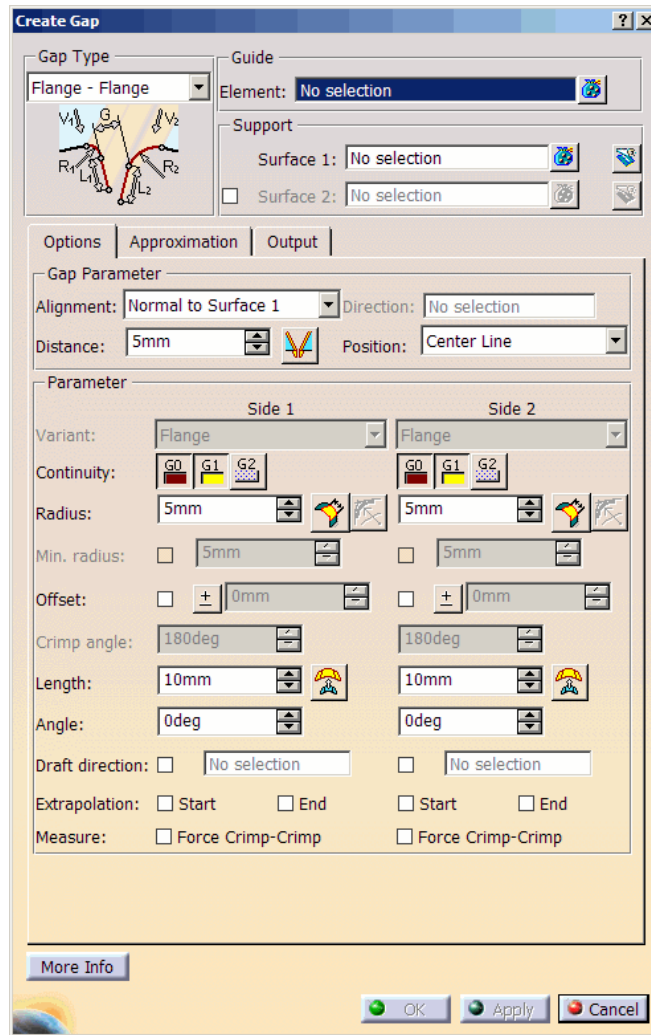
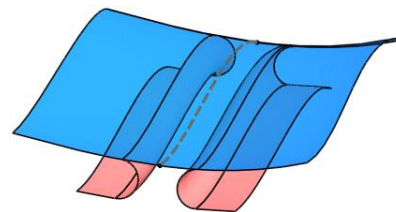
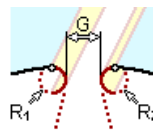


Figura 2.88 Cuadro de diálogo Create Gap.

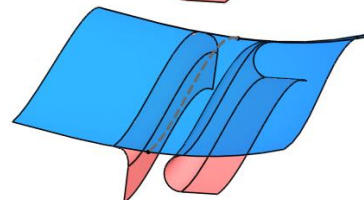
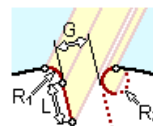
Donde:

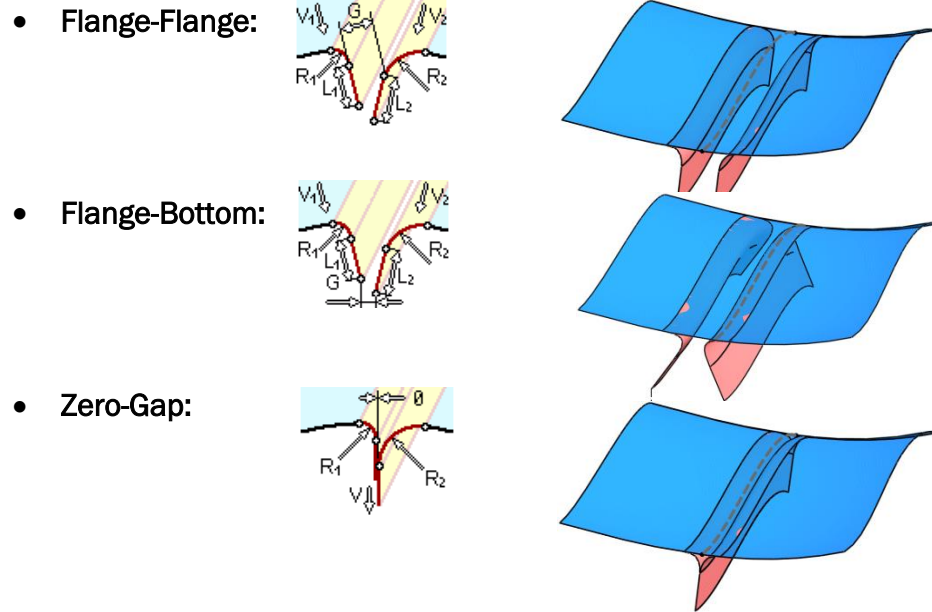
Gap Type: selección del tipo de ranura “brecha” que se quiere:

- Crimp-Crimp:



- Crimp-Flange:





Guide-Element: selección de la guía que se utiliza como perfil para la ranura, a ambos lados de esta.

NOTA: se pueden usar como guía los siguientes elementos:

- Bordes de superficie: Bezier, Nurbs, Splines, Nupbscurve, Pcurves.
- Curvas: que se sitúen en la superficie de referencia.

Support:

- **Surface 1:** selección de las superficies de apoyo sobre las que se creará la ranura. En la *Figura 2.89* se muestra un ejemplo.
- **Surface 2:** selección de un conjunto alternativo de superficies de apoyo. Por ejemplo, las superficies de “Surface 2” pueden tener una forma y una posición diferentes a las de las de “Surface 1”.

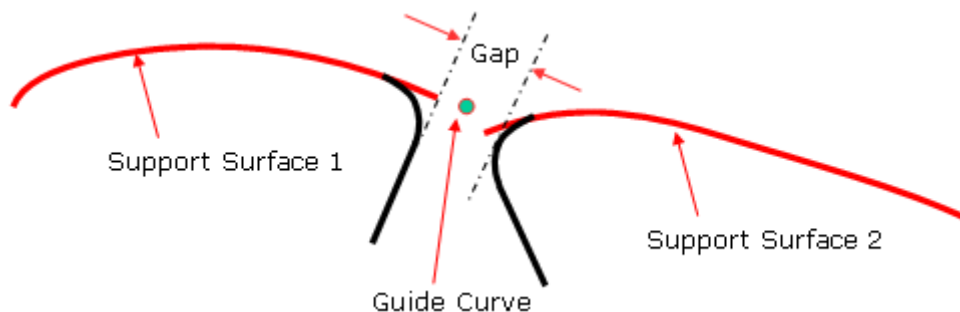


Figura 2.89 Ejemplo con Surface 1 y 2.

Options:

- **Gap Parameter:**

- **Alignment:**

- **Normal to Surface:** el ángulo de desmoldeo de la ranura se mide a partir de las normales de las superficies utilizadas en "Surface 1". En la *Figura 2.90* se muestra un ejemplo.

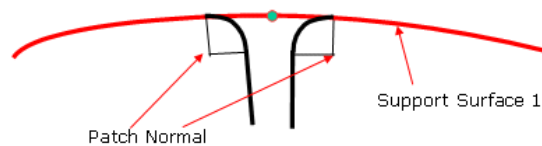


Figura 2.90 Ejemplo Normal to Surface.

- **Direction** (*Figura 2.91*): es el ángulo de desmoldeo de la ranura, se calcula a partir de una dirección determinada seleccionada o creada por el usuario.

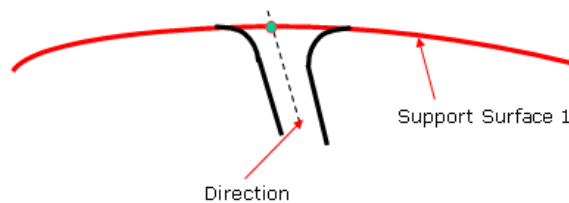



Figura 2.91 Ejemplo Direction.

- **Distance:** distancia entre las superficies de separación resultantes. Se almacena en el árbol para una fácil modificación.
- **Individual Distance at each manipulator**  : la separación de la brecha no tiene por qué ser constante por lo que aparece un nuevo manipulador al final de la guía.
- **Position:** define la posición de la guía en la ranura como en la *Figura 2.92*, puede estar a la mitad, a un lado en contacto con la superficie o al otro en contacto con la otra.

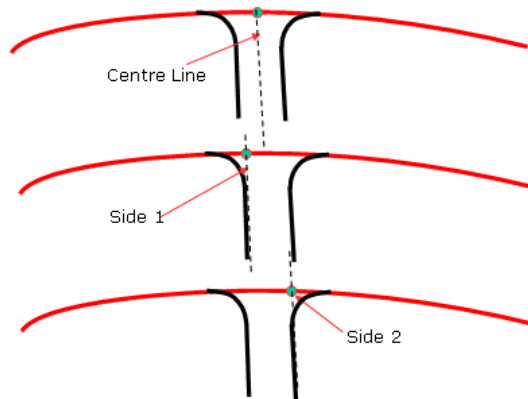


Figura 2.92 Ejemplo Position.

- **Parameter / Side 1 and 2:**

- **Variant:** solo disponible para “Gap Type” tipo: “Crimp - Crimp” y “Crimp - Flange”.

Las opciones “Side 1 and 2” permiten dar a cada lado de la ranura un tipo diferente de acabado (Figura 2.93). Algunas opciones sólo están disponibles según el tipo de “Gap”:

- **Crimp – Crimp:** disponible “Crimp” y “Crimp – Flange” en cada “Side”.

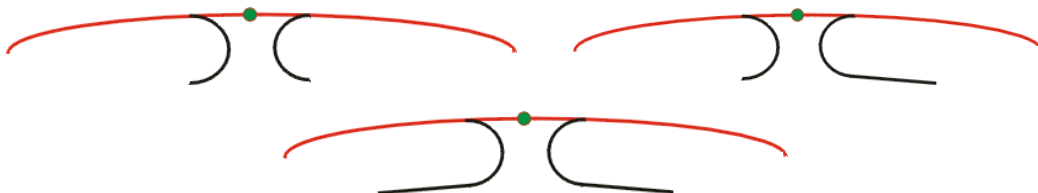
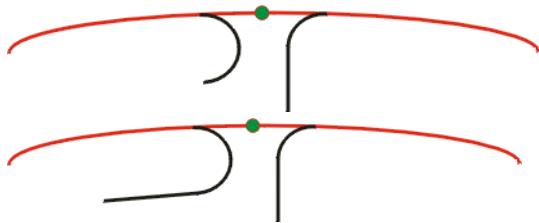


Figura 2.93 a) Crimp/Crimp b) Crimp/Crimp-Flange c) Crimp-Flange/Crimp-Flange.



- **Crimb – Flange:** disponible “Crimp”, “Crimp – Flange” y “Flange” en cada “Side”. Aquí están disponibles las siguientes combinaciones (Figura 2.94 y Tabla 1):



Side 1	Side 2
Crimp	Flange
Crimp-Flange	Flange
Flange	Crimp
Flange	Crimp-Flange

Tabla 1 Opciones Variant.

Figura 2.94 a) Crimp/Flange b) Crimp-Flange/Flange.

- **Continuity:** solo está disponible para el “Gap Type -> Crimp-Flange” y para la “Variant - Flange”. Hay tres tipos:
 - **G0:** contacto puntual, no se crea ningún redondeo.
 - **G1:** continuidad de tangencia entre la superficie de apoyo y el redondeo.
 - **G2:** continuidad de curvatura entre la superficie de apoyo y el redondeo.
- **Radius:** valor del radio para toda la longitud de empalme. Aparece en el árbol para una mayor facilidad en su modificación.
 - **Chordal**  : se crea un redondeo modificable mediante cuerdas.
 - **True min. Rad**  : se controla el radio mínimo. Solo disponible para continuidad G2. Las curvas de seguimiento se calcularán 1,5 x el valor del radio medio.
- **Min. Radius:** solo está disponible para “Variant - Flange” y con continuidad G2. Se define un radio mínimo para toda la longitud del redondeo como se ve en la Figura 2.95. También se almacena en el árbol.

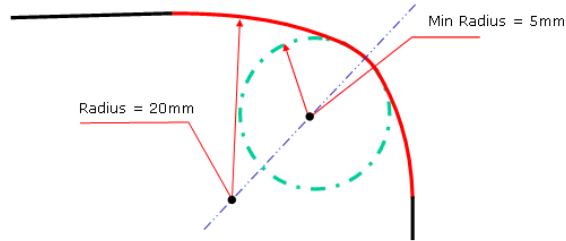


Figura 2.95 Ejemplo True min. Rad.

- **Offset:** solo está disponible si la superficie de apoyo no está recortada (: OFF). Se añade un espaciado en el eje Y entre la superficie de apoyo y la superficie “Side 1 or 2” elegida.
- **Crimp Angle:** solo disponible para “Variant -> Crimp y Crimp - Flange”. Es el ángulo del acabado de redondeo, debe ser superior a 180° (Figura 2.96). En caso de ser 360° , “Length” no produce ningún cambio. Este valor se almacena en el árbol.

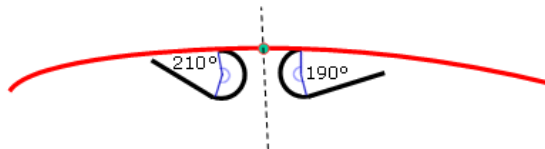


Figura 2.96 Ejemplo Crimp Angle.

- **Length:** se define la longitud del “Flange”, que es la longitud que hay tras el redondeo.
- **Offset distance** : el “Flange” termina a la distancia establecida en “Length”.
- **Angle:** se define el ángulo del “Flange”.
- **Draft Direction:** solo disponible para “Flange - Flange; Crimp - Flange y Zero - Gap”. Es la dirección para ambos lados de inclinación.
- **Extrapolation:** si las superficies generadas tienen una extensión menor que el soporte, se pueden extrapolar en las curvas de inicio y / o final hasta los bordes del soporte. Se muestra en el ejemplo de la Figura 2.97:



Figura 2.97 a) No Extrapolation b) Si Extrapolation.

- **Measure:**

- **Force Crimp – Crimp:** solo disponible para “Flange – Flange”. Fuerza el espaciado para usar “Crimp – Crimp” o “Flange – Flange”. Es la medida de la ranura.

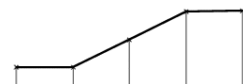
Approximation: ver “Approximation Tab”, además se ha añadido dos pestañas adicionales:

- **Gap distance:**

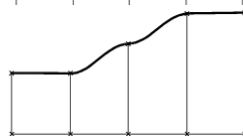
- **Tolerance:** el espaciado entre los redondeos se calcula con una determinada tolerancia.

- **Shape:** se especifica la forma de la superficie, es decir, el tipo de transición entre los perfiles individuales seleccionados. Están los siguientes tipos:

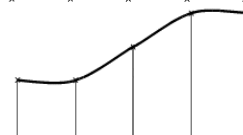
- **Linear Shape:**



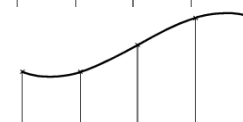
- **Local Shape:**



- **Smooth Shape:**



- **Global Shape:**



Output: ver “Output Tab”.

Seleccionando “More Info”, se despliega el menú de la *Figura 2.98* que proporciona datos de la superficie creada:

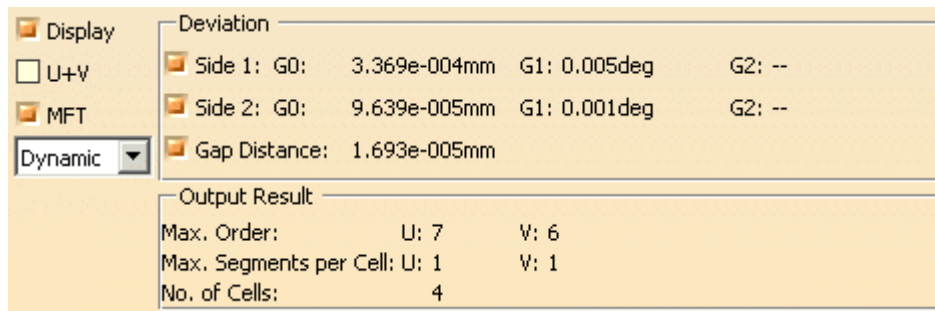


Figura 2.98 Cuadro de diálogo More Info.

Donde:

Display: visualización en la zona de gráficos de los valores de desviación.

U + V: se visualizan en la superficie creada los vectores de curvas y superficies U y V.

Mft: muestra el sistema de coordenadas local que se sitúa en la guía.

Dinamic, Static, None: ver “Apply Mode”.

Deviation:

- **Side 1 / 2: G0, G1 y G2:** muestra la desviación de continuidad máxima del resultado de la brecha para ambos lados como resultado de los ajustes de aproximación impuestos

Output Result: ver “Output Result”.

Para tener más claro el comando, se va a resumir con los datos de la *Figura 2.99* y cuadros de diálogo de la *Figura 2.100*. Se quiere hacer una especie de ranura a lo largo de una guía pareciéndose a la forma de dos cascadas.

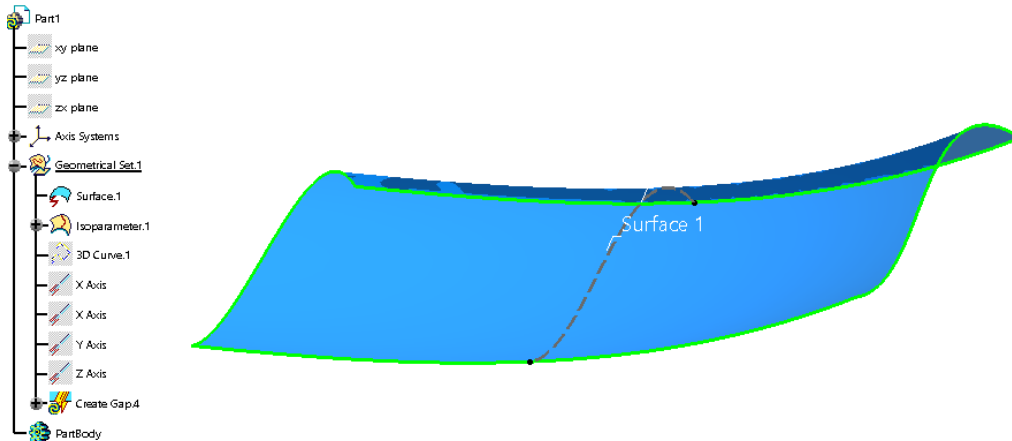


Figura 2.99 Datos del ejemplo.

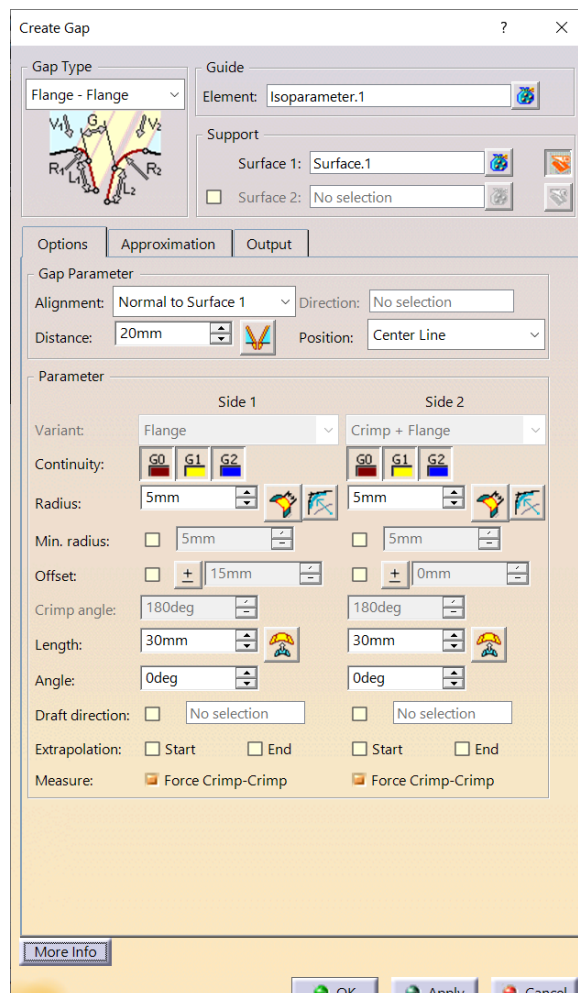


Figura 2.100 Cuadro de diálogo del ejemplo.

En la Figura 2.101 se muestra el resultado final del ejemplo:

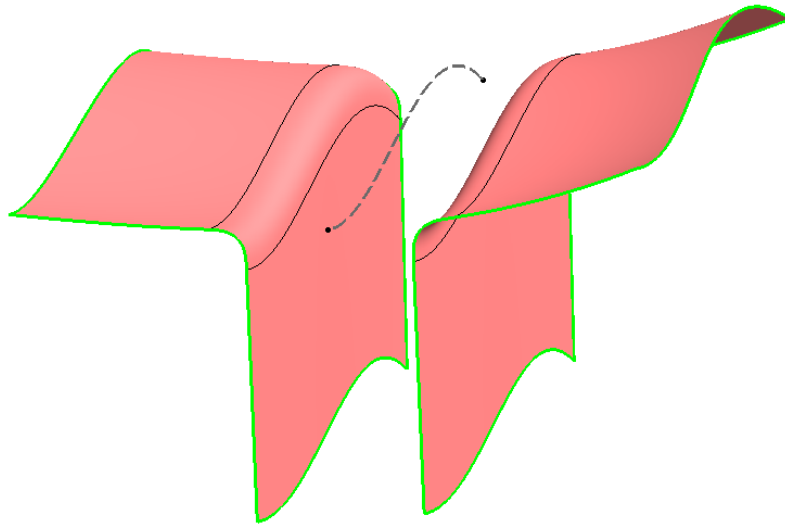


Figura 2.101 Resultado del ejemplo.

2.1.10 LOFT (Crea una superficie siguiendo perfiles)



En la *Figura 2.102* se indica el comando que crea superficies “LOFT” a través de múltiples perfiles y curvas guía.



Figura 2.102 Comando Loft.

Los perfiles seleccionados definen la dirección U y la guía la dirección V de la superficie “Loft”. Los perfiles determinan la forma que va a tener la superficie. En muchos casos, la creación de una superficie de este tipo requiere que los perfiles estén dispuestos a lo largo de una curva “Spine” (espina). Dependiendo de la configuración del botón “Spine” en el cuadro de diálogo, se utilizará una espina calculada internamente (implícita) o definida por el usuario.

Se van a aclarar unos conceptos previos sobre la espina, que ayudarán en la explicación del comando:

1. Cálculo de la espina de forma implícita.

Cuando el botón de “Spine” está OFF, esta se calcula a través de la primera y la última curva guía. Los puntos “Coupling” se calculan a partir de la intersección con los perfiles.

Se crea un plano implícito a lo largo de la espina y es normal a ella, determinando la orientación de los perfiles internos. El flujo isoparamétrico (*Figura 2.103*) de la superficie “Loft” creada se distribuye entonces uniformemente entre los perfiles y las guías.

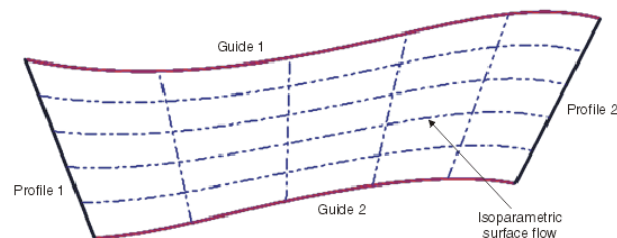


Figura 2.103 Flujo isoparamétrico.

2. Espina definida por el usuario.

Cuando el botón de “Spine” esta ON se deben respetar varios criterios:

- Solo se admiten curvas conectadas.
- No se admiten curvas cruzadas.

3. Longitud y posición de la curva espina.

La curva espina debe tener como mínimo la misma longitud que la distancia máxima entre el primer y el último perfil seleccionado.

El plano implícito creado de forma normal a la espina asegura que los perfiles se muevan perpendicularmente a lo largo de esta. Este plano debe intersectar todas las curvas guía seleccionadas en todos los puntos y que estas lleguen del primer al último perfil.

4. Orientación de la curva espina.

Se requiere que la orientación de la espina en relación a los perfiles seleccionados sea perpendicular.

- **Perfiles planos en 2D:** la orientación de la espina se define automáticamente de forma perpendicular al plano que se encuentra en el perfil de la sección (*Figura 2. 104*).

Cuando solo se seleccionan perfiles 2D y ningún perfil interno para el inicio y el fin de la superficie “Loft”, los perfiles internos se calculan implícitamente y se barren perpendicularmente a lo largo de la espina.

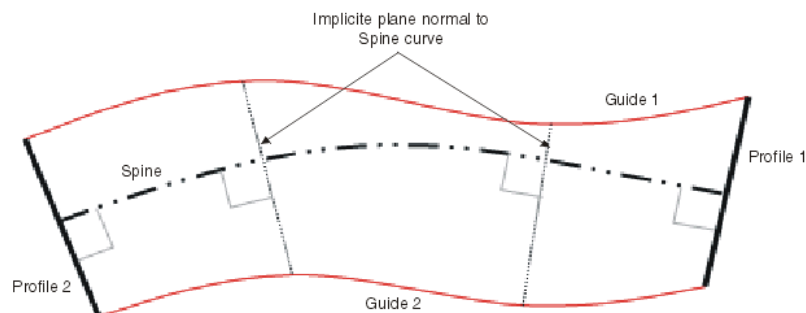


Figura 2.104 Orientación de la espina en curvas 2D.

El inicio y el fin de la curva de la espina deben permanecer perpendiculares a las curvas de perfil 2D seleccionadas.

- **Perfiles 3D:** con perfiles en 3D, la orientación de la curva de la espina es igual de importante.

- **Perfiles internos:** si los perfiles internos se cruzan, en la superficie “Loft” se crea una cúspide (Figura 2.105).

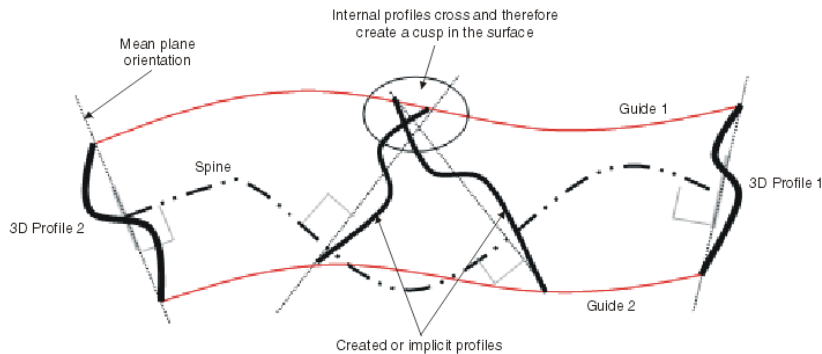


Figura 2.105 Ejemplo cuando se cruzan perfiles internos.

Al seleccionar el comando aparece el cuadro de diálogo de la Figura 2.106:

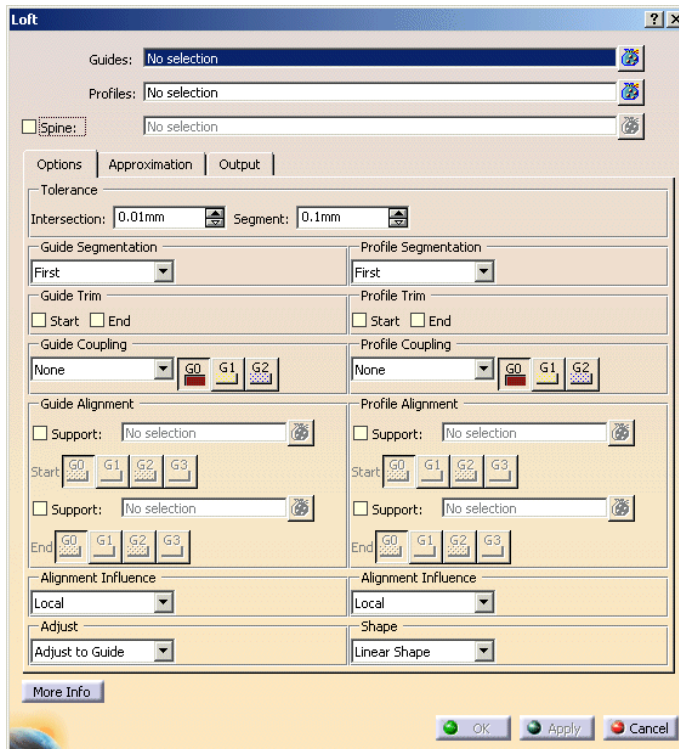


Figura 2.106 Cuadro de diálogo de Loft.

Donde:

Guides: selección de una o varias guías. Van a coincidir con la dirección V de la superficie.

Profiles: selección de uno o varios perfiles. Va a ser la dirección U de la superficie.

NOTA: tanto las guías como los perfiles deben estar en la misma dirección, de lo contrario la selección no se considerará válida.

Spine: selección de una o varias curvas espina. Los perfiles se conducen a lo largo de una curva espina, por lo que se encuentran en un plano 2D que es perpendicular a la curva de la columna. Se puede seleccionar una curva espina separada para cada borde de la superficie “Loft”.

- **ON:** el usuario es el que elige la espina que más le convenga.
- **OFF:** la curva espina implícita se calcula automáticamente a partir de los perfiles y guías seleccionados.

Options:

- **Tolerance:**
 - **Intersection:** los puntos de intersección entre las guías y los perfiles seleccionados deben estar dentro de la tolerancia especificada. Además, esta tolerancia define la distancia máxima a las superficies de apoyo, que influyen en la continuidad del resultado.
 - **Segment:** esta tolerancia influye en los límites del segmento de la superficie resultante en el punto de intersección entre la guía y el perfil de acuerdo con los siguientes criterios:
 - Si se excede el valor en la intersección (*Figura 2.107*), la posición del segmento en el resultado utiliza la intersección de la curva guía y del perfil para la posición del segmento, independientemente de la segmentación interna de las curvas utilizadas.

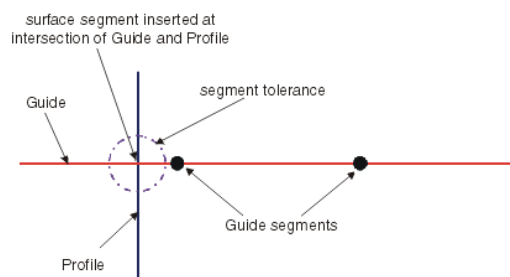


Figura 2.107 Explicación de la tolerancia cuando se excede el valor de la intersección.

- Si el valor de tolerancia se cumple en el punto de intersección (*Figura 2.108*), la

posición del segmento en el resultado utiliza un punto de segmento en las curvas utilizadas.

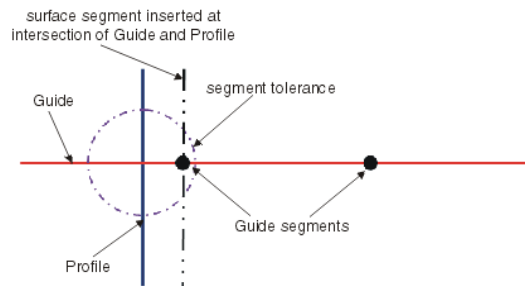


Figura 2.108 Explicación de la tolerancia cuando el valor de esta se cumple en el punto de intersección.

- **Guide/Profile Segmentation:** la segmentación de la superficie “Loft” puede influir en las curvas guía y el perfil de acuerdo con los puntos de segmentación. Están disponibles las siguientes opciones:
 - **First:** la segmentación se toma de la primera guía o del perfil. Todas las demás curvas se ignoran.
 - **Max:** la segmentación se toma de la guía o del perfil con el número máximo de segmentos.
 - **All:** la segmentación del resultado se calcula a partir de los límites de todas las curvas y perfiles.
- **Guide/Profile Trim:** las curvas de entrada que no tienen extremos coincidentes se pueden recortar temporalmente en su Inicio “Start” y / o Fin “End” (Figura 2.109). Posteriormente, se crea la superficie resultante entre guías y perfiles recortados temporalmente.



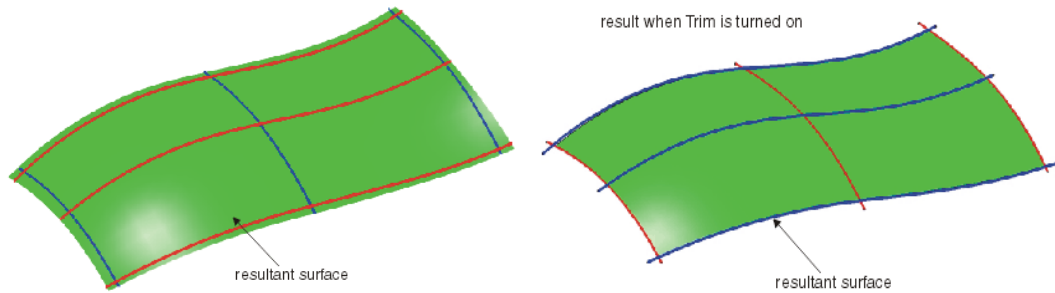


Figura 2.109 a) Ejemplo sin recortar b) Ejemplo recortado.

- **Guide/Profile Coupling:** la parametrización de la superficie resultante se ve influida al juntar la parametrización del conjunto de guías y superficies seleccionadas. Aparecen las siguientes opciones:

- **None:** el acoplamiento se define automáticamente (Figura 2.110).

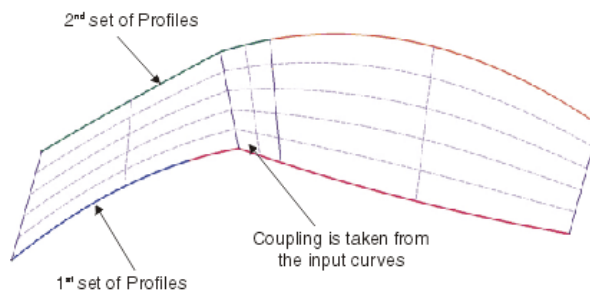


Figura 2.110 Ejemplo con None.

- **Segments:** el acoplamiento se define por el número de segmentos contenidos dentro del conjunto de perfiles y guías que permiten al usuario volver a parametrizar según las continuidades internas (Figura 2.111).

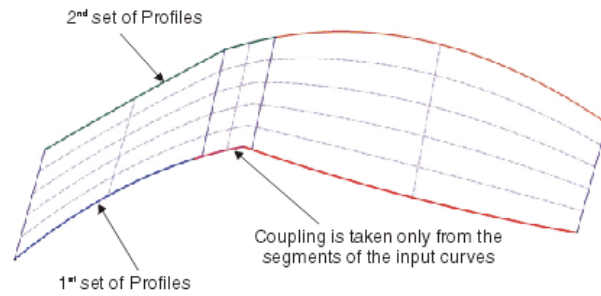


Figura 2.111 Ejemplo con Segments.

- **Cells:** el acoplamiento se define por el número de celdas (curvas individuales) que definen los perfiles y guías que permiten al usuario volver a parametrizar según las continuidades internas (Figura 2.112).

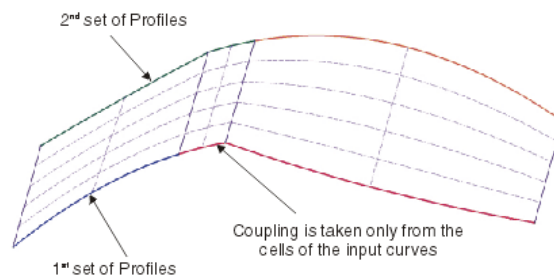


Figura 2.112 Ejemplo con Cells.

- **Bends:** el cálculo del acoplamiento se define por el número de curvas (celdas y segmentos) que definen los perfiles y guías (Figura 2.113).

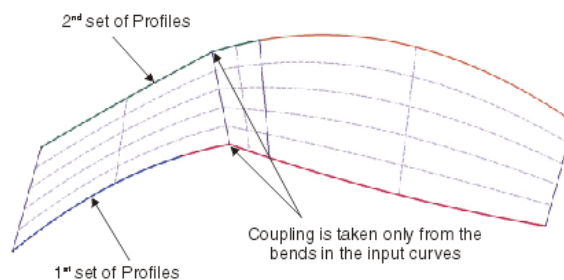


Figura 2.113 Ejemplo con Bends.

- **G0, G1 y G2:** se impone un nivel de continuidad en las curvas seleccionadas, reduciendo el número de celdas del resultado dependiendo de las entradas (Figura 2.114).

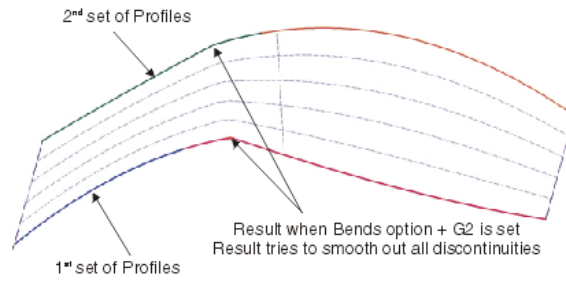


Figura 2.114 Ejemplo con continuidad.

- **Guide/Profile Alignment:** permite influir en la continuidad de las curvas seleccionadas como guías y perfiles en el inicio y fin de estas, con un conjunto adyacente de superficies de apoyo como en la *Figura 2.115*.

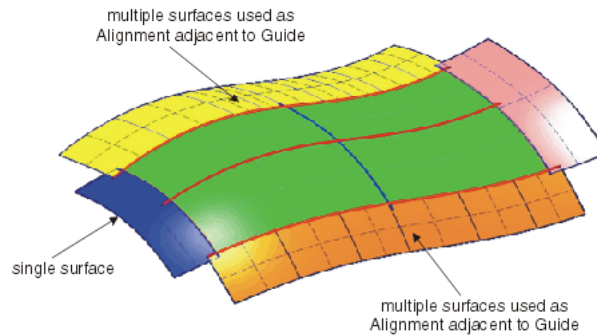


Figura 2.115 Ejemplo con configuración aceptable del uso de superficies de apoyo para alinear guías y perfiles.

- **Support:** para cada lado de la superficie “Loft” se puede definir más de una superficie de apoyo. El grado es determinado por el propio programa (*Figura 2.116*).

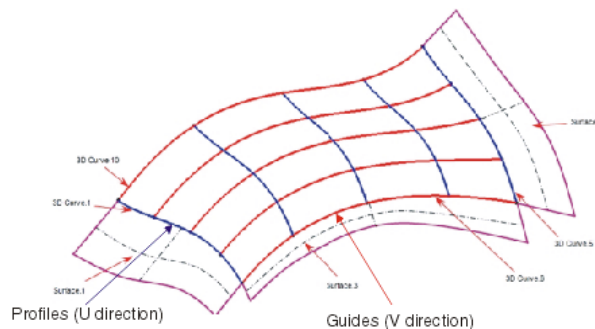


Figura 2.116 Ejemplo con superficies de apoyo.

- **Start/End: G0, G1, G2, G3:** se configura la continuidad para el inicio y fin de las curvas. Esta continuidad aparece en la zona de gráficos como manipuladores para poder modificarles.

- **Alignment Influence (Influencia en el posicionamiento):**
 - **Local:** las continuidades asignadas a un segmento específico solo van a influir a la forma de la superficie existente entre la 1ª y 2ª de las curvas seleccionadas, de acuerdo con la continuidad especificada (*Figura 2.117*).

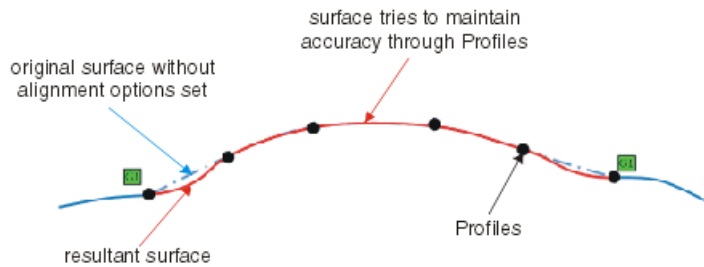


Figura 2.117 Ejemplo de posicionamiento Local.

- **Spread (Expandirse):** las continuidades asignadas a un borde determinado influyen en la forma de la superficie existente entre todas las guías y perfiles internos seleccionados según la continuidad especificada. Dependiendo de los ajustes en continuidad, las posiciones de las curvas y los ajustes de aproximación, se puede producir un resultado oscilante (*Figura 2.118*).

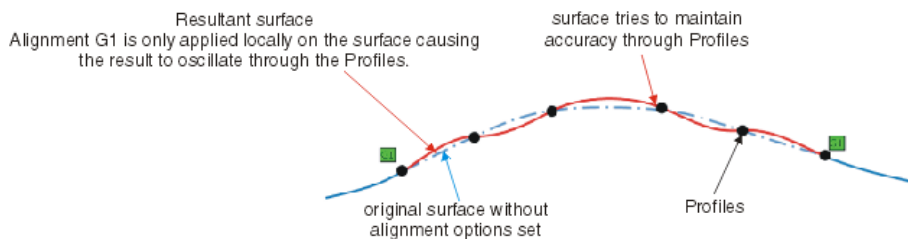


Figura 2.118 Ejemplo de posicionamiento Spread.

- **Global:** las continuidades asignadas a un borde determinado influyen en la forma de toda la superficie, independientemente de las guías y perfiles seleccionados. Dependiendo de los ajustes de aproximación, se puede perder la precisión del resultado (*Figura 2.119*).

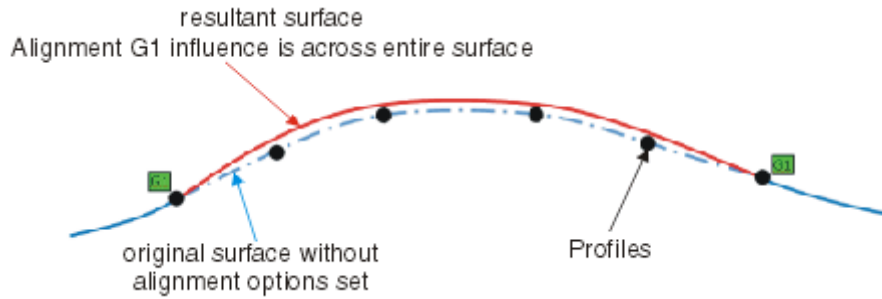


Figura 2.119 Ejemplo de alineamiento Global.

- **Adjust:** permite elegir de los elementos seleccionados, cuáles tienen prioridad a la hora del cálculo de la superficie.
 - **Adjust to Guide:** son las guías las que tienen mayor influencia en el resultado. Entonces, son los perfiles los que se usan como guías para lograr una transición más suave del resultado entre guías (Figura 2.120).

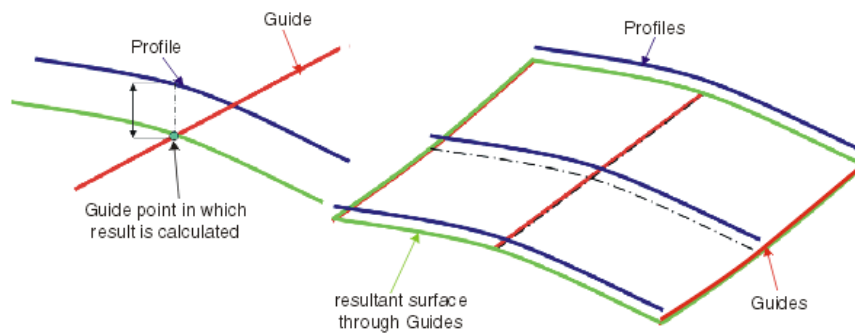


Figura 2.120 Explicación de Adjust cuando las guías son las que tienen influencia en el resultado.

- **Mean:** el resultado se calcula a través del punto "medio" entre la intersección de todos los perfiles y guías, con el objetivo en lograr la interpolación más suave en ambas direcciones U y V (Figura 2.121).

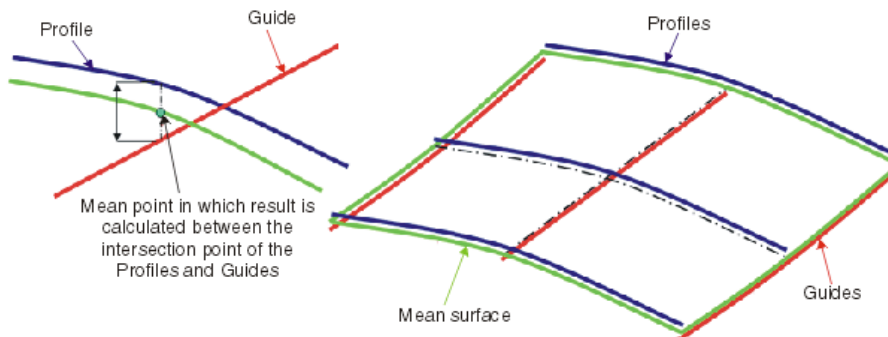


Figura 2.121 Explicación de Adjust- Mean.

- **Adjust to Profile:** son los perfiles los que tienen una mayor influencia en el resultado. Luego son las guías las que se usan como tales para lograr una transición más suave del resultado entre perfiles (*Figura 2.122*).

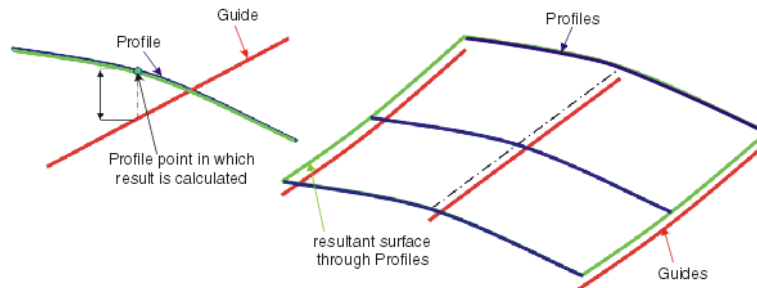
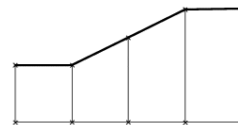


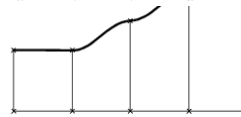
Figura 2.122 Explicación de Adjust cuando son los perfiles los que tienen influencia en el resultado.

- **Shape:** especifica la forma de la superficie, es decir, el tipo de transición entre los perfiles seleccionados. Pueden ser de los siguientes tipos:

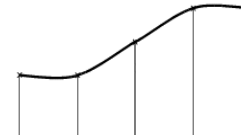
- **Linear Shape:**



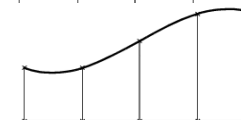
- **Local Shape:**



- **Smooth Shape:**



- **Global Shape:**



Approximation: ver “Approximation Tab”.

Output: ver “Output Tab”.

Seleccionando “More Info”, se despliega el menú de la *Figura 2.123* que proporciona datos de la superficie creada:

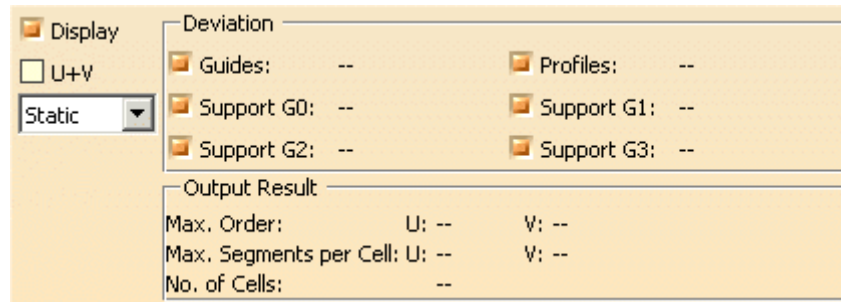


Figura 2.123 Cuadro de diálogo More Info.

Donde:

Display: visualización en la zona de gráficos de los valores de desviación.

U + V: se visualizan en la superficie creada los vectores de curvas y superficies U y V.

Static, None: ver “Apply Mode”.

Deviation:

- **Guides:** es la desviación máxima de las curvas guías de su verdadera posición matemática.
- **Profiles:** muestra la desviación máxima de las curvas de perfil de su verdadera posición matemática.
- **Support G0...G3:** muestra la desviación máxima entre el resultado y las superficies de apoyo en los límites de la superficie definidos por la primera y la última curva de guía y perfil.

Output Result: ver “Output Result”.

El ejemplo de la *Figura 2.124* muestra un resumen del comando de creación de superficies “Loft” con los siguientes datos y cuadros de diálogo (*Figura 2.125*), donde se quiere crear una superficie curva con una serie de guías, perfiles y superficies de apoyo.

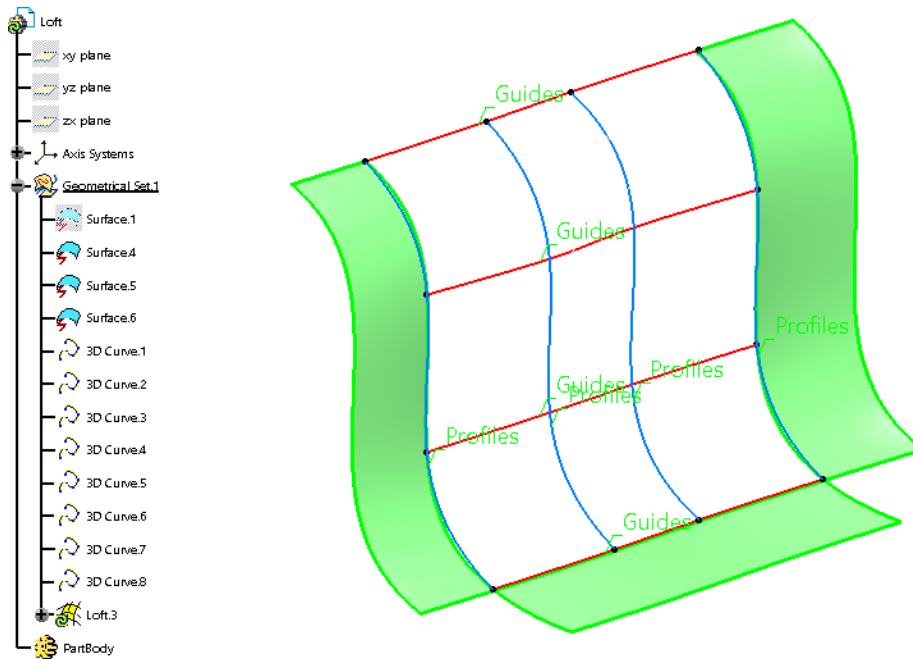


Figura 2.124 Datos del ejemplo.

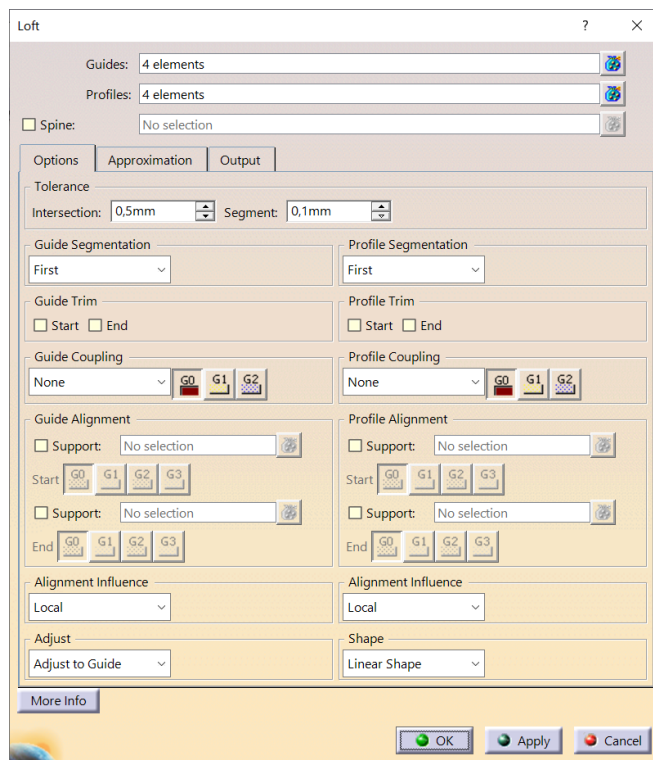


Figura 2.125 Cuadro de diálogo del ejemplo.

La *Figura 2.126* muestra el resultado final del ejemplo:

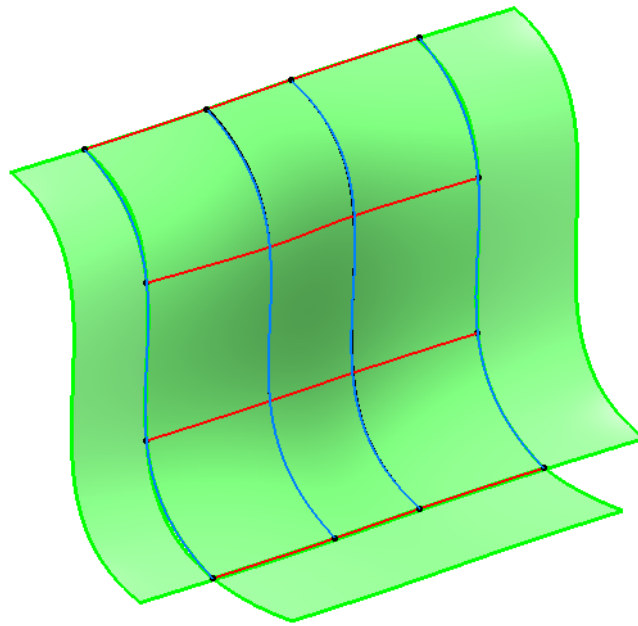


Figura 2.126 Resultado del ejemplo.

2.2 ADVANCED ANALYSIS

En la *Figura 2.127* se muestran los comandos por tratar (de izquierda a derecha):



Figura 2.127 Barra de herramientas Advanced Analysis.

- 1) Flat Regions Analysis
- 2) Head Impact Analysis
- 3) Leveling Analysis
- 4) Gap Analysis
- 5) Surface Check
- 6) Curve Check



Esta barra de herramientas es diferente a la anterior ya que esta sirve solo para el análisis de las superficies ya creadas, mientras que la anterior se centraba más en crear o modificar dichas superficies.

2.2.1 FLAT REGIONS ANALYSIS (Análisis de superficies planas)



La *Figura 2.128* indica el comando que describe cómo analizar superficies planas y la interpretación de sus resultados.

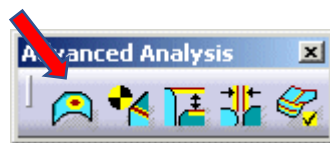


Figura 2.128 Comando Flat Regions Analysis.

NOTA: este comando no se puede utilizar en superficies con bordes no múltiples (bordes comunes de superficies adyacentes que se desvían entre sí, lo que provoca espacios o superposiciones). Si es necesario, las superficies deben unirse mediante el comando “Join” con una tolerancia adecuada.

NOTA: para poder visualizar el análisis, se debe activar el modo de visualización “Shading with material” o “Shading with material and edges”. Durante la ejecución se puede mostrar “Tesellation” (mosaico) de la superficie seleccionada activando el modo de visualización “Wireframe”. Sin embargo, la visualización del resultado no es posible en este modo de visualización.

NOTA: el análisis de región plana solo se puede realizar temporalmente mientras el comando esté activado y no se puede guardar en el árbol de datos.

Antes de mostrar cómo funciona este comando se van a explicar unos conceptos previos muy importantes para facilitar la posterior comprensión de este.

1. ¿Qué es una región plana?

A) Interpretación del análisis

Por ejemplo, las partes de la carrocería deben tener una curvatura mínima. Las áreas superficiales que no cumplan con este requisito, la chapa tiende a retroceder elásticamente después del proceso de conformado, de modo que la forma y estética deseadas no se logran en el proceso de fabricación. Las áreas extremadamente planas, por lo tanto, deben identificarse y ajustarse antes de fabricar las herramientas de prensa.

Con este análisis, esas áreas críticas se pueden resaltar gráficamente (Figura 2.129). Mediante una configuración adecuada de parámetros, se puede descubrir si la planitud es en una dirección, o si hay regiones donde el cuerpo es plano en varias o incluso en todas las direcciones.

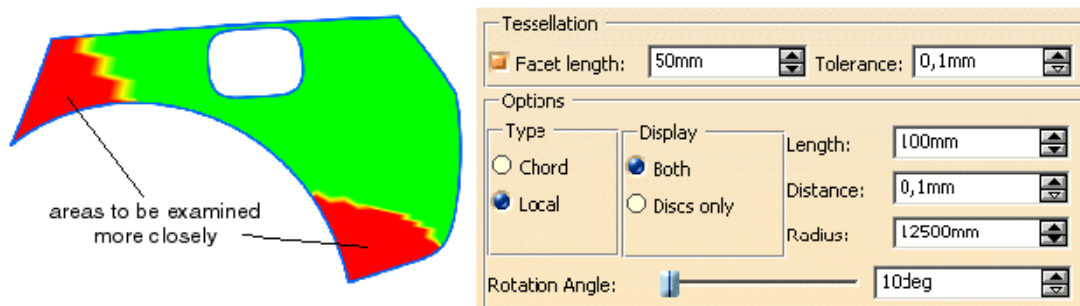


Figura 2.129 Muestra las regiones extremadamente planas que se analizan.

El resultado es un análisis rojo-verde que, en primer lugar, solo permite una evaluación cualitativa. Se puede resumir en la *Tabla 2*:

Color	Significado
Red (Rojo)	El criterio establecido para la curvatura mínima no se cumple en una región específica. La zona debe examinarse más de cerca. Es el usuario quien tiene que decidir si se trata de una región plana o no.
Green (Verde)	Se cumple el criterio, no hay peligro.

Tabla 2 Interpretación de los resultados de forma cualitativa.

B) Definición de planitud.

La experiencia demuestra que el radio de curvatura mínimo debe ser de aproximadamente 12500 mm. Esto corresponde a una distancia mínima desde la geometría de 0,1 mm sobre una longitud de cuerda de 100 mm. Éstos son los ajustes predeterminados en el cuadro de diálogo.

El radio de curvatura mínimo se define por la longitud y la distancia (Figura 2.130).

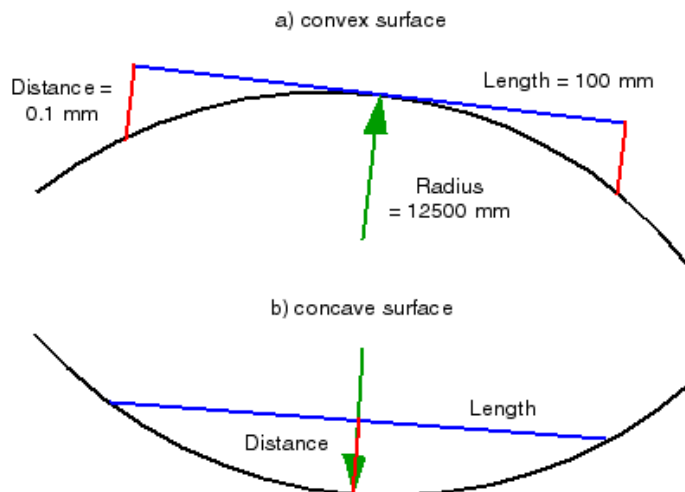


Figura 2.130 Muestra cómo se rige la planitud.

C) Comprobación de la región plana en la práctica.

En piezas cóncavas si se mueve la “regla virtual” de longitud 100 mm a lo largo de la superficie, debe quedar un espacio mínimo de 0,1mm entre la superficie y el centro de la regla, sin importar dónde la coloque. Para partes convexas si se coloca el centro de la regla tangencialmente en cualquier punto de la superficie, el espacio restante entre la superficie y los extremos de la regla debe ser de al menos 0,1mm Esto se ve mejor en la Figura 2.132.

2. ¿Cuáles son los métodos utilizados para este análisis?

El análisis usa los métodos de regla y disco (“Chord”) y, además, un método que realiza una verificación “Local”, que se describen próximamente.

Además, se puede ejecutar un análisis de desviación manual. Que permite una evaluación precisa de la situación de curvatura en un punto específico de la superficie.

A) Método regla/disco “Chord”. (Figura 2.131)

- **Modo de trabajo:** la regla virtual con una longitud por ejemplo de 100mm se coloca con su punto central tangencialmente sobre la superficie a verificar y se gira alrededor del punto central. El eje de rotación coincide con la normal de la superficie en este punto. La rotación de la regla define un disco plano con un radio de 50 mm tocando exactamente el punto de análisis.

El sistema verifica si este punto, al girar la regla, la curvatura se encuentra por debajo de un valor mínimo especificado dentro del sector definido por el “Angle rotation”. Solo si ocurre esto en todo el sector, el punto se mostrará en rojo.

El hecho de que un punto se muestre en rojo depende del ángulo de rotación especificado.

Este concepto de “Angle rotation” se explicará próximamente.

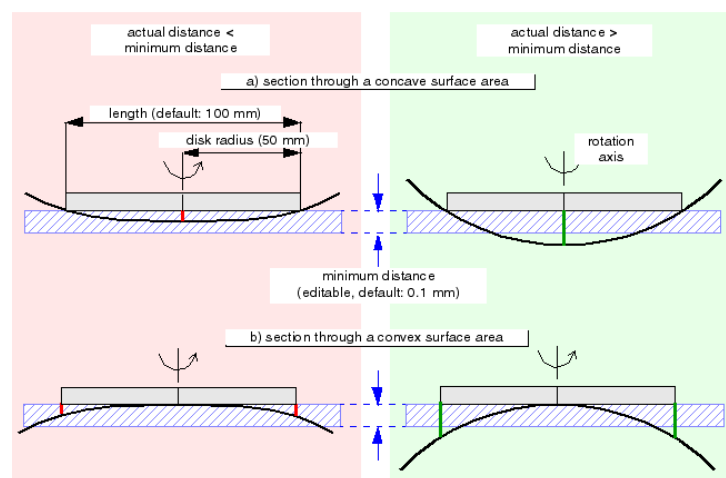


Figura 2.131 Explicación gráfica método Chord.

- **Ventajas y desventajas:** el método “Chord” ofrece un resultado muy preciso, pero es considerablemente más lento que el método “Local”.

B) Método “Local”.

- **Modo de trabajo:** se puede especificar un radio de curvatura que no debe exceder 12500 mm. En un área infinitamente pequeña alrededor del punto evaluado, el sistema calcula matemáticamente la curvatura real en el punto apropiado y la comparará con la curvatura mínima definida. Si se mantiene la curvatura mínima, el punto se mostrará en verde. El hecho de que el punto se muestre en rojo depende del ángulo de rotación establecido.

- **Ventajas y desventajas:** el método “Local” aparece como predeterminado en el cuadro de diálogo porque ofrece un resultado considerablemente más rápido que el método “Chord”. Si todas las áreas se muestran en verde, existe la máxima certeza de que no existen regiones planas.

Las áreas rojas señalan áreas que deben examinarse más de cerca. No solo se detectan regiones planas, sino también puntos de silla que no son relevantes.

Si se quiere excluir áreas que no tienen relevancia, se debe utilizar el método “Chord”.

C) Comparación de los métodos de verificación.

Las Figuras 2.132 y 2.133 muestran un mismo ejemplo con ambos métodos donde la primera no localiza puntos de silla, pero la segunda sí.

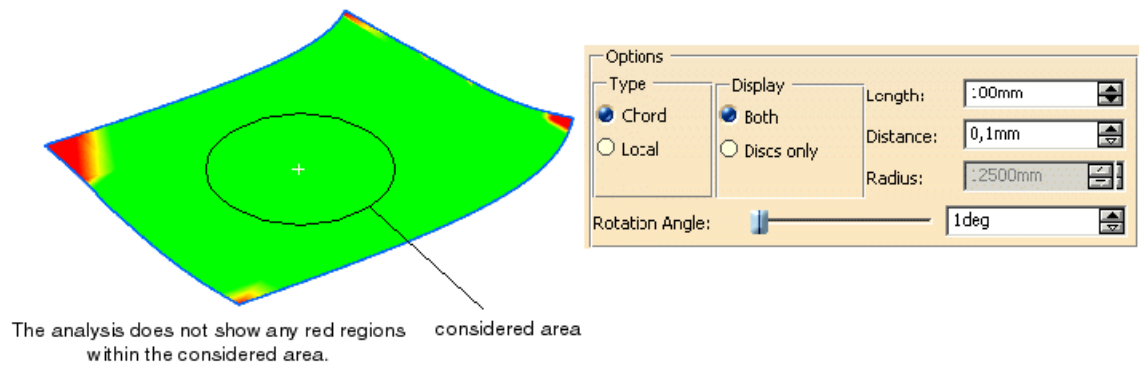


Figura 2.132 Análisis con el método Chord.

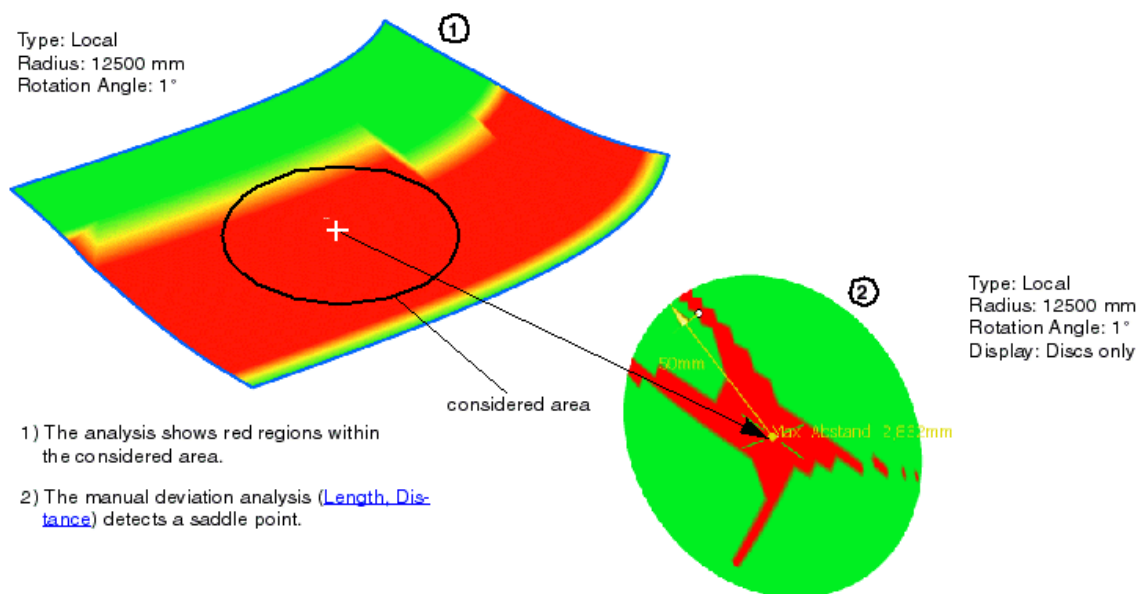


Figura 2.133 Análisis con el método Local.

3. ¿Qué importancia tiene “Rotation angle”?

Las regiones planas pueden estar en una, en varias o en todas las direcciones. Por lo tanto, se decide qué ángulo de apertura de la regla virtual es el umbral en el que la superficie se vuelve problemática. Dicho sector se identifica girando la regla (*Figura 2.134*) tangencialmente alrededor de su punto central, comenzando en la dirección de curvatura mínima y pivotando hacia la izquierda y la derecha de esta dirección hasta encontrar curvaturas excesivamente pequeñas. Solo si este es el caso en cada posición de la regla dentro del sector, el punto se mostrará en rojo.

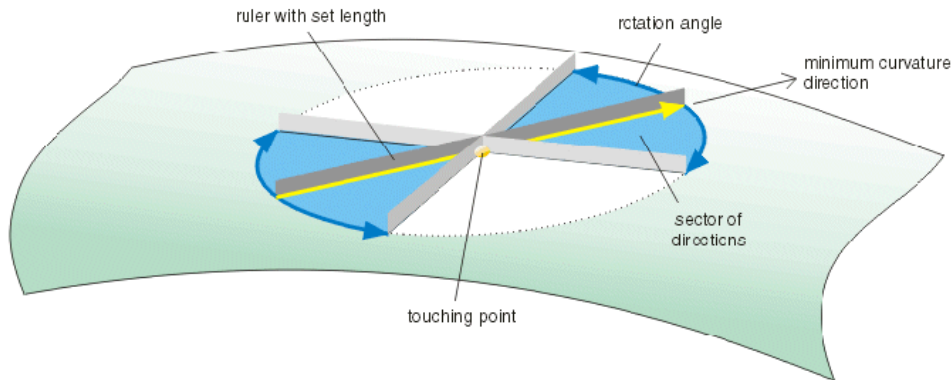


Figura 2.134 Muestra como es la regla virtual.

Se distinguen los siguientes tipos de regiones planas:

- A) **Planitud en una dirección (Rotation angle= 1°):** el punto de la superficie investigado se marcará en rojo (Figura 2.135) si la regla que gira alrededor de su punto central detecta un valor de curvatura por debajo del mínimo definido incluso en una sola dirección (dentro de este pequeño sector de 1 °).

Es perfectamente aceptable que la curvatura del material sea menor que la curvatura mínima en una sola dirección.

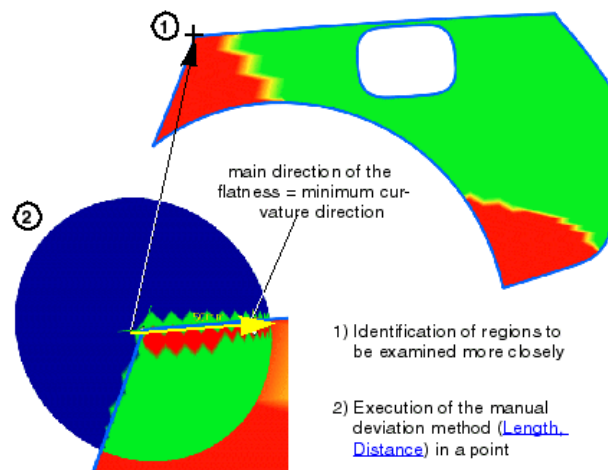


Figura 2.135 Ejemplo con Rotation angle=1°.

- B) **Planitud en un sector de direcciones (Rotation angle entre 1° y 180°):** la rotación desde la dirección de la curvatura mínima hacia la izquierda y la derecha de por ejemplo 15 ° grados da como resultado un sector de 30 ° que puede ser barrido por la regla giratoria sin encontrar el valor de curvatura mínima requerido (Figura 2.136). Si aumenta el ángulo de rotación, el número de áreas marcadas en rojo disminuye.

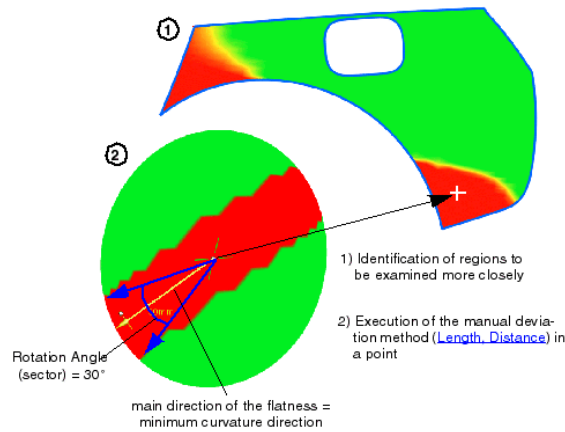
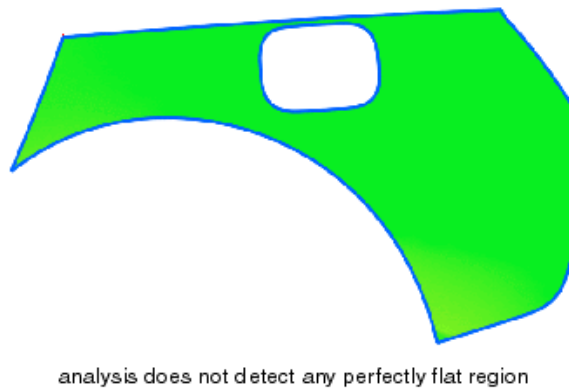


Figura 2.136 Ejemplo con Rotation angle= 15°.

C) **Planitud en todas las direcciones (Rotation angle= 180°):** el caso extremo, una región perfectamente plana (Figura 2.137), existe si la regla puede girar completamente alrededor de su eje de rotación sin encontrar el valor mínimo de curvatura en ninguna posición. Estas regiones son siempre críticas y deben evitarse por todos los medios. Si se define un ángulo de rotación de 180 ° el análisis no debería mostrar ninguna región roja si la parte evaluada está bien.



analysis does not detect any perfectly flat region

Figura 2.137 Ejemplo con Rotation angle= 180°.

4. ¿Cómo se interpreta el análisis de desviación?

“Chord” permite una evaluación tanto cualitativa como cuantitativa de la situación de la curvatura en el punto de la superficie investigado.

A) Procedimiento en la ejecución del análisis:

- Realice el análisis con los parámetros deseados.

- Seleccione a través del campo de selección “Points” dentro del área marcada en rojo que se examinará más de cerca un punto existente o crear un punto a través del menú contextual.
- El disco se coloca con su punto central directamente en el punto de la superficie que se ha seleccionado. El radio del disco resulta de la longitud especificada en “Length”. El radio del disco se adapta en su posición a las superficies adyacentes lo mejor posible. La normal del disco está alineada con la normal de la superficie en el punto.
- Todos los puntos que estén más cerca de la superficie adyacente que el valor especificado para “Distance” se mostrarán en rojo, los puntos más alejados de la superficie que ese valor en verde.
El radio de curvatura mínimo está representado por una flecha vectorial.
- El disco se puede mover a través de la superficie en su punto central (botón izquierdo del ratón en el origen del vector). Además, la longitud del vector, y por lo tanto el radio del disco, se puede modificar (botón izquierdo del ratón en el mango en la punta de la flecha). Esto también cambia el valor Longitud en el campo de texto del cuadro de diálogo.

B) Interpretación del resultado del análisis.

La dirección de la curvatura más pequeña, la región plana, en el punto de superficie seleccionado (punto central del disco) se representa mediante un símbolo de vector (dirección de curvatura mínima). Corresponde a la dirección principal del área roja.

La distancia más corta entre el disco y la superficie se mide y se muestra en los colores de la *Tabla 3*:

Color	Significado
Red	todos los puntos de la superficie con la propiedad: distancia medida < valor establecido
Green	todos los puntos de la superficie con la propiedad: distancia medida > = valor establecido
Blue	sin resultado (el disco sobresale del borde de la superficie)

Tabla 3 Interpretación de los resultados en función del color.

En el borde del disco y en la dirección de la curvatura mínima, la desviación entre la periferia circular y el punto de superficie correspondiente se determina y se muestra como valor numérico.

La planitud no se vuelve crítica hasta que el área roja toca la periferia circular (Figura 2.138) y los valores de curvatura están por debajo de la curvatura mínima en todo el sector.

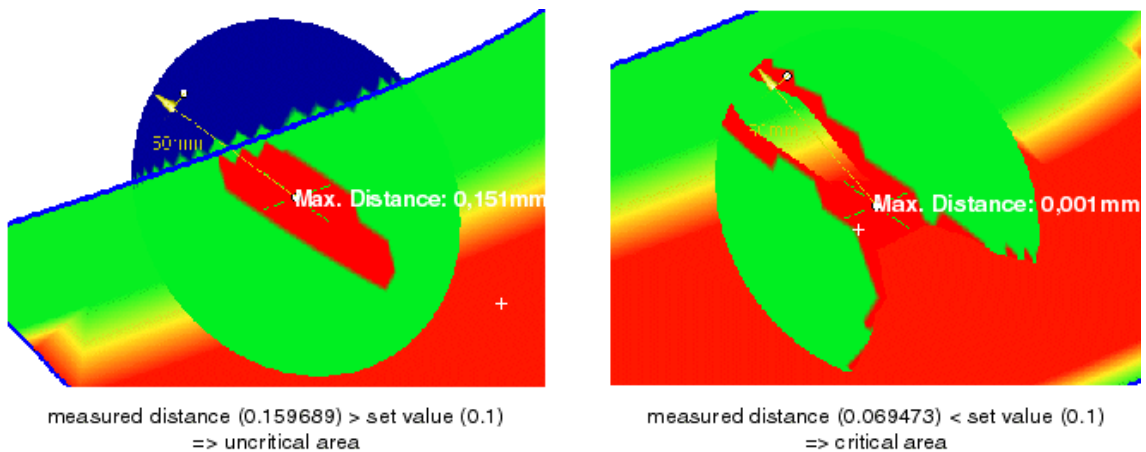


Figura 2.138 Detección de un área crítica.

El ángulo de rotación crítico se puede identificar a partir del tamaño del sector rojo. Si se modifica el radio del disco, el criterio para la curvatura mínima cambia y conduce a un resultado de análisis diferente como se puede ver en la Figura 2.139.

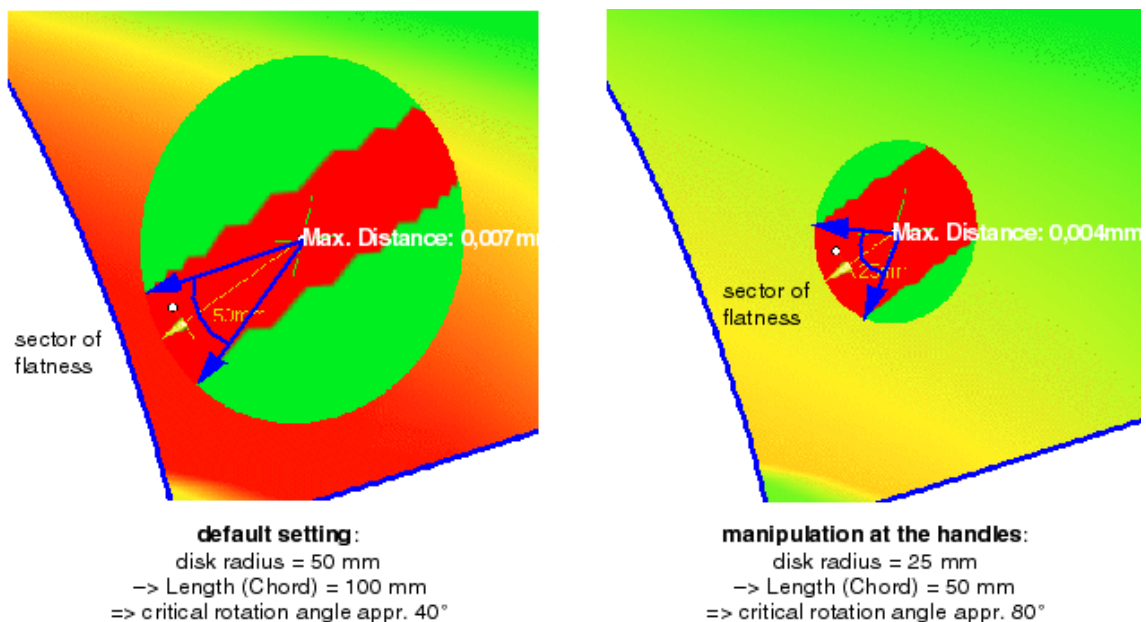


Figura 2.139 Ejemplo modificación del radio del disco.

Al seleccionar el comando aparece el cuadro de diálogo de la Figura 2.140:

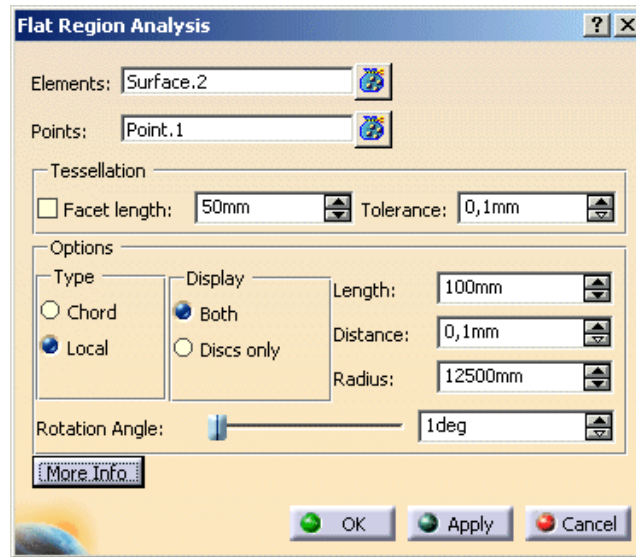


Figura 2.140 Cuadro de diálogo de Flat Regions Analysis.

Donde:

Elements: selección de elementos utilizados para el análisis: superficies, caras y uniones.

Points: selección de puntos para el posterior análisis de desviación.

Tesellation (mosaico): el análisis se basa en parches triangulares (Figura 2.141).

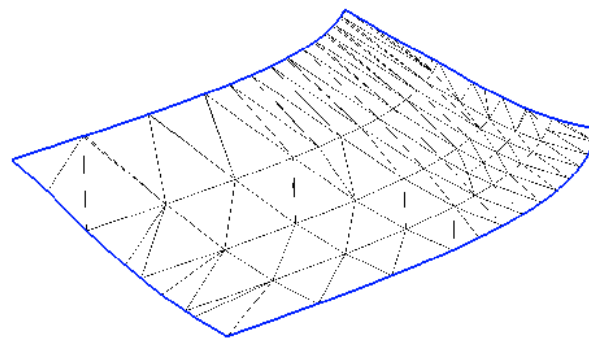


Figura 2.141 Ejemplo de cómo son los parches triangulares.

- **Facet Length:** es la longitud máxima de los parches, independientemente de la curvatura de la superficie. Las regiones planas se analizan con precisión con este método, sin embargo, requiere más tiempo de cálculo. Cuanto menor sea el valor de la longitud del parche, más preciso, pero también más lento será el cálculo.
- **Tolerance:** desviación máxima entre el parche y la superficie para un análisis dependiente de la curvatura.

Las superficies se subdividen en parches más pequeños hasta que la distancia entre estos y las superficies iniciales es menor que el valor indicado. A través de esto, se crean grandes parches en áreas con una curvatura más baja y otros más pequeños en superficies con una curvatura más fuerte. Este método ofrece un resultado rápido, pero en regiones planas puede dar lugar a resultados difíciles de interpretar.

Options:

- **Type:** hay dos tipos de análisis: el método de la regla / disco (Chord) y el método local (Local).
Por razones de rendimiento, es recomendable iniciar el cálculo con “Local” (predeterminada). Este método ofrece un resultado considerablemente más rápido que “Chord”. Si todas las superficies están marcadas en verde, no hay regiones planas. Si se encuentran áreas rojas, debe usar “Chord” para excluir puntos de silla y otras áreas no críticas. Este método ofrece un resultado muy preciso, pero es considerablemente más lento que “Local”. La selección de puntos en el análisis también se ejecuta más rápido con el ajuste “Local”.
- **Display: Both, Disc only:** indica el modo de visualización del análisis, se elige entre la visualización de superficies y discos (Both) o sólo discos (Discs only).
- **Length, Distance:** longitud de la regla virtual (Chord) y distancia mínima entre la regla y la geometría. Estos parámetros definen la curvatura mínima.
- **Radius:** radio de curvatura mínimo sólo disponible para “Local”.
- **Rotation Angle:** determina cómo es la planitud que se tiene que buscar. El sistema comprueba que dentro del sector definido por el ángulo de rotación se mantenga la curvatura mínima.
La *Tabla 4* muestra cómo se debe configurar el ángulo de rotación para encontrar los diferentes tipos de planitud:

Tipo de planitud	Posición del deslizante	Ángulo de rotación	Figura
Regiones planas en una dirección	Muy a la izquierda	1°	Planitud en una dirección (ángulo de rotación = 1 °)
Regiones planas en varias direcciones	Entre el extremo izquierdo y derecho	entre 1° y 180°	Planitud en un sector de direcciones (ángulo de rotación entre 1 ° y 180 °)
Regiones planas perfectas	Muy a la derecha	180°	Planitud en todas las direcciones (ángulo de rotación = 180 °)

Tabla 4 Diferentes planitudes en función del ángulo de rotación.

Seleccionando “More Info”, se despliega el menú de la *Figura 2.142* que proporciona datos de la superficie creada:

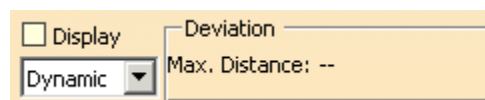


Figura 2.142 Cuadro de diálogo More Info.

Donde:

Display: dependiendo de las opciones seleccionadas, los valores se muestran en la zona de gráficos.

Dynamic, Static, None: ver “Apply Mode”.

Deviation:

- **Max. Distance:** muestra la desviación máxima entre el elemento de entrada y la geometría resultante.

Como resumen, tenemos el ejemplo de las *Figuras 2.143* y *2.144* donde se quiere analizar la esquina superior izquierda de la superficie del coche:

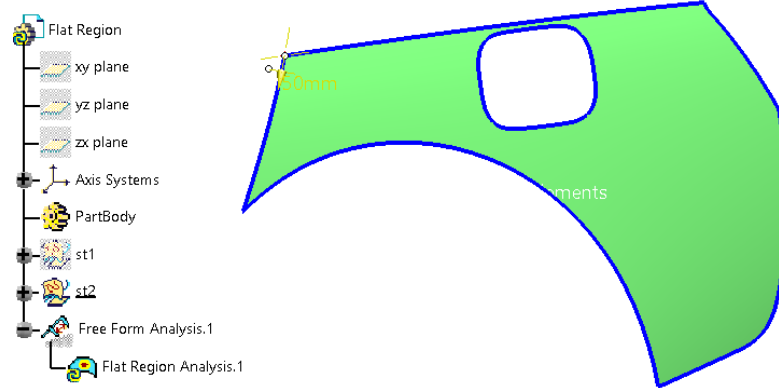


Figura 2.143 Datos del ejemplo.

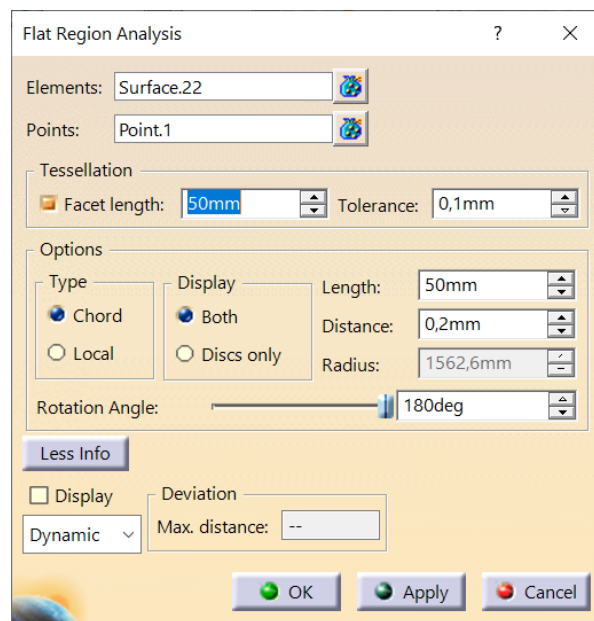


Figura 2.144 Cuadro de diálogo del ejemplo.

El resultado final se muestra en la Figura 2.145:

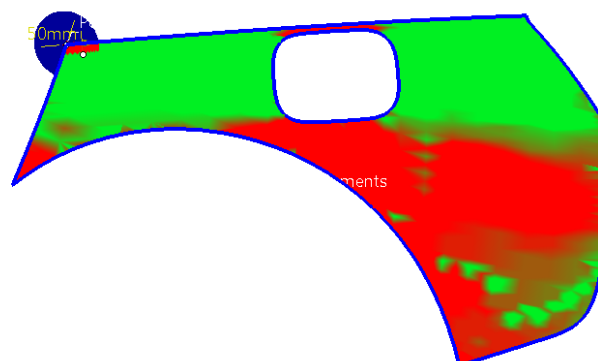


Figura 2.145 Resultado del ejemplo.

2.2.2 HEAD IMPACT ANALYSIS (Análisis de impacto)

La *Figura 2.146* muestra el comando que describe el cálculo de análisis de impactos y cómo interpretar los resultados.

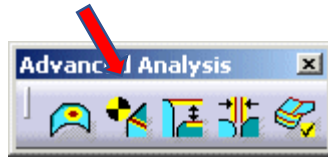



Figura 2.146 Comando Head Impact Analysis.

NOTA: no se puede utilizar en grupos de superficies con bordes no múltiples (bordes comunes de superficies adyacentes que se desvían entre sí, lo que provoca espacios o superposiciones). Si es necesario, las superficies deben unirse mediante el comando “Join”  con una tolerancia adecuada.

NOTA: para poder visualizar el análisis, se debe activar el modo de visualización “Shading with material” o “Shading with material and edges”. Durante la ejecución se puede mostrar “Tesellation” (mosaico) de la superficie seleccionada activando el modo de visualización “Wireframe”. Sin embargo, la visualización del resultado no es posible en este modo de visualización.

NOTA: el análisis de impacto solo se puede realizar temporalmente mientras permanezca abierto el comando y no se puede guardar.

Esta tarea se ha desarrollado especialmente para la industria del automóvil. Se puede usar para detectar bordes y esquinas afilados en un modelo 3D que pueden causar lesiones.

El análisis será interpretado con los colores de la *Tabla 5*:

Color	Significado
Red	El radio de curvatura está por debajo del mínimo, se encuentran bordes / esquinas afiladas.
Green	El radio de curvatura está por encima del mínimo, aquí no se encuentran bordes / esquinas afiladas.
Blue	El radio no toca la geometría, aquí no se realiza ninguna verificación de radio.

Tabla 5 Interpretación de los resultados del comando Head Impact Analysis.

Seleccionando el comando aparecerá el cuadro de diálogo de la *Figura 2.147*:

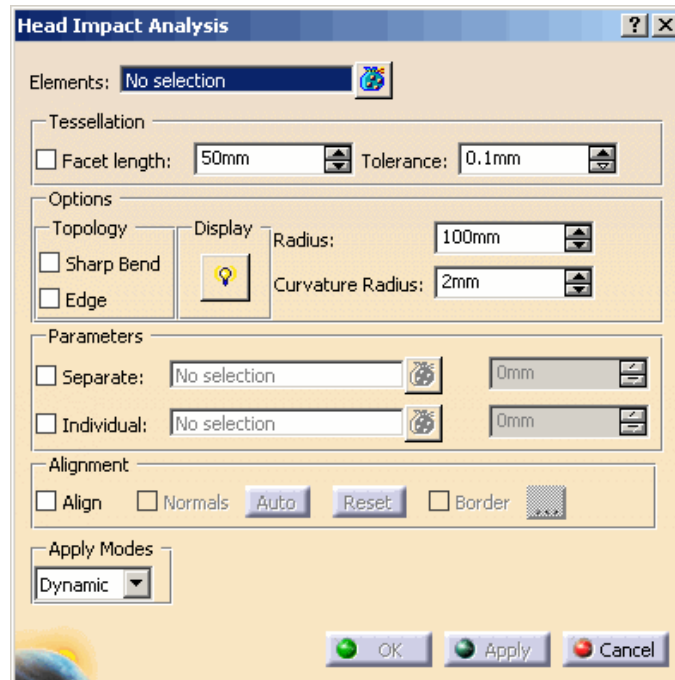


Figura 2.147 Cuadro de diálogo de Head Impact Analysis.

Donde:

Elements: selección de la superficie para ser analizada.

Tessellation: se muestra un mosaico con el análisis basado en parches triangulados como en la *Figura 2.141* del comando anterior.

- **Length:** longitud máxima de los parches del mosaico independientemente de la curvatura de la superficie. Cuanto menor sea el valor de la longitud del parche, más preciso, pero también más lento, será el cálculo.
- **Tolerance:** desviación máxima entre los parches y la superficie para un mosaico dependiente de la curvatura. Las superficies se subdividen en parches más pequeños hasta que la distancia entre estos y las superficies sea menor que este valor. A través de esto, se crean grandes parches en áreas con una curvatura más baja y otros más pequeños en superficies con una curvatura más fuerte. Este método ofrece un resultado rápido, pero puede dar lugar a resultados difíciles de interpretar.

Options:

- **Topology:**
 - **Sharp bend:** detección de bordes afilados (*Figura 2.148*).

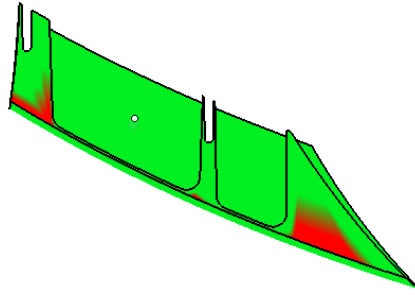


Figura 2.148 Ejemplo Sharp Bend.

- **Edge:** detección de bordes topológicos (Figura 2.149).

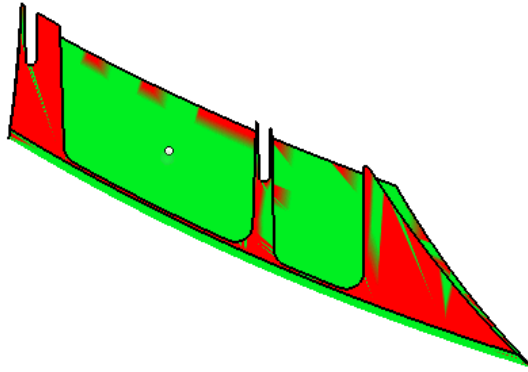


Figura 2.149 Ejemplo Edge.

- **Display:**
 - **Enable Lighting:** define el tipo de sombreado.
 - **ON:** calcula el análisis utilizando la configuración actual de la luz establecida en las opciones de Catia.
 - **OFF:** muestra el análisis independientemente de la configuración de la fuente de luz. Los valores de brillo son iguales para cada píxel.
- **Radius:** radio de la esfera usada para el análisis, suele estar entre 80 y 85mm (Figura 2.150).

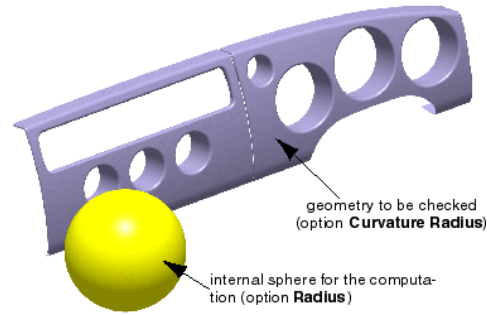


Figura 2.150 Representación de la esfera usada para el análisis.

- **Curvature Radius:** todas las regiones con una curvatura inferior a este radio se marcarán como críticas en rojo.
- **Parameters:** opcionalmente, se pueden especificar radios de curvatura adicionales. Las Figuras 2.151, 2.152 y 2.153 muestra los resultados del diagnóstico con diferentes radios de curvatura, al principio sin definición de radios de seguridad adicionales.

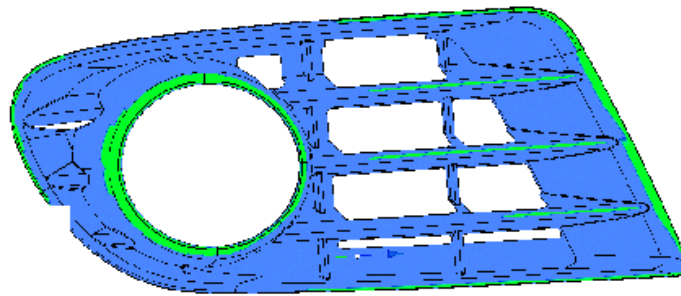


Figura 2.151 Ejemplo con radio de curvatura 1mm, sin regiones rojas.

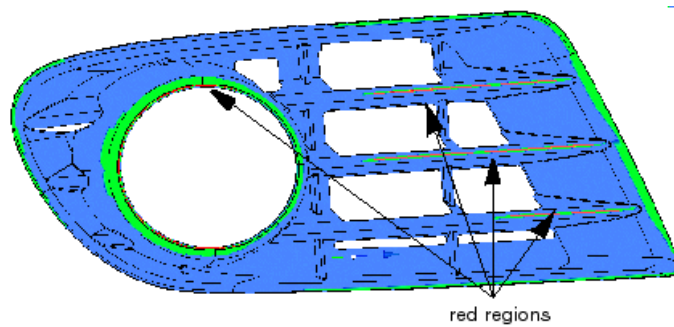


Figura 2.152 Ejemplo con radio de curvatura de 3mm.

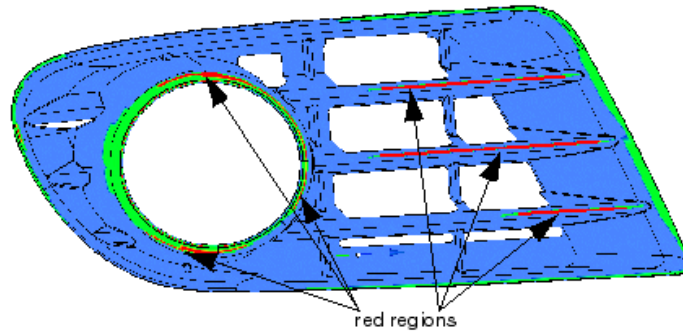


Figura 2.153 Ejemplo con radio de curvatura de 5mm.

- **Separate:** se puede definir un segundo radio de curvatura y se puede seleccionar una superficie como superficie de separación. Las áreas geométricas en la dirección normal de la superficie, por un lado, y en oposición a esta normal, por otro lado, se comprobarán entonces con diferentes radios.

El segundo radio de curvatura especificado aquí tendrá efecto en ese lado de la superficie de separación que está determinado por el vector normal de superficie mostrado.

La *Figura 2.154* ilustra la posición de la superficie de separación en la geometría de ejemplo.

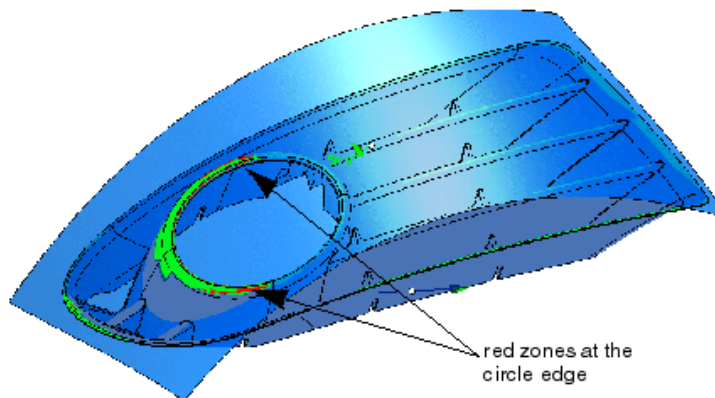


Figura 2.154 Ejemplo donde se muestra la posición de la superficie de separación y las zonas rojas.

- **Individual:** Se pueden definir radios de curvatura individuales para el diagnóstico en parches separados (*Figura 2.155*).

NOTA: el número de radios restringibles está definido a 99.

Puede seleccionar elementos de superficie individuales como entrada. En cada elemento seleccionado, el radio se muestra numéricamente y se puede modificar.

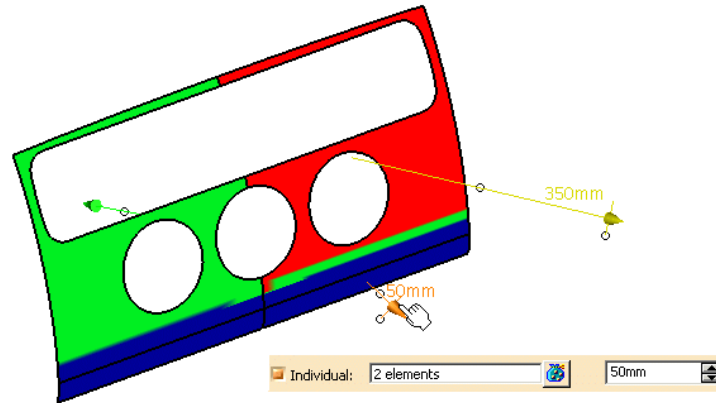


Figura 2.155 Ejemplo Individual.

- **Alignment:**
 - **Align:** las normales de los objetos de entrada se pueden alinear.
 - **Normals:** se muestra la normal de cada selección. Las normales se pueden invertir haciendo clic en el mango del manipulador.
 - **Auto:** las normales se alinearán automáticamente.
 - **Reset:** la inversión de la normal se puede restablecer.
 - **Border:** los bordes de los cuerpos a alinear se mostrarán cuando el puntero se coloque sobre el mango del manipulador.
- **Apply modes: Dinamyc, Static, None:** ver “Apply Modes”.

La *Figura 2.156* muestra un ejemplo para resumir la funcionalidad del comando, junto con el cuadro de diálogo de la *Figura 2.157*. El ejemplo consistirá en mostrar sus bordes afilados, que aparecerán en rojo.

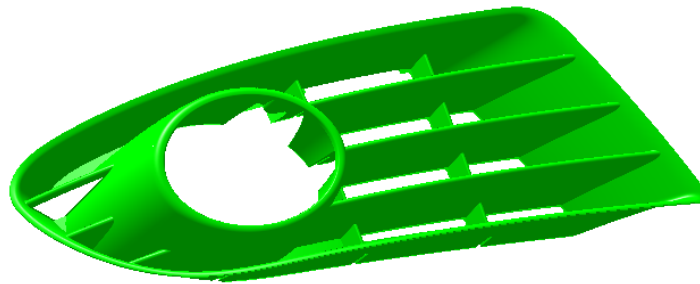


Figura 2.156 Datos del ejemplo.

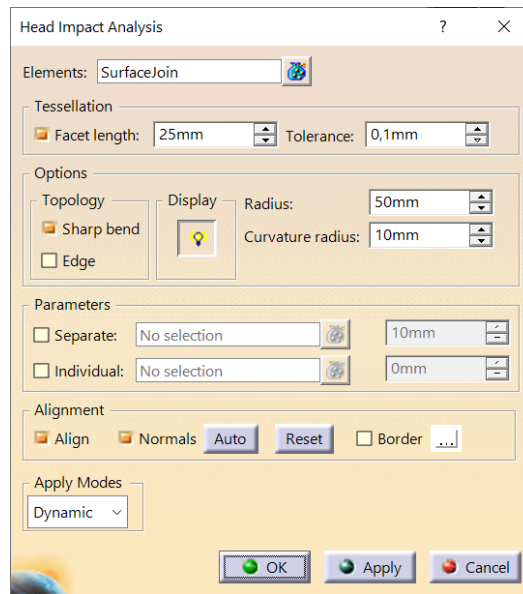


Figura 2.157 Cuadro de diálogo del ejemplo.

El resultado final se muestra en la Figura 2.158.

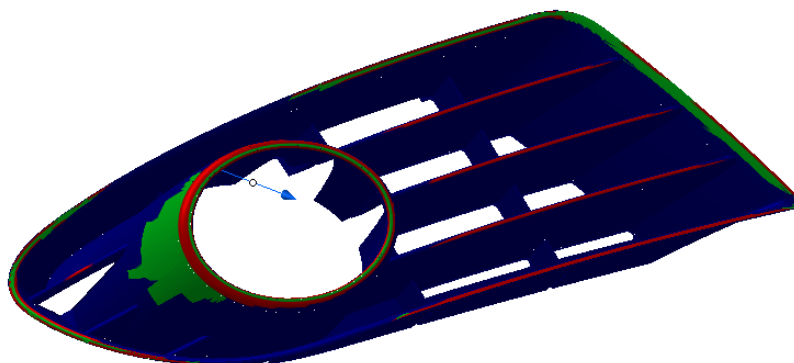


Figura 2.158 Resultado del ejemplo.

2.2.3 LEVELING ANALYSIS (Análisis de desnivel)



En la *Figura 2.159* se indica el comando que describe cómo realizar un análisis del desnivel. Lo hace para diferentes elementos:

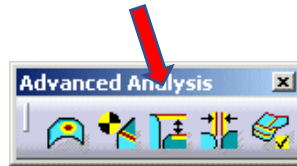


Figura 2.159 Comando Leveling Analysis.

- Crear un análisis extendiendo la superficie.
- Crear un análisis con borde extendido.
- Creación el análisis con borde y superficie extendidos.

Al seleccionarlo, aparece el cuadro de diálogo de la *Figura 2.160*:

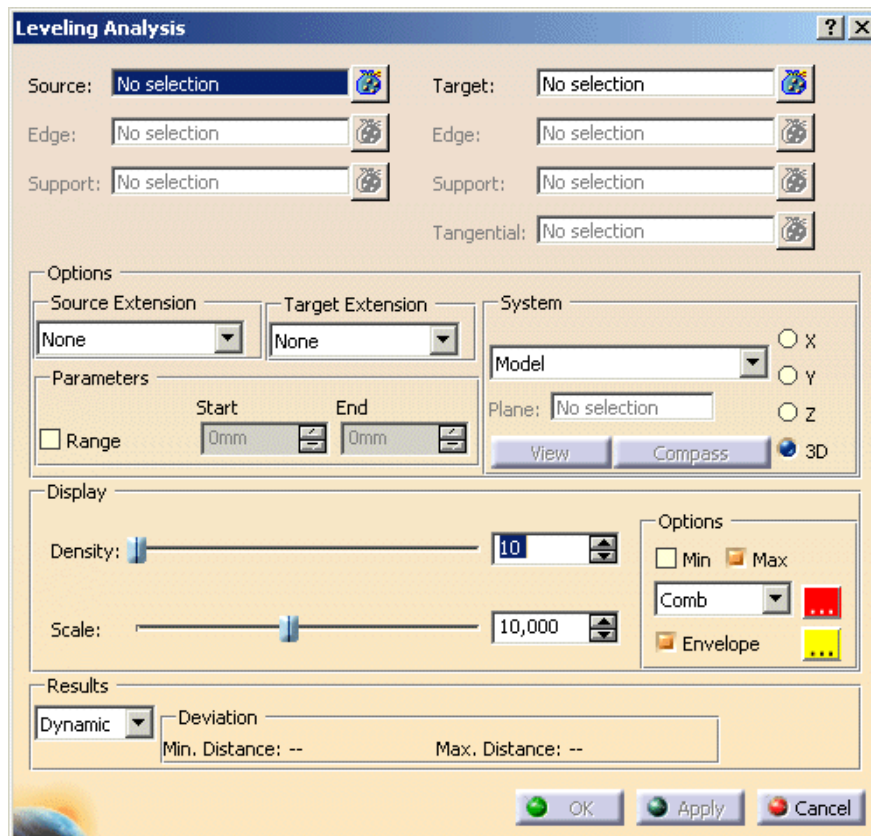


Figura 2.160 Cuadro de diálogo de Leveling Analysis.

Donde:

Source/Tarjet: selección de las superficies de origen y destino para el análisis cuando “Source y Tarjet Extension”: None (*Figura 2.161*).

Edge: disponible cuando se seleccionan “Source Extension -> Edge” y “Tarjet Extensión -> Edge máx”. Aquí se pueden seleccionar curvas y aristas.



Figura 2.161 Muestra las opciones de Source y Tarjet extensión.

- **Support:** las curvas o bordes seleccionados a través de Edge necesitan la selección de una superficie de apoyo.

Tangential: disponible solo en “Tarjet Extension”. Selección de superficies objetivo (“Tarjet”) para la extensión tangencial de estas (Figura 2.162).

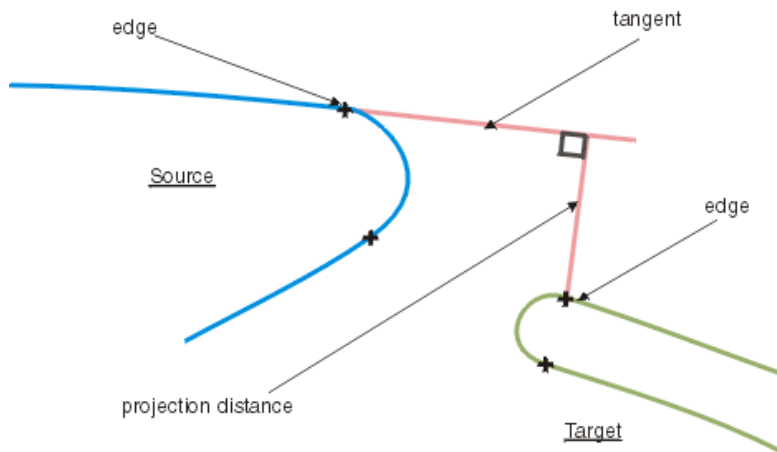


Figura 2.162 Ejemplo de la opción Tangential.

Source and Tarjet Extension: para determinar la diferencia de nivel o el ancho de la brecha, el origen y el destino se pueden ampliar mediante los siguientes métodos:

- **None: No extension of the Source/Target:** el origen “Source” y /o el destino “Tarjet” no se extenderán. La desviación se calcula directamente en relación con el objeto de geometría seleccionado (Figura 2.163).

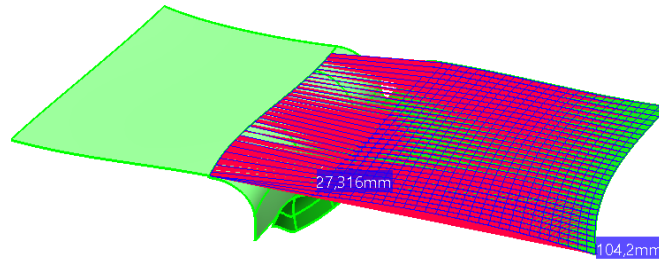


Figura 2.163 Ejemplo de análisis con Source y Tarjet Extension -> None.

- Extension of a Source or Tarjet Edge:** las superficies seleccionadas como soporte se extienden moviendo hacia adelante las curvas o bordes seleccionados como Origen (Source) y / o Destino (Tarjet) de manera que se genera un borde imaginario (en azul oscuro en la *Figura 2.164*). Posteriormente, este borde se utiliza para calcular la desviación.

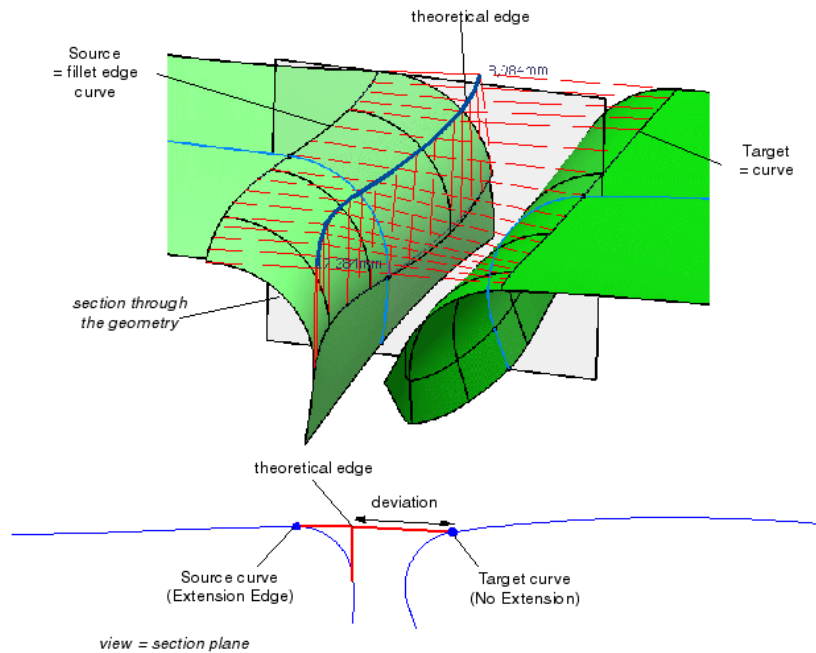


Figura 2.164 Ejemplo de análisis con extensión de borde (edge).

Se puede elegir entre dos métodos para determinar el borde imaginario:

- Edge max:** para cada punto en el borde seleccionado, se busca el punto en el borde de la superficie opuesta a lo largo de la iso-curva (líneas rojas de la *Figura 2.165*). Se crean las tangentes en ambos puntos y se calcula su punto de intersección. La conexión de todos los puntos de intersección da como resultado el borde imaginario.

- **Edge:** el borde se mueve hacia adelante de manera que las tangentes formen un ángulo de 90° . Para cada punto en el borde seleccionado, ese punto se busca a lo largo de la iso-curva donde la tangente elevada en este punto es perpendicular a la tangente del punto del borde. Si no se puede encontrar un ángulo de 90° , se obtiene el mismo resultado que con Edge max (Figura 2.166).

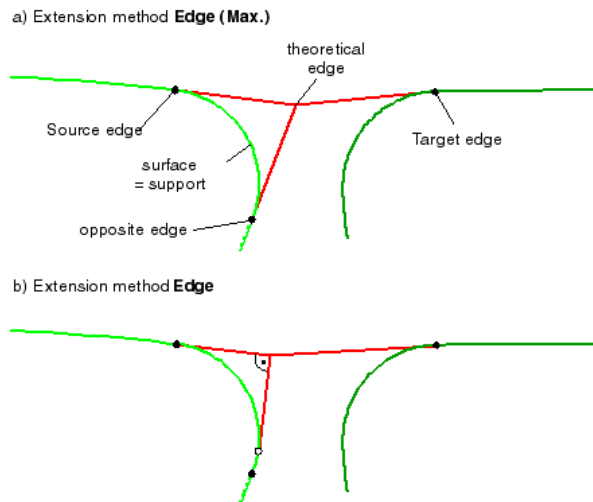


Figura 2.165 a) Método de extensión Edge max b) Método de extensión Edge.

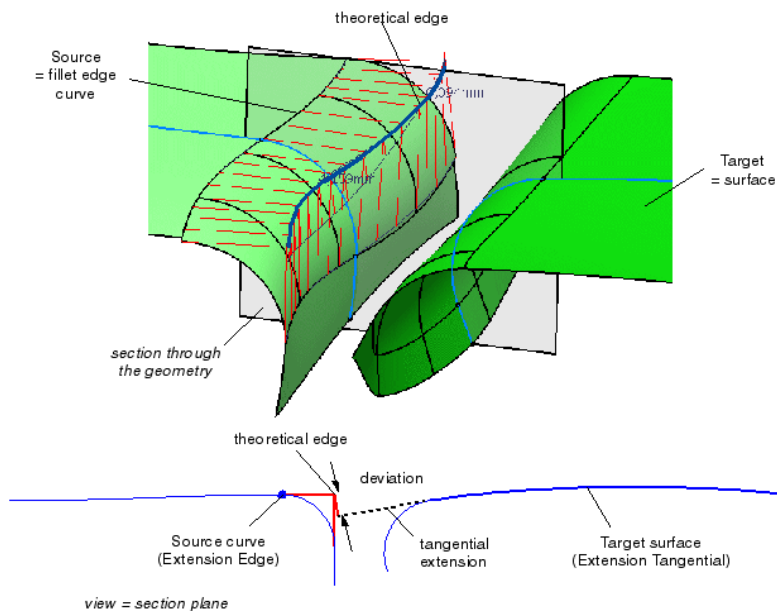


Figura 2.166 Ejemplo de análisis con extensión de borde y superficie.

- **Extension of a Target Surface (Figura 2.167):**

- **Tangential:** los bordes de las superficies seleccionadas como destino se extenderán tangencialmente. Si es posible, los puntos distribuidos en el origen se proyectan perpendicularmente sobre el objetivo. Si esto no es posible, la proyección se realiza sobre la extensión tangencial del objetivo.

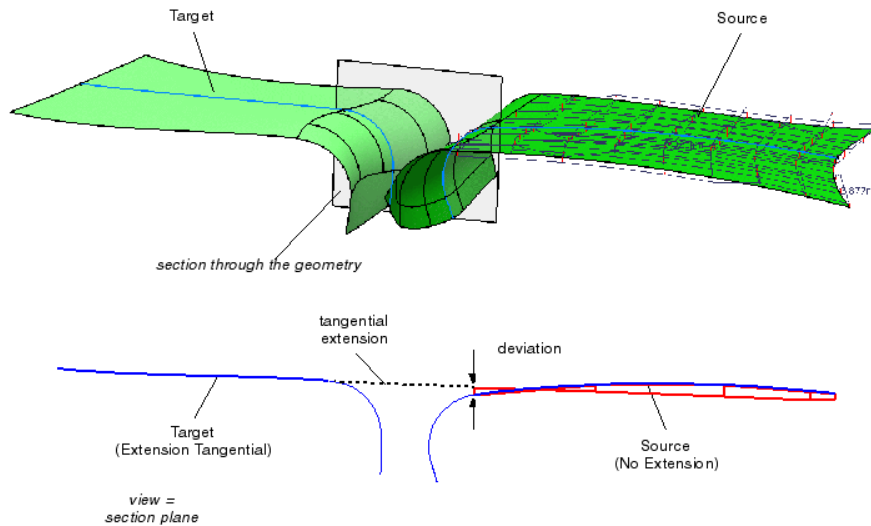


Figura 2.167 Ejemplo de análisis con Extended Surface (extensión de la superficie origen).

Parameters:

- **Range: Start/End:** se especifica el rango de valores para una desviación óptima. Solo se tienen en cuenta los valores de desviación que se encuentran fuera del rango definido. En la zona gráfica se indica el valor de desviación mínima y / o máxima que es independiente del rango definido.

System: aquí puede definir qué componente de la desviación mínima y / o máxima se calculará y mostrará numéricamente y qué sistema de coordenadas se utilizará para ello.

Display:

- **Density:** el número de puntos especificados aquí se distribuye regularmente en la superficie origen (en parches y caras en dirección U y V) y se proyecta en la superficie destino.
- **Scale:** factor de escala para la visualización de los valores de desviación en la zona grafica.

Options:

- **Min, Max:** se mostrará numéricamente la desviación máxima o mínima.
- **Comb:** se selecciona un color para el resultado del análisis. Las líneas mostradas se relacionan con los valores de la desviación en 3D. Con el botón de color, puede elegir el color de la línea (Figura 2.168).

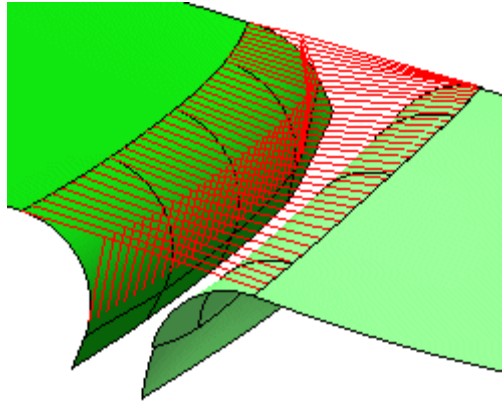


Figura 2.168 Líneas del resultado generadas con Comb.

- **Envelope:** las intersecciones de las líneas del análisis entre sí y con las superficies objetivo y destino se pueden representar de otro color al de las propias líneas (Figura 2.169).

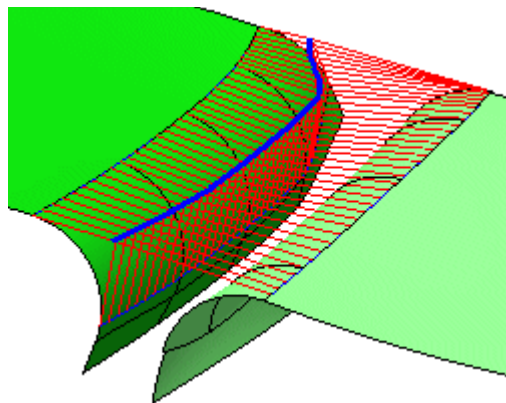


Figura 2.169 Líneas del resultado generadas con Envelope.

- **Shaded:** la salida del resultado del análisis no sale con líneas como antes, sino que sale con superficies a color. Las desviaciones en la dirección normal de la referencia se muestran en rojo, las desviaciones en la dirección opuesta se muestran en verde (Figura 2.170).

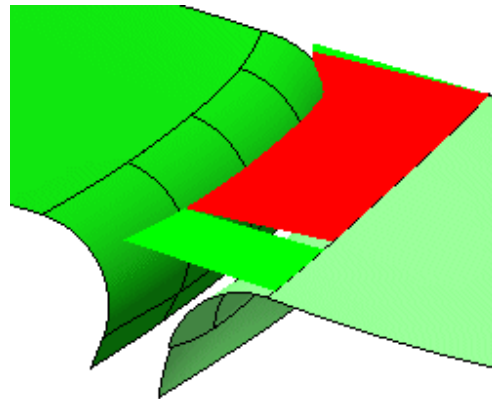


Figura 2.170 Resultado del análisis generado con Shaded.

Result:

- **Dynamic, Static, None:** ver “Apply Modes”.
- **Min. / Max. Distance:** muestra la desviación máxima y mínima del resultado calculado.

Como resumen se muestra el ejemplo de la *Figura 2.171* con los datos y cuadro de diálogo de la *Figura 2.172* usados para su mejor comprensión:

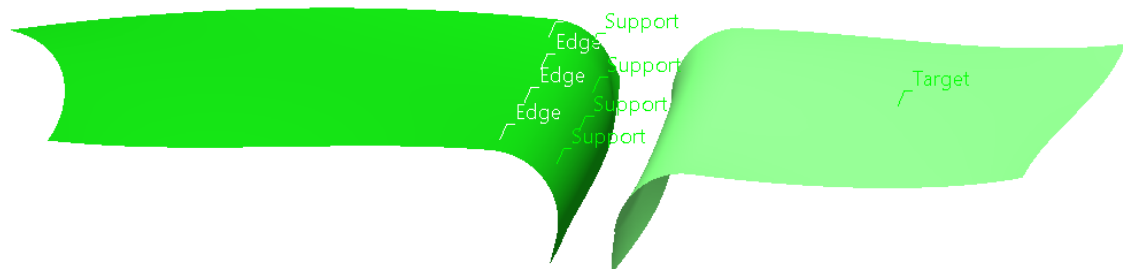


Figura 2.171 Datos del ejemplo.

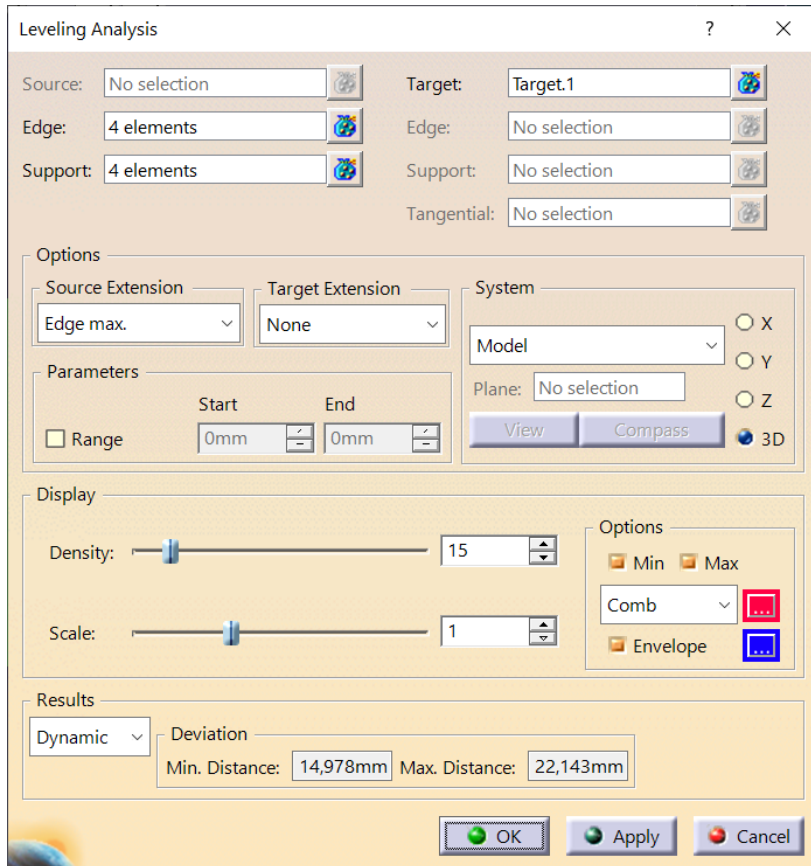


Figura 2.172 Cuadro de diálogo del ejemplo

En la *Figura 2.173* se muestra el resultado final del ejemplo:

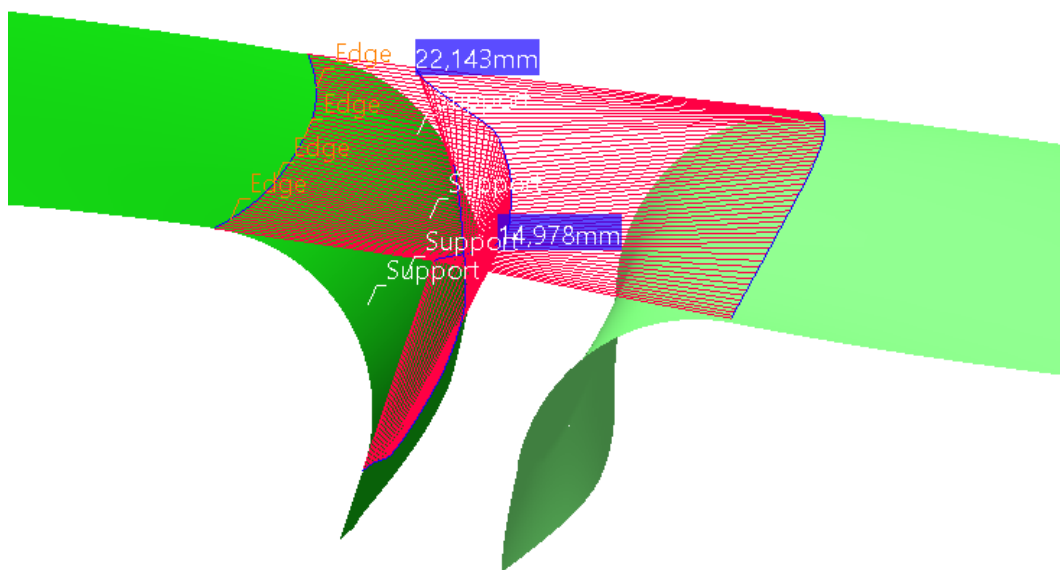


Figura 2.173 Resultado del ejemplo.

2.2.4. GAP ANALYSIS (Análisis de ranuras)



En la *Figura 2.174* se indica el comando que permite realizar el análisis de una brecha o ranura e indica cómo interpretar los resultados.



Figura 2.174 Comando Gap Analysis.

La ranura es la distancia más corta entre los empalmes de dos grupos de superficies adyacentes (*Figura 2.175*). Esta función se puede utilizar para comprobar cómo se ve la ranura desde una determinada vista y si es homogénea, es decir, si la distancia entre los grupos de superficies adyacentes es siempre igual a lo largo de la longitud de esta. Para ello, se generan secciones verdaderas a través de las superficies a lo largo de una curva guía mediante la cual se calculan los valores de distancia entre la superficie origen y objetivo.

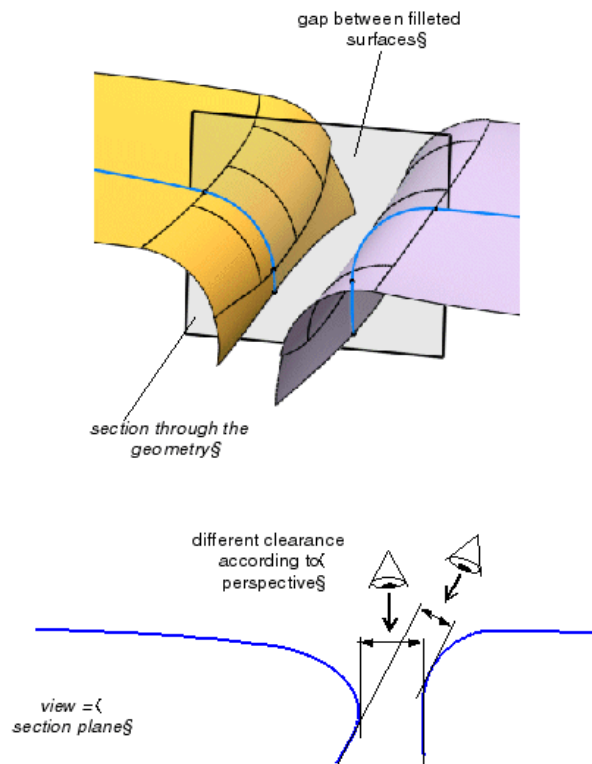


Figura 2.175 Ejemplo brecha Gap Analysis.

NOTA: en una sección verdadera, la línea de intersección pasa por el punto de intersección entre el borde o la curva de la superficie y el plano normal a la curva tangente en este punto (*Figura 2.176*).

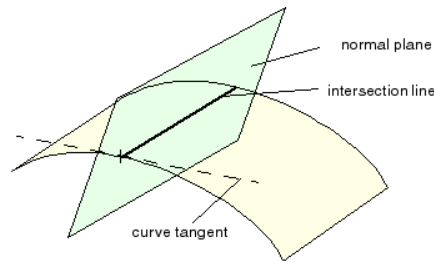


Figura 2.176 Ejemplo de la línea de intersección.

Se realizan los siguientes pasos durante el análisis:

1. Las secciones verdaderas se calculan a través de todas las superficies de origen y destino. Para ello, se genera un número especificado de planos de sección a lo largo de la curva guía que se ajusta con la opción “Density” en el cuadro de diálogo. Al aumentar el valor de este, se obtiene mayor precisión.
2. Los puntos se distribuyen regularmente en cada línea de intersección individual en las superficies de origen. El número de tramos se define con la opción “Points”.
3. Para cada punto, se buscará el punto más próximo de la línea de intersección en la superficie objetivo. Esto da como resultado el valor de distancia mínima entre las superficies. Estos valores de distancia mínima se calculan para cada sección verdadera individual y se muestran gráficamente con colores.
4. A partir de estos valores, se calculará el valor mínimo y / o máximo y se mostrará numérica y gráficamente si lo desea activando “Min and Max”.

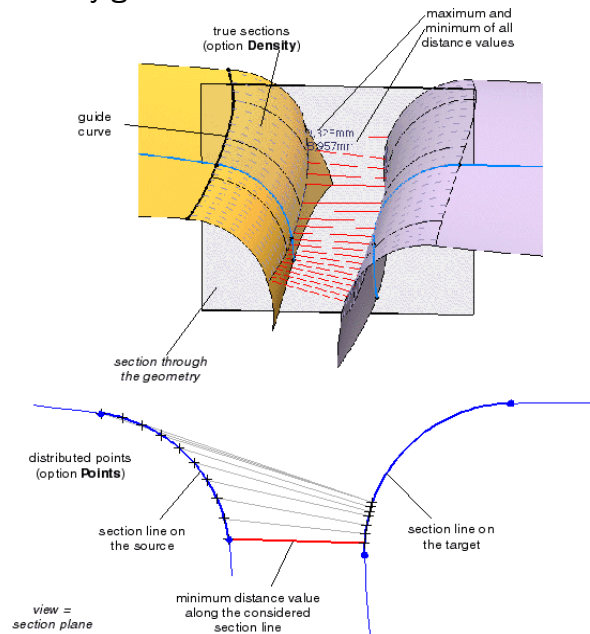


Figura 2.177 Ejemplo de las opciones de Gap Analysis.

La *Tabla 6* muestra la interpretación que se tiene que hacer de los resultados del comando cuando esté activada la opción “Shaded”:

Valores	Longitud	Dirección	Color
Sin el uso de “Range o Optimal Gap”			
Todos los valores	Distancias en 3D	Positiva	Verde: valores por encima del mínimo
			Rojo: valores por debajo del mínimo
Usando “Range u Optimal Gap y Delta”:			
Valores dentro del rango	0	-	-
Valores por debajo de “Range”	Igual a la desviación del límite inferior del rango	Negativa	Verde
Valores por encima de “Range”	Igual a la desviación del límite superior del rango	Positiva	Rojo
Usando la opción “Optimal Gap sin Delta”:			
Valores por debajo de “Optimal Gap”	Igual a la desviación de “Optimal Gap”	Negativa	Verde
Valores por encima de “Optimal gap”		Positiva	Rojo

Tabla 6 Interpretación de los resultados del comando Gap Analysis.

Al seleccionar el botón del comando, aparecerá el cuadro de diálogo de la *Figura 2.178*:

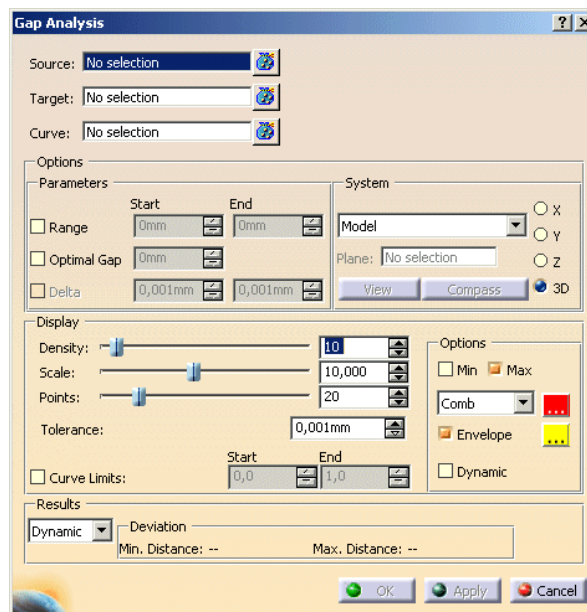


Figura 2.178 Cuadro de diálogo Gap Analysis.

Donde:

Source: se seleccionan los elementos de origen para el análisis de la ranura.

Target: selección de los elementos de destino.

Curve: es la selección de la curva guía a lo largo de la cual se calculan las secciones reales.

Parameters: sólo se puede activar una de las siguientes opciones a la vez y no ambas al mismo tiempo. Si no especificamos para que longitud de la ranura queremos los valores, se mostrarán los valores de toda la longitud de esta. Según la configuración de salida del resultado, pueden salir líneas de colores (Comb / Envelope) o una superficie coloreada (Shaded), solo se puede seleccionar un tipo de visualización.

- **Range:** se establece un rango de valores para determinar hasta dónde llegan las líneas del análisis como en la *Figura 2.179* pero el análisis lo realiza en el ancho de toda la brecha. Se tiene en cuenta los valores que se encuentran fuera del rango definido. La zona gráfica del objeto muestra el valor de distancia mínima y / o máxima, que es independiente del rango definido.

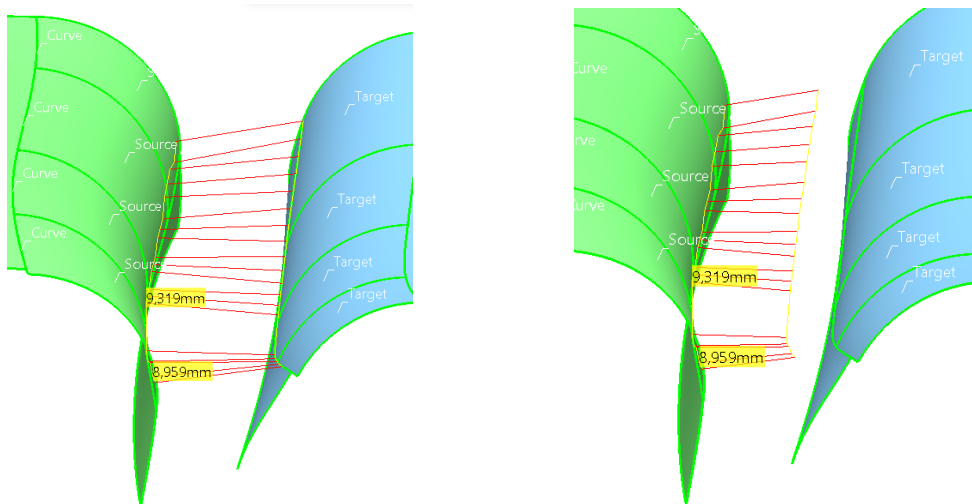


Figura 2.179 a) Start=0 y End=0 b) Start=0 y End= 3mm.

- **Optimal Gap:** se especifica un valor para ver qué ancho de la ranura se quiere analizar. En el cuerpo se indicará la desviación mínima y / o máxima pero sólo de la anchura especificada (*Figura 2.180*).

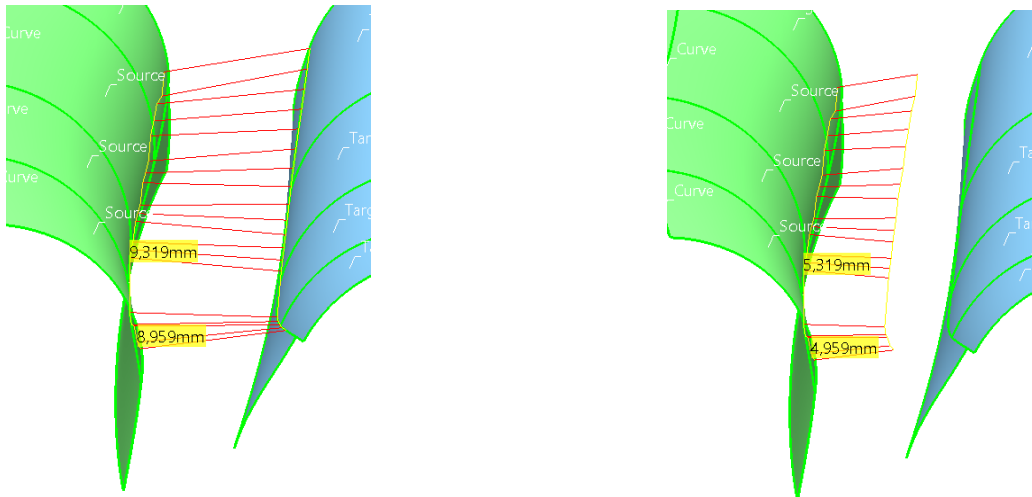


Figura 2.180 a) Start= 0mm b) Start= 4mm.

- **Delta:** se puede seleccionar junto con “Optimal Gap”. Usa los valores de mínimo y máximo de “Range”. Se define un rango de valores que tiene el mismo efecto que “Range” y que se combina con “Optimal Gap” (Figura 2.181):

- Optimal Gap - Delta Min = límite de rango inferior.
- Optimal Gap + Delta Max = límite de rango superior.

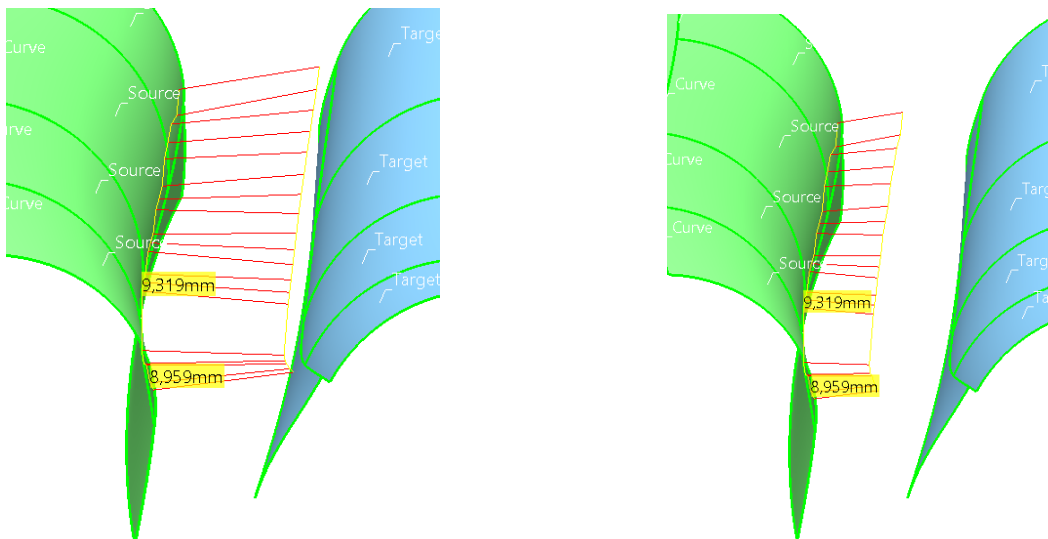


Figura 2.181 a) Optimal Gap=1mm y Delta= 0mm b) Optimal Gap= 1mm y Delta -> Start= 0mm y End= 4mm.

System:

- **Model:** no se realizan proyecciones.
- **Plane:** el sistema de coordenadas se define mediante la selección de un plano.

- **User – Define:** se muestra un manipulador 3D en la zona de gráficos, mediante el cual puede definir un sistema de coordenadas definido por el usuario.
 - **View:** el sistema de coordenadas se alinea con el plano de vista actual. Las líneas en las superficies de origen y destino que conectan los valores de distancia son casi idénticas a las líneas de división de estas superficies cuando se configura “View” y “Angle” = 0°.
 - **Compass:** el sistema de coordenadas se alinea con el plano de la brújula actual.
NOTA: el manipulador 3D es independiente de la vista y posición de la brújula.
- **X, Y, Z, 3D:** se puede definir el componente de la distancia mínima y / o máxima que se calculará y visualizará numéricamente: la coordenada X, Y, Z o el valor 3D.

Display:

- **Density:** número de secciones verdaderas que se calculan a lo largo de la curva seleccionada. Esto corresponde al número de líneas mostradas después del cálculo. Al aumentar este, aumenta la precisión del análisis.
- **Scale:** factor de escala para la visualización de los valores de distancia.
- **Points:** número de puntos que se distribuyen regularmente en cada línea de intersección generada en las superficies de origen.
- **Curve Limits:** con esta opción se puede utilizar solo una parte de la curva seleccionada para el cálculo. La introducción de valores entre 0 y 1 define un rango que se aplicará a las curvas contiguas.

Options:

- **Min, Max:** es la opción de que aparezca gráficamente el valor de la distancia mínima y máxima para cada sección real entre el origen y el destino.
- **Comb:** sale el resultado del análisis como líneas de colores. Con el botón de color, puede elegir la tonalidad de esta (Figura 2.182).

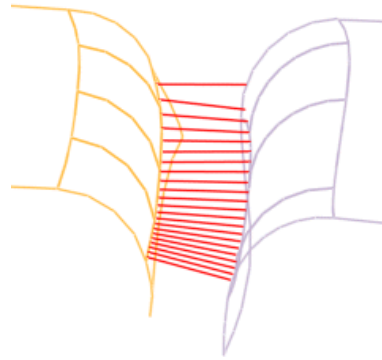


Figura 2.182 Ejemplo de Comb.

- **Envelope:** es la intersección de estas líneas de resultado con las superficies de origen y destino. También se puede modificar su color (Figura 2.183).

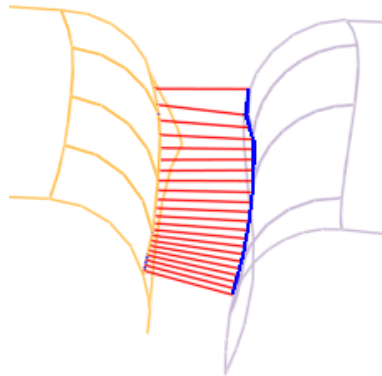


Figura 2.183 Ejemplo de Envelope (línea azul).

- **Shaded:** el resultado se muestra con una superficie coloreada en vez de con las líneas (Figura 2.184).

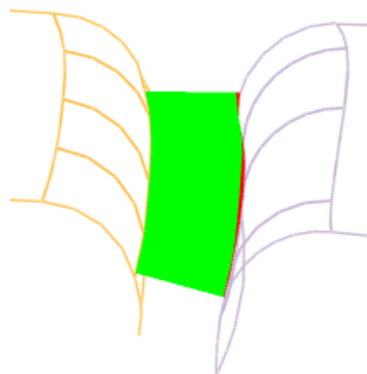


Figura 2.184 Ejemplo de Shaded.

- **Dynamic:** en la curva guía se muestra un sistema de ejes que representa el plano de sección actual y que se puede desplazar a lo largo de la tangente de la curva mostrando el valor del análisis sólo para ese punto donde esté colocado el sistema de ejes.

Results:

- **Dynamic, Static, None:** ver “Apply Modes”.
- **Min. / Max. Distance:** se muestra la desviación mínima y máxima del resultado.

El siguiente ejemplo de las *Figuras 2.185 y 2.186* se muestra un resumen gráfico de la funcionalidad del comando, donde se analiza la ranura entre dos superficies:

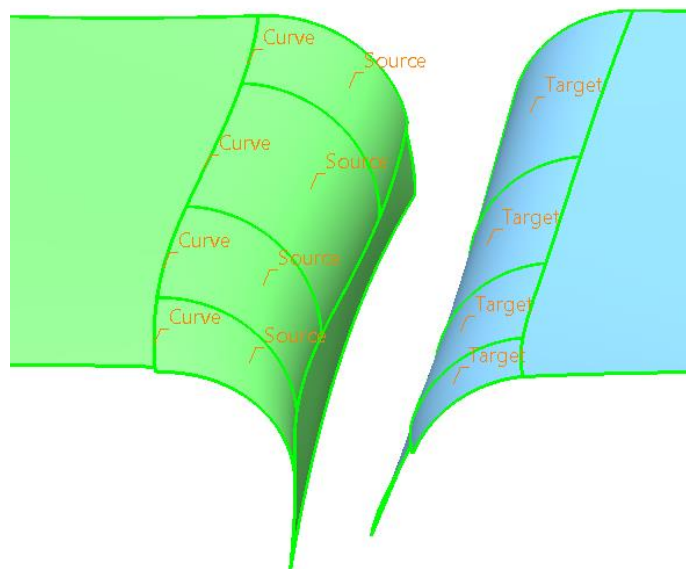


Figura 2.185 Datos del ejemplo.

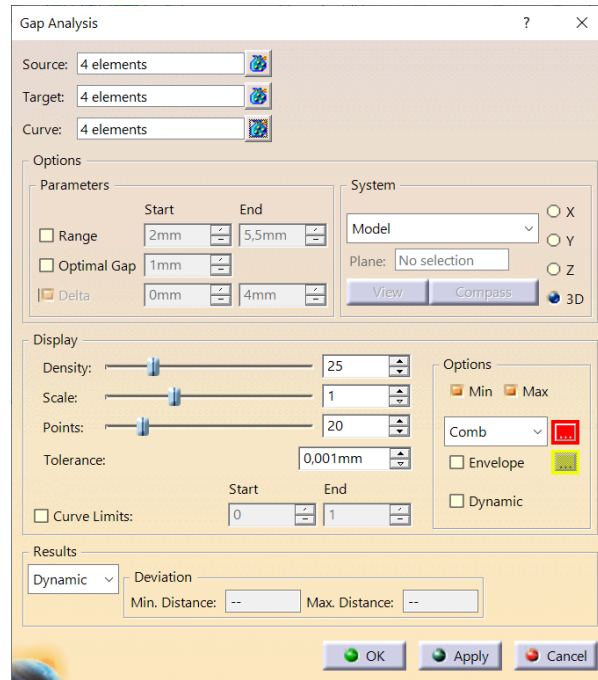


Figura 2.186 Cuadro de diálogo del ejemplo.

La Figura 2.187 muestra el resultado final del ejemplo:

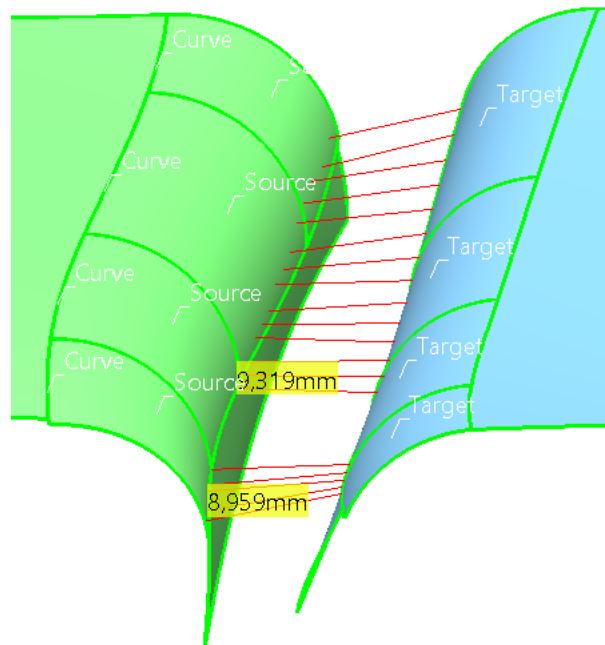


Figura 2.187 Resultado del ejemplo.

2.2.5 SURFACE CHECK (Análisis de superficies)



La *Figura 2.188* muestra el comando que permite analizar conjuntos de superficies con respecto a su calidad de clase A usando los parámetros definidos por el usuario.



Figura 2.188 Comando Surface Check.

Esta función no se guarda después de verificarla, sólo se puede ver temporalmente mientras esté abierto el cuadro de diálogo.

Al seleccionarlo aparece el cuadro de diálogo de la *Figura 2.189*:

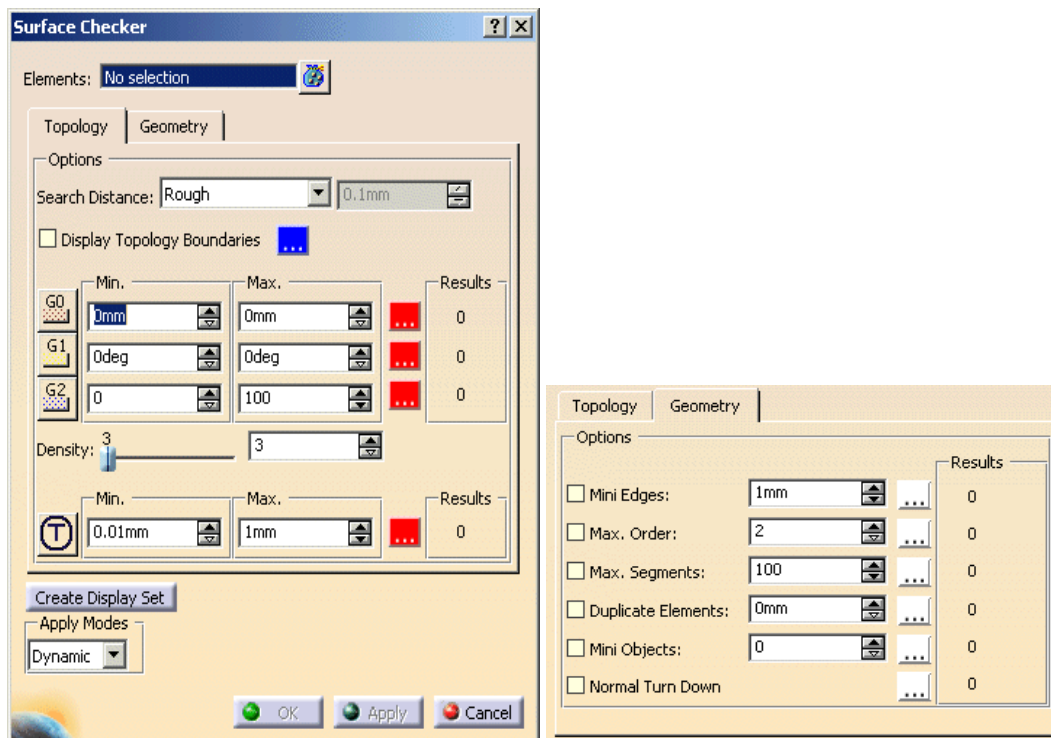


Figura 2.189 Cuadros de diálogo de Surface Check.

Donde:


Elements: selección de superficies para ser analizadas.

Topology:

- **Search Distance:** busca en todas las superficies seleccionadas los tipos de continuidades seleccionadas que estén por debajo

del valor especificado, si están por encima no se producirá ningún resultado.

Dispone de las siguientes opciones:

- **Rough:** la tolerancia se establece en 0,1mm.
- **Fine:** la tolerancia se establece según el valor que esté establecido en Catia, normalmente 0,001mm.
- **User:** se puede establecer la tolerancia que se quiera.
- **Display of the topology edges, Color button:** los contornos de las superficies seleccionadas se mostrarán en el color asignado.
- **G0, G1, G2:** se calculará cuantas continuidades del tipo seleccionado hay entre las superficies indicadas.
- **Min, Max, Color buttons:** se establece el intervalo de tolerancia en el que se busca las continuidades de las superficies.
- **Density:** es el número de puntos en los que se comprobará la continuidad a lo largo del contorno. A mayor valor, mayor será la precisión.
- **T**  : se marcan todas las conexiones en T en las superficies

donde la desalineación entre los puntos de las esquinas se encuentra dentro del rango de tolerancia especificado. Las regiones donde sucede se muestran en el área gráfica como esferas rojas de la *Figura 2.190*.

Cada región de desalineación está etiquetada con el radio asociado.

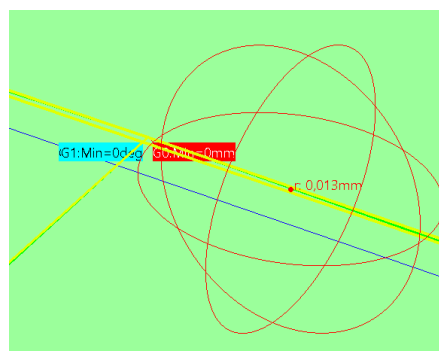


Figura 2.190 Ejemplo de conexiones en T.

- **Results:** indica el número de continuidades encontradas en las superficies seleccionadas.

Geometry:

- **Mini Edges:** se marcan en la zona gráfica todos los bordes del contorno con una longitud menor que el valor especificado.
- **Max. Order:** se marcan todas las superficies con un orden superior al especificado.
- **Max. Segments:** se señalan todos los objetos con un número mayor de segmentos que el valor especificado.
- **Duplicate Elements:** se marcan todos los elementos duplicados, los elementos con bordes idénticos que se encuentran uno encima del otro y los parches que se encuentran dentro de otro parche, aunque sus bordes no sean idénticos.
- **Mini Objects:** se señalan todos los objetos con una superficie menor al valor especificado.
- **Normal Turn Down:** se buscan las irregularidades en las superficies.

Create Display List: se abre el menú de la *Figura 2.191* para crear una nueva lista de visualización donde se le puede dar nombre.

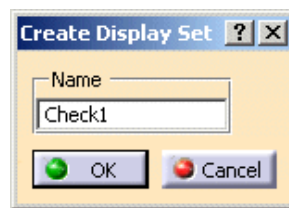


Figura 2.191 Menú para crear una nueva lista de visualización.

Para más información ver “Display List”.

Dynamic, Static, None: ver “Apply Modes”.

Con el ejemplo de la *Figura 2.192* y los cuadros de diálogo de la *Figura 2.193* se consigue un resumen del análisis de superficies:

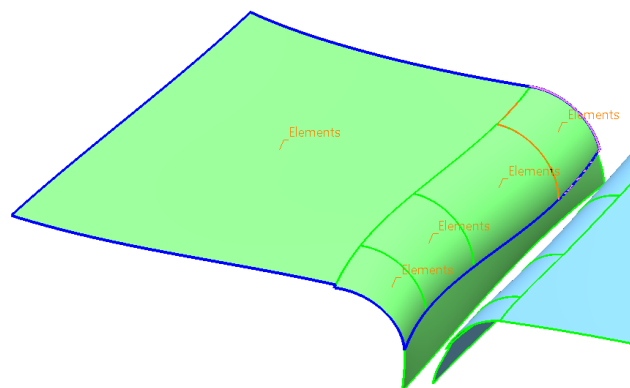


Figura 2.192 Datos del ejemplo.

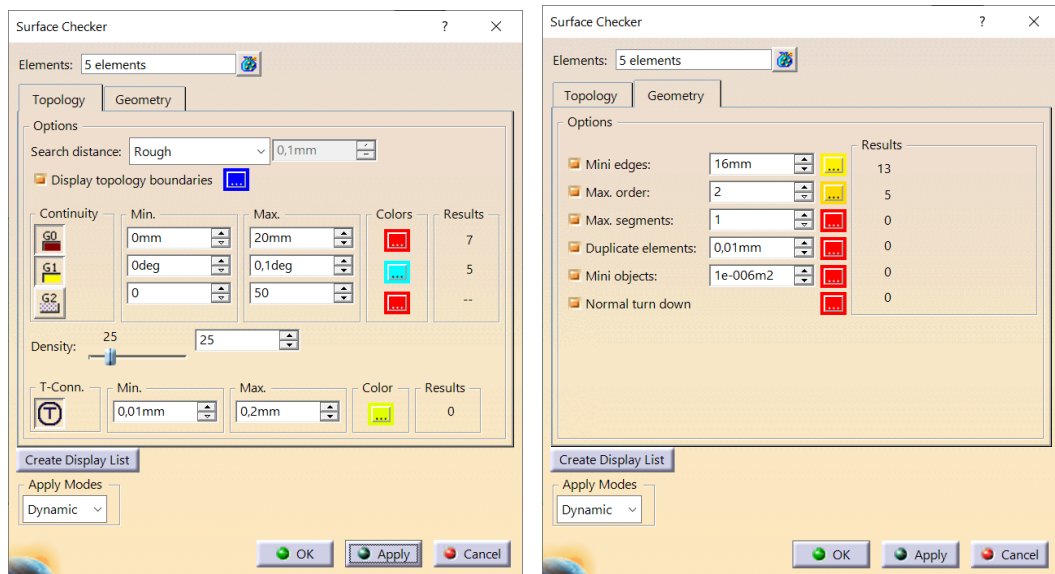


Figura 2.193 Cuadros de diálogo del ejemplo.

La Figura 2.194 muestra el resultado final del ejemplo:

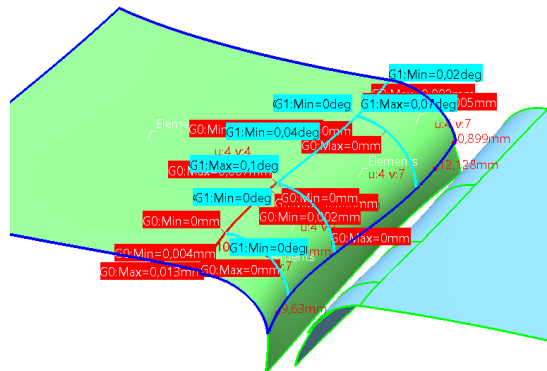


Figura 2.194 Resultado del ejemplo.

2.2.6 CURVE CHECK (Análisis de curvas)



La *Figura 2.195* muestra el comando que permite analizar conjuntos de curvas respecto a su calidad de clase A, usando parámetros definidos por el usuario.



Figura 2.195 Comando Curve Check.

Seleccionándolo aparece el cuadro de diálogo de la *Figura 2.196*:

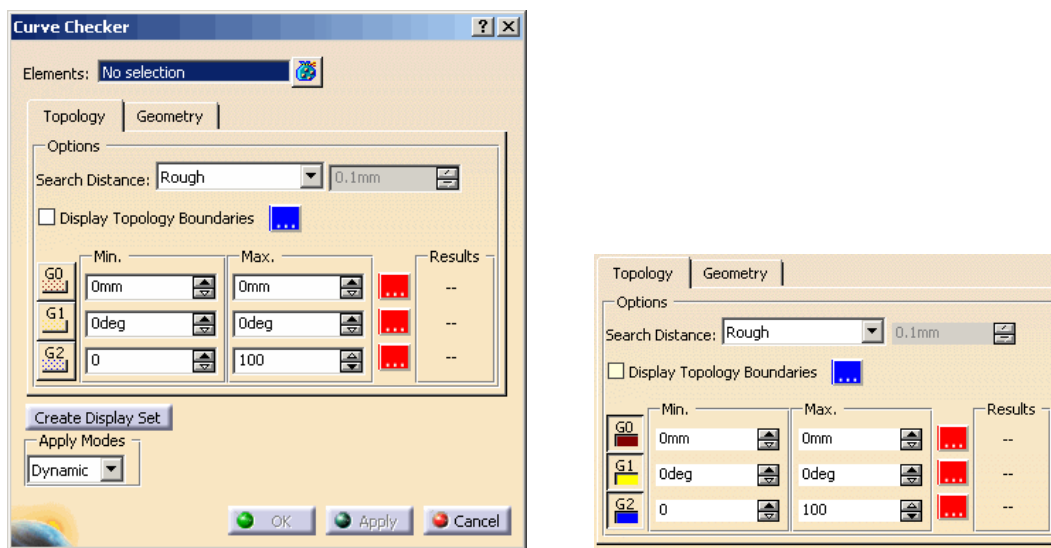


Figura 2.196 Cuadro de diálogo Curve Check.

Donde:

Elements: selección de curvas para ser analizadas.

Topology:

- **Search Distance (distancia de búsqueda):** busca en todas las curvas seleccionadas los tipos de continuidades seleccionadas que estén por debajo del valor especificado, si están por encima no se producirá ningún resultado.

Dispone de las siguientes opciones:

- **Rough:** la tolerancia se establece en 0,1mm.
- **Fine:** la tolerancia se establece según el valor que esté predeterminado en Catia, normalmente 0,001mm.
- **User:** se puede establecer la tolerancia que se quiera.

- **Display of the topology edges, Color button:** las curvas seleccionadas se mostrarán en el color asignado.
- **G0, G1, G2:** se calculará cuantas continuidades del tipo seleccionado hay entre las curvas indicadas.
- **Min, Max, Color buttons:** se establece el intervalo de tolerancia en el que se busca las continuidades de las curvas.
- **Results:** indica el número de continuidades encontradas en las curvas seleccionadas.

Geometry:

- **Self Intersection:** se señalan todos los elementos que se auto intersecan en sus posiciones de intersección.
- **Duplicate Elements:** se señalan todos los elementos duplicados.
- **Mini Elements:** se marcan todos los elementos con una longitud menor a la especificada.

Create Display List: se abre el menú de la *Figura 2.197* para crear una nueva lista de visualización donde se le puede dar nombre.

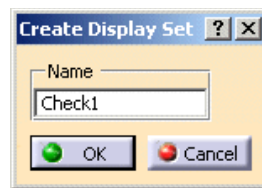


Figura 2.197 Menú para crear una nueva lista de visualización.

Para más información ver “Display List”.

Dynamic, Static, None: ver “Apply Modes”.

Con el siguiente ejemplo de las *Figuras 2.198* y *2.199* se consigue un resumen del comando presente:

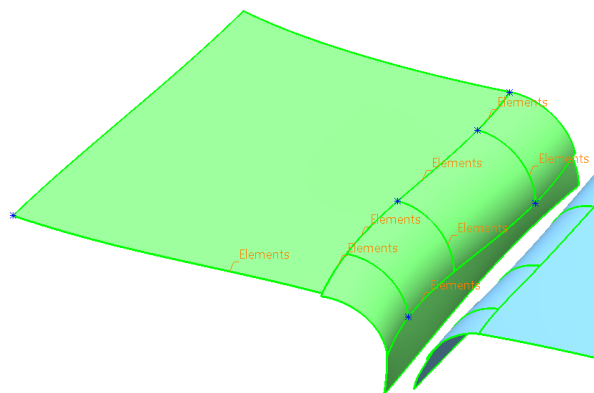


Figura 2.198 Datos del ejemplo.

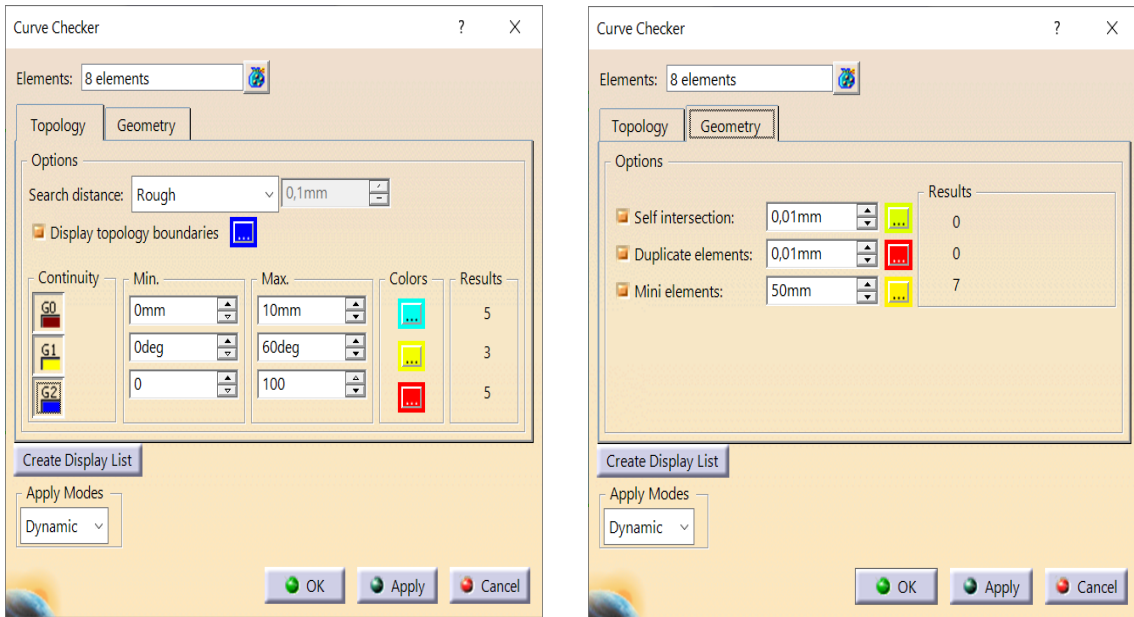


Figura 2.199 Cuadros de diálogo del ejemplo.

La Figura 2.200 muestra el resultado final del ejemplo:

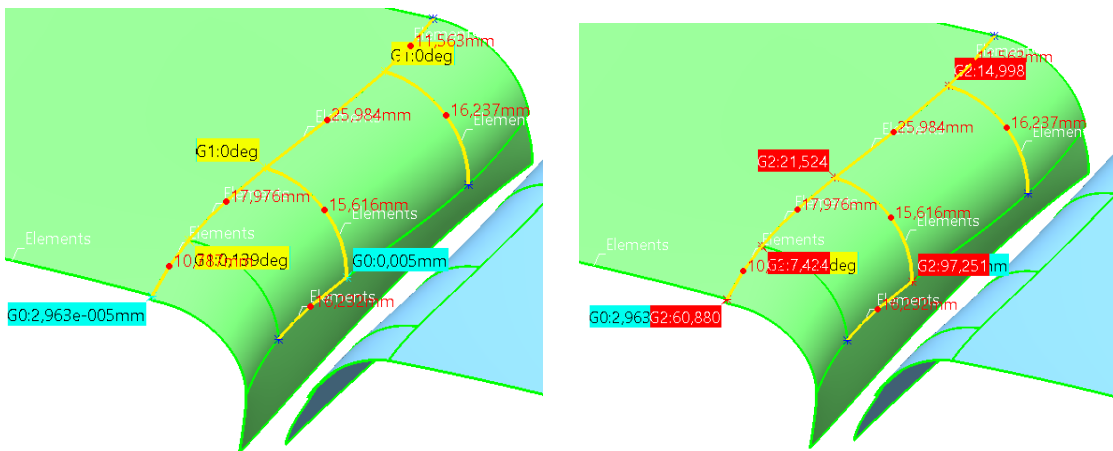


Figura 2.200 Resultados del ejemplo.

3. ANÁLISIS PRÁCTICO DE LA INFLUENCIA DEL ORDEN Y DEL FLUJO DE LOS PUNTOS DE CONTROL DE LAS CURVAS UTILIZADAS EN LA CREACION DE UNA SUPERFICIE DE CLASE A EN EL ORDEN DE LA SUPERFICIE OBTENIDA Y SU CONTINUIDAD CON SUPERFICIES ADYACENTES.

La dinámica del trabajo en este apartado y en el siguiente va a cambiar ya que no se centrará en la correcta explicación de comandos, sino que como indican los títulos de los apartados se investigará cómo afecta la posición de los puntos de control a la hora de lograr las continuidades del tipo G0, G1, G2 y G3.

Se irán sacando conclusiones de las pruebas que se vayan haciendo sobre los ejemplos y a medida que se vaya avanzando se podrá ir confirmando o errando las conclusiones anteriormente escritas.

Estas conclusiones resultan de mucha ayuda a la hora de trabajar con superficies porque puede ahorrar mucho tiempo ya que no vas dando palos de ciego cuando alguna continuidad no se consiga. También es verdad que no siempre se puede conseguir dicha continuidad, no porque no se encuentre sino porque con los datos que se tiene es incompatible.

Se tratarán con ejemplos tanto de continuidad con superficies planas como curvas.

- **Ejemplo con superficie plana**

Dicho ejemplo cuenta con los siguientes datos (*Figura 3.1*): una superficie adyacente de orden 6x6, una línea recta de orden 2 (guía 2) y una línea curva en 2D de orden 4 (guía 3).

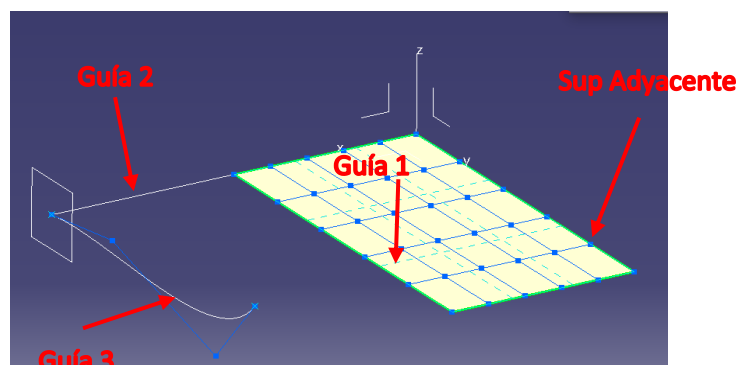


Figura 3.1 Datos del ejemplo de continuidad con superficie plana.

Hay multitud de comandos para la creación de superficies, pero principalmente se analizarán dos: “Patch from Curves” y “Blend Surface”.

En este caso se usará “Patch from Curves” para conseguir una superficie con continuidad G1, pero como se observa no se ha logrado (Figura 3.2):

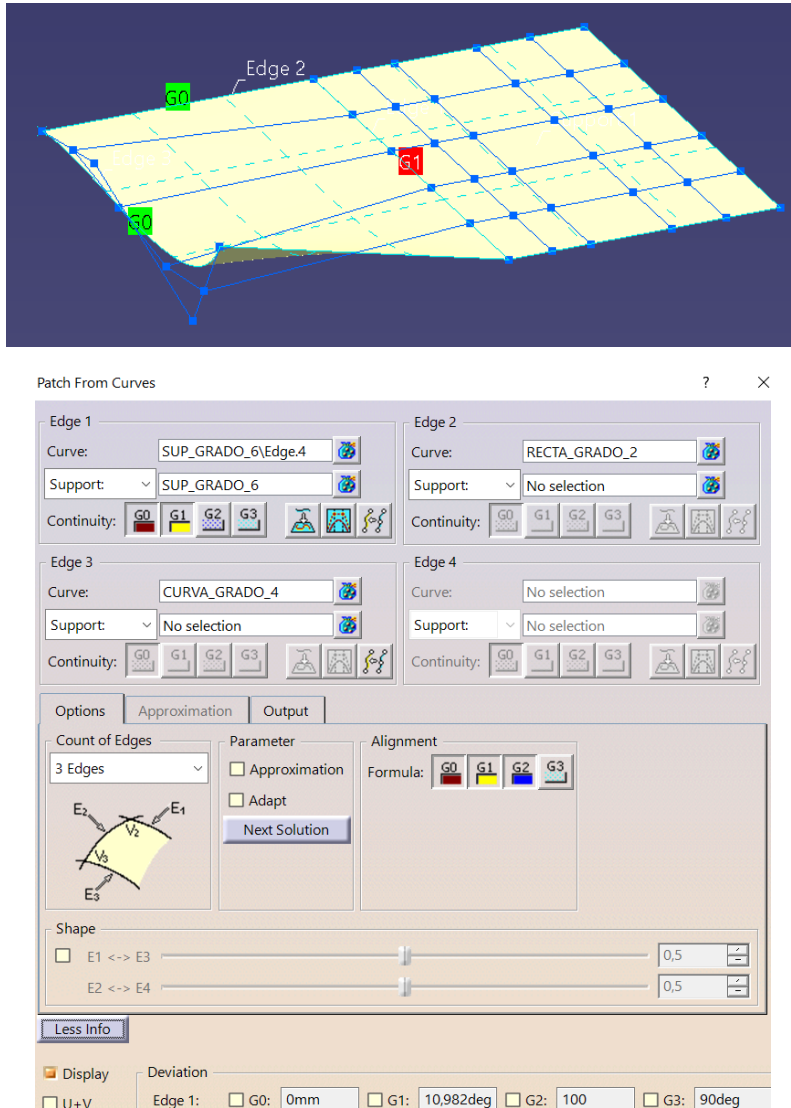


Figura 3.2 Resultado fallido de la superficie generada a la hora de conseguir G1.

La superficie resultante que se obtiene es de orden 6 en una dirección y de orden 2 en la otra (6x2), toma el valor de la curva con mayor orden entre las guías 1 y 3 (en su dirección).

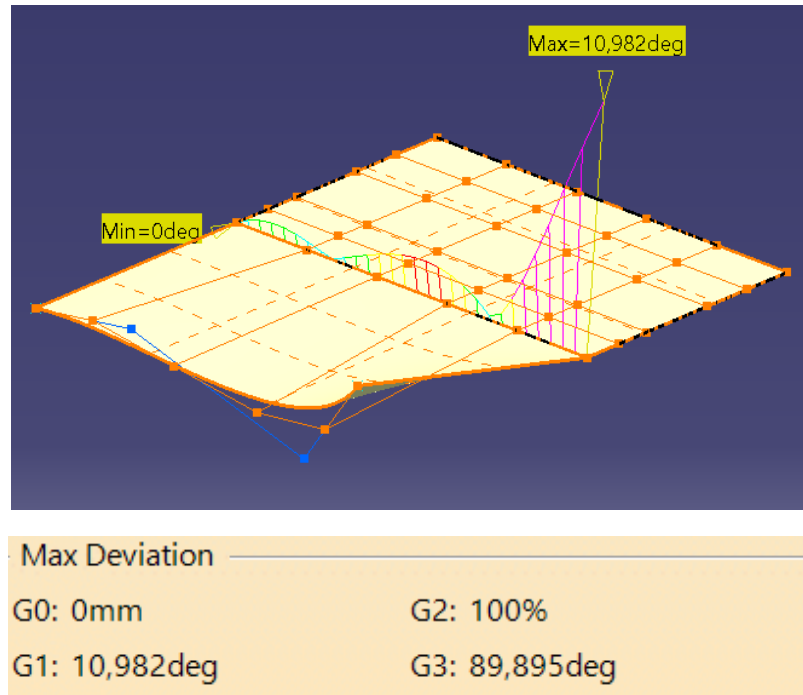


Figura 3.3 Análisis de continuidad entre la superficie generada y la superficie dato.

Al realizar el análisis de continuidad mediante el comando “Connect Checker” (Figura 3.3) no se llega a la continuidad G1, es normal debido a que el programa necesita de una guía con al menos orden 3 en la dirección perpendicular al borde longitudinal con el que se quiere dicha continuidad si queremos conseguir G1.

Se van a probar varios métodos/técnicas para arreglarlo, cambiando el orden de cada guía utilizada, partiendo de los siguientes datos: superficie de orden 6x6, curva de orden 4 y recta de orden 2:

- **Aumentando el orden de la guía 3 (curva de orden 4 a 10)**

No se logra ningún efecto. Se prueba otro orden distinto de 10 como 6,8,12.... Pero sigue sin tener efecto.

- Aumentando el orden de la guía 2 (recta de orden 2 a 12)

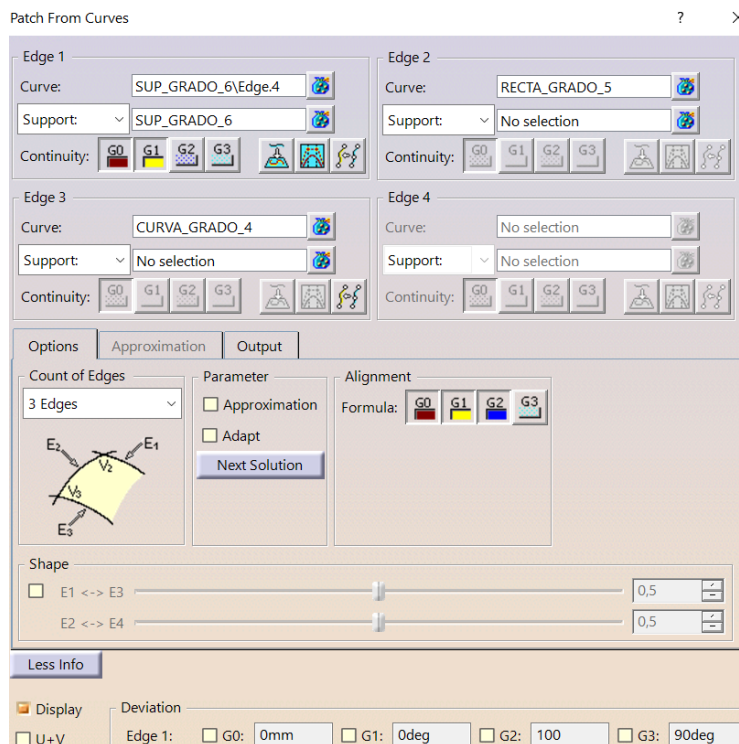
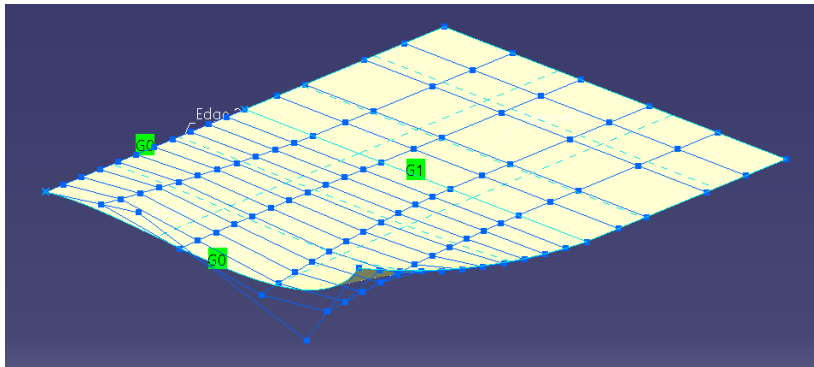


Figura 3.4 Resultado de la superficie generada al aumentar el orden de la guía 2.

En la Figura 3.4 se observa que sí que se consigue la continuidad mediante este cambio. Se ha aumentado el orden de la recta perpendicular a la superficie adyacente de 2 a 12. Pero no hace falta aumentarlo tanto, sino que basta con que la guía 2 tenga orden 3 si queremos G1. Posteriormente veremos que para G2 la guía 2 tiene que ser de orden 4 y para G3 de orden 5. Cada tipo de continuidad necesita una fila de puntos de control adicional.

Entonces, el orden menor con la que se verifica la continuidad es 3 (Figura 3.5):

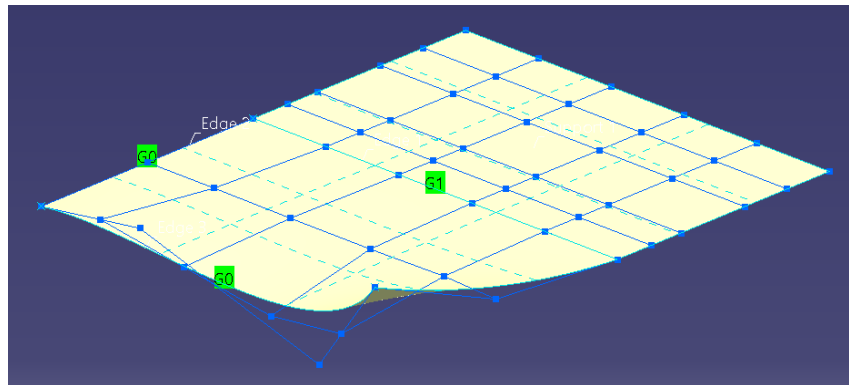


Figura 3.5 Continuidad G1 conseguida con la guía 2 de orden 3.

- **Aumentando el orden de la guía 1 (superficie adyacente de orden 6 a 10)**
No se logra ningún efecto. Se comprueba otro orden distinto de 10 como 8,12,14.... Pero tampoco se consigue nada.

Resumiendo, se sacan las siguientes conclusiones de estas pruebas:

- Para lograr G0 la guía perpendicular a la superficie con la que se quiere continuidad debe tener un orden mínimo de 2, para G1 orden 3, para G2 orden 4 y por último para G3 orden 5.
- La superficie resultante adopta el máximo orden entre las guías escogidas 1 y 3 en la dirección longitudinal a la superficie con la que se quiere la continuidad, como se ve en la siguiente *Figura 3.6*:

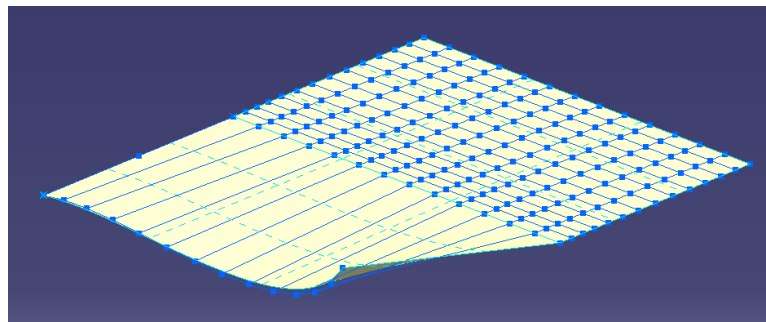


Figura 3.6 Superficie generada obtiene el orden de la guía 1= 14 x 14.

A continuación, en la *Figura 3.7*, se buscará la continuidad G2:

Partiremos del mismo ejemplo anterior con los siguientes datos: superficie adyacente de orden 6x6, recta de orden 3 (guía 2) y curva de orden 4 (guía 3) y se volverá a aplicar el comando "Patch from Curves".

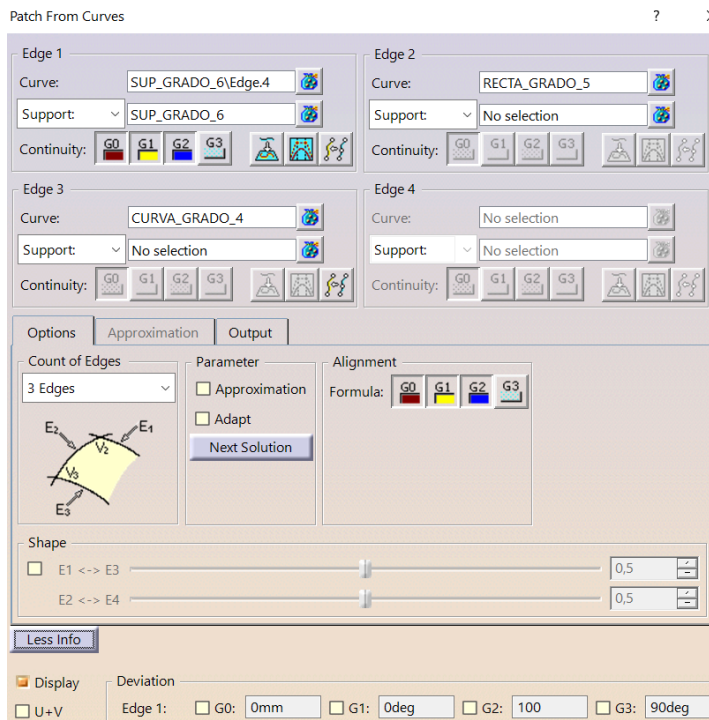
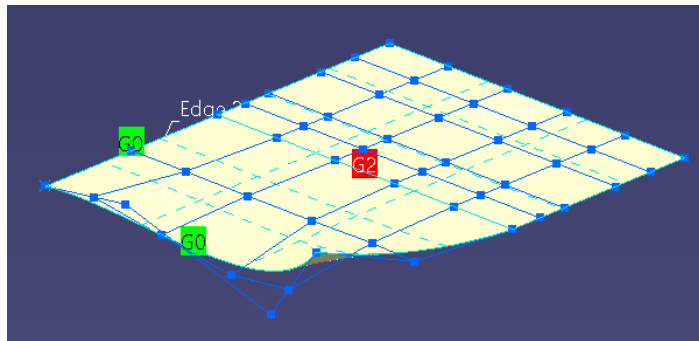


Figura 3.7 Resultado fallido de la superficie generada a la hora de conseguir G2.

No se consigue G2, se vuelve a probar los mismos métodos que para G1 jugando con los órdenes de las guías y se ve que ocurre lo mismo, la continuidad sólo se logra modificando el orden de la guía 2 (Figura 3.8):

- Aumentando el orden de la guía 2 (de orden 3 a 4)

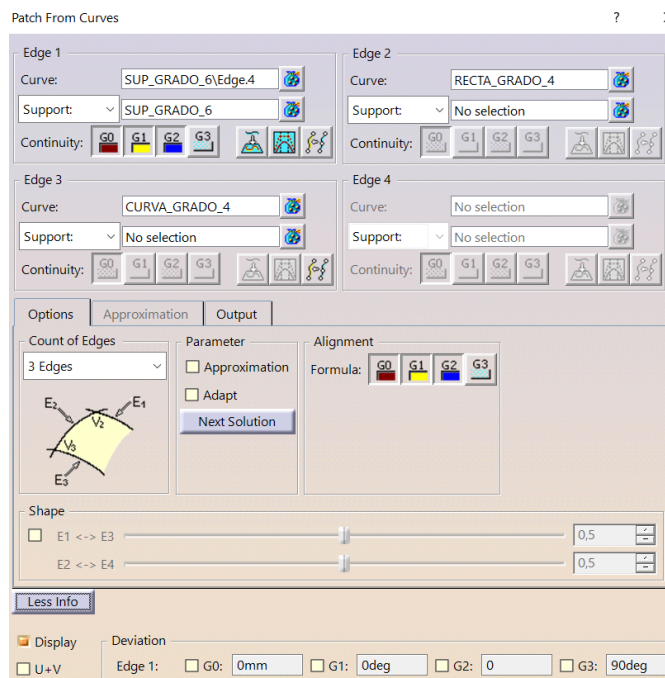
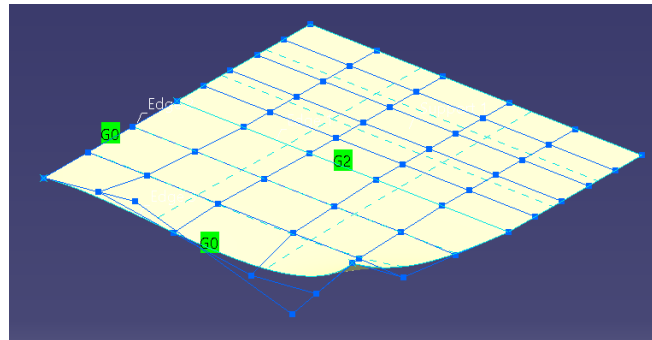


Figura 3.8 Continuidad G2 conseguida al aumentar el orden de la guía 2 a 4.

Ahora para G3 (Figura 3.9) ya se viene deduciendo de las pruebas anteriores, que con aumentar el orden de la guía 2 a 5 se consigue:

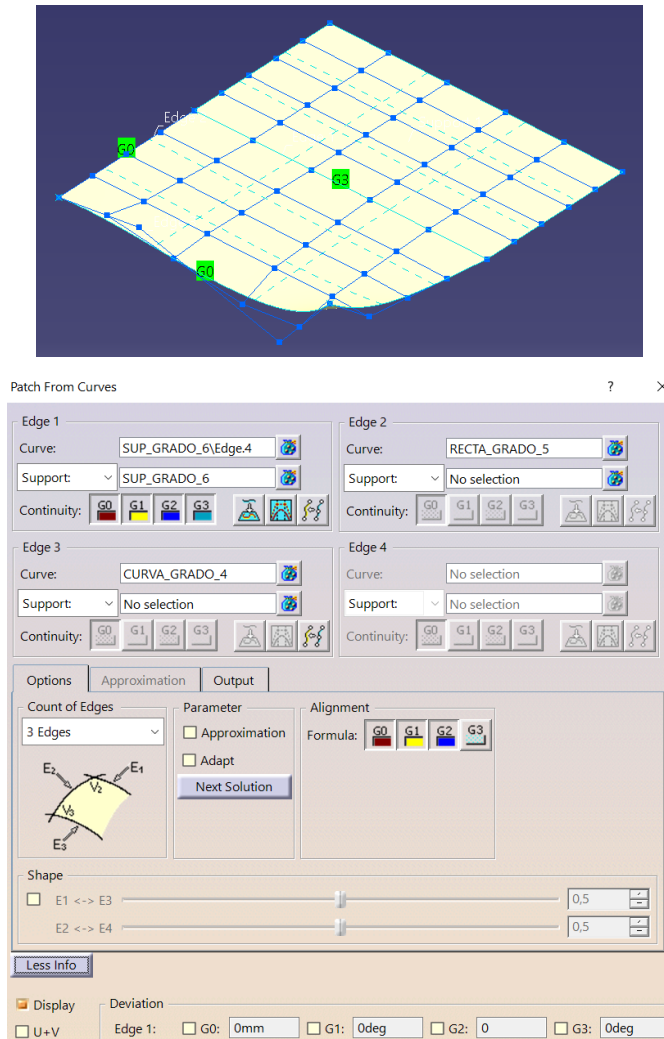


Figura 3.9 Continuidad G3 conseguida al aumentar el orden de la guía 2 a 5.

Por último, en la *Figura 3.10* se prueba a disminuir el orden de los demás datos para optimizarlo ya que cuanto menos complejas sean las curvas y superficies usadas, más fácil le va a resultar al programa realizar los cálculos necesarios.

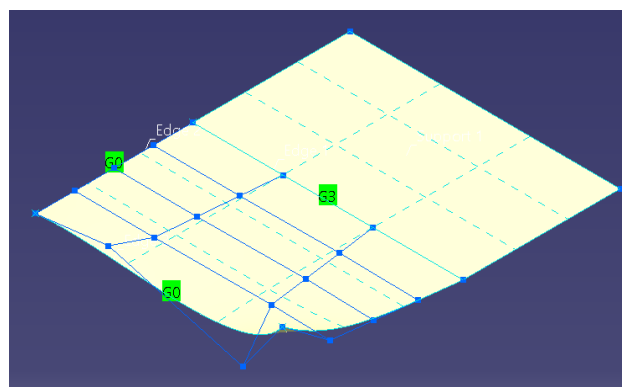


Figura 3.10 Resultado al optimizar los órdenes de los datos

Sigue siendo continua en G3 hasta con la superficie adyacente de orden 2x2 y la guía 3 de orden 4.

Las conclusiones que se pueden obtener son:

- En el caso de querer continuidad con superficies planas lo más importante va a ser el orden de la guía “perpendicular” al borde con el que se quiere continuidad, suponiendo que no tenemos una guía 4 de mayor orden. Este caso es fácil porque la guía es una línea recta, pero con una guía curva será distinto.
- En la *Figura 3.11* se ve que las columnas de puntos de control de la superficie con la que se quiere continuidad no tienen por qué coincidir exactamente con las columnas de puntos de la superficie generada, pero sí que deben tener una cierta similitud.

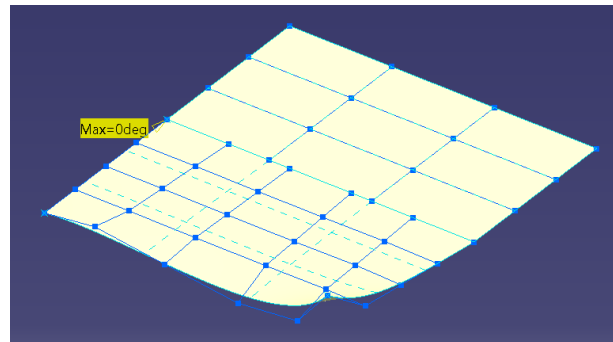


Figura 3.11 Continuidad G3 sin que coincidan las columnas de puntos.

El ejemplo que acabamos de tratar no tiene guía 4 por eso se va a realizar el mismo procedimiento, pero con una cuarta guía recta para ver cómo es el orden de la superficie generada en la dirección perpendicular al borde contiguo, en este caso no nos preocuparemos de la continuidad que presente (*Figura 3.12*).

Se coloca una guía 4 de grado 7 para ver si la superficie generada es de orden 5 como la guía 2 o de orden 7 como la 4.

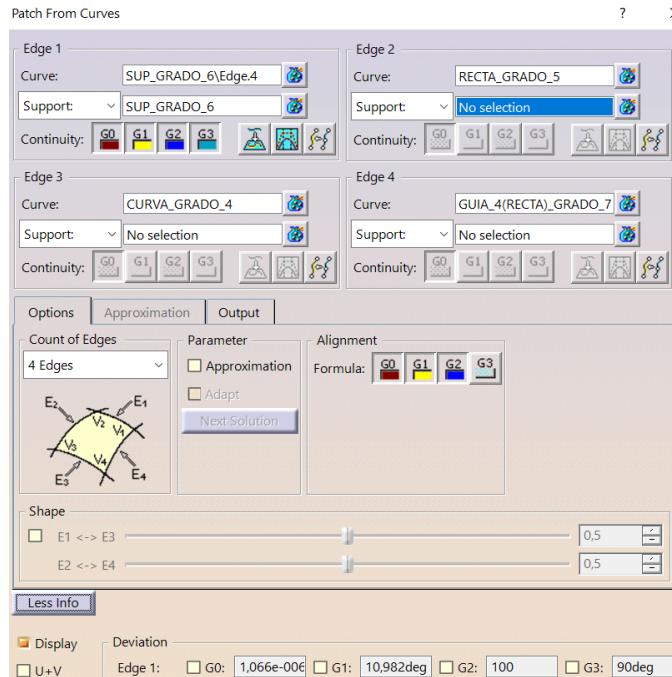
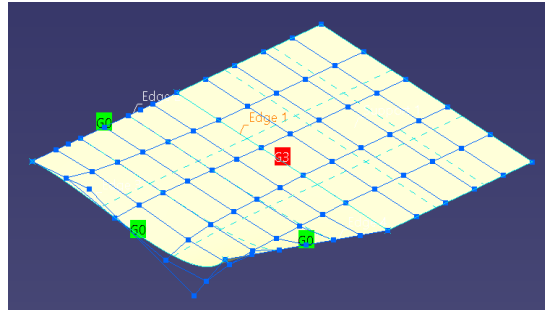


Figura 3.12 Superficie generada al introducir una cuarta guía de orden 7.

La conclusión que sacamos será:

- Ocurre lo mismo que con las guías 1 y 3, la superficie generada obtiene el mayor orden entre las guías 2 y 4 en la dirección de las propias guías.

- **Ejemplo con superficie curva**

Primero se va a buscar si hay alguna relación en la colocación de los puntos de control en una superficie curva con los siguientes datos: sup_90deg de orden 6x2, que tiene un radio de 22,549mm.

En las Figuras 3.13 y 3.14 se observa que independientemente del orden que tenga la superficie de 90 grados tanto la segunda como la penúltima fila de puntos de control se encuentran en planos tangentes a los bordes de inicio y fin de dicha superficie.

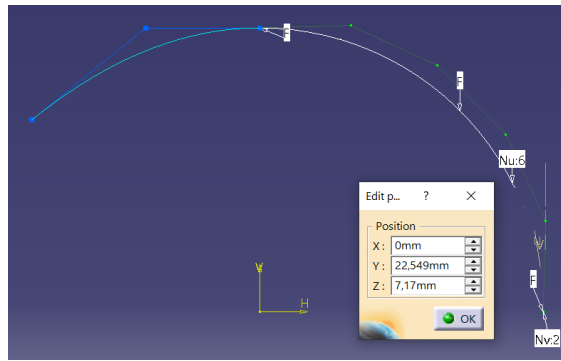


Figura 3.13 Coordenadas de la última fila de puntos de control de una superficie curva.

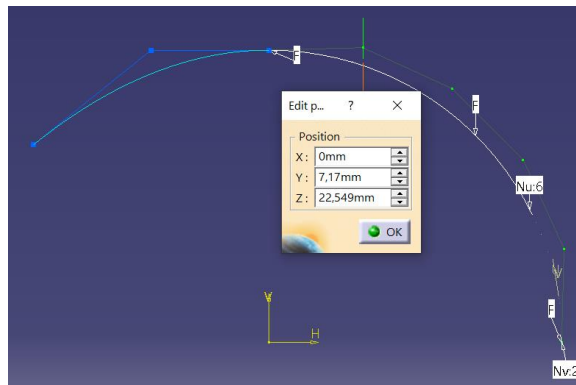


Figura 3.14 Coordenadas de la primera fila de puntos de control de una superficie curva.

Aun cambiando a una superficie menor de 90 grados (Figura 3.15), se sigue cumpliendo:

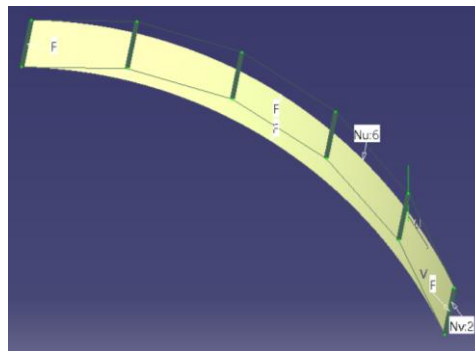


Figura 3.15 Distribución de los puntos de control de una superficie curva < 90 grados.

Tanto la segunda como la penúltima fila de puntos siguen colocándose en planos tangentes al borde de la superficie.

Ahora se va a generar la superficie contigua con los siguientes datos (Figura 3.16): superficie curva de orden 6x2 y una curva de orden 4. En este caso la generación se va a realizar con el comando “Blend Surface” y no con el “Patch from Curves”.

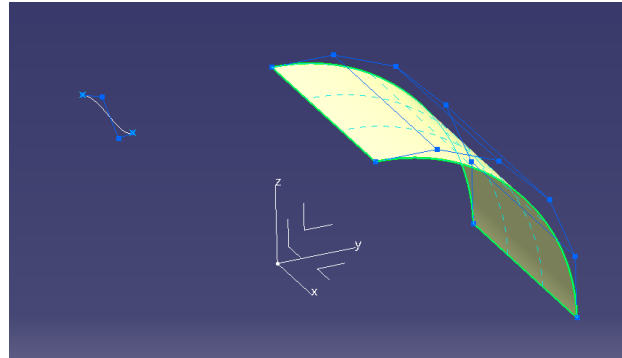


Figura 3.16 Datos del ejemplo a tratar con superficie curva.

En la Figura 3.17 se observa que se consigue G3 fácilmente con “Blend Surface” ya que al no introducir guías perpendiculares al borde contiguo no estas restringiendo en cómo tiene que ser la superficie generada:

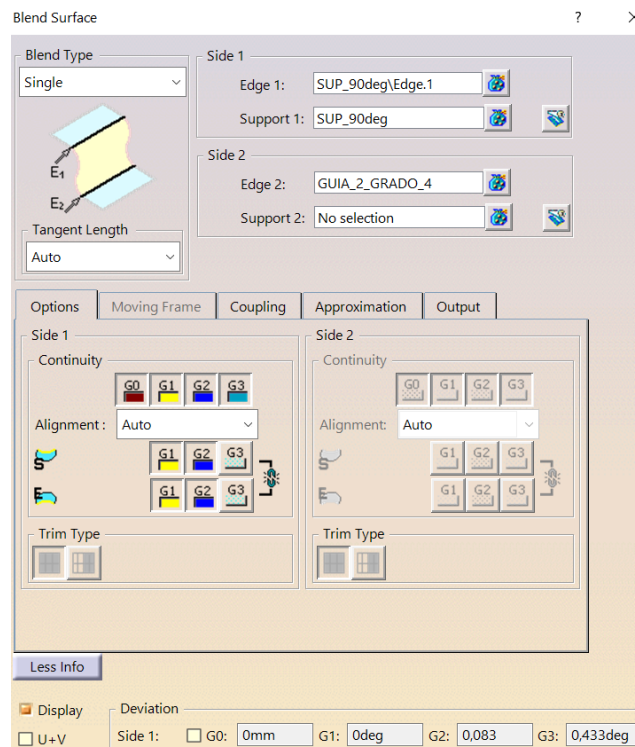
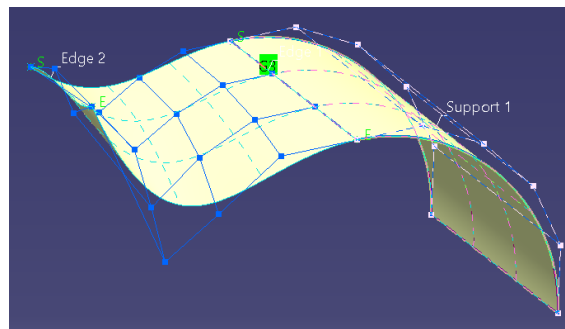


Figura 3.17 Superficie curva generada con el comando Blend Surface.

Se van a hacer pruebas para ver cómo es el grado de la superficie generada en función del orden de las dos guías usadas en el “Blend Surface”.

- Cambiando el orden de la superficie adyacente a 4x2 (Figura 3.18)

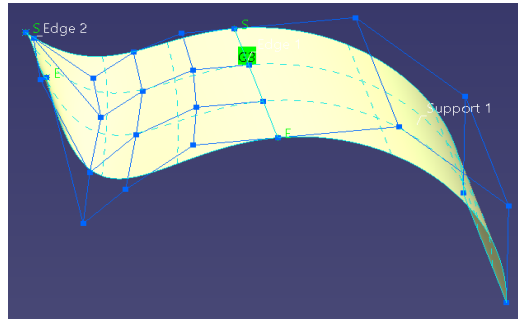


Figura 3.18 Continuidad G3 al cambiar la superficie adyacente al orden 4x2.

El cambio del orden de la superficie adyacente a 4x2, es decir, el de la guía 1 no afecta a la continuidad de la superficie generada.

Incluso con una superficie de orden 3x2 (Figura 3.19):

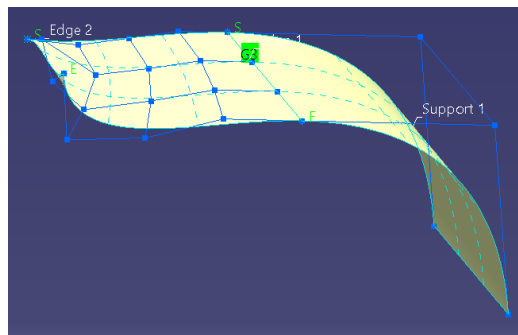


Figura 3.19 Continuidad G3 al cambiar la superficie adyacente al orden 3x2.

Aquí se observa que igual que para las superficies planas, para G1 la primera fila de puntos tiene que estar en un plano tangente a la superficie adyacente, como se observa en la Figura 3.20:

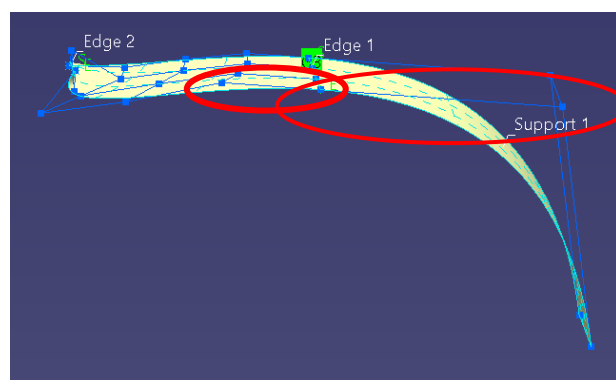


Figura 3.20 Distribución de los puntos de control en las superficies al conseguir G3 con superficie adyacente de orden 3x2.

También se ve que al reducir tanto el orden de la superficie adyacente y pedir G3 la curvatura de la nueva superficie varía mucho.

Esto hace que el orden de la superficie adyacente que se pensaba que no influía pase a tener cierta relevancia en superficies curvas.

Igual esto pasa porque lo que se tiene en cuenta al pedir G2 o G3 no es sólo la curvatura de la adyacente, sino que el programa usa la posición de los puntos de control de esta para generar la nueva y al tener pocas filas de puntos de control (3 solo) pues dispone de pocos puntos sobre los que referenciarse.

En resumen, las conclusiones que sacamos son:

- El orden de la superficie curva adyacente en la dirección no longitudinal al borde de continuidad influye en la forma de la superficie generada. Recomendable que el orden de la superficie adyacente sea >3 .
- El comando “Blend Surface” coge el orden mayor entre las dos guías escogidas para aplicárselo a su superficie generada, al igual que el “Patch from Curves”.

A veces por mucho que se aumente el orden de las guías, el orden de la superficie generada no va a seguir aumentando como en la *Figura 3.21*, donde se aumenta el orden de la guía 2 a 8 y como consecuencia el orden de la superficie generada debería ser 8 pero es 7. Será porque el programa entiende que es innecesario seguir aumentándolo y lo único que consigues es aumentar la carga computacional.

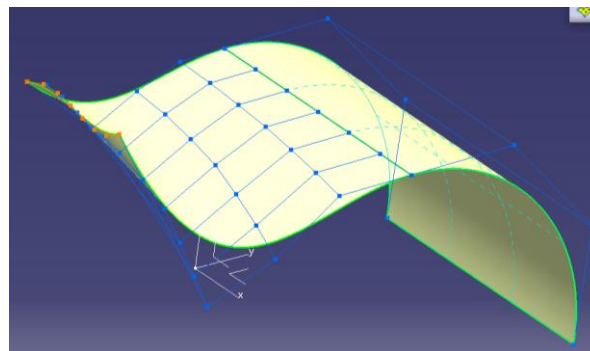


Figura 3.21 Resultado de la distribución de los puntos de control sobre las superficies al cambiar el orden de la guía 2 a 8.

• Otro ejemplo con superficie curva (lancha)

El ejemplo de la *Figura 3.22* muestra el casco inferior de una lancha, sobre el que se va a trabajar para arreglar la falta de continuidad que presenta alguna superficie de la parte lateral e inferior del casco.

Las superficies sobre las que se va a trabajar son las siguientes:

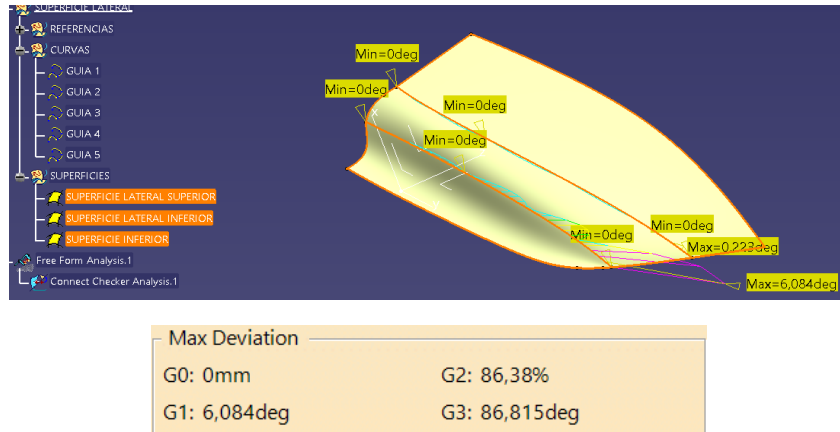


Figura 3.22 Análisis de continuidad entre las superficies del ejemplo lancha.

Donde al realizar el análisis de continuidad necesario se observa que el error para G1 es 6,084deg, el de G2 es 86,38% y el de G3 es 86,815deg.

Se va a intentar solucionarlo modificando los puntos de control de las guías.

Se parte de los datos de la Figura 3.23:

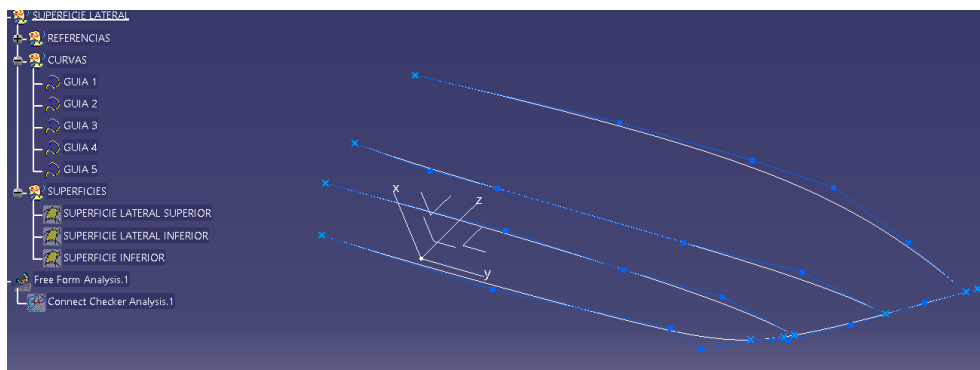


Figura 3.23 Distribución de los puntos de control de las guías con las que se generaran las superficies sin arreglar.

Guía 1: es la guía transversal que debe cortarse con todas, es de orden 5 (Figura 3.24).

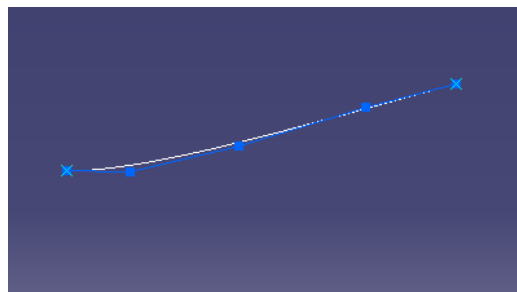


Figura 3.24 Distribución de los puntos de control de la guía 1.

Guía 2: es la guía superior de orden 6 (Figura 3.25).

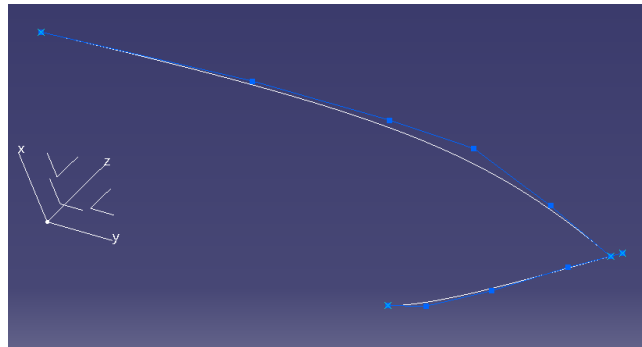


Figura 3.25 Distribución de los puntos de control de la guía 2.

Guía 3: guía intermedia de orden 6 (Figura 3.26).

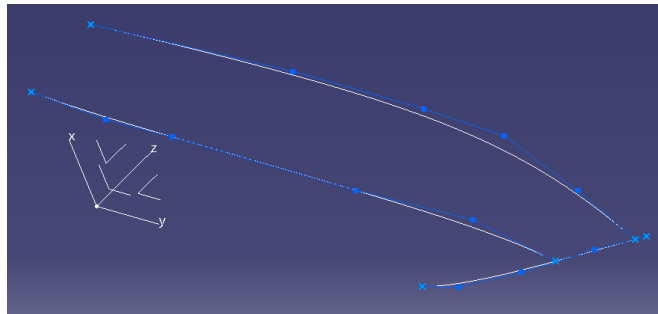


Figura 3.26 Distribución de los puntos de control de la guía 3.

Guía 4: guía intermedia de orden 5 (Figura 3.27).

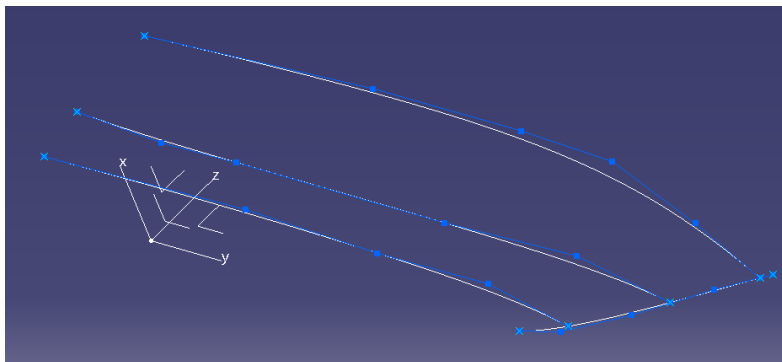


Figura 3.27 Distribución de los puntos de control de la guía 4.

Guía 5: guía inferior de orden 5 (*Figura 3.28*).

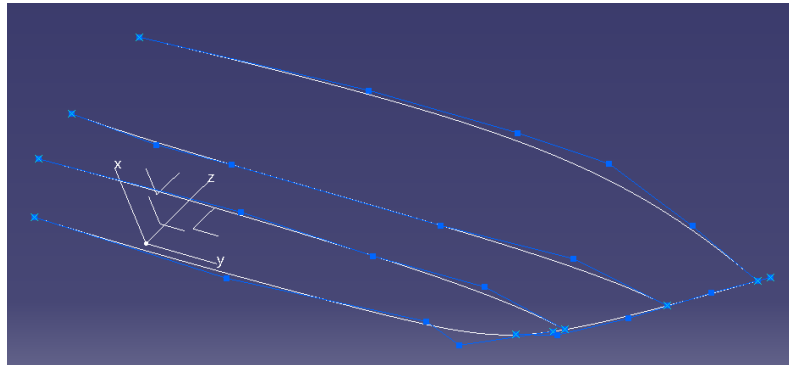


Figura 3.28 Distribución de los puntos de control de la guía 5.

Se va a trabajar con las dos primeras superficies (*Figura 3.29*) para tratar de solucionar G2 ya que G1 si que se logra:

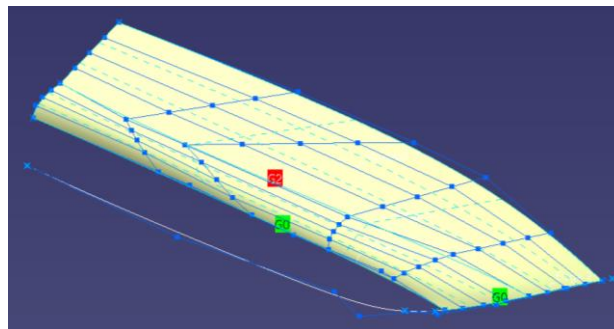


Figura 3.29 Continuidad G2 fallida entre superficies.

Para eso se va a modificar el orden tanto de la guía 1 como de la 3, el de la guía 1 va a pasar de 5 a 8 y la guía 3 de 6 a 8 también. La distribución de los puntos de control va a quedar como en la *Figura 3.30*, sin modificar su posición:

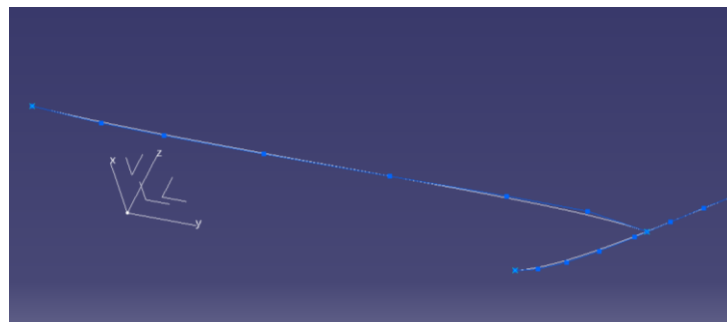


Figura 3.30 Distribución de los puntos de control de la guía 1 de orden 8 y de la guía 3 de orden 8.

Ahora se colocarán los puntos de la guía 3 con una distribución ordenada y homogénea (*Figura 3.31*):

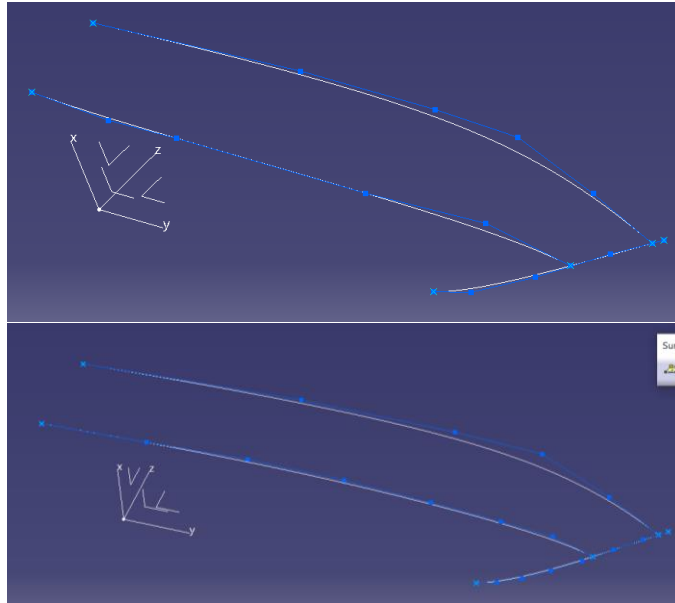


Figura 3.31 a) Distribución puntos de control de las guías 1 y 3 sin modificar b) Distribución uniforme de los puntos de control de las guías 1 y 3.

La superficie generada tendrá el orden de la guía 3 por ser mayor que el de la guía 2 y será como en la Figura 3.32:

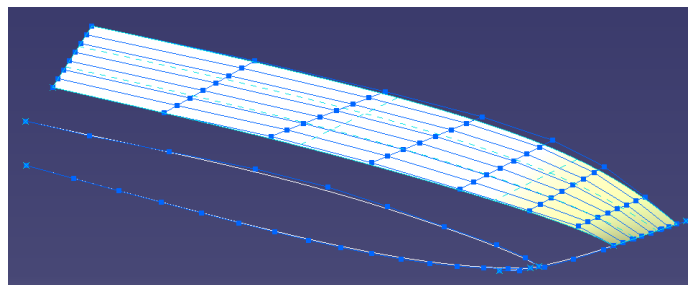


Figura 3.32 Superficie generada con las guías 1,2 y 3 modificadas.

Se observa que presenta una forma más adecuada respecto a cómo quedaba la superficie antes de modificar las guías (Figura 3.33):

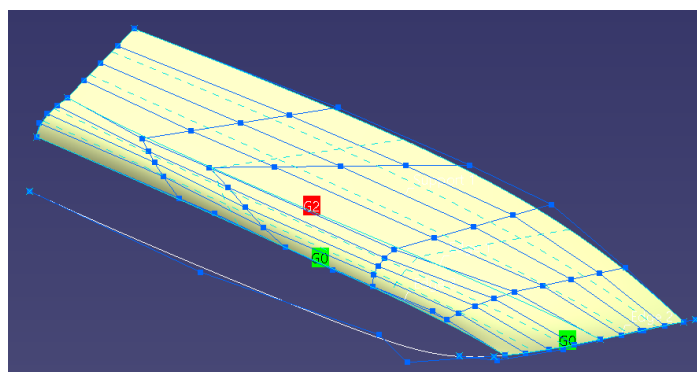


Figura 3.33 Superficie generada con las guías 1,2 y 3 sin modificar.

Ahora vamos con la guía 4 que también se va a aumentar su orden. Primero se pasa de 5 a 8 y al generar la superficie vemos que no conseguimos G3 por lo que voy a probar a aumentarlo de 8 a 10 y a volver a colocar los puntos de control de forma homogénea y de tal manera que hagan como de continuación con la superficie adyacente (conclusión sacada anteriormente), aunque sean de distinto orden:

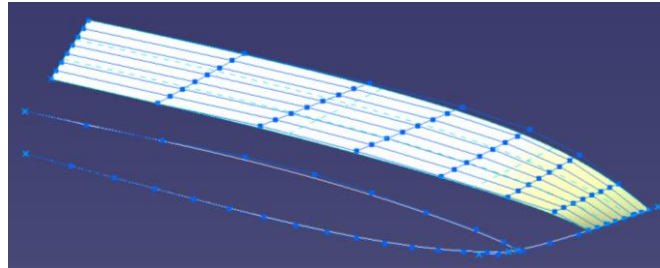


Figura 3.34 Distribución ordenada y homogénea de los puntos de control de la guía 4 con un orden de 10.

Por lo tanto la superficie quedará como en la Figura 3.34, que si lo comparamos con la Figura 3.33 vemos que hay un cambio notable.

En este caso lo que arregla la continuidad es una combinación de aumentar el orden de las guías junto con una buena distribución de los puntos de control (Figura 3.35):

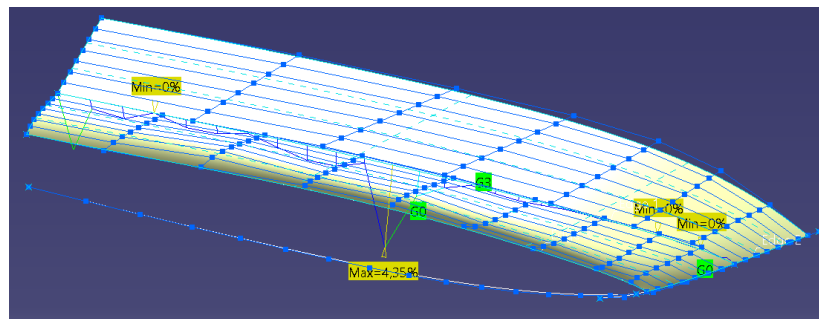


Figura 3.35 Superficie generada con las guías 1,3 y 4 modificadas.

Si que es verdad que hay casos donde sólo con aumentar el orden o con distribuir bien los puntos sería suficiente pero este caso que es más complejo se necesita las dos.

Para la última superficie igual, aumentamos el orden de la guía 5 y colocamos sus puntos de control de forma ordenada (Figura 3.36), en este caso para conseguir G3 tenemos que aumentar el orden hasta 16 porque si no, no se logra:

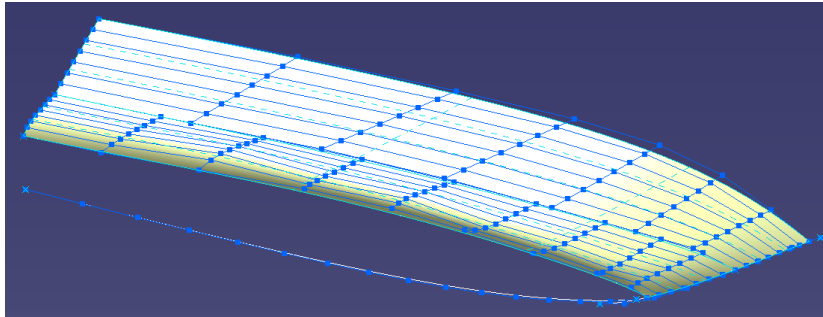


Figura 3.36 Distribución ordenada y homogénea de los puntos de control de la guía 5 con un orden de 16.

Y la superficie final generada será la de la *Figura 3.37*:

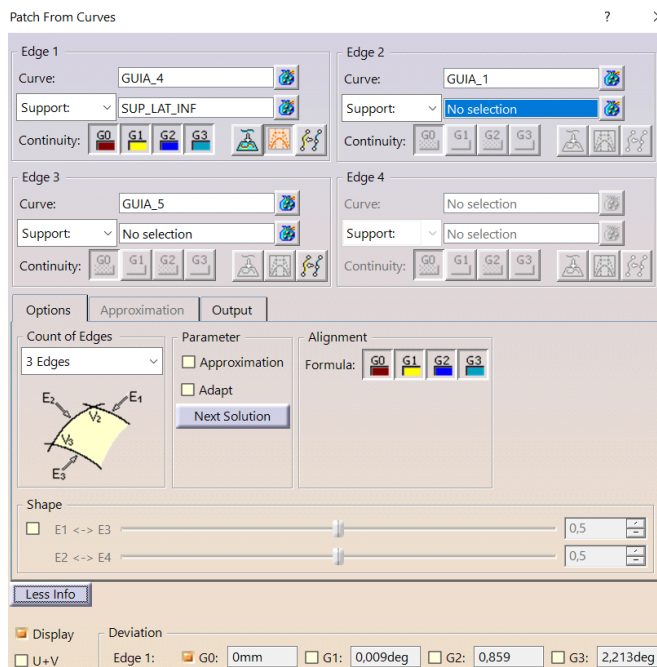
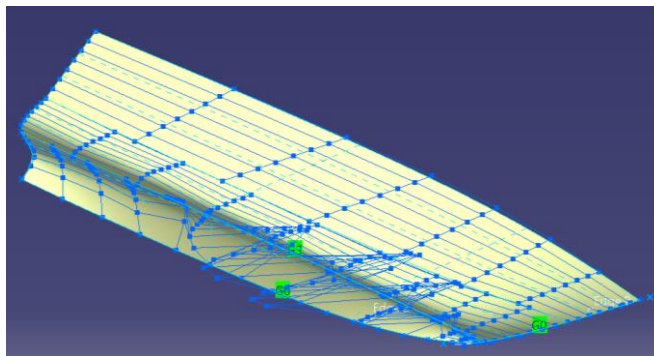


Figura 3.37 Superficie generada con las guías 1,4 y 5 modificadas.

Cabe destacar que hay ciertos puntos de control que se vuelven locos, pero es necesario si se quieren alcanzar continuidades altas.

NOTA:

En la creación de las superficies de la lancha se ha activado el siguiente icono del cuadro de diálogo de “Patch from Curves” que ayuda a que las columnas de puntos de control de la superficie generada se puedan alinear linealmente con las columnas de puntos de las superficies de apoyo adyacentes como en la *Figura 3.36*.



(opción “Adapt/Linear Connection”)

NOTAS:

- La alineación sólo es posible si la curva proyectada es casi una superficie curva isoparamétrica.
- Si se requiere al menos G1, los puntos de control de la segunda fila se calculan con respecto a la dirección del parámetro transversal de la superficie curva isoparamétrica aproximada. La alineación NO está basada en los puntos de control.
- El borde se usa para la parametrización en dirección del parámetro de superficie correspondiente si: “Approximation” está en ON y no se configuran opciones contradictorias.

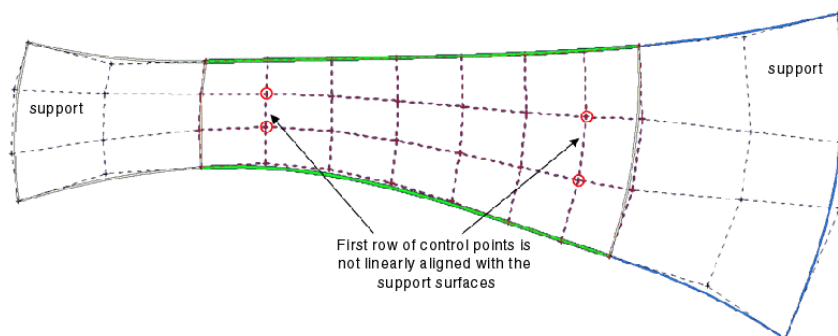


Figura 3.38 Ejemplo con Adapt/Linear Connection OFF.

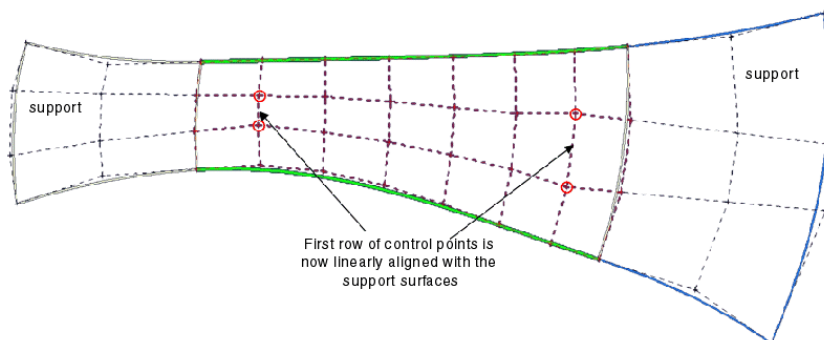


Figura 3.39 Ejemplo con Adapt/Linear Connection ON.

En resumen, las conclusiones sacadas del arreglo de continuidad de la lancha son:

- Aumentar el orden de las guías puede servir como solución para mejorar la continuidad.
- Una correcta distribución de los puntos de control de forma ordenada ayuda a lograr la continuidad deseada. Dicho orden se basa en que los puntos deben mantener un espaciado constante o que presenten un incremento o distribución gradual de este espaciado.
- La combinación de aumentar el orden y la colocación de los puntos de control es muy útil ya que sin la unión de estas dos técnicas no se llegue al tipo de continuidad.
- Colocar las columnas de puntos de tal forma que “más o menos” una columna de puntos de control en una superficie sea la continuación de otra columna de puntos de otra superficie como se ve en la *Figura 3.36*. Ya que cuando cada columna apunta para una dirección dificulta la continuidad, como en la *Figura 3.33*.

4. ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN Y MODIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL SOBRE LAS SUPERFICIE DE CLASE A PARA CONSEGUIR LAS CONTINUIDADES DESEADAS.

Como hemos visto en el apartado anterior la correcta colocación de los puntos de control es indispensable a la hora de exigir continuidades, por eso en este apartado se van a explicar técnicas de modificación y distribución para lograr el objetivo.

Al igual que en el apartado anterior se van a tratar los ejemplos de superficies planas y curvas.

- **Ejemplo con superficie plana**

Retomamos el mismo ejemplo del apartado anterior con los datos de la *Figura 4.1*: superficie adyacente de orden 6x6, guía 2 de orden 5, guía 3 de orden 4 y guía 4 de orden 9 para ver cómo afecta la colocación de los puntos de control en función de la continuidad que se pida.

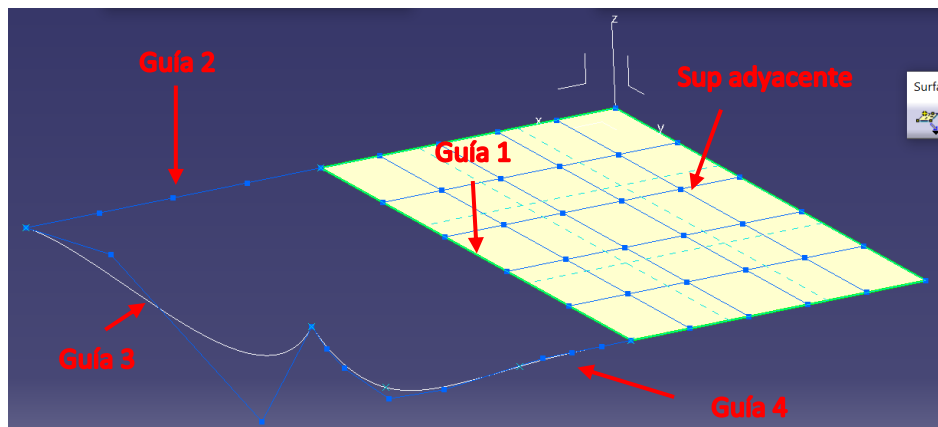


Figura 4.1 Datos ejemplo continuidad con superficie plana.

Se generará la superficie por el comando “Patch from Curves”, pero pidiendo sólo la opción de continuidad G0 como se observa en la *Figura 4.2*, las demás continuidades se conseguirán poco a poco más adelante modificando a mano los puntos de control, sin la ayuda de dicho comando ya que este generaría la superficie de forma automática.

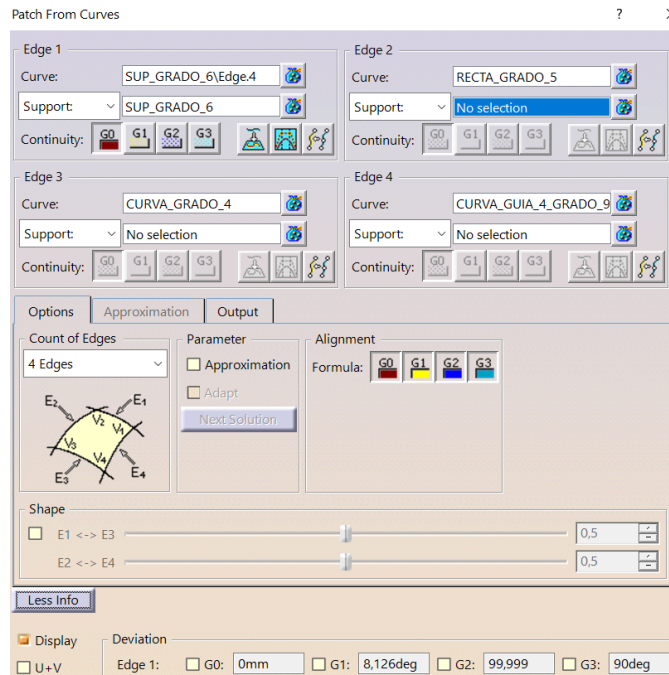
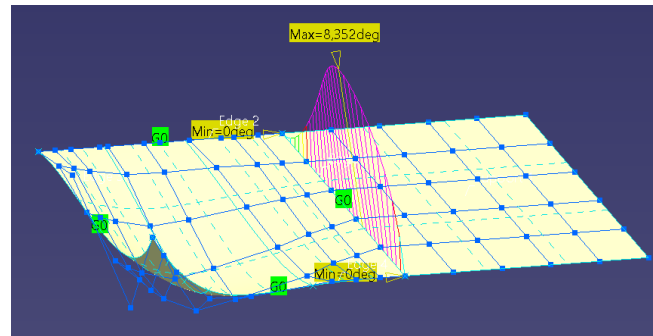


Figura 4.2 Superficie generada para conseguir G0.

La superficie generada tiene continuidad G0 pero al hacer el análisis se observa que se obtiene un error de 8,352 deg para conseguir G1, este error es el que se va a disminuir por debajo de 0,5 deg, que es el límite por el cuál el programa considera la continuidad G1.

Se modificará la primera fila de puntos ya que es esta la que nos va a dar la continuidad. Se va a colocar dicha fila en un mismo plano tangente a la superficie adyacente, para conseguirlo de forma más facil nos colocaremos en una vista lateral y en planta donde la posición de los puntos se ve claramente como en las Figuras 4.3 y 4.4.

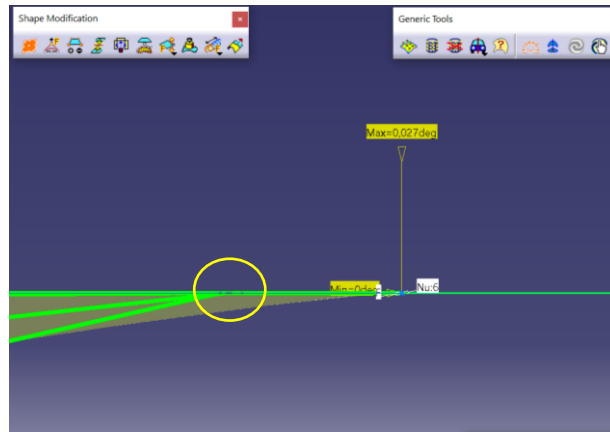


Figura 4.3 Vista lateral de la posición de la primera fila de puntos.

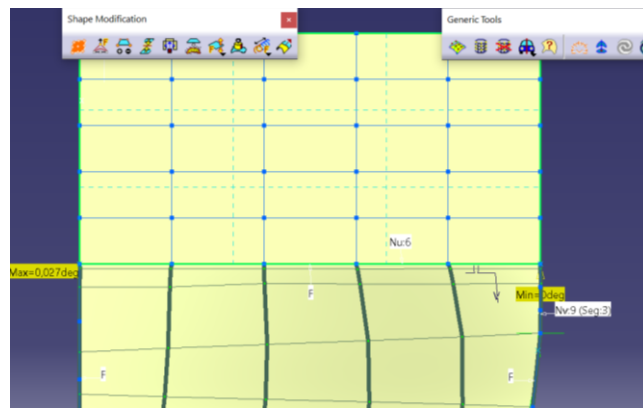


Figura 4.4 Vista en planta de la distribución de los puntos de control sobre la superficie generada.

Se ve que el error ha disminuido hasta 0,027deg lo que significa que ya se ha llegado a G1.

Una vez conseguida G1 se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- La primera fila de puntos debe estar en un plano tangente al borde de la superficie contigua con la que se quiere continuidad como ya se ha visto en el punto 3.
- Cuanto más cerca este la primera fila de puntos del borde contiguo, mejor ya que así se dispondrá de más superficie a la izquierda de esta para modelar, es decir, la distancia de la primera fila de puntos al borde no se puede modificar porque si se modifica se pierde la continuidad con esta.
- No hace falta que, dentro de cada fila de puntos, estos mismos estén alineados entre sí.

El proceso de colocación de puntos se ha realizado pinchando sobre cada uno con el botón derecho y seleccionando “Edit position” para elegir su posición por coordenadas.

NOTA:

En función de la opción que se tenga seleccionada en el cuadro de diálogo de “Control Points” (Figura 4.5), se permite modificar algunas coordenadas, pero otras no, es decir:

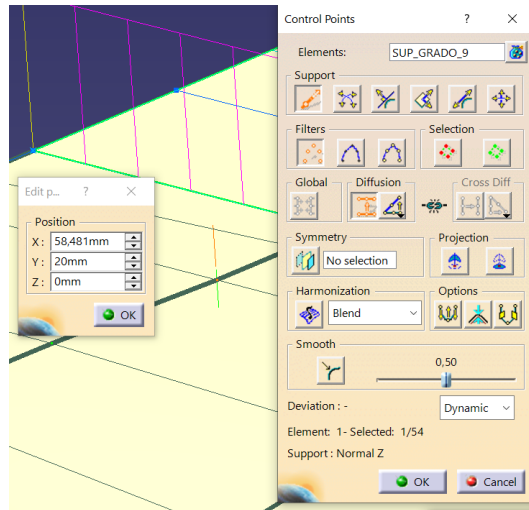




Figura 4.5 Cuadro de diálogo del comando Control Points.

Con la primera opción “Normal a Compás”  solo se va a poder modificar la coordenada perpendicular al compás (en este caso la Z), mientras que, si cogemos la cuarta opción, “Compass Plane”  se pueden modificar la coordenada X e Y (ya que en este caso son las coordenadas sobre las que se encuentra el plano del compás).

Una vez que se alcance G1, continuamos con G2 de tal forma que se repite el mismo proceso que para G1. Se vuelven a alinear los puntos de control de la segunda fila lo más cerca posible de la primera y colocarles de forma ordenada con una coordenada Z en el plano tangente a la superficie contigua como en la Figura 4.6 (en superficies curvas para obtener G2 ya no vale con colocarles en el plano tangente):

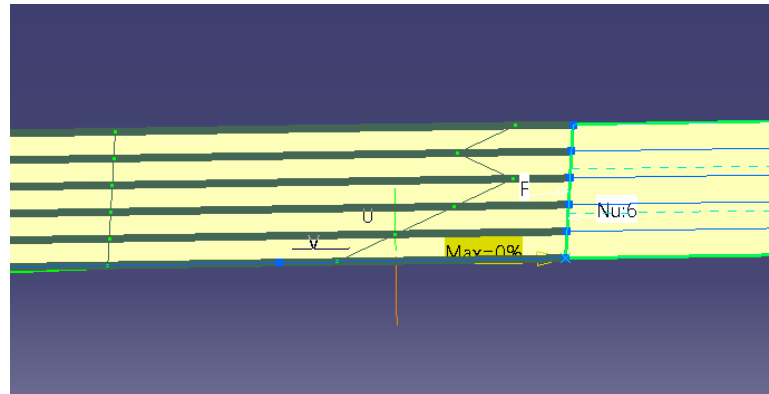


Figura 4.6 Distribución primera y segunda fila de puntos de control.

Se logra G2 al ponerles en un plano tangente, el error obtenido es del 0% pero la conclusión anteriormente escrita que decía: cuanto más cerca esté la primera fila de puntos del borde contiguo... es errónea porque si se acerca demasiado se pierde G2 como se ve en la *Figura 4.7*:

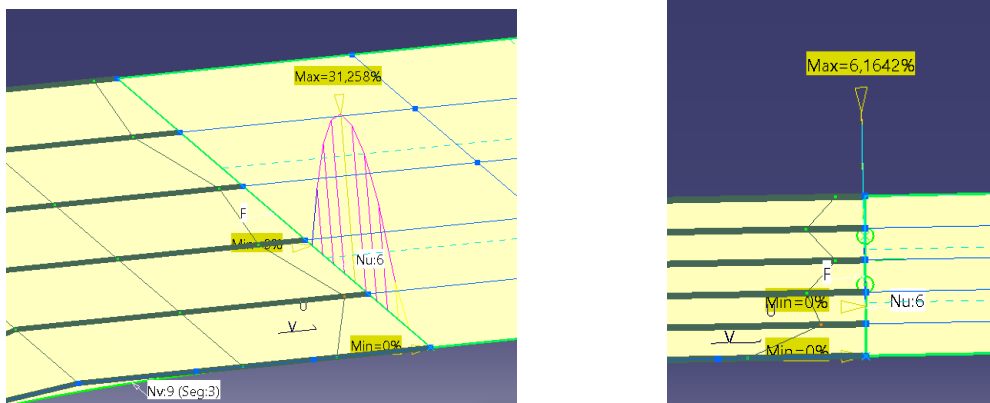


Figura 4.7 Pérdida de continuidad al acercar mucho uno de los puntos.

Estas dos imágenes anteriores son iguales solo que en la primera se acerca el quinto punto de control (empezando por el fondo) y se pierde G2. Y en la segunda se observa que hay puntos más cerca del borde contiguo como el 1 y el 3 y aun así donde se pierde G2 es en el punto 5. Es raro que unos puntos los puedas acercar y otros no.

Las conclusiones que se obtienen al lograr G2 son:

- Antes se ha dicho que cuanto más cerca esté la primera fila del borde contiguo mejor, pero teniendo cierta prudencia porque se puede perder G2 como en la *Figura 4.7*. Sí que se

- puede acercar mucho alguno de los puntos, pero tienes que ir jugando con los demás para no perder la continuidad.
- Se sabe que para conseguir G2 hay que modificar la segunda fila de puntos, pero también hay que tener cuidado con las coordenadas de los puntos de control de la primera. Porque al modificar la segunda puedes cambiar las coordenadas de la primera sin darte cuenta.
 - Hay veces que se consigue G3 sin llegar a G2, se analizará con atención más adelante.
 - Un valor de 0,001mm en una coordenada puede ser la diferencia entre tener un error de 99,69% y uno de 0% en G2. Es muy importante ser muy meticulosos en la colocación ya que una mil milésima puede ser la clave entre conseguir la continuidad o no.
 - Cuando desordenamos los puntos vemos que seguimos teniendo continuidad con lo cual la alineación de los puntos en una misma recta y desde un perfil no es importante, sino que lo importante es que estén en un mismo plano tangente (en superficies planas).

Para solucionar G2 de la *Figura 4.7*:

Se ha probado a alejar el sexto punto de control (el que está sobre la guía 4) y se soluciona como se ve en la *Figura 4.8*:

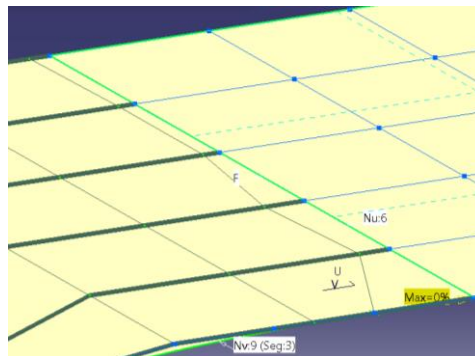


Figura 4.8 Posición del sexto punto de control.

pero si ahora se vuelve a acercar el quinto punto de control, vuelve a dar problemas:

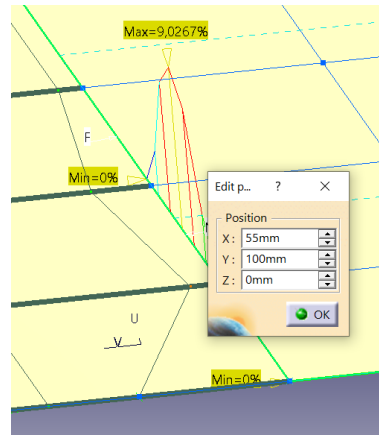


Figura 4.9 Pérdida de continuidad al acercar el quinto punto de control.

Para solucionarlo se vuelve a alejar el 6 y se observa que vuelve a existir G2 (Figura 4.10):

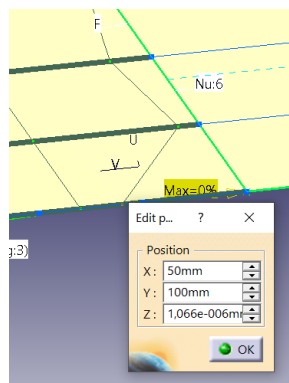


Figura 4.10 Posición sexto punto de control.

Una conclusión/pregunta que se saca es la siguiente:

- ¿Son más importante los puntos de los extremos que los interiores? Sí, ya que son estos los que se apoyan sobre las guías y no se pueden modificar tan a la ligera. Se debe tener cuidado con estos.

Una vez que se alcanza G2, se sigue con G3.

Se sigue la misma metodología y se coloca la tercera fila de puntos en el plano tangente como se observa en la Figura 4.11, se logra fácilmente la continuidad:

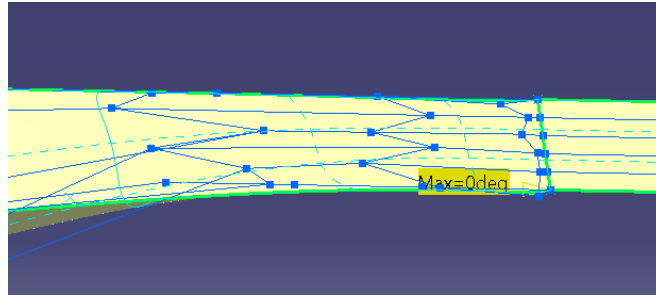


Figura 4.11 Distribución de los puntos de control al pedir continuidad del tipo G3.

El problema de modificar los puntos de control así sobre la misma superficie generada como se viene haciendo, es que esta ya no va a seguir la trayectoria de las guías 2 y 4 si se modifican los puntos de control de los bordes.

Por lo que será mejor modificar los puntos de control de las guías (la de mayor orden, que será la que adquiera la superficie generada) antes de generar la superficie para que así en la superficie generada se consiga directamente la continuidad y además siga la trayectoria de las guías utilizadas.

Se va a poner en práctica lo que se acaba de explicar, se modifican los puntos de control de la guía 4 que es la de mayor orden colocando los 3 puntos de control primeros desde el borde contiguo de la guía 4 en el mismo plano como se observa en la *Figura 4.12*. Se cogen los 3 primeros puntos de control para que así en la superficie generada salga directamente G3.

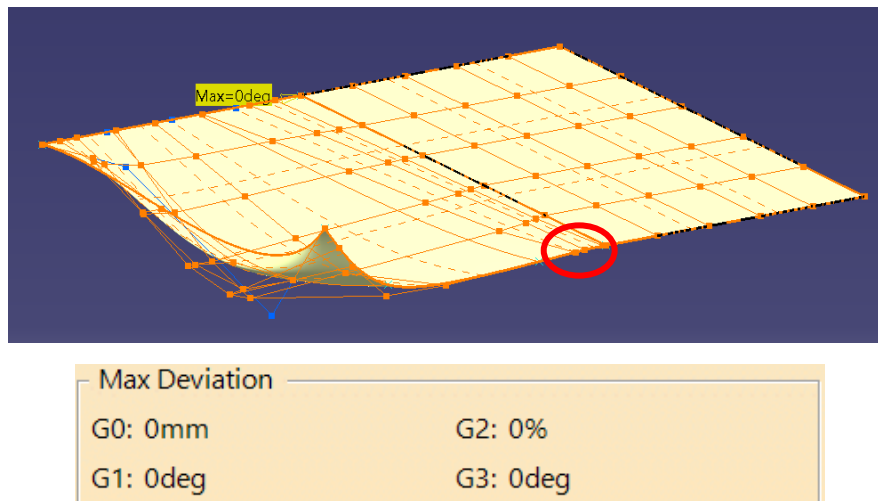


Figura 4.12 Análisis de continuidad al modificar los puntos de control de la guía 4.

Al realizar el análisis, se observa que se alcanzan todas las continuidades, esta forma es más útil que modificar punto por punto la superficie generada ya que al cambiar los puntos de la guía, todos los puntos de la superficie generada asociados a las tres primeras filas ya van a salir colocados.

Las conclusiones que se sacan de esta última prueba son bastantes relevantes:

- Modificar las guías en vez de la superficie es una forma más eficiente ya que solo tienes que cambiar tres puntos y no todos los que internos que generará la superficie.
- Los puntos no tienen por qué estar alineados en una línea recta, lo importante es que estén en el mismo plano (en superficies planas solo).

• **Ejemplo con superficie curva**

Se va a seguir con la misma metodología, se presentará un ejemplo y se le resolverá la falta de continuidad.

El ejemplo va a ser diferente al utilizado en el apartado 3. En la *Figura 4.13* se muestran los datos con los que se va a trabajar.

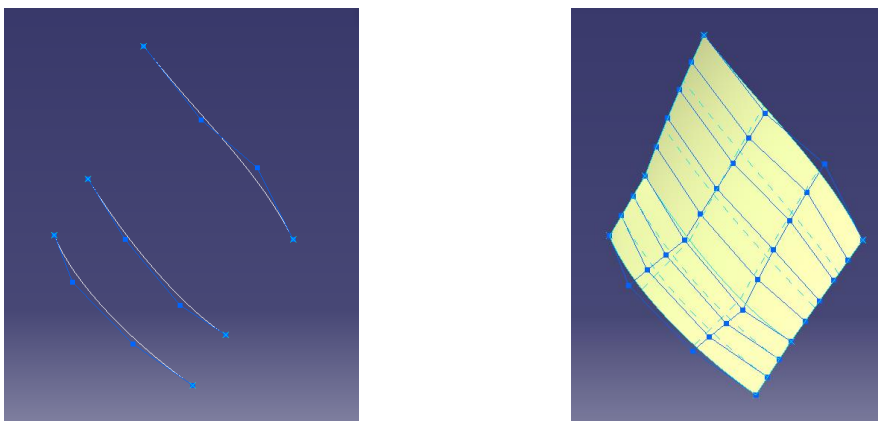



Figura 4.13 Datos y superficies del ejemplo con superficies curvas.

Tres guías, todas ellas de grado 4 y las dos superficies generadas con estas a través del comando barrido (“Sweep”)  .

Al hacer el análisis se obtiene a la siguiente información:

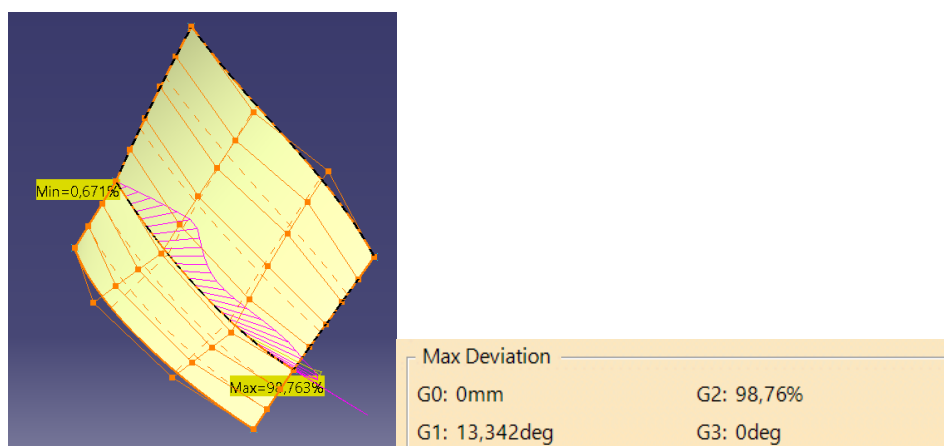


Figura 4.14 Análisis sobre las superficies del barrido.

En la *Figura 4.14* se consigue G3, pero G1 y G2 no. Esta información tiene que ser errónea porque teóricamente para que se consiga una continuidad de grado superior, se tiene que haber logrado las continuidades de grado menor. O eso es lo que se creía de forma teórica, aunque igual en la práctica el programa no lo hace así.


Se va a hacer otro tipo de análisis para analizar esto más a fondo (“Highlight Analysis” ), que muestra los reflejos que presenta la luz sobre las superficies (una buena transición entre las superficies se traduce en una buena continuidad). En la *Figura 4.15* se observa que presentan mala continuidad porque como ya hemos dicho no alcanza ni G1 ni G2.



Figura 4.15 Análisis de reflejos sobre las superficies.

En este caso se va a usar el comando “Blend Surface” que con las opciones del cuadro de diálogo de la *Figura 4.16* en un primer momento no se va a alcanzar ni G2 ni G3.

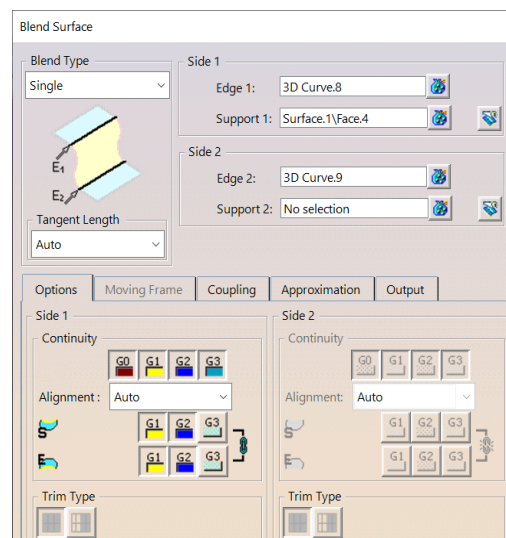
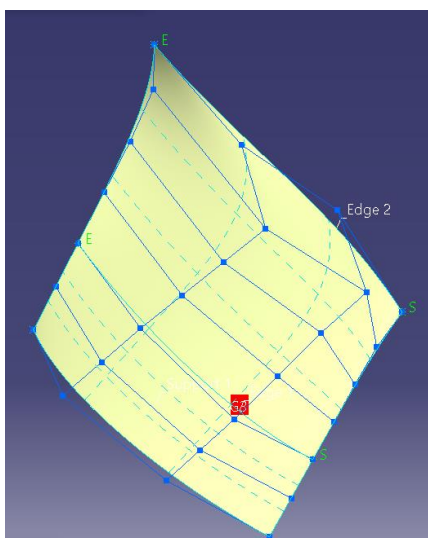


Figura 4.16 Superficie creada con Blend Surface.

En cambio, al hacer el análisis de continuidad (“Connect Checker Analysis”) en la *Figura 4.17* vuelve a pasar lo mismo que se había hablado anteriormente, se logra G3, pero no G2.

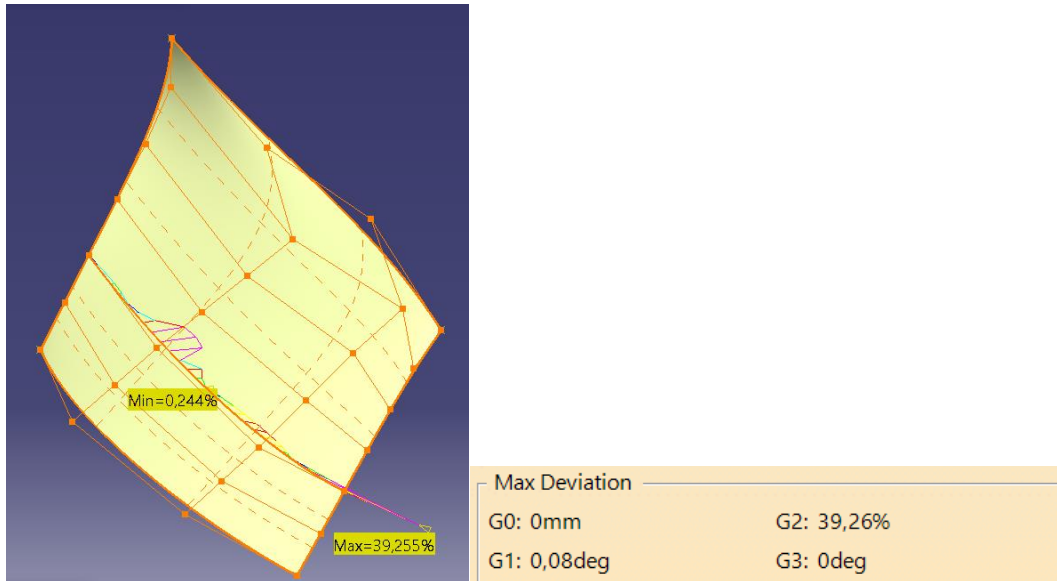


Figura 4.17 Análisis de continuidad sobre las superficies.

Hasta ahora se tomaban los valores de continuidad del comando “Connect Checker Analysis” y los del propio comando de creación de superficies como es en este caso el “Blend Surface” desplegando “More Info” como similares y determinantes para averiguar la continuidad, pero no parece ser así, ya que difieren como se ve al comparar la *Figura 4.18* y la *4.17*:

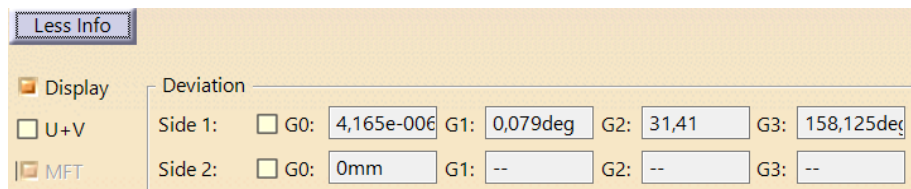


Figura 4.18 Datos sobre la continuidad desplegando More Info.

Los valores de esta figura cuadran más ya que G3 no es 0 como en la figura anterior.

Para cerciorarse de la mala continuidad se realiza el análisis de reflejos:

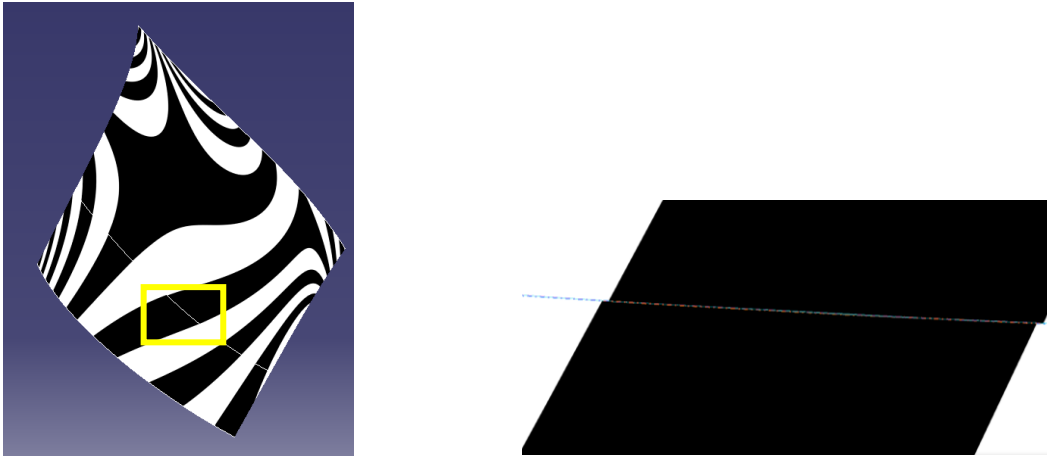


Figura 4.19 Análisis de reflejos.

En la *Figura 4.19* a simple vista se observa que presenta buena calidad en la transición de superficies, pero uno se debe asegurar y ampliarlo para ver que no es así y corroborar la discontinuidad existente.

Las conclusiones sacadas en esta pequeña prueba son:

- Para las continuidades, sobre todo para G3 es más fiable fijarse en los valores que nos da el propio comando desplegando “More Info” que en los valores de la herramienta de análisis.
- Cuando se aplica el comando de reflejos de superficie fijarse bien en la buena continuidad de las rectas blancas o negras que proporciona, porque a veces no basta con fijarse a simple vista, sino que hay que ampliar las superficies si es necesario.

Para arreglar estas discontinuidades se van a elaborar una serie de reglas que ayudarán al usuario a conseguir superficies de clase A y así disminuir el tiempo perdido cuando se trabaja con estas.

Estas reglas pueden tomarse como un pequeño resumen de alguna de las conclusiones sacadas en los puntos 3 y 4.

1) Probar con las diferentes opciones del cuadro de diálogo del comando usado para la creación de las superficies.

Debido a la gran variedad de comandos de creación de superficies, no todos tienen las mismas opciones o pestañas dentro de estos, pero algunos sí que presentan opciones parecidas que tratan de modificar los puntos de control de la superficie generada, son estos en los que se tiene que poner más atención porque son los que pueden solucionar los problemas de discontinuidad.

Por ejemplo, teniendo en cuenta los comandos usados en el trabajo en “Path from Curves” se prestará especial atención en: “Alignment”, “Aproximation” y

“Adapt/Linear Connection”, sin embargo, en “Blend Surface” será en: “Tangent Length”, “Alignment” y “Coupling -> Coupling Type”.

Se va a probar alguna de estas opciones en el ejemplo de la *Figura 4.16*.

Como ya se ha dicho dentro del comando “Blend Surface” una de las opciones que puede servir de ayuda es la pestaña “Coupling” (emparejamiento) la cual tiene en cuenta el número de segmentos de los bordes o curvas utilizados y los modifica (aumentando los puntos de control). En este ejemplo si cambiamos la opción “Coupling Type” de “None” a “Segments” arregla tanto G2 como G3, aumentando el orden y los segmentos de la superficie nueva, hasta conseguir la continuidad deseada como se ve en la *Figura 4.20*:

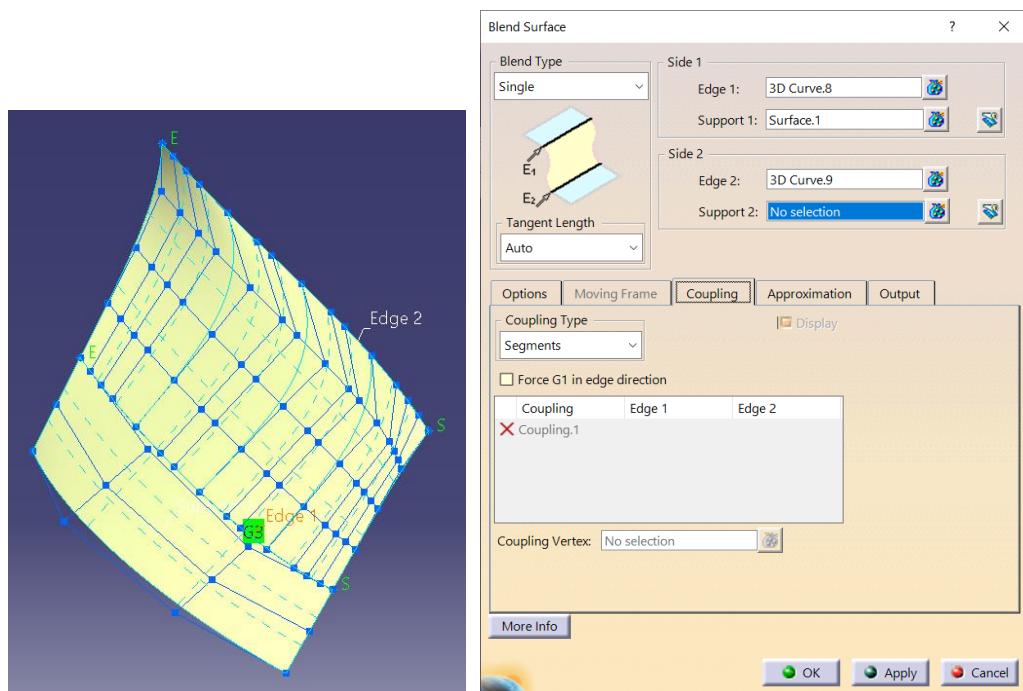


Figura 4.20 Superficies y cuadro de diálogo de la pestaña Coupling.

Existe otra opción en vez de “Segments” llamada “Vertices” en la que el usuario introduce puntos como vértices de acoplamiento en vez de hacerlo el programa automáticamente, pero requiere de más conocimiento y tiempo.

Para asegurarse de haberlo logrado, se despliega la pestaña “More Info” (*Figura 4.21*) y se realiza el análisis de continuidad (*Figura 4.22*):

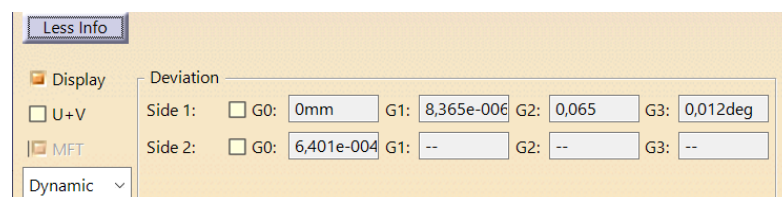


Figura 4.21 Datos sobre la continuidad desplegando More Info.

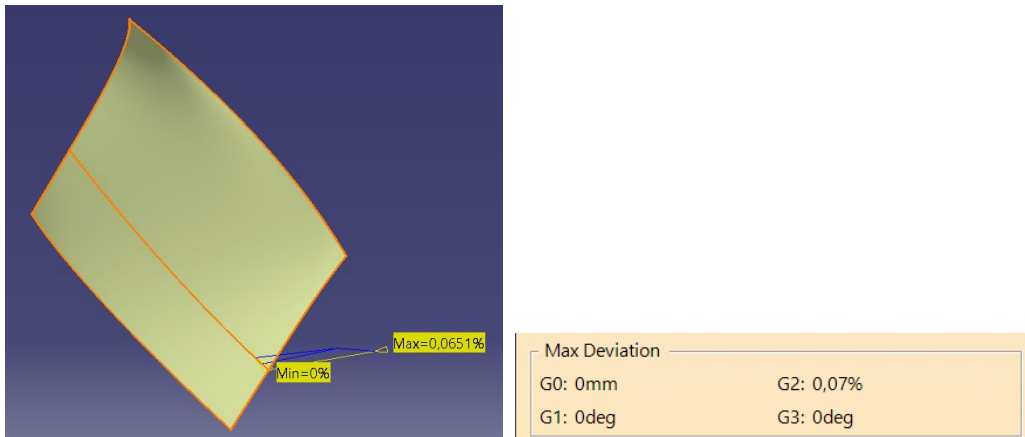


Figura 4.22 Análisis de continuidad.

Cuando se alcanzan todas las continuidades se observa que ahora sí que coinciden los valores tanto de “More Info” como el del análisis.

En la *Figura 4.23* se vuelve a hacer el análisis de reflejos para comprobar que las líneas ya coincidan:

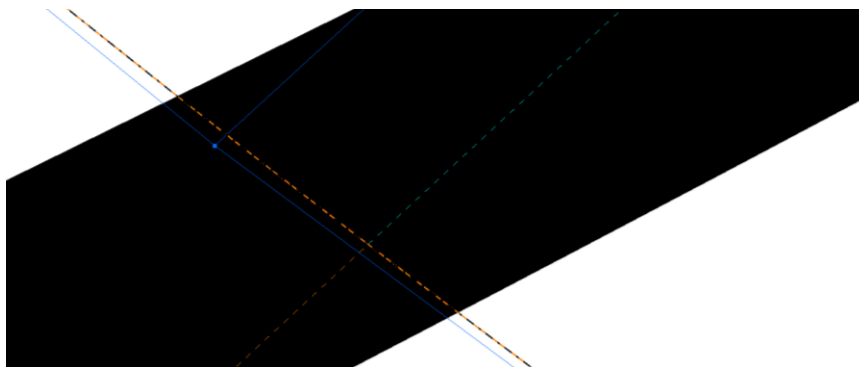


Figura 4.23 Análisis de brillos/reflejos.

En efecto, ya coinciden perfectamente.

La conclusión de esta primera regla es:

- Probar las diferentes opciones de cada comando puede ser muy provechoso para conseguir continuidades. No existe una regla universal dentro de cada comando ya que cada ejemplo es muy diferente del anterior y lo que en alguno resulta acertado puede ser que en el siguiente no lo sea del todo, pero en este caso la modificación de la opción “Coupling Type” ha servido.

Otra de las pestañas de las que se ha hablado es “Tangent Length”, la cual tiene tres opciones: “Auto”, “Constant” o “Ratio”. Esta controla la distribución de los puntos de control a través de los manipuladores de tensión interna.

Realizando varias pruebas modificando las opciones entre “Auto”, “Constant” o “Ratio” se obtienen los siguientes valores de continuidad para el error del mismo ejemplo:

- Valores a través de la pestaña “More info”: con “Auto” $G2= 31,41\%$, para “Constant” $G2= 14,192$ y con “Ratio” $G2=22,479$.
- Valores obtenidos a través del comando de análisis: “Auto” $G2= 39,255\%$, para “Constant” $G2= 49,821$ y con “Ratio” $G2=64,219$.

Se deduce que la opción más ventajosa es “Constant” ya que el error de $G2$ es el menor y es con la única opción con la que se consigue $G2$ y $G3$.

En la *Figura 4.24* aparece la última opción/pestaña de la que se va a hablar, esta es “Options -> Alignment”. Esta prepara los bordes de la nueva superficie generada modificando los puntos de control para adaptarse a la continuidad exigida.

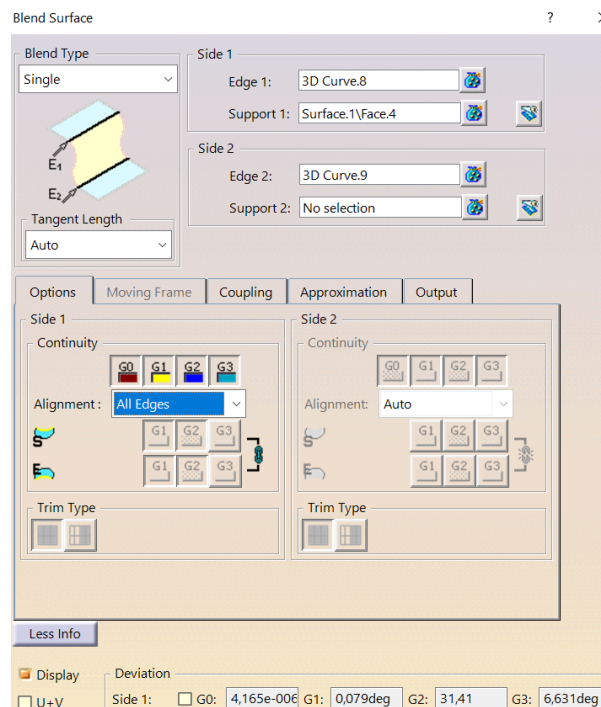


Figura 4.24 Pestaña Options en el comando Blend Surface.

Al desplegarla aparecen 5 opciones: “Standard”, “Edges Start/End”, “All edges”, “Linear” y “Auto”. Haciendo cambios entre estas cinco opciones en la *Figura 4.25* se muestra que es con “All Edges” con la que se obtienen mejores resultados ya que con las demás en este caso no se llega a ninguna continuidad.

Se realizarán los análisis de continuidad y de reflejos como se viene haciendo en los ejemplos anteriores.

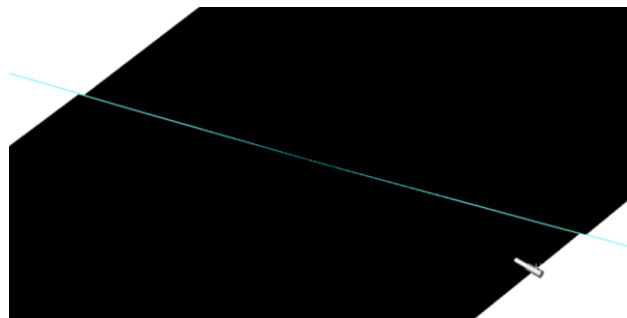
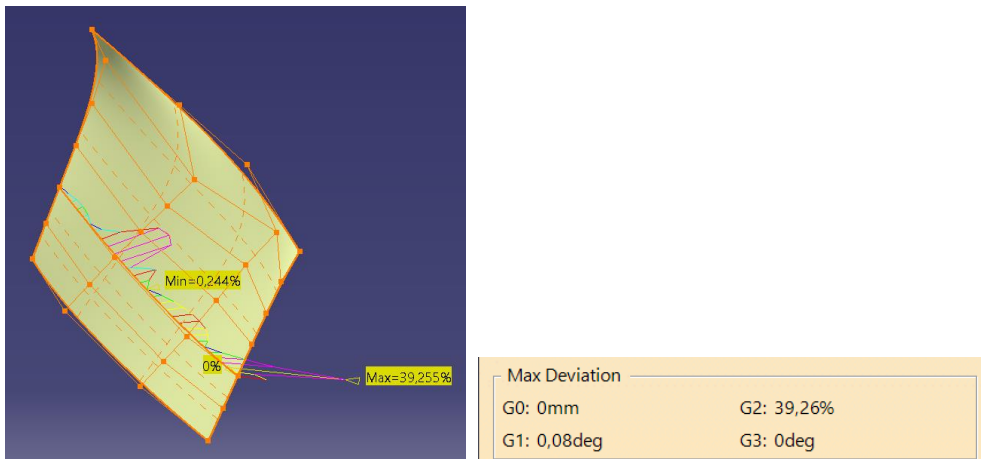


Figura 4.25 Análisis de continuidad y de reflejos sobre las superficies.

La no continuidad de las líneas negras corrobora el dato de la no continuidad de G2 con un error del 39,26%.

En este caso tanto en los valores de “More Info” como en los del análisis de continuidad se ve que se logra G3, pero no G2 por lo que lo que se decía que el programa no parece aplicar la teoría es cierto.

La conclusión es clara:

- Parece que, sí que es posible conseguir G3 antes que G2 en la práctica o así lo interpreta el programa, aunque en la teoría esto debería ser imposible.

2) Aumentar el orden de las guías y la superficie adyacente.

Si la anterior regla no ha servido, se procedería a ir aumentando los órdenes de poco en poco de las guías utilizadas para la creación de la superficie, pero sin sobredimensionar dicho orden ya que es mejor trabajar con datos de bajo nivel computacional.

3) Recolocar los puntos de control de las guías y de la superficie.

Esta opción es la más tediosa y de la cual se necesita más paciencia. Consiste en colocar los puntos de control de las guías de forma homogénea y de tal forma que moviéndolos poco a poco se vea como el error en el análisis de continuidad aumenta o disminuye.

Una vez acabado con las guías y si, aun así, no se ha conseguido, se pasará a modificar los puntos de control de la superficie. Es mejor aplicarla desde un primer momento sobre las guías porque tienen menos puntos de control que las superficies y así se pierde menos tiempo.

4) Probar otro tipo de comando de generación de superficies de clase A.

Como última regla está la posibilidad de probar otro comando (de los muchos que existen para la creación de superficies) si se ve que no se consigue de ninguna manera la continuidad a través del comando presente.

Estas reglas no son imprescindibles que se apliquen en el orden impuesto, pero sí que ayuda a optimizar al máximo el tiempo empleado, tampoco tienen una efectividad del 100% ya que existen mucha variedad de ejemplos con diferentes dificultades y que además no siempre se pueden crear superficies de clase A ni llegar a la máxima continuidad (G3).



5. ESTUDIO ECONÓMICO

En este apartado se abordará el coste económico del presente proyecto para así hacerse una idea del valor que presenta. Se estima en unos 10879,8 €, que se desglosarán de la siguiente forma:

- Ordenador y luz..... 300 €
- Conexión a Internet [*] 179,8 €
- Licencia de CATIA V5-6R2020 [**]..... 3400 €
- Mano de obra por tiempo empleado [***]..... 7000 €

Total: 10879,8 €

[*] Consultando el precio de la compañía de internet MÁS MÓVIL con 600 Mb de fibra son:

$$30 \frac{\text{€}}{\text{mes}} (3 \text{ meses}) * 3 \text{ meses} + 44,9 \frac{\text{€}}{\text{mes}} (\text{resto}) * 2 \text{ meses} = 179,8 \text{ €}$$

[**] Consultando el precio en la página (Franco, 2020), obtenemos que el alquiler por trimestre es de unos 1700 € + IVA, teniendo en cuenta que el proyecto tiene una duración de 6 meses:

$$1700 \frac{\text{€}}{\text{trimestre}} * 2 \text{ trimestres} = 3400 \text{ €}$$

$$[***] \quad 5 \text{ meses} * 20 \frac{\text{días laborables}}{\text{mes}} * 3,5 \frac{\text{h}}{\text{día}} = 350 \text{ h}$$

$$350 \text{ h} * 20 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 7000 \text{ €}$$

A continuación, se va a hacer una división del % que ha ocupado cada una de las operaciones principales teniendo en cuenta las 350 h totales que ha durado el proyecto.

- Modelado con CATIA y búsqueda de conclusiones: 50 % (175 h)
- Redacción de la parte práctica/teórica en la memoria: 45 % (157,5 h)
- Revisión del informe final: 5 % (17,5 h)



6. CONCLUSIONES

Este proyecto en un primer momento comenzó como continuación del TFG realizado por Marina Bartolomé Lorenzo titulado: “Diseño con superficies de clase A con CATIA ICEM Shape Design” que consistió en la creación de una guía teórico-práctica con la explicación de las paletas de herramientas que formaban dicho módulo (ICEM), ya que contiene un gran número de diversas funciones.

Una vez acabada esta primera parte, el proyecto se centró en la búsqueda de técnicas y conclusiones para el modelado de superficies de clase A con sus correspondientes continuidades del tipo G0, G1, G2 y G3, por eso conviene mostrar un resumen con la agrupación de dichas conclusiones citadas en apartados anteriores para tener una buena visión global y acceso a estas de manera rápida y eficaz. Las conclusiones son las siguientes:

- Para lograr G0 la guía perpendicular a la superficie con la que se quiere continuidad debe tener un orden mínimo de 2, para G1 orden 3, para G2 orden 4 y por último para G3 orden 5.
- Las columnas de puntos de control de la superficie con la que se quiere continuidad no tienen por qué coincidir exactamente con las columnas de puntos de la superficie generada, pero sí que deben tener una cierta similitud.
- El orden de la superficie curva adyacente en la dirección no longitudinal al borde de continuidad influye en la forma de la superficie generada.
Recomendable que el orden de la superficie adyacente sea >3 .
- El comando “Blend Surface” coge el orden mayor entre las dos guías escogidas para aplicárselo a su superficie generada, al igual que el “Patch from Curves” con las guías 1/3 y 2/4.
- Aumentar el orden de las guías puede servir como solución para mejorar la continuidad.
- Una correcta distribución de los puntos de control de forma ordenada ayuda a lograr la continuidad deseada. Dicho orden se basa en que los puntos deben mantener un espaciado constante o que presenten un incremento o distribución gradual de este espaciado.
- La combinación de aumentar el orden y la colocación de los puntos de control es muy útil ya que sin la unión de estas dos técnicas no se llegue al tipo de continuidad.
- Para conseguir G1 la primera fila de puntos debe estar en un plano tangente al borde de la superficie contigua con la que se quiere continuidad.

- Cuanto más cerca este la primera fila de puntos del borde contiguo, mejor ya que así se dispondrá de más superficie a la izquierda de esta para modelar, es decir, la distancia de la primera fila de puntos al borde no se puede modificar porque si se modifica se pierde la continuidad con esta.
- Un valor de 0,001mm en una coordenada puede ser la diferencia entre tener un error de 99,69% y uno de 0% en G2. Es muy importante ser muy meticulosos en la colocación ya que una mil milésima puede ser la clave entre conseguir la continuidad o no.
- Cuando desordenamos los puntos vemos que seguimos teniendo continuidad con lo cual la alineación de los puntos en una misma recta y desde un perfil no es importante, sino que lo importante es que estén en un mismo plano tangente (en superficies planas).
- ¿Son más importante los puntos de los extremos que los interiores? Sí, ya que son estos los que se apoyan sobre las guías y no se pueden modificar tan a la ligera.
- Modificar las guías en vez de la superficie es una forma más eficiente ya que solo se tienen que cambiar tres puntos y no todos los puntos internos que generará la superficie.
- Para las continuidades, sobre todo para G3 es más fiable fijarse en los valores que nos da el propio comando desplegando “More Info” que en los valores de la herramienta de análisis.
- Probar las diferentes opciones de cada comando puede ser muy provechoso para conseguir continuidades. No existe una regla universal dentro de cada comando ya que cada ejemplo es muy diferente del anterior y lo que en alguno resulta acertado puede ser que en el siguiente no lo sea del todo.
- Parece que, sí que es posible conseguir G3 antes que G2 en la práctica o así lo interpreta el programa, aunque en la teoría esto debería ser imposible.

Se desea que, con este proyecto, tanto con las conclusiones como con la explicación de las paletas de herramientas de trabajos avanzados, se consiga motivar a futuros alumnos a continuar con este entorno de CATIA ya sea en relación con superficies avanzadas (ICEM Shape Design) o con otro tipo de módulo de los muchos que presenta.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bartolomé Lorenzo, M. (Septiembre de 2020). *UVADoc- Universidad de Valladolid*. Obtenido de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/45047> [Fecha de último acceso: 24/08/2021]
- Franco, D. (20 de Octubre de 2020). *Linked In*. Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/quiero-ser-aut%C3%B3nomo-cu%C3%A1nto-cuesta-una-licencia-de-catia-david-franco> [Fecha de último acceso: 18/08/2021]
- Insagurbe, E. T. (2019). *Superficies Avanzadas en CATIA*. planetacatia.com. [Fecha de último acceso: 13/05/2021]
- Systemes, C. V.-6. (25 de 04 de 2011). *ICEM Shape Design Center*. Obtenido de http://catiadoc.free.fr/online/CATIAfr_C2/icmugCATIAfrs.htm [Fecha de último acceso: 25/08/2021]
- Systemes, D. (5 de Abril de 2002-2021). *Dassault Systemes*. Obtenido de https://www.3ds.com/es/productos-y-servicios/catia/productos/catia-v5/portfolio/domain/Shape_Design_Styling/product/ICM/#overview [Fecha de último acceso: 16/07/2021]
- Technology in Architecture*. (30 de Octubre de 2018). Obtenido de <https://technologyinarchitecture.com/surface-continuity/> [Fecha de último acceso: 21/07/2021]
- Torres, J. C. (s.f.). *Tema 4. Diseño de Curvas y Superficies (Diseño Asistido por Ordenador)*. Obtenido de <https://lsi2.ugr.es/~cad/teoria/Tema4/RESUMENTEMA4.PDF> [Fecha de último acceso: 18/07/2021]
- Zamarrón Ledo, J. (Febrero de 2021). *UVADoc-Universidad de Valladolid*. Obtenido de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/46081> [Fecha de último acceso: 18/08/2021]



8. ANEXO 1: TAB FUNCTIONS (Systemes C. V.-6., 2011)

- **APPLY MODE (Modos de aplicación)**

Esta funcionalidad aparece en muchos comandos para gestionar la actualización de las modificaciones realizadas en las superficies durante su edición.

Las opciones que se despliegan son las del cuadro de diálogo de la *Figura 8.1*:

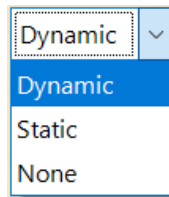


Figura 8.1 Cuadro de diálogo de Apply Mode.

- **Dynamic (Dinámico):** consiste en actualizar de manera inmediata en el elemento dibujado los datos modificados en el cuadro de diálogo o a través de los manipuladores que aparecen en este.
Esta opción no está disponible para todos los comandos, en unos está disponible, pero en otros no.
- **Static (Estático):** la actualización de los datos solo ocurre cuando se suelta o libera el manipulador.
- **None (Ninguno):** la actualización de las modificaciones solo tiene lugar cuando se selecciona el botón “Apply”.

- **OUTPUT RESULT (Resultados de salida)**

La *Figura 8.2* muestra información para entender cómo es la superficie.

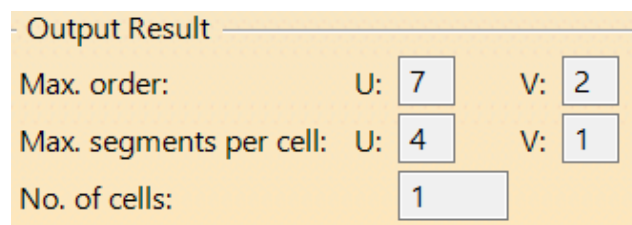


Figura 8.2 Cuadro de diálogo de Output Result.

- **Max. Order (Orden máximo):** indica el máximo orden de las ecuaciones con las que se ha generado la superficie en ambas direcciones U y V.

- **Max. Segments per Cell (Máximos segmentos por celda):** indica el máximo número de segmentos creados en las direcciones U y V.
- **No. of Cells (Nº de celdas):** indica el número de celdas creadas en el resultado (“Patches” (Parches)).

- **APROXIMATION TAB (Pestaña de aproximación)**

Las opciones de esta pestaña permiten calcular la aproximación de una curva para los bordes seleccionados de una superficie, así como cualquier curva, dependiendo de la clase/tipo de aproximación. Si, por ejemplo, los segmentos de un borde de una cara se seleccionan como guías, la aproximación permite reducir el número de segmentos y el post-procesado para así suavizar las coincidencias de superficies.

La aproximación se calcula en dos pasos:

- 1. Creación de una B-Spline inicial.**

Para cada curva seleccionada se crea un B-Spline, definiendo la parametrización y el número de puntos de control, pero no sus valores. El resultado es consecuencia del B-Spline de la curva a la que aproximar, así como de los valores mínimos y máximos del grado de las ecuaciones y del número de segmentos especificados por el usuario.

El orden y el número de segmentos del B-Spline se toman de la curva a la que aproximan, si se encuentran en los intervalos especificados. Si no, se aumentan o reducen para corresponderse con los valores máximos o mínimos.

NOTA: si se encuentran discontinuidades del tipo G2 en la geometría seleccionada, se transferirán en forma de curvas cerradas al B-Spline inicial. En este caso, el B-Spline inicial puede contener más segmentos que el máximo valor especificado para la “Segmentation” (segmentación).

- 2. Iteraciones.**

Después de la creación del B-Spline inicial, la aproximación real se calcula en este segundo paso. Esto se realiza mediante tres iteraciones:

- **Iteración (a)**

En la primera iteración, los valores (óptimos) de los puntos de control del B-Spline se calculan usando un método de Newton. Los puntos de

control permiten el cálculo de la máxima desviación entre la aproximación de la curva aproximada y la original. Si este valor es menor que la tolerancia especificada por el usuario, la iteración concluye exitosamente.

- **Iteración (b)+(c)**

Si la desviación calculada es mayor que la tolerancia especificada, el B-Spline se modificará incrementado el orden y el número de segmentos, y la iteración (a) se reiniciará.

Independientemente del tipo de aproximación, aumentará primero el orden y después el número de segmentos. De esta forma, el número de segmentos de las curvas creadas pueden ser minimizados.

La *Figura 8.3* muestra un resumen:

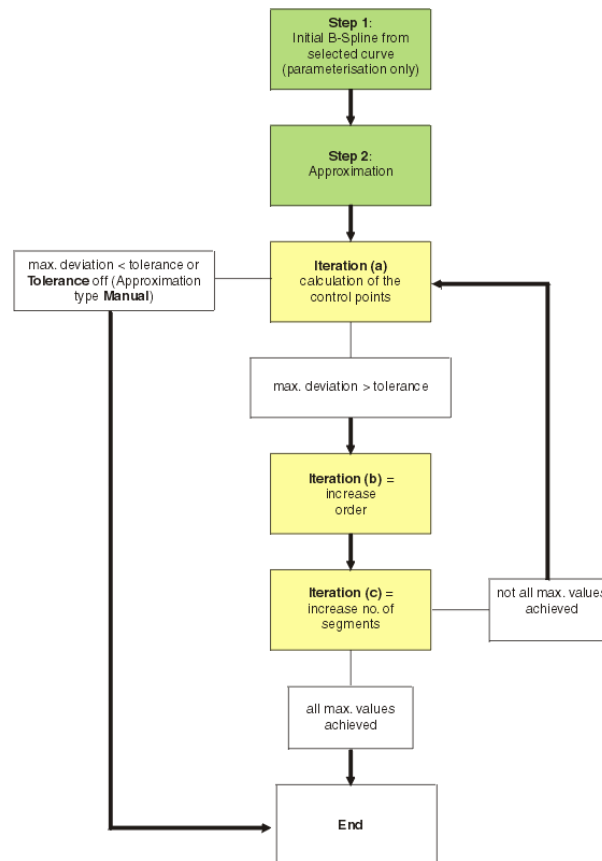


Figura 8.3 Diagrama de flujo para la aproximación de una curva.

En la *Figura 8.4* aparece el cuadro de diálogo de la pestaña “Approximation” (aproximación):

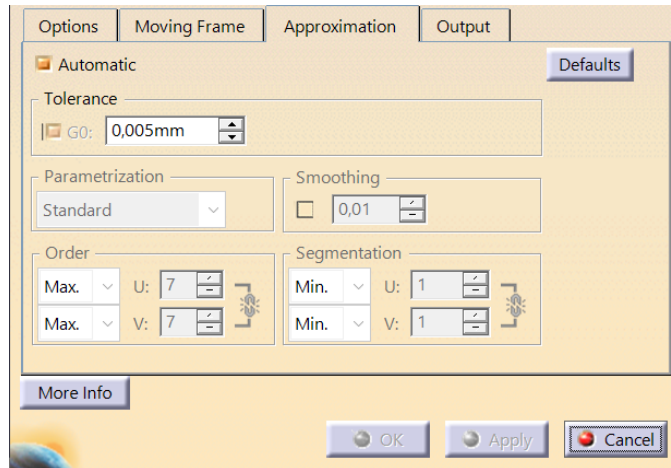


Figura 8.4 Pestaña Approximation.

Se pueden definir las siguientes opciones:

– **Automatic (Automático):**

- **ON:** “Tolerance G0” (Tolerancia G0), “Smoothing” (suavización), “Order” (Orden) y “Segmentation” (segmentación) están deshabilitados. Solo se puede modificar la Parametrization (parametrización) y Tolerance G1 (tolerancia G1). Para “Order” y “Segmentation”, se usan los valores predeterminados.
- **OFF:** todas las opciones están disponibles y pueden ser modificadas.

– **Default (Por defecto):** si se selecciona, todos los parámetros de aproximación actualmente disponibles y seleccionados en el comando correspondiente se sobrescriben con los valores por defecto definidos en la pestaña:

“Approximation” en “Tools” -> “Options” -> “Shape” -> ICEM Shape Design.

Si es necesario, después se pueden reeditar los valores.

NOTA: en los comandos en los que solo se puede definir la segmentación en la dirección V, el valor de este se lee al seleccionar “Defaults” (Por defecto) independientemente del ajuste en: “Tools” -> “Options Approximation tab”.

– **Tolerance (Tolerancia):** este valor define la precisión con la que debe crearse la geometría de salida.

- **G0:** se controla la influencia de la tolerancia G0. Puede controlarse de la siguiente manera:

- **ON:**

a) Siempre que para “Order” y “Segmentation” los valores máximos y mínimos especificados permitan aumentar el orden, estos se incrementan de forma iterativa hasta que la diferencia entre la geometría de entrada (o los resultados teóricos) y el resultado de la aproximación exceda el valor de la tolerancia G0.

b) El valor de la tolerancia G0 también está disponible al calcular los resultados teóricos.

- **OFF:** el valor de la tolerancia G0 también está disponible al crear los resultados teóricos, es decir, el valor de la tolerancia puede ser editado en el campo de texto y por lo tanto también puede influir en el resultado.

- **G1:** la tolerancia G1 solo está disponible en los comandos en los que pueden producirse desviaciones angulares, por ejemplo, “Advanced Fillet” (redondeo avanzado).

Con esta se establece la máxima desviación angular entre el resultado final y el teórico. Esto garantizará que el ángulo entre el resultado final y el soporte (inicial) seleccionado no supere el valor de la tolerancia G0.

– **Parametrization (Parametrización):**

- **Standard (Estándar):** no se realiza una nueva parametrización del resultado. Los parámetros de

la aproximación es el mismo que el de la curva de entrada.

- **Adapt (Adaptar):** se comporta como “Standard” si la curva de entrada seleccionada es una curva espacial.

Si la curva de entrada seleccionada es una curva de una superficie, los parámetros se adaptarán a la parametrización de la superficie que genera esa curva.

NOTA: si la curva no recorre la dirección U o V, o si cambia la dirección, esta opción no producirá ningún resultado.

- **Arc Length (Longitud de arco):** la curva se vuelve a calcular con una parametrización según la longitud del arco entre los puntos de la curva paramétricamente equidistantes (la longitud del arco de la curva entre cada par de parámetros equidistantes, aproximadamente tiene el mismo valor).

– **Smoothing (Suavización):** esta opción permite acercarse al resultado deseado entre una aproximación exacta y una curva muy suave.

Al usar esta opción se intenta distribuir equitativamente los puntos de control de la geometría resultante.

– **Order (orden):**

- **Min (Mínimo):** si el orden de la geometría seleccionada se encuentra por debajo de este valor, se aumenta hasta que alcanzarlo. En la geometría aproximada, el grado se puede aumentar hasta un máximo de 7.
- **Max (Máximo):** si el orden de la geometría seleccionada se encuentra por encima de este valor, se reduce hasta que alcanzarlo. La geometría aproximada, no puede superar este valor.
- **Fix (Fijar):** incrementa y/o disminuye el orden de todos los elementos seleccionados hasta que cumpla exactamente el orden aquí especificado. En la aproximación, el orden no puede tener otro valor distinto al establecido.

- **Inp. (Input) (Entrada):** si se activa este método, la superficie se calcula celda por celda y en orden. El orden en dirección U y V se toma de las curvas generadoras (guías).
- **Segmentation (Segmentación):**
- **Min (Mínimo):** si el número de segmentos de la geometría seleccionada se encuentra por debajo de este valor, se aumenta hasta que alcanza este valor.
En la geometría aproximada el número de segmentos puede aumentarse arbitrariamente.
 - **Max (Máximo):** si el número de segmentos de la geometría seleccionada se encuentra por encima de este valor, se reduce hasta que alcanza este valor.
En la aproximación, el número de segmentos no puede superar este valor.
 - **Fix (Fijar):** se aumenta y/o disminuye la segmentación de todos los elementos seleccionados hasta que cumpla exactamente la segmentación aquí especificada.
En la aproximación, el número de segmentos no puede tener otro valor más que el especificado.
- NOTA:** si se encuentran discontinuidades tipo G2 en la geometría seleccionada, se transformarán en curvas cerradas. En este caso, el resultado puede contener más segmentos que el máximo valor especificado para la “Segmentation”: Max o Fix.

- OUTPUT TAB (Estructura del resultado)

La Figura 8.5 muestra el cuadro de diálogo de “Output Tab”:

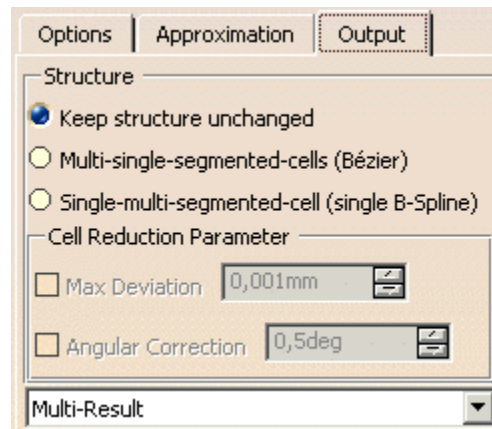


Figura 8.5 Pestaña de Output.

Permite definir el tipo de geometría a la salida, ofrece tres opciones:

- Mantener la estructura intacta.
- Multi-celda con segmentación individual (Bézier)
- Celda-única con segmentación múltiple (B-Spline individual)

Además del tipo de salida, se puede reducir la cantidad de celdas (parche/curva) a través de tolerancias.

NOTA: estas opciones son elección del usuario completamente. Si no se utiliza, el comando creará un resultado dependiendo de los datos de entrada y la configuración elegida para las aproximaciones.

Se pueden definir las siguientes opciones:

- **Keep structure unchanged** (mantener la estructura intacta): el resultado se creará dependiendo de las entradas y los ajustes de aproximación.
- **Multi-single-segmented-cells (Bézier)** (por defecto): la salida estará definida por los resultados de Bézier.

Ventajas: las células individuales (Bézier) pueden ser creadas entre cada segmento del límite/frontera que están determinados por la geometría de entrada y los ajustes de la pestaña de “Approximation” (aproximación). Cada celda tiene continuidad tipo G1 con la celda adyacente.

- **Single-multi-segmented-cell (Single B-Spline):** la salida estará definida como resultados B-Spline.

Cuando se activa, el resultado estará dirigido a reducir la cantidad de celdas (parches o curvas) pero cada celda puede ser un resultado multi-segmentado (B-Spline).

Ventajas: se crean celdas individuales de las cuales cada celda puede contener un resultado multi-segmentado. El número de segmentos por celda está determinado por la geometría de entrada y la configuración de la pestaña de “Approximation” (Aproximación).

Cada celda multi-segmentada es continua tipo G2 de forma interna, con cada celda adyacente es continua G1.

NOTA: si esta opción se usa sin “Max. Deviation” (Desviación Máxima) o “Angular correction” (Corrección Angular), se pueden producir desviaciones que no se muestran en el cuadro de diálogo.

Cell Reduction Parameter (Parámetro de reducción de celda): solo está disponible para la opción “Single-multi-segmented-cell (Single B-Spline)”.

El resultado obtenido se puede reducir mediante la tolerancia según la condición de continuidad.

- **Max. Deviation (Desviación máxima):** cuando está activado se puede introducir un valor que permite que la salida se desvíe del resultado original respecto a la opción de “Tangent” (Tangencia) o la de “Curvature” (Curvatura). Cuanto mayor es el valor, menos celdas se crean.
- **Angular Correction (Corrección angular):** el resultado de salida se analiza por continuidad en tangencia y curvatura.

Las opciones están disponibles para permitirte realizar una suavización en tangencia o curvatura de cualquier discontinuidad encontrada en la proyección de la curva resultado. Solo se puede seleccionar un elemento, no un subelemento, como curva a suavizar. La desviación permitida durante la selección de tangencia o curvatura es controlada a través del valor de “Max. Deviation”.

NOTA: el criterio que rige qué condiciones de tangencia y curvatura están permitidas, se define usando la pestaña de “Topology” (Topología) en “Tools” > “Options” > ICEM Shape Design.

Las siguientes opciones están sólo disponibles para los comandos de “Curve Creation” (Creación de Curvas): “Curve Projection” (Proyección de Curvas), “Curve Offset” (Curva desplazada), “Intersection” (Intersección), “Split Curve” (Curva de Corte); y de “Surface Creation” (Creación de Superficies): “Create Gap” (Crear un Hueco).

- **Multi-Result (Resultado-Múltiple):** crea un resultado para cada elemento seleccionado.
- **Single-Result (Resultado-Individual):** para todos los elementos seleccionados crea un resultado y cada elemento se calcula individualmente.

- **MOVING FRAME TAB (Pestaña de marco móvil)**

Las opciones de la *Figura 8.6* permiten definir el marco móvil utilizado en algunas funciones. El marco móvil determina el sistema de coordenadas local que se mueve a lo largo de la guía.

Pestaña de “Moving frame” (Marco Móvil)

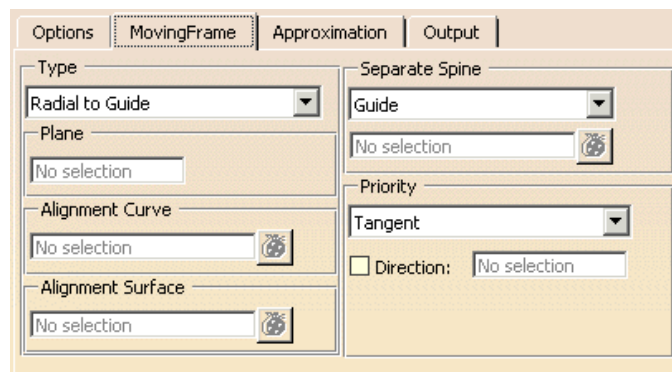


Figura 8.6 Pestaña de Moving Frame.

Puedes definir las siguientes opciones:

- **Type (Tipo):** el marco móvil determina un sistema de coordenadas local que se mueve a lo largo de la guía. Especificando el marco móvil y un vector, los ejes están alineados. Esto se especifica en los ajustes de la opción “Priority” (Prioridad), dependiendo del marco móvil. Un segundo eje será alineado utilizando información adicional.

Los siguientes tipos de marcos móviles están disponibles:

- **Parallel to plane (Paralelo a un plano):** el sistema de coordenadas local se mueve paralelamente al plano de trabajo

como en el ejemplo de la *Figura 8.7*. Si se establece este tipo de marco móvil, la caja de selección “Plane” se activa.

- **Radial to guide (Radial a la guía):** la tangente de la curva guía determina el eje local Z, la dirección especificada determina el eje local Y (*Figura 8.7*).
- **2nd Curve (Segunda curva):** con este ajuste, el eje local X del sistema de coordenadas es arrastrado a lo largo de la segunda curva (*Figura 8.7*). Si se establece este tipo de marco móvil, la caja de selección “Alignment Curve” (alineación de la curva) se activa.
- **Normal to surface (Normal a superficie):** se necesitan superficies sobre las que la perpendicular de la curva guía pueda caerse/dejarse caer. El eje local Y se alineará con la normal de la superficie (*Figura 8.7*). Si se establece este tipo de marco móvil, la caja de selección “Alignment Surface” (alineación de la superficie) se convierte en activo.

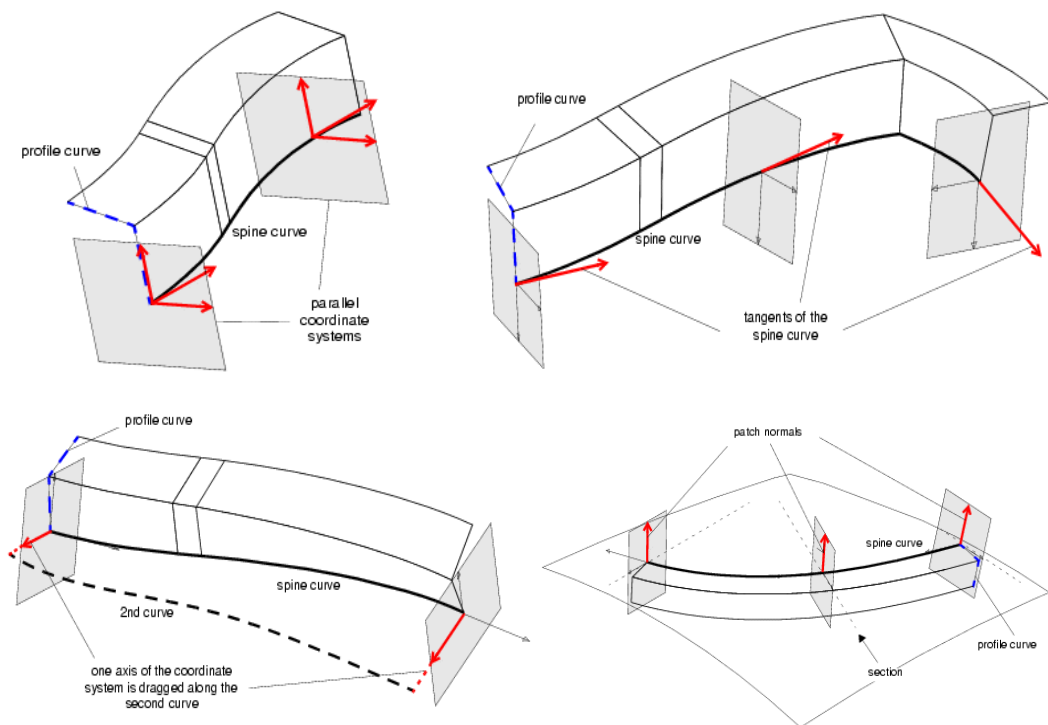


Figura 8.7 a) Parallel to plane b) Radial to guide c) 2nd Curve d) Normal to Surface.

- **Separate spine (Espina separada):** se puede definir otra curva como curva guía para el marco móvil.
- **Individual (Individual):** selección de cualquier curva como “Guide” (guía).

- **Guide (Guía) (en Sweep (Barrido) y Tubing (Tubos)):** la curva seleccionada como “Guide” (guía) será usada.
Edge 1 (Borde 1) (para Blend Surface (Superficie se Transición)): la curva seleccionada como “Edge 1” (borde 1) será usada.
- **Guide 2 (Guía 2) (en Sweep (Barrido)):** la curva seleccionada como “Guide 2” (guía 2) será usada.
Edge 2 (Borde 2) (para Blend Surface (Superficie se Transición)): La curva seleccionada como “Edge 2” (borde 2) será usada.

- **Priority (Prioridad):** se puede especificar que eje del sistema local de coordenadas (“Tangent” (tangencia) o “Direction” (dirección)) está seleccionado para usarse en el marco móvil.

Este comando se encuentra, por ejemplo, en el comando de “Flange” (reborde) de la barra de herramientas de “Surface Creation” (creación de superficies).