



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

TÉCNICAS DE FRESADO 2D CON MASTERCAM

Autor:

Pérez Martín, Mario

Tutor(es):

Delgado Urrecho, Javier

**CMIM/EGI/ICGF/IM/INGENIERÍA
DE LOS PROCESOS DE
FABRICACIÓN**

Valladolid, abril 2021

RESUMEN

En un espacio académico cada vez más globalizado y digitalizado, la implantación en las aulas de software de ámbito puramente industrial es ya un hecho notable. En consecuencia, se nos presenta el problema de tener que emplear los propios manuales técnicos, desarrollados para el mundo industrial, como material docente, lo que puede ser algo tedioso y complejo para la propia enseñanza.

Por ello, el siguiente trabajo de fin de grado pretende ser una guía lo más amplia y realista posible de las operaciones y estrategias de fresado de superficies 2D utilizadas por el programa Mastercam 2020 en su versión Demo-HLE. Centrándose en el contenido teórico y técnico necesario para la aplicación de dichas operaciones, dentro de un espacio de trabajo simulado, y los aspectos relacionados con sus módulos de simulación de cara al mecanizado final.

En las operaciones más relevantes y utilizadas en el ámbito industrial, se desarrollará después del contenido teórico un caso práctico que será objeto de estudio ante posibles problemas y soluciones derivados de dicha operación.

Palabras clave

Mastercam, fresado, mecanizado, CAM, simulación

ABSTRACT

In an increasingly globalised and digitalised academic space, the implementation of industrial software in the classroom has been notable. As a result, we are faced with the problema of having to use technical manuals themselves, developed for the industrial world as teaching material, which can be tedious and complex for the teaching.

For this reason, the following final degree project aims to be as comprehensive and realistic as a guide as possible to the 2D surface milling operations and strategies used by the Mastercam 2020 program in its Demo-HLE version. It focuses on the theoretical and technical content necessary for the application of these operations, within a simulated workspace, and the aspects related to its simulation modules with a view to the final machining.

In the most relevant operations used in the industrial field, a practical case study will be developed after the theoretical content, which will be the object of study when facing possible problems and solutions derived from that operation.

Keywords

Mastercam, milling, machining, CAM, simulation

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	15
1.1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.2. OBJETIVOS.....	16
1.3. ESTRUCTURA.....	16
2. HISTORIA DE LA FRESADORA	19
3. MASTERCAM. GESTOR DE TRAYECTORIAS DE HERRAMIENTAS	27
4. MASTERCAM. PROPIEDADES DE GRUPO DE MÁQUINAS	35
4.1. ARCHIVOS.....	35
4.2. CONFIGURACION HERRAMIENTAS.....	37
4.3. CONFIGURACION DE MATERIAL EN BRUTO (STOCK).....	39
5. MASTERCAM. SISTEMA DE COORDENADAS DE TRABAJO (SCT) Y PLANOS	43
6. MASTERCAM. TRAZADO (BACKPLOT)	47
7. MASTERCAM. MASTERCAM SIMULATOR	49
8. MASTERCAM. FRESADO 2D	57
8.1. GENERALIDADES.....	57
8.1.1. Selección de trayectorias.....	57
8.1.2. Tipo de trayectoria.....	66
8.1.3. Herramienta.....	68
8.1.4. Porta-herramienta.....	71
8.1.5. Material en bruto.....	73
8.1.6. Parámetros de vinculación.....	74
8.1.7. Compensación de punta.....	78
8.1.8. Origen/Puntos de referencia.....	79
8.1.9. Zona de seguridad.....	80
8.1.10. Filtro/Tolerancia de arco.....	80
8.1.11. Planos.....	85
8.1.12. Refrigerante.....	86
8.1.13. Texto fijo.....	86
8.1.14. Valores misceláneos.....	87
8.1.15. Control de ejes.....	88
8.1.16. Parámetros de corte.....	88
8.1.16.1 Cortes en profundidad.....	89
8.1.16.2. Entrada/Salida.....	91
8.1.16.3. Atravesar.....	94
8.1.16.4. Pasadas múltiples.....	94
8.2. PLANEADO.....	98

8.3. TALADRADO	109
8.4. CAJERA.....	115
8.5. CONTORNO	141
8.6. ALTA VELOCIDAD 2D.....	164
8.6.1. FRESADO DINAMICO	164
8.6.2. CONTORNO DINAMICO.....	180
8.6.3. FRESADO DE AREA.....	192
8.6.4. FRESADO ACANALADO	209
8.6.5. FRESADO DE TRANSICION.....	216
8.7. FRESA PARA RANURAS EN T	229
8.8. CHAFLAN DE MODELO	235
8.9. GRABAR	240
8.10. FRESADO DE MBC.....	255
8.11. TALADRADO DE MBC.....	282
8.12 TRAYECTORIAS CIRCULARES.....	291
8.12.1. FRESADO CIRCULAR.....	291
8.12.2. FRESADO DE ROSCA.....	293
8.12.3. TALADRADO AUTOMATICO	295
8.12.4. TALADRADO AGUJEROS PREVIOS O AGUJERO DE INICIO	296
8.12.5. MANDRINADO HELICOIDAL.....	296
8.13. TRANSFORMAR	298
8.14. ENTRADA MANUAL	300
8.15. PUNTO.....	300
8.16. AJUSTAR	300
8.17. ESTRUCTURA ALAMBRICA	301
8.17.1. REGLADO.....	302
8.17.2. ROTADO	303
8.17.3. BARRIDO 2D.....	304
8.17.4. BARRIDO 3D.....	305
8.17.5. PARCHE COONS	306
8.17.6. RECUBIERTO.....	307
9. CONCLUSIONES	309
10. BIBLIOGRAFÍA.....	311

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1 – Fresadora de 1818 conservada en el Museo de Ingeniería Mecánica de Yale. [1]	19
Figura 2 – Fresadora de la compañía "Brown & Sharpe" [2]	20
Figura 3 – Fresadora "Series I. Milling machines. Bridgeport" [3].....	21
Figura 4 – Máquina CNC en la Feria Nacional Machine Tool Show de 1955 [4]	23
Figura 5 – Fresadora CNC MAHO MH600P fabricada en 1983 en muy buen estado de conservación. [5]	24
Figura 6 – Consola de mandos de la Fresadora CNC MAHO MH600P [5]	25
Figura 7 – Centro de mecanizado DOOSAN DNM 4000 [6]	26
Figura 8 – Gestor de trayectorias de herramientas	29
Figura 9 – Propiedades de grupo de máquinas. Archivos.	35
Figura 10 – Biblioteca de herramientas. Administrador de herramientas.	36
Figura 11 – Propiedades de grupo de máquinas. Configuración de herramientas.	37
Figura 12 – Propiedades de grupo de máquinas. Configuración de material en bruto.....	40
Figura 13 – Gestor de Planos y Sistema de Coordenadas de Trabajo.	44
Figura 14 – Detalles de trazado. Trazado.....	47
Figura 15 – Información de trazado. Trazado.....	48
Figura 16 – Mastercam Simulator.....	49
Figura 17 – Lista de movimientos. Mastercam Simulator.....	50
Figura 18 – Análisis de trayectoria. Mastercam Simulator.....	51
Figura 19 – Análisis de trayectoria. Operación. Mastercam Simulator.....	51
Figura 20 – Análisis de trayectoria. Herramienta. Mastercam Simulator.....	52
Figura 21 – Análisis de trayectoria. Velocidad de avance. Mastercam Simulator.	52
Figura 22 – Análisis de trayectoria. Longitud de segmento. Mastercam Simulator.	53
Figura 23 – Informe de colisiones.Colisión debida a la trayectoria. Mastercam Simulator.	53
Figura 24 – Informe de colisiones. Colisión debida a alturas relativas. Mastercam Simulator.	54
Figura 25 – Controlador de ejes. Mastercam Simulator.....	54
Figura 26 – Modo estructura alámbrica. Encadenamiento de estructuras alámbricas y sólidas.....	59
Figura 27 – Modo sólido. Encadenamiento de estructuras alámbricas y sólidas.....	60
Figura 28 – Geometría de cadena. Opciones de cadena.	61
Figura 29 – Definición de trayectoria de agujero.	63
Figura 30 – Árbol de Parámetros de operación.....	65
Figura 31 – Configuración de vista rápida.	65
Figura 32 – Tipo de trayectoria. Operaciones definidas con Encadenamiento alámbrico y sólido.	66
Figura 33 – Tipo de trayectoria. Operaciones definidas con Definición de trayectoria de agujeros.	67

Figura 34 – Tipo de trayectoria. Operaciones definidas con Opciones de cadena.....	67
Figura 35 – Herramientas de operación.....	68
Figura 36 – Herramientas de biblioteca. Herramientas de operación.....	69
Figura 37 – Filtro. Herramientas de biblioteca.	69
Figura 38 – Calculadora de velocidad de avance.....	70
Figura 39 – Definición de porta-herramientas.....	72
Figura 40 – Porta-herramienta de operación.....	72
Figura 41 – Material en bruto de operación.	73
Figura 42 – Material en bruto de operaciones de penetración.....	74
Figura 43 – Parámetros de vinculación.....	76
Figura 44 – Parámetros de vinculación. Operación de taladrado.....	77
Figura 45 – Calculadora de profundidad. Parámetros de vinculación. Taladrado.....	78
Figura 46 – Compensación de punta. Parámetros de vinculación.....	79
Figura 47 – Origen/Puntos de referencia. Parámetros de vinculación.....	80
Figura 48 – Filtro/Tolerancia de arco.....	81
Figura 49 – Detalle comparando el acabado para distintas Tolerancias de corte. Filtro/Tolerancia de arco.....	81
Figura 50 – Detalle mecanizado final. Configuración de suavizado 1. Filtro/Tolerancia de arco.....	83
Figura 51 – Configuración de suavizado 1. Filtro/Tolerancia de arco.....	83
Figura 52 – Detalle mecanizado final. Configuración de suavizado 2. Filtro/Tolerancia de arco.....	84
Figura 53 – Configuración de suavizado 2. Filtro/Tolerancia de arco.....	84
Figura 54 – Planos.....	85
Figura 55 – Detalle Refrigerante.....	86
Figura 56 – Valores misceláneos.....	87
Figura 57 – Cortes en profundidad. Parámetros de corte.....	89
Figura 58 – Dirección de corte. Cortes en profundidad.....	90
Figura 59 – Detalle Planeado de isla. Cortes en profundidad. Parámetros de corte.....	91
Figura 60 – Entrada/Salida. Parámetros de corte.....	92
Figura 61 – Atravesar. Parámetros de corte.....	94
Figura 62 – Pasadas múltiples. Parámetros de corte.....	95
Figura 63 – Parámetros de corte. Planeado.....	98
Figura 64 – Estilo de corte. Parámetros de corte. Planeado.....	99
Figura 65 – Dirección de avance y sentido de giro de la herramienta. Planeado.....	100
Figura 66 – Parámetros de corte. Caso práctico 1. Planeado.....	102
Figura 67 – Detalle de la trayectoria de Planeado. Caso práctico 1. Planeado.....	103
Figura 68 – Parámetros de corte. Caso práctico 2. Planeado.....	104
Figura 69 – Detalle de la trayectoria de Planeado. Caso práctico 2. Planeado.....	105
Figura 70 – Parámetros de corte. Caso práctico 3. Planeado.....	106
Figura 71 – Detalle de la trayectoria de Planeado. Caso práctico 3. Planeado.....	106
Figura 72 – Parámetros de corte. Caso práctico 4. Planeado.....	107

Figura 73 – Detalle de la trayectoria de Planeado. Caso práctico 4. Planeado.	108
Figura 74 – Parámetros de corte. Taladrado.	109
Figura 75 – Detalle Broca/Contramandrinado. Parámetros de corte. Taladrado.	110
Figura 76 – Detalle Taladrado de picoteado. Parámetros de corte. Taladrado.	110
Figura 77 – Detalle Rotura viruta. Parámetros de corte. Taladrado.	111
Figura 78 – Detalle Roscar. Parámetros de corte. Taladrado.	111
Figura 79 – Detalle Rigid Tapping Cycle. Parámetros de corte. Taladrado.	112
Figura 80 – Detalle Mandrinado modelo 1. Parámetros de corte. Taladrado.	112
Figura 81 – Detalle Mandrinado modelo 2. Parámetros de corte. Taladrado.	113
Figura 82 – Detalle Mandrinado modelo 3. Parámetros de corte. Taladrado.	113
Figura 83 – Detalle Ciclo personalizado. Parámetros de corte. Taladrado.	114
Figura 84 – Parámetros de corte. Cajera.	115
Figura 85 – Detalle Planeado de isla. Parámetros de corte. Cajera.	116
Figura 86 – Detalle Remecanizado. Parámetros de corte. Cajera.	117
Figura 87 – Detalle Abierto. Parámetros de corte. Cajera.	119
Figura 88 – Dirección de avance y sentido de giro de la herramienta. Cajera.	120
Figura 89 – Detalle Métodos de corte. Desbaste. Parámetros de corte. Cajera.	121
Figura 90 – Desbaste. Parámetros de corte. Cajera.	121
Figura 91 – Movimiento de ingreso en rampa. Desbaste. Parámetros de corte. Cajera.	123
Figura 92 – Movimiento de ingreso en hélice. Desbaste. Parámetros de corte. Cajera.	124
Figura 93 – Acabado. Parámetros de corte. Cajera.	125
Figura 94 – Árbol de operaciones. Caso práctico. Cajera.	128
Figura 95 – Pieza de inicio. Caso práctico. Cajera.	129
Figura 96 – Parámetros de corte. Planeado de isla. Caso práctico. Cajera.	130
Figura 97 – Desbaste. Parámetros de corte. Planeado de isla. Caso práctico. Cajera.	130
Figura 98 – Acabado. Parámetros de corte. Planeado de isla. Caso práctico. Cajera.	131
Figura 99 – Detalle primera pasada en profundidad. Planeado en isla. Caso práctico. Cajera.	131
Figura 100 – Detalle segunda y sucesivas pasadas en profundidad. Planeado en isla. Caso práctico. Cajera.	132
Figura 101 – Resultado final tras mecanizado Planeado en isla. Caso práctico. Cajera.	132
Figura 102 – Parámetros de corte. Cajera estándar. Caso práctico. Cajera.	133
Figura 103 – Desbaste. Parámetros de corte. Cajera estándar. Caso práctico. Cajera.	134
Figura 104 – Movimiento de ingreso en rampa. Desbaste. Parámetros de corte. Cajera estándar. Caso práctico. Cajera.	134

Figura 105 – Detalle pasada de Desbaste. Cajera Estándar. Caso práctico. Cajera.	135
Figura 106 – Parámetros de corte. Remecanizado. Caso práctico. Cajera. .	136
Figura 107 – Detalle Área mecanizable para herramienta de desbaste. Mostrar material en bruto. Remecanizado. Caso práctico. Cajera.	136
Figura 108 – Detalle Área mecanizable para herramienta de acabado. Mostrar material en bruto. Remecanizado. Caso práctico. Cajera.	137
Figura 109 – Detalle Material en bruto restante. Mostrar material en bruto. Remecanizado. Caso práctico. Cajera.	137
Figura 110 – Detalle mecanizado final Remecanizado. Caso práctico. Cajera.	138
Figura 111 – Detalle mecanizado de cajera abierta sin emplear método de cajera abierta. Caso práctico. Cajera.	138
Figura 112 – Detalle mecanizado de cajera abierta sin emplear método de cajera abierta. Caso práctico. Cajera.	139
Figura 113 – Detalle mecanizado de cajera abierta empleando método de cajera abierta. Caso práctico. Cajera.	139
Figura 114 – Detalle mecanizado de cajera abierta empleando método de cajera abierta. Caso práctico. Cajera.	140
Figura 115 – Resultado mecanizado final. Caso práctico. Cajera.....	140
Figura 116 – Parámetros de corte. Contorno 2D.	141
Figura 117 – Detalle Parámetros de corte. Contorno chaflán 2D.	142
Figura 118 – Advertencia tipo de herramienta. Contorno chaflán 2D.	142
Figura 119 – Detalle Parámetros de corte. Contorno Rampa.	143
Figura 120 – Detalle Parámetros de corte. Contorno Remecanizado.	144
Figura 121 – Detalle Parámetros de corte. Contorno Oscilación.	146
Figura 122 – Pestañas. Contorno.	149
Figura 123 - Árbol de operaciones. Caso práctico. Contorno.....	150
Figura 124 – Pieza de inicio para el mecanizado de Contorno y geometría a mecanizar. Caso práctico. Contorno.	151
Figura 125 – Dirección de la cadena de selección de contorno (Sentido horario). Caso práctico. Contorno.....	151
Figura 126 – Parámetros de corte Contorno 2D, Dirección de compensación – Derecha. Caso práctico. Contorno.....	152
Figura 127 – Resultado del mecanizado para los parámetros de corte a derechas. Caso práctico. Contorno.	152
Figura 128 – Parámetros de corte Contorno 2D, Dirección de compensación – Izquierda. Caso práctico. Contorno.	153
Figura 129 – Resultado del mecanizado para los parámetros de corte a izquierdas. Caso práctico. Contorno.	154
Figura 130 – Detalle primera profundidad de corte aumentando una pasada el desbaste. Caso práctico. Contorno.	155
Figura 131 – Resultado final para dos pasadas de desbaste. Caso práctico. Contorno.....	155
Figura 132 – Parámetros de corte. Remecanizado. Caso práctico. Contorno.	156
Figura 133 – Detalle de la trayectoria de Remecanizado. Caso práctico. Contorno.....	156

Figura 134 – Resultado mecanizado final. Remecanizado. Caso práctico. Contorno.	157
Figura 135 – Parámetros de corte. Rampa. Caso práctico. Contorno.	158
Figura 136 – Vista de la trayectoria generada para un contorno en Rampa. Caso práctico. Contorno.	158
Figura 137 – Vista lateral de la trayectoria generada para un contorno en Rampa. Caso práctico. Contorno.	159
Figura 138 – Parámetros de corte. Eliminación opción Linealizar hélices. Caso práctico. Contorno.	159
Figura 139 – Resultado mecanizado final tras corrección de la linealización de las hélices. Caso práctico. Contorno.	160
Figura 140 – Parámetros de corte. Fresa chaflán. Chaflán 2D. Caso práctico. Contorno.	161
Figura 141 – Detalle de mecanizado Chaflán 2D en el inicio de su trayectoria. Caso práctico. Contorno.	161
Figura 142 – Resultado mecanizado final de un contorno con fresa chaflán. Chaflán 2D. Caso práctico. Contorno.	162
Figura 143 – Parámetros de corte. Fresa tórica. Chaflán 2D. Caso práctico. Contorno.	162
Figura 144 – Resultado mecanizado final de un contorno con fresa tórica. Chaflán 2D. Caso práctico. Contorno.	163
Figura 145 – Parámetros de corte. Fresado dinámico.	164
Figura 146 – Movimiento de ingreso. Fresado dinámico.	167
Figura 147 – Método de entrada. Únicamente hélice.	168
Figura 148 – Método de entrada. Hélice seguida de enterramiento central completo.	168
Figura 149 – Método de entrada. Hélice seguida de trocoide central.	168
Figura 150 – Método de entrada. Perfil.	169
Figura 151 – Método de entrada. Central.	169
Figura 152 – Método de entrada. Personalizado; usar cadena de entrada.	169
Figura 153 – Método de entrada. Solo penetrar.	170
Figura 154 – Parámetros de corte. Caso práctico. Fresado dinámico 1.	172
Figura 155 – Detalle primera pasada en profundidad. Mecanizado exterior. Caso práctico. Fresado dinámico 1.	172
Figura 156 – Pieza tras Fresado dinámico exterior. Caso práctico. Fresado dinámico 1.	173
Figura 157 – Detalle movimiento de ingreso. Fresado dinámico interior. Caso práctico. Fresado dinámico 1.	174
Figura 158 – Resultado pieza final. Caso práctico. Fresado dinámico 1.	174
Figura 159 – Parámetros de corte. Caso práctico. Fresado dinámico 2.	175
Figura 160 – Cortes en profundidad. Caso práctico. Fresado dinámico 2.	176
Figura 161 – Primera pasada en profundidad. Caso práctico. Fresado dinámico 2.	177
Figura 162 – Detalle segunda pasada en profundidad. Caso práctico. Fresado dinámico 2.	177
Figura 163 – Detalle tercera pasada en profundidad. Caso práctico. Fresado dinámico 2.	178
Figura 164 – Detalle vista superior pieza después del Fresado dinámico 2. Caso práctico.	179

Figura 165 – Parámetros de corte. Contorno dinámico.....	180
Figura 166 – Pared de contorno. Contorno dinámico.	183
Figura 167 – Parámetros de Acabado. Contorno dinámico.....	184
Figura 168 – Parámetros de corte. Caso práctico. Contorno dinámico 1....	186
Figura 169 – Detalle perfilado isla. Caso práctico. Contorno dinámico 1. ...	186
Figura 170 – Detalle inicio segunda pasada en profundidad. Caso práctico. Contorno dinámico 1.....	187
Figura 171 – Pieza final. Caso práctico. Contorno dinámico 1.....	187
Figura 172 – Árbol de operaciones. Caso práctico. Contorno dinámico 2....	188
Figura 173 – Anulación parámetros de Pared de contorno. Caso práctico. Contorno dinámico 2.....	189
Figura 174 – Detalle segunda pasada en profundidad sin Pared de contorno. Caso práctico. Contorno dinámico 2.	189
Figura 175 – Parámetros de Pared de contorno. Caso práctico. Contorno dinámico 2.	190
Figura 176 – Detalle primera pasada con Pared de contorno. Caso práctico. Contorno dinámico 2.....	190
Figura 177 – Detalle continuación primera pasada con Pared de contorno. Caso práctico. Contorno dinámico 2.	191
Figura 178 – Comparación de ambas piezas finales. Pared de contorno. Caso práctico. Contorno dinámico 2.	191
Figura 179 – Parámetros de corte. Fresado de área.	192
Figura 180 – Dirección de avance y sentido de giro de la herramienta.	193
Figura 181 – Minimizar enterramiento. Movimiento trocoidal. Parámetros de corte. Fresado de área.	195
Figura 182 – Transiciones. Parámetros de corte. Fresado de área.	196
Figura 183 – Entrada/Salida de TAV. Parámetros de vinculación. Fresado de área.....	198
Figura 184 – Árbol de operaciones. Caso práctico. Fresado de área.	199
Figura 185 – Parámetros de corte. Caso práctico. Fresado de área 1.	200
Figura 186 – Material en bruto y herramienta de planear. Posición de inicio. Caso práctico. Fresado de área 1.	200
Figura 187 – Detalle primera pasada de corte. Caso práctico. Fresado de área 1.....	201
Figura 188 – Pieza una vez terminada la primera operación de Fresado de área. Caso práctico. Fresado de área 1.....	201
Figura 189 – Parámetros de corte. Caso práctico. Fresado de área 2.	202
Figura 190 – Detalle segunda pasada de corte. Caso práctico. Fresado de área 2.	202
Figura 191 – Pieza una vez terminada la segunda operación de Fresado de área. Caso práctico. Fresado de área 2.....	203
Figura 192 – Material en bruto. Caso práctico. Fresado de área 3.	204
Figura 193 – Detalle salida de la herramienta Remecanizado fresado de área . Caso práctico. Fresado de área 3.	204
Figura 194 – Transiciones. Caso práctico. Fresado de área 4.	205
Figura 195 – Detalle durante el mecanizado interno de la cajera con isla. Caso práctico. Fresado de área 4.	205
Figura 196 – Fresado interno de área. Caso práctico. Fresado de área 4...	206
Figura 197 – Material en bruto. Caso práctico. Fresado de área 5.	207

Figura 198 – Transiciones. Caso práctico. Fresado de área 5.....	207
Figura 199 – Detalle primera pasada en profundidad Remecanizado fresado de área. Caso práctico. Fresado de área 5.....	208
Figura 200 – Pieza final. Caso práctico. Fresado de área 5.....	208
Figura 201 – Parámetros de corte. Fresado acanalado.....	209
Figura 202 – Pasadas de acabado. Parámetros de corte. Fresado acanalado.	212
Figura 203 – Parámetros de corte. Caso práctico. Fresado acanalado.	214
Figura 204 – Detalle inicio segundo canal. Caso práctico. Fresado acanalado.	214
Figura 205 – Detalle superficies de acabado punto central. Caso práctico. Fresado acanalado.	215
Figura 206 – Pieza final. Caso práctico. Fresado acanalado.	215
Figura 207 – Parámetros de corte. Fresado de transición.....	216
Figura 208 – Pasadas de acabado. Parámetros de corte. Fresado acanalado.	219
Figura 209 – Parámetros de corte. Caso práctico. Fresado de transición 1.....	221
Figura 210 – Detalle punto de cambio en la dirección de mecanizado. Caso práctico. Fresado de transición 1.	221
Figura 211 – Superficie final. Caso práctico. Fresado de transición 1.....	222
Figura 212 – Parámetros de corte. Caso práctico. Fresado de transición 2.....	222
Figura 213 – Detalle mecanizado en una dirección. Caso práctico. Fresado de transición 2.....	223
Figura 214 – Superficie final. Caso práctico. Fresado de transición 2.....	223
Figura 215 – Selección cadena 1. Caso práctico. Fresado de transición 3.	224
Figura 216 – Detalle mecanizado selección cadena 1. Caso práctico. Fresado de transición 3.....	224
Figura 217 – Superficie final selección cadena 1. Caso práctico. Fresado de transición 3.....	225
Figura 218 – Selección cadena 2. Caso práctico. Fresado de transición 3.	226
Figura 219 – Detalle mecanizado selección cadena 2. Caso práctico. Fresado de transición 3.....	226
Figura 220 – Superficie final selección cadena 2. Caso práctico. Fresado de transición 3.....	227
Figura 221 – Pieza final. Caso práctico. Fresado de transición 3.....	228
Figura 222 – Parámetros de corte. Fresa para ranuras en T.....	229
Figura 223 – Barrido de arco de entrada/salida de 0°. Parámetros de corte. Fresa para ranuras en T.	231
Figura 224 – Barrido de arco de entrada/salida de 45°. Parámetros de corte. Fresa para ranuras en T.	231
Figura 225 – Barrido de arco de entrada/salida de 60°. Parámetros de corte. Fresa para ranuras en T.	232
Figura 226 – Barrido de arco de entrada/salida de 90°. Parámetros de corte. Fresa para ranuras en T.	232
Figura 227 – Barrido de arco de entrada/salida de 135°. Parámetros de corte. Fresa para ranuras en T.	232
Figura 228 – Barrido de arco de entrada/salida de 180°. Parámetros de corte. Fresa para ranuras en T.	233
Figura 229 – Desbaste/Acabado. Fresa para ranuras en T.	234

Figura 230 – Advertencia tipo de herramienta. Chaflán de modelo.	235
Figura 231 – Entrada/Salida. Parámetros de corte. Chaflán de modelo.	236
Figura 232 – Parámetros de vinculación. Chaflán de modelo.....	237
Figura 233 – Pieza de inicio para el mecanizado de Chaflán de modelo. Caso práctico.....	238
Figura 234 – Parámetros de corte. Caso práctico. Chaflán de modelo.	238
Figura 235 – Detalle de mecanizado con la operación Chaflán de modelo en el contorno interno. Caso práctico.	239
Figura 236 – Detalle de mecanizado con la operación Chaflán de modelo en el contorno externo. Caso práctico.....	239
Figura 237 – Resultado mecanizado final. Caso práctico. Chaflán de modelo.	239
Figura 238 – Parámetros de trayectoria. Grabado.....	240
Figura 239 – Parámetros de grabado. Grabado.....	241
Figura 240 – Desbaste/Acabado. Grabado.	242
Figura 241 – Árbol de operaciones. Caso práctico. Grabado.	244
Figura 242 – Material en bruto de partida. Caso práctico. Grabado.	244
Figura 243 – Pieza mecanizada con las operaciones previas al Grabado. Caso práctico.....	245
Figura 244 – Pieza tras Cajado de desbaste. Caso práctico. Grabado.....	246
Figura 245 – Geometría de herramienta. Grabado. Caso práctico.	247
Figura 246 – Parámetros de grabado. Caso práctico. Grabado 1.....	248
Figura 247 – Parámetros de Desbaste/Acabado. Caso práctico. Grabado 1.	249
Figura 248 – Detalle del Desbaste durante el mecanizado del Grabado 1. Caso práctico.	249
Figura 249 – Detalle de la geometría acabada. Grabado 1. Caso práctico..	250
Figura 250 – Parámetros de grabado. Caso práctico. Grabado 2.....	251
Figura 251 – Cortes en profundidad. Parámetros de grabado. Caso práctico. Grabado 2.	251
Figura 252 – Desbaste/Acabado. Caso práctico. Grabado 2.	252
Figura 253 – Detalle de la primera pasada de Corte en profundidad. Caso práctico. Grabado 2.....	253
Figura 254 – Detalle de la segunda pasada de Corte en profundidad. Caso práctico. Grabado 2.....	253
Figura 255 – Pieza final. Caso práctico. Grabado.	254
Figura 256 – Configuración. Parámetros. Fresado de MBC.....	255
Figura 257 – Detección de características. Parámetros. Fresado de MBC..	256
Figura 258 – Herramientas de planeado. Fresado de MBC.	257
Figura 259 – Herramientas de desbaste. Fresado de MBC.....	258
Figura 260 – Herramientas de acabado. Fresado de MBC.....	259
Figura 261 – Planeado. Parámetros de corte. Fresado de MBC.	260
Figura 262 – Desbaste. Parámetros de corte. Fresado de MBC.	261
Figura 263 – Fresado de material restante. Parámetros de corte. Fresado de MBC.	262
Figura 264 – Acabado de piso. Parámetros de corte. Fresado de MBC.	262
Figura 265 – Acabado de pared. Parámetros de corte. Fresado de MBC. ...	263
Figura 266 – Selección del tipo de Fresado de agujeros. Parámetros de corte. Fresado de MBC.	264

Figura 267 – Fresado circular. Fresado de agujeros. Parámetros de corte. Fresado de MBC.....	264
Figura 268 – Mandrinado helicoidal. Fresado de agujeros. Parámetros de corte. Fresado de MBC.	265
Figura 269 – Parámetros de vinculación. Fresado de MBC.	266
Figura 270 – Características. Fresado de MBC.....	267
Figura 271 – Detección de característica. Configuración. Parámetros. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.	268
Figura 272 – Herramientas de planeado. Configuración. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.....	268
Figura 273 – Herramienta de desbaste. Configuración. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.	269
Figura 274 – Herramienta de fresado de material restante. Configuración. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.....	269
Figura 275 – Herramienta de acabado. Configuración. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.	270
Figura 276 – Parámetros de corte de Planeado. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.	270
Figura 277 – Parámetros de corte de Desbaste. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.	271
Figura 278 – Parámetros de corte de Fresado de material restante. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.....	271
Figura 279 – Parámetros de corte de Acabado de pared. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.....	272
Figura 280 – Parámetros de vinculación. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.	272
Figura 281 – Lista de Características. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.	273
Figura 282 – Configuración, agrupar por minimización de cambio de herramienta. Parámetros. Caso práctico. Fresado de MBC 1.	273
Figura 283 – Árbol de trayectorias para una agrupación por herramientas. Caso práctico. Fresado de MBC 1.....	274
Figura 284 – Material en bruto con Fresa de planear. Caso práctico. Fresado de MBC 1.	275
Figura 285 – Lista de movimientos. Fresa de planear. Caso práctico. Fresado de MBC 1.	275
Figura 286 – Fresa de desbaste. Caso práctico. Fresado de MBC 1.....	276
Figura 287 – Lista de movimientos. Fresa de desbaste. Caso práctico. Fresado de MBC 1.....	276
Figura 288 – Fresa de mecanizado de material restante. Caso práctico. Fresado de MBC 1.....	277
Figura 289 – Lista de movimientos. Fresa de mecanizado de material restante. Caso práctico. Fresado de MBC 1.....	277
Figura 290 – Fresa de acabado. Caso práctico. Fresado de MBC 1.....	278
Figura 291 – Lista de movimientos. Fresado de acabado. Caso práctico. Fresado de MBC 1.....	278
Figura 292 – Pieza final. Caso práctico. Fresado de MBC 1.	279
Figura 293 – Lista de movimientos. Pieza final. Caso práctico. Fresado de MBC 1.	279

Figura 294 – Configuración. Parámetros. Caso práctico. Fresado de MBC 2.	280
Figura 295 – Información de trayectoria. Lista de movimientos. Caso práctico. Fresado de MBC 2.	280
Figura 296 – Árbol de trayectorias para una agrupación Características y zonas. Caso práctico. Fresado de MBC 2.	281
Figura 297 – Configuración. Parámetros. Taladrado de MBC.	282
Figura 298 – Detección de agujeros. Parámetros. Taladrado de MBC.	283
Figura 299 – Taladrado de agujero guía. Parámetros. Taladrado de MBC... ..	284
Figura 300 – Pretaladrado. Parámetros. Taladrado de MBC.	285
Figura 301 – Fresado de agujeros. Parámetros. Taladrado de MBC.	286
Figura 302 – Fresado circular. Fresado de agujeros. Taladrado de MBC.	287
Figura 303 – Mandrinado helicoidal. Fresado de agujeros. Taladrado de MBC.	287
Figura 304 – Herramientas. Configuración. Taladrado de MBC.	288
Figura 305 – Parámetros de vinculación. Taladrado de MBC.	289
Figura 306 – Características. Fresado de MBC.	290
Figura 307 – Parámetros de corte. Fresado circular.	291
Figura 308 – Desbaste. Fresado circular.	292
Figura 309 – Acabado. Fresado circular.	292
Figura 310 – Parámetros de corte. Fresado de rosca.	294
Figura 311 – Parámetros de herramienta. Taladrado automático.	295
Figura 312 – Profundidades, grupo y biblioteca. Taladrado automático.	295
Figura 313 – Taladrado de agujeros previos	296
Figura 314 – Parámetros de corte. Mandrinado helicoidal.	297
Figura 315 – Desbaste/Acabado. Mandrinado helicoidal.	297
Figura 316 – Tipo y métodos. Parámetros de operación de transformación. Transformar.	298
Figura 317 - Girar. Parámetros de operación de transformación. Transformar.	299
Figura 318 – Parámetros de trayectoria. Estructura alámbrica.	302
Figura 319 – Parámetros de corte. Reglado. Estructura alámbrica.	303
Figura 320 – Parámetros de corte. Rotado. Estructura alámbrica.	304
Figura 321 – Parámetros de corte. Barrido 2D. Estructura alámbrica.	305
Figura 322 – Parámetros de corte. Barrido 3D. Estructura alámbrica.	306
Figura 323 – Parámetros de corte. Parche de coons. Estructura alámbrica.	307
Figura 324 – Parámetros de corte. Recubierto. Estructura alámbrica.	308

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ABREVIATURA	SIGNIFICADO
CN	Control Numérico
CNC	Control Numérico por Computación
CAD	Computer Aided Design (Diseño Asistido por Ordenador)
CAM	Computer Aided Manufacturing (Fabricación Asistida por Ordenador)
CCW	Counterclockwise (Rotación antihoraria)
CW	Clockwise (Rotación horaria)
SCT	Sistema de Coordenadas de Trabajo
PlanoH	Plano de Herramienta
PlanoC	Plano de Construcción
VistaG	Vista Gráfica
STL	STereoLithography
STEP	Standard for the Exchange of Product Data
TAV	Trayectoria de Alta Velocidad
MBC	Mecanizado Basado en Características

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo de fin de grado surge de la necesidad de crear una guía estructurada y amplia de las operaciones de fresado 2D utilizadas por el programa Mastercam 2020 en su versión Demo-HLE. Pretende servir de apoyo académico para el desarrollo de las materias impartidas por el departamento de Ingeniería de los Procesos de Fabricación de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid.

Desarrollado por la empresa CNC Software, Inc., Mastercam es uno de los software de CAD/CAM más reconocidos y populares de la industria del mecanizado y la fabricación por arranque de viruta. Cuenta con diferentes espacios de trabajo para cada una de las máquinas-herramienta empleadas en la industria real, estos espacios de trabajo están independizados dentro del programa. En el presente proyecto nos centraremos, como ya se ha dicho antes, en explicar cómo trabajan las operaciones de una máquina de fresado.

Hay que puntualizar que con esta versión Demo-HLE especialmente destinada para uso académico, ciertas herramientas o aplicaciones del programa no se pueden utilizar. Sin embargo, estas herramientas están enfocadas al postprocesado de los programas de mecanizado, como pueden ser la obtención del programa de control numérico o la herramienta de sondeo que comprueba las geometrías finales del mecanizado, y por tanto no afectan al desarrollo del presente proyecto.

Con el fin de tener agrupada toda la información posible de cada operación, se desarrollan de manera teórica todas las operaciones de fresado 2D. Por ello, aparecen algunos conceptos en las pestañas de *Parámetros de corte*, *Movimiento de ingreso*, *Desbaste* o *Acabado*, que suelen repetirse en varias operaciones. Los parámetros y pestañas comunes para todas las operaciones se agrupan en el capítulo *GENERALIDADES*, dentro del apartado de *FRESADO 2D*.

Para las operaciones más comunes y utilizadas en la industria, se desarrolla un *Caso práctico* al final de cada capítulo, mostrando en dichos casos prácticos diferentes supuestos para una misma operación y como trabajan los parámetros más relevantes de la operación descrita. Se ha procurado emplear casos lo más sencillos posibles para poder tratar de manera directa las características o fallos de la operación trabajada. Se ha pasado por alto la explicación de parámetros muy importantes para un mecanizado final exitoso como son: la herramienta y el porta herramienta, el número de pasadas, la

profundidad de pasada, movimientos de ingreso, entradas y salidas, alturas de desplazamiento de la herramienta o transiciones, entre otros, con el fin de aligerar el contenido de los casos prácticos.

Por último, enunciar que en los primeros capítulos se describen las herramientas empleadas por Mastercam para generar el espacio de trabajo simulado. Este espacio de trabajo simulado nos muestra a través de la visualización de las trayectorias, del material en bruto, de los planos de trabajo designado para las herramientas y del plano de trabajo de máquina, cómo se realizará el mecanizado programado y posibles fallos como colisiones de la herramienta o de arranques de material no deseados.

1.2. OBJETIVOS

Los objetivos que se buscarán en el siguiente trabajo son los siguientes:

- Definir todas las operaciones de fresado 2D utilizadas por Mastercam y profundizar en aquellas operaciones frecuentes en la industria de los procesos de fabricación.
- Diferenciar los parámetros más característicos que definen a cada operación, y agrupar en una sola sección los parámetros más comunes utilizados en la programación del mecanizado de las operaciones.
- Entender el espacio de trabajo simulado donde se muestra el programa de mecanizado programado, describiendo las herramientas de simulación, el gestor de operaciones y los grupos de máquinas.
- Emplear el presente trabajo como apoyo docente y académico en la rama de Procesos de Fabricación para ingenieros mecánicos y de diseño industrial.

1.3. ESTRUCTURA

El presente trabajo de fin de grado se estructura de la siguiente manera:

- **2. HISTORIA DE LA FRESADORA:** se cuenta de forma liviana la historia de la fresadora y cómo evoluciona hasta nuestros días.
- **3. MASTERCAM. GESTOR DE TRAYECTORIAS DE HERRAMIENTAS:** se explica la iconografía utilizada en el árbol de operaciones de Mastercam. Y el método de creación de operaciones dentro del árbol de operaciones.

1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS

- 4. *MASTERCAM. PROPIEDADES DE GRUPO DE MÁQUINAS*: se exponen los tres archivos utilizados por Mastercam para contener y gestionar la información del *Grupo de máquina*.
- 5. *MASTERCAM. SISTEMA DE COORDENADAS DE TRABAJO (SCT) Y PLANOS*: describe como trabaja Mastercam con los planos de herramienta y los planos de máquina. También se explica cómo editar o crear nuevos planos.
- 6. *MASTERCAM. TRAZADO (BACKPLOT)*: muestra cómo trabaja esta función rápida de simulación, y da detalle de la información mostrada en sus dos pestañas.
- 7. *MASTERCAM. MASTERCAM SIMULATOR*: define como funcionan los diferentes modos de simulación, y la información que el simulador nos otorga en sus múltiples pestañas.
- 8. *MASTERCAM. RESADO 2D*: parte central del trabajo. Se desarrollan todas las operaciones de Fresado 2D de manera teórica y se exponen algunos casos prácticos para las operaciones más empleadas en la industria.
- 9. *CONCLUSIONES*: contiene las conclusiones a las que se ha llegado tras la realización del trabajo.

2. HISTORIA DE LA FRESADORA

Se define el fresado como el movimiento circular continuo de una herramienta desplazándose sobre las superficies de una pieza sólida. Con esto se consigue generar un arranque de viruta al material, lo que permite obtener las geometrías de la pieza final.

La fresadora es la máquina herramienta más universal por su gran versatilidad y variedad de operaciones.

La primera fresadora manual se inventa en el siglo XVIII. El francés Jacques Vaucason buscaba perfeccionar el tallado de engranajes, y creó una fresadora accionada a pedal con un sistema de torno.

En 1818 el gobierno de los Estados Unidos encarga al fabricante de armas, Eli Whitney, la construcción de miles de fusiles para las fuerzas armadas. Al verse desbordado por tal volumen de trabajo, Eli decidió estudiar una fabricación en serie la cual solo era viable con la construcción de una máquina de fresar. Se construye por tanto la primera fresadora industrial.

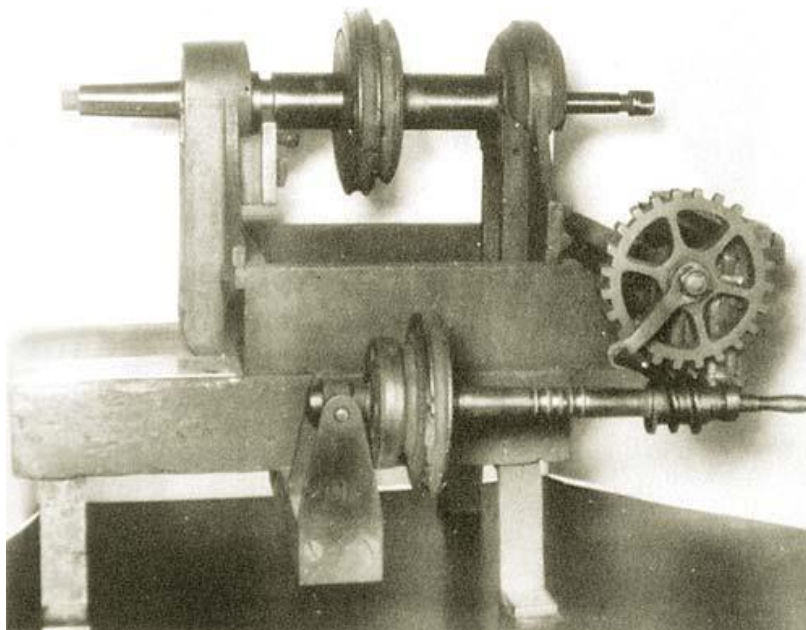


Figura 1 – Fresadora de 1818 conservada en el Museo de Ingeniería Mecánica de Yale. [1]

Al cabo de unos años, en 1820, Robert Johnson mejora la fresadora de Whitney, estableciendo un avance significativo en la técnica de fresado.

James Nasmyth, aprovechando la tecnología existente, diseña y crea un plato divisor para fresadoras. Lo que permite mecanizar tornillos de cabeza hexagonal con esta nueva tecnología.

En 1848, el ingeniero de diseño Frederick W. Howe, diseña y fabrica una fresadora para la empresa Robbins & Lawrence. La primera fresadora capaz de copiar perfiles, lo que agiliza los tiempos de mecanizado y fabricación.

A la vez, Thomas Warner presenta al mundo la fresadora “Lincoln”, la cual incorporaba un carnero cilíndrico regulable en sentido vertical. Esta fresadora resultaba muy práctica y versátil, por lo que se vuelve muy popular en la época.

La empresa inglesa “Sharp, Stewart & Co” construye en 1857 la primera fresadora vertical. Una de estas fresadoras aún se conserva en el Museo de Artes y Oficios de París.

En la Exposición Universal de París de 1867, se expone la primera fresadora universal equipada con plato divisor, capaz de mecanizar engranajes rectos y helicoidales. Esta fresadora fue fabricada por la empresa “Brown & Sharpe” en 1853, y llegó a exponerse en París gracias a la iniciativa y certificación de Howe.

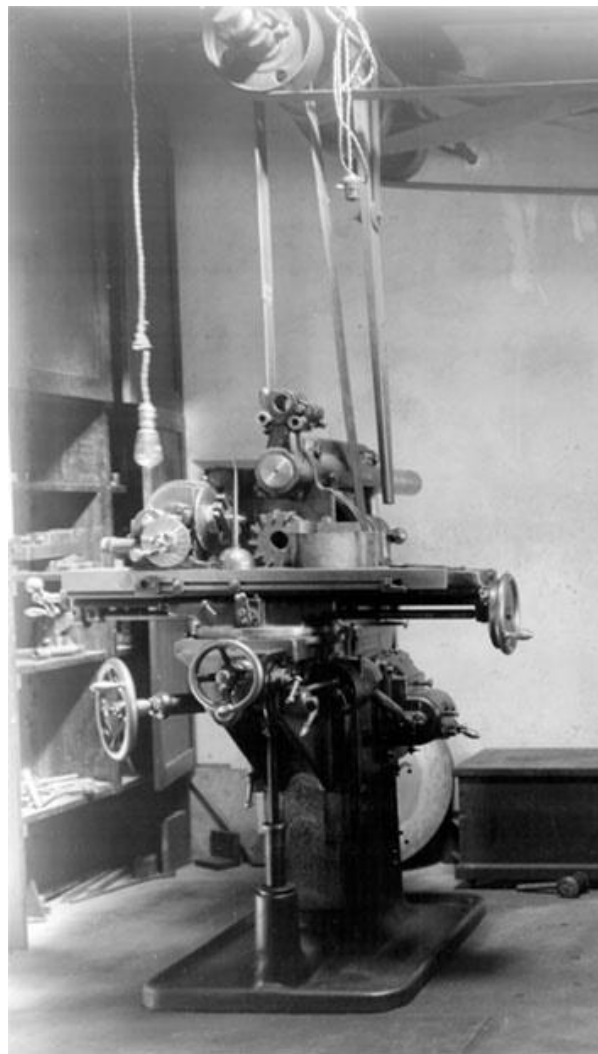


Figura 2 – Fresadora de la compañía "Brown & Sharpe" [2]

2. HISTORIA DE LA FRESADORA

En 1874, el francés Pierre Philippe Huré, diseña y construye una fresadora de doble husillo, lo que permite posicionar la mesa vertical y horizontalmente mediante el giro manual de los husillos.

Veinte años más tarde, R. Huré diseña un ingenioso cabezal universal capaz de posicionar la herramienta en un rango variado de posiciones, lo que lleva a poder realizar diferentes mecanizados en la misma maquina y con la misma herramienta. Este cabezal ha evolucionado hasta nuestros días, y es uno de los accesorios más empleados en la fabricación mecánica con fresadora.

En 1938 se constituye, en el estado de Connecticut, la empresa Bridgeport Machines, Inc., esta empresa consigue volverse muy popular con el paso de las décadas gracias a sus fresadoras verticales de tamaño mediano y tamaño pequeño.



Figura 3 – Fresadora "Series I. Milling machines. Bridgeport" [3]

En la década de los años 40, John T. Parsons y Frank L. Stulen, desarrollan las bases del Control Numérico por Computadora (CNC). El concepto de control numérico nace de la necesidad de solventar los problemas de repetitividad en

el mecanizado de piezas de aviación, más concretamente de las hélices de un helicóptero.

Dichos problemas se resolvieron extrayendo los puntos de la trayectoria que la herramienta generaba sobre la geometría de la pieza, e introduciéndolos en una máquina automática mediante tarjetas perforadas. Esto permitió que la herramienta siguiera siempre las mismas trayectorias, y la repetitividad asociada al proceso se redujo al mínimo.

Se puede definir, por tanto, que el Control Numérico por Computadora supone el uso de datos en un sistema de referencia de la posición relativa de una herramienta respecto al sólido a mecanizar. Y que dicha herramienta se desplazará entre puntos de la trayectoria para conformar mediante el mecanizado la pieza final.

Ya en la década de los años 50, más concretamente en 1952, el Instituto de Tecnología de Massachussets (MIT) expone exitosamente un modelo de máquina de control numérico actual. Las trayectorias de la herramienta ya no solo pueden ser linealmente de punto a punto, sino que ahora se pueden interpolar lineal y circularmente, lo que posibilita aún más el rango de uso de las fresadoras por control numérico.

En 1955 se exhiben y comercializan las primeras fresadoras por control numérico en la feria nacional Machine Tool Show. Ya a finales de los años 50 el control numérico está establecido en la industria como la línea de futuro del mecanizado gracias en gran parte a la creación de la tecnología y de sistemas de cambio automático de herramienta, lo que más adelante evolucionaría en los actuales centros de mecanizado por control numérico.

2. HISTORIA DE LA FRESADORA

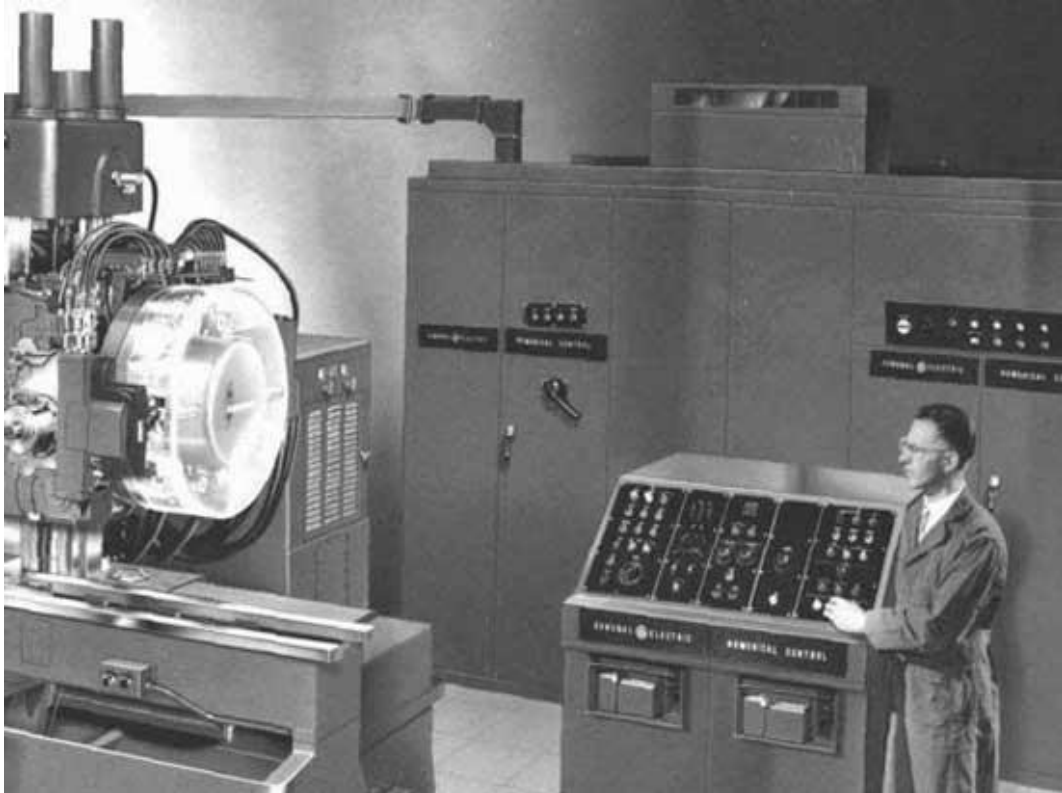


Figura 4 - Máquina CNC en la Feria Nacional Machine Tool Show de 1955 [4]

En 1960 el Instituto de Tecnología de Massachussets (MIT) desarrolla un sistema que permite gestionar de forma automática las condiciones de corte, desgaste y vida de la herramienta en función de unos parámetros.

En ese año se construye la primera fresadora de control numérico con cambio automático y autorregulable. Es el primer centro de mecanizado que sienta las bases para las máquinas actuales controladas por control numérico.

En 1968 se desarrolla el primer control directo a máquina, este control soporta y maneja varios controles desde una computadora central.

Gracias al progreso de los ordenadores y a que la industrial del metal cada vez investigaba más uniendo estas dos tecnologías, en 1972 ve la luz el primer Control Numérico por Computadora (CNC) tal y como lo conocemos hoy en día. Este CNC ya era capaz de interpretar ecuaciones matemáticas y calcular las trayectorias y desplazamientos óptimos necesarios para mecanizar la pieza.



Figura 5 - Fresadora CNC MAHO MH600P fabricada en 1983 en muy buen estado de conservación. [5]

2. HISTORIA DE LA FRESADORA



Figura 6 – Consola de mandos de la Fresadora CNC MAHO MH600P [5]

Se consigue con estos nuevos CNC controlar holguras, deformaciones, desfases y vibraciones y solventarlas mediante la interacción con unos parámetros establecidos.

Hoy en día, los sistemas de CNC ya están perfectamente integrados con programas de diseño y fabricación asistida por ordenador (CAD/CAM)

El mundo de las máquinas CNC y de los sistemas CAD/CAM está en continua evolución. Es común encontrar máquinas capaces de trabajar hasta con 7 ejes distintos a la vez. Esto permite la fabricación y mecanizado de piezas con geometrías muy complejas.

En la actualidad se emplea el término de centro de mecanizado para todas aquellas máquinas capaces de efectuar diferentes operaciones, de forma casi autónoma, gobernadas por un código CNC.

Entre las operaciones capaces de realizar gracias al código CNC se encuentran:

- El cambio de herramienta entre las distintas fases del mecanizado, lo que reduce los tiempos de parada y reglaje al mínimo y eliminando prácticamente la intervención del operador.
- El sondeo o medición de las dimensiones de la pieza mediante sonda, lo que le confiere a la máquina la capacidad de controlar y centrar las cotas de acabado, lo que permite también cuantificar el desgaste de la herramienta y aplicar una corrección a los filos de la herramienta de corte.
- La medición de las características críticas del utillaje como pueden ser las alturas, o controlar la zona de trabajo.



Figura 7 - Centro de mecanizado DOOSAN DNM 4000 [6]

3. MASTERCAM. GESTOR DE TRAYECTORIAS DE HERRAMIENTAS

Uno de los programas de CAD/CAM más utilizados en la industria, y sobre el que vamos a desarrollar en los siguientes capítulos como funciona y su espacio de trabajo, es Mastercam.

Mastercam emplea un espacio propio de trabajo, simulando una máquina real, en el que podemos gestionar, verificar y modificar nuestro proceso con cierta libertad, y sobre todo con la seguridad de poder llevar a cabo un postprocesado óptimo gracias a sus múltiples herramientas de simulación.

Por ello, los siguientes capítulos, previos al capítulo principal de este trabajo, tratarán de explicar este entorno de trabajo y sus herramientas de simulación.

Se define *Gestor de trayectorias de herramientas* como la ubicación central donde se puede administrar todos los elementos del programa de mecanizado actual, siendo utilizado para generar, ordenar, editar, regenerar, verificar, realizar visualizaciones del movimiento de la herramienta y registrar cualquier otra operación.

El *Gestor de trayectorias de herramientas* organiza la información de las trayectorias de las herramientas en *Grupos de máquinas* y trayectorias de herramienta. Cada *Grupos de máquinas* contiene detalles de las propiedades de la máquina (*Archivo de soporte, Configuración de herramientas, Configuración de material en bruto*) y cada operación contiene detalles de las trayectorias de herramienta (*Parámetros, Herramientas, Trayectorias y Geometrías, Operaciones integradas, etc.*), además permite trabajar con diferentes opciones para ver las trayectorias y geometría asociadas de las operaciones que seleccionemos. También organiza las operaciones en subgrupos denominados *Grupos de trayectorias*.

El *Gestor de trayectorias de herramientas* nos permite expandir y contraer los diferentes *Grupo de máquinas, Propiedades de máquina, Grupo de trayectorias, Carpetas y subcarpetas de las distintas operaciones*, ya sea haciendo doble clic, para primero seleccionar el apartado y tras un segundo doble clic, haciendo que se expanda o contraiga el elemento seleccionado. Aunque también podemos ayudarnos del botón que se encuentran en la parte izquierda del elemento que queremos ampliar o reducir.

No se puede crear una *Operación de trayectoria de herramienta* directamente bajo un *Grupo de máquinas*, lo primero que hay que hacer es crear nuestro *Grupo de trayectoria de herramienta*. Cuando se inserta una trayectoria, la operación se sitúa en la posición de la *flecha de inserción*. Si la *flecha de inserción* no se encuentra debajo de un *Grupo de trayectoria*, el programa generará de forma automática un *Grupo de trayectoria* para esta operación. Por defecto, el *Grupo de trayectoria* se ubica en la última posición en el *Grupo de máquinas* donde se encuentra la *flecha de inserción*.

La vista G (*vista Gráfico*), el plano C (*plano Constructivo*), el plano H (*plano Herramienta*) y el SCT (*Sistema de Coordenadas de Trabajo*), se guardan con cada grupo de máquinas en el *Gestor de trayectorias de herramientas*.

3. MASTERCAM. GESTOR DE TRAYECTORIAS DE HERRAMIENTAS

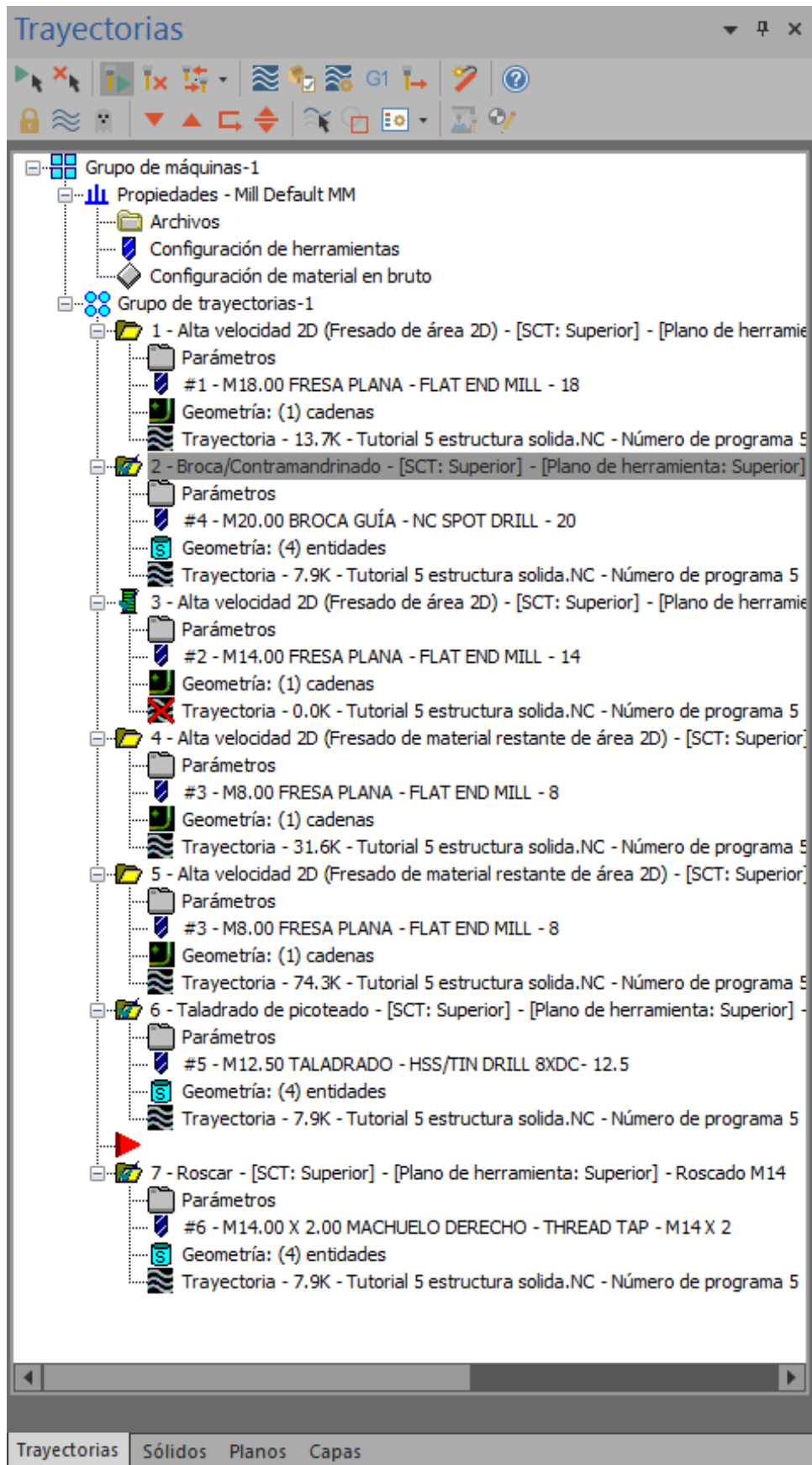









Figura 8 – Gestor de trayectorias de herramientas

El *Gestor de trayectorias de herramientas* utiliza los siguientes iconos en su árbol de información, con el siguiente significado:






Grupo de máquinas: Cuando se crea una máquina de mecanizado en Mastercam, la información que se trata en esa máquina se almacena en el apartado *Grupo de máquinas* en el gestor de trayectorias de herramientas. Cada vez que creamos un nuevo *Grupo de máquinas*, se crean de forma automática y directa las subcarpetas *Propiedades de máquina* formado por la configuración de máquina, y *Grupo de trayectorias* donde se ubicarán nuestras operaciones de mecanizado para ese *Grupo de máquinas*.

-  *Propiedades de la máquina de mecanizado*: Cada *Grupo de máquinas* contiene, como ya hemos definido, una subcarpeta de *Propiedades de máquina* que contiene los siguientes apartados:
 -  *Archivos*: en este apartado, se pueden especificar los nombres y las rutas de datos de los archivos que necesitan las operaciones en este *Grupo de máquinas* y otras propiedades importantes del *Grupo de máquinas*.
 -  *Configuración de herramientas*: se controla como Mastercam asigna los números de herramienta, los números de compensación de herramienta y los valores predeterminados para los avances, las velocidades, el refrigerante y otros parámetros de trayectoria.
 -  *Configuración de material en bruto (Stock)*: se configura que modelo de stock se va a utilizar, para facilitar la visualización de las trayectorias de herramientas de manera más real.

-  *Grupo de trayectorias*: por defecto, Mastercam coloca de manera automática las operaciones en *Subcarpetas de operaciones*, lo que resulta útil para la gestión de datos.
 -  *Subcarpeta de operación*: contiene los componentes de la operación. Cuando se selecciona la operación, el icono de la carpeta se muestra con una marca de verificación verde. Cada operación tiene cuatro apartados que la definen:
 -  *Parámetros de operación*: incluye toda la información de mecanizado como, por ejemplo, *Tipo de trayectoria*, *Herramienta*, *Portaherramientas*, *Parámetros de corte*,

Parámetros de vinculación, Filtro/Tolerancia de arco, Planos, Refrigerante, Control de eje, etc.

-  *Definición de herramienta de operación:* contiene la información de la herramienta de corte, y permite modificar el tamaño y la forma de esta.
-  *Geometría de pieza:* contiene las selecciones de geometría para la pieza o sección que está mecanizando. Si se selecciona, abre la interfaz de edición de la geometría, como el gestor de cadena de trayectoria o el cuadro de selección de superficie de trayectorias
-  *Trayectoria de operación:* archivo intermedio independiente que contiene todos los datos de la trayectoria. El postprocesador utiliza esta información para crear un archivo CN para nuestra máquina. En el menú emergente al seleccionar este apartado nos aparecen opciones visuales tales como, mostrar herramienta, mostrar portaherramientas, mostrar desplazamiento en rápido. También se aporta información de los desplazamientos como la duración del ciclo, diferenciando entre avance de mecanizado y avance en rápido, al igual que la longitud de ruta recorrida por la herramienta, y los detalles de las coordenadas de mecanizado, el avance de la herramienta, la compensación de herramienta, el plano de trabajo, etc.

Junto con el *Gestor de trayectorias de herramientas* se encuentran también otros iconos que nos ayudan a visualizar el mecanizado o a generar determinadas opciones dentro del árbol del *Gestor de trayectorias de herramienta*.



Selecciona todas las operaciones contenidas en el *Gestor de trayectorias de herramienta*. Se emplea para seleccionar todas las operaciones de una pieza y así poder regenerar, verificar, o realizar otras funciones en todas ellas.



Selecciona todas las operaciones que no estén completas o no sean válidas del *Gestor de trayectorias de herramienta*. Se puede así, regenerar, verificar o realizar otras funciones en todas estas operaciones invalidadas.



Vuelve a recalcular las operaciones seleccionadas después de haber realizado modificaciones en las mismas.



Vuelve a recalcular las operaciones no válidas después de haber realizado modificaciones en las mismas.



Esta pestaña nos permite elegir si seleccionar o regenerar de manera automática las operaciones dependientes. Si seleccionamos *Selección*, toma todas las operaciones dependientes al seleccionar la operación principal. Si seleccionamos *Regeneración*, toma todas las operaciones dependientes de la operación primaria y las regenera, incluso si las operaciones no están seleccionadas.



Se denomina *Trazado o Backplot*. Simula el movimiento de la herramienta en función de nuestras trayectorias en cada operación seleccionada en el *Gestor de trayectorias de herramienta*.



Abre una nueva ventana en la que se simula con *Mastercam Simulator*, el mecanizado y el arranque de material en bruto para las operaciones seleccionadas en el *Gestor de trayectorias de herramienta*.



Abre el cuadro de diálogo de las opciones de simulación.




Abre el postprocesador con el programa de mecanizado de nuestra pieza. Para la versión HLE/Demo, este botón no funciona y no nos permite obtener el programa post procesado de nuestra pieza.





Optimiza las velocidades de avance de las operaciones que seleccionemos utilizando el mecanizado de alto avance para fresados de 2,5 ejes y 3 ejes. Calcula las velocidades de avance que reducen el tiempo de mecanizado sin perder precisión, en lugar de utilizar la misma velocidad para toda la trayectoria, lo que Mastercam realiza es un reajuste en función del volumen de material que va a arrancar, modificando para cada posición de la herramienta la velocidad de avance. Se consigue generalmente una reducción del tiempo del ciclo de mecanizado, mayor precisión de la pieza y calidad de acabado y un mayor control sobre las fuerzas que actúan en el mecanizado.







Elimina todos los *Grupos de máquinas* del *gestor de trayectorias de herramienta* excepto el último de la lista. Esta opción es irreversible en cuanto a la recuperación del contenido eliminado.


 Bloquea o desbloquea las operaciones que seleccionemos, este bloqueo evita que las operaciones lleven a cabo su regeneración de la trayectoria de herramienta.


 Alterna, mostrando u ocultando, las trayectorias de las operaciones seleccionadas en la ventana gráfica.


 Habilita o deshabilita el registro de las operaciones seleccionadas, lo que influye a la hora del post procesado final.


  Mueve la *flecha de inserción* hacia abajo o hacia arriba de la siguiente operación. La *flecha de inserción* controla donde se insertará las nuevas operaciones.


  La *flecha de inserción* nos indica el punto donde se insertarán las nuevas operaciones en el *Gestor de trayectorias de herramientas*. De forma predeterminada esta flecha se posición en la parte inferior de las operaciones en uso. Para crear una operación en otra posición que no sea la final, nos ayudaremos de los botones antes descritos para movernos por el árbol del *Gestor de trayectorias de herramientas*.

 Mueve la *flecha de inserción* hacia el final de las operación o grupo de operaciones seleccionadas.

 Desplaza el área de visualización para mostrar la situación de la *flecha de inserción* en el *Gestor de trayectorias de herramienta*.

 Cuando se encuentra activa, muestra las trayectorias de herramienta en la ventana gráfica solo de las operaciones seleccionadas en la lista del *Gestor de trayectorias de herramienta*.

 Cuando se encuentra activa, muestra todas las geometrías asociadas a las operaciones seleccionadas

 Visualizaciones avanzadas, nos permite ver las diferencias de trayectorias de herramientas individuales, como el movimiento de entrada, los puntos finales, modificar su color, así como, su estado de visualización. En la

pestaña se muestran las diferentes opciones de visualización que podemos mostrar u ocultar.



Se abre el gestor de configuración de herramientas, con él se puede establecer la orientación física y el posicionamiento de las herramientas utilizadas en nuestra pieza.



Se abre el gestor de posición de referencia de máquina, pudiendo editar dicha posición de referencia.

4. MASTERCAM. PROPIEDADES DE GRUPO DE MÁQUINAS

4.1. ARCHIVOS

Esta pestaña se utiliza para especificar los nombres y las rutas de acceso de datos de los archivos que necesitamos para las operaciones de ese grupo de máquinas.

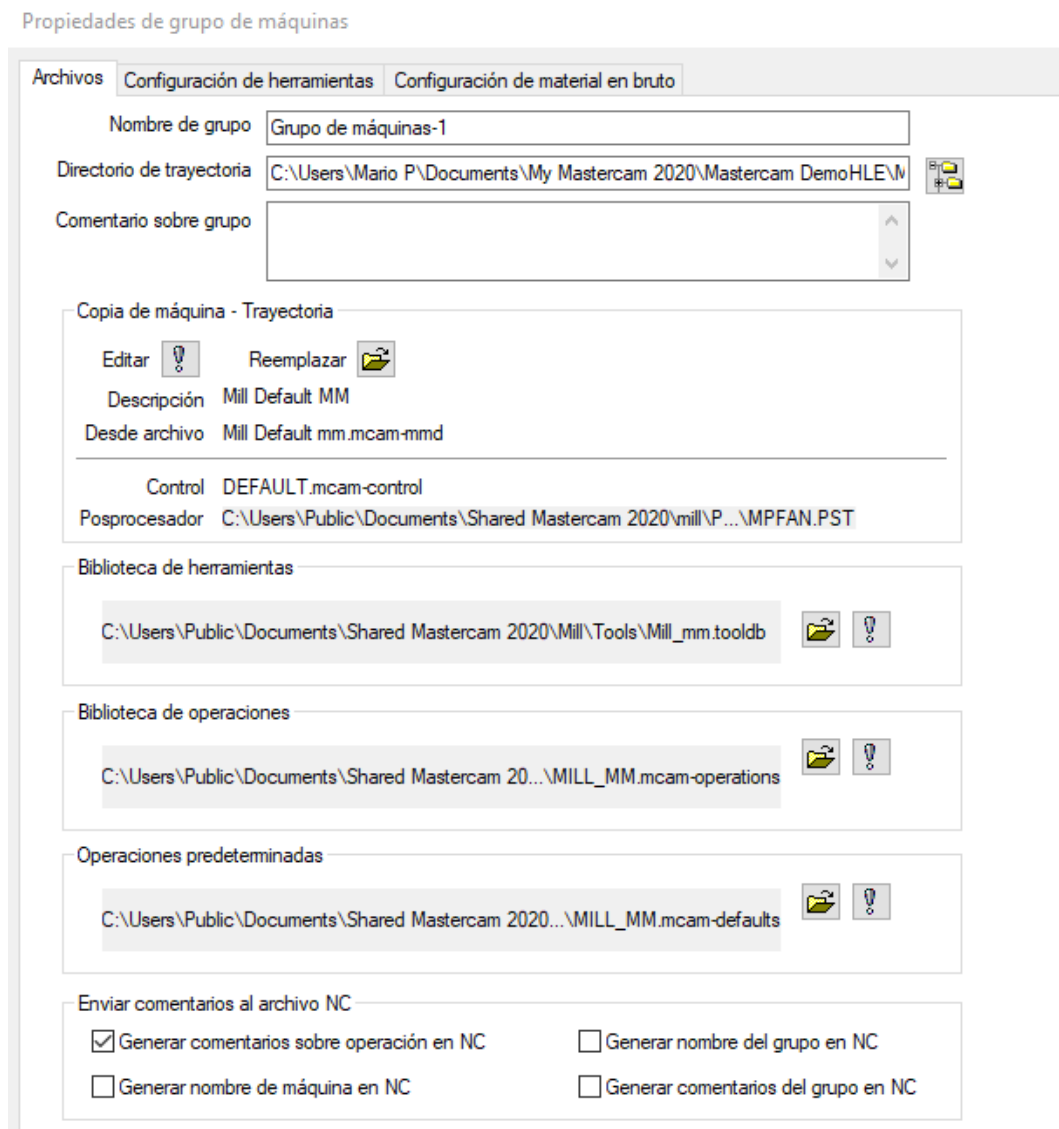



Figura 9 – Propiedades de grupo de máquinas. Archivos.

El *Directorio de trayectoria* muestra la ruta de acceso donde se escribirá el archivo NC. Si se quiere modificar la ruta solo hay que pulsar el botón .

Cuando guardamos los archivos, se pueden crear y renombrar archivos NCI independientes, y crear para cada grupo de máquinas un archivo NC independiente con la configuración de cada grupo.

Las secciones separadas de esta pestaña nos permiten elegir los archivos para la *definición de la máquina, biblioteca de herramientas y biblioteca de operaciones* ya definidas o seleccionar *operaciones predeterminadas*. Para modificar dichas secciones tenemos dos opciones, abrir un archivo determinado o editar el archivo con nuestras especificaciones.

La sección *biblioteca de herramientas* nos ofrece la posibilidad de filtrar y almacenar desde el principio las herramientas que utilizaremos en nuestro *grupo de máquinas*, esta opción es para procesos en la que las herramientas a utilizar están desde el inicio definidas.

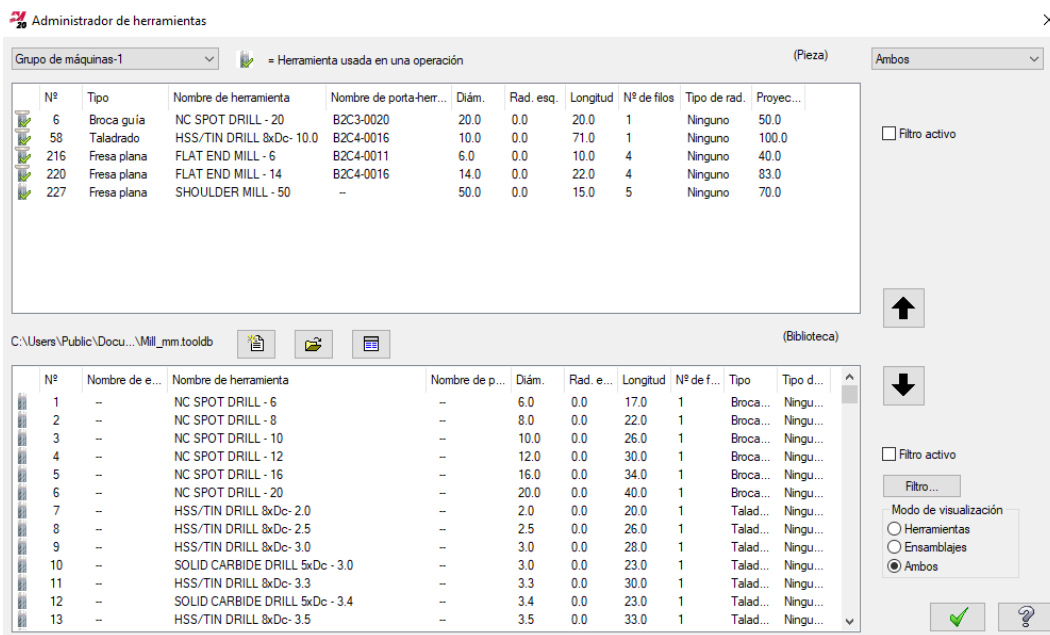


Figura 10 – Biblioteca de herramientas. Administrador de herramientas.

4.2. CONFIGURACION HERRAMIENTAS

Esta pestaña la utilizamos para controlar como Mastercam asigna los números de herramienta, los números de desplazamientos de herramienta y valores predeterminados de avances, velocidades, refrigerante y otros parámetros de trayectoria de herramienta.

The image shows a software dialog box titled 'Propiedades de grupo de máquinas' with a close button (X) in the top right corner. It has three tabs: 'Archivos', 'Configuración de herramientas' (selected), and 'Configuración de material en bruto'. The 'Configuración de herramientas' tab contains several sections:

- Nº de programa predeterminado:** A text input field containing the value '0'.
- Cálculo de avance:** A group box containing four radio buttons: 'Desde herramienta' (selected), 'Desde material', 'Desde valores predeterminados', and 'Definido por el usuario'. Below these are four text input fields: 'Velocidad del husillo' (5000.0), 'Velocidad de avance' (100.0), 'Velocidad de retracción' (150.0), and 'Avance de penetración' (25.0). There is also a checkbox 'Ajustar avance en el movimiento de arco' (unchecked) and a text input field 'Avance de arco mínimo' (125.0).
- Configuración de trayectoria:** A group box containing four checkboxes: 'Asignar números de herramienta en secuencia' (checked), 'Advertir de números de herramientas duplicados' (checked), 'Usar picoteado, refrigerante o paso de herramienta' (unchecked), and 'Buscar en biblioteca de herramientas al introducir números de herramienta' (unchecked).
- Opciones avanzadas:** A group box containing three checkboxes: 'Reemplazar valores predeterminados con modales' (checked), 'Altura de separación' (checked), 'Altura de retracción' (checked), and 'Plano de avance' (checked).
- Número de secuencia:** A group box containing two text input fields: 'Iniciar' (100.0) and 'Incremento' (10.0).
- Material:** A text input field containing 'ALUMINUM mm - 2024', with 'Editar...' and 'Seleccionar...' buttons to its right.

Figura 11 – Propiedades de grupo de máquinas. Configuración de herramientas.

La opción *Nº de programa predeterminado* establece el número de programa de las operaciones creadas después de asignar a esta un número. Si este valor es modificado, solo se verán afectadas las nuevas operaciones. El postprocesador utiliza este valor si la máquina herramienta requiere un número para el nombre de un programa.

- *Cálculo de avance*
 - *Desde herramienta:* Toma directamente los valores de la velocidad del husillo, de avance, de retracción y de penetración desde la definición de la herramienta.
 - *Desde material:* Dependiendo del material en bruto que mecanicemos calcula en función de este, la velocidad del husillo, de avance, de retracción y de penetración.
 - *Desde valores predeterminados:* Utiliza la configuración del archivo de valores predeterminados de la trayectoria de herramienta.
 - *Definido por el usuario:* Con esta opción podemos de forma directa definir los valores que queramos. Estos valores especificados solo afectan al grupo de máquinas actual.
 - *Ajustar avance en el movimiento de arco:* Restringe la velocidad de avance de tal forma que cuando se produce el cambio de velocidad de avance ajustada en el punto inicial del arco, esta no puede ser menor que la velocidad de avance de arco mínimo.

- *Configuración de trayectoria*
 - *Asignar números de herramienta en secuencia:* Si seleccionamos esta opción, Mastercam sobrescribe los números de herramientas almacenados en la definición de herramienta con un número secuencial. Si no se marca esta opción, Mastercam utiliza el número almacenado en la definición de la herramienta.
 - *Advertencia de números de herramientas duplicados:* Informa al usuario cuando se introducen números de herramienta duplicados y muestra una descripción de la herramienta duplicada.
 - *Usar picoteado, refrigerante o paso de herramienta:* Reemplaza los parámetros predeterminados de paso, picoteado y refrigerante de la trayectoria de herramienta con la información almacenada en la definición de la herramienta.
 - *Buscar en biblioteca de herramientas al introducir números de herramienta:* Si seleccionamos esta opción, se puede volver a seleccionar una herramienta que se utilizó en operaciones anteriores, introduciendo su número de herramienta en la pestaña *Parámetros de trayectoria de herramienta*.

4. MASTERCAM. PROPIEDADES DE GRUPO DE MÁQUINAS

- *Opciones avanzadas*
 - *Reemplazar valores predeterminados con modales:* Al marcar esta opción, se toman los valores de la operación anterior para los valores de los siguientes parámetros de trayectoria de herramienta.
 - *Altura de separación, Altura de retracción y Plano de avance:* Seleccionamos cada parámetro para el que se quiere utilizar un valor predeterminado modal, esos valores se encuentran en el archivo de valores predeterminados de la trayectoria de herramienta.

- *Número de secuencia*
 - *Iniciar, Incremento:* Se asigna el número de secuencia inicial y el incremento de cada línea.

La sección *Material*, muestra el material en bruto que vamos a trabajar. Se pueden editar los parámetros de avance y velocidad con las que trabaja. Si se quiere trabajar con otro material solo hay que seleccionarlo de la biblioteca de materiales.

4.3. CONFIGURACION DE MATERIAL EN BRUTO (STOCK)

El uso de modelos de material en bruto ayuda de forma más práctica a visualizar las trayectorias de herramienta.

El modelo de material en bruto se puede mostrar con la geometría de la pieza a trabajar, en las trayectorias de herramienta o en la verificación de las trayectorias de herramienta.

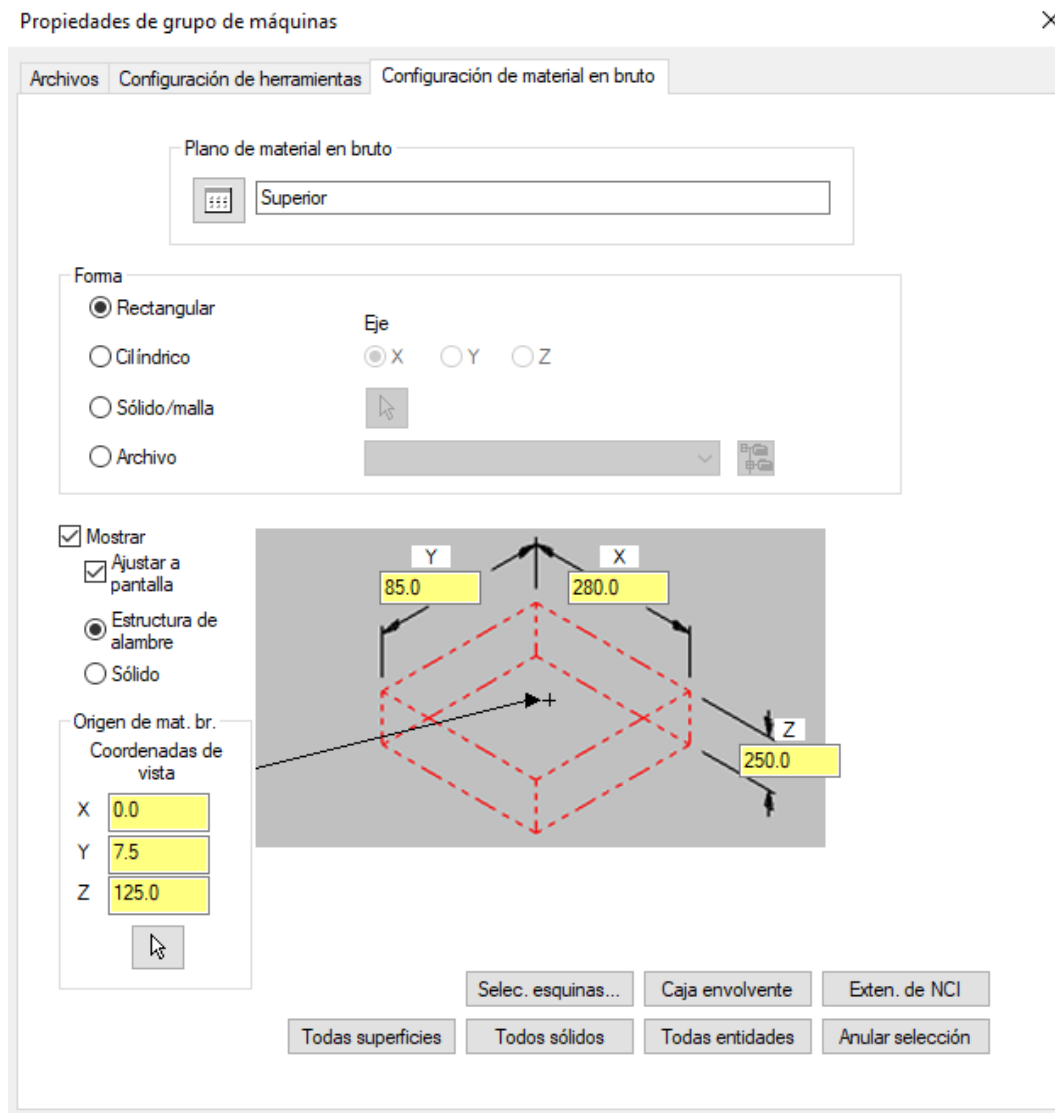


Figura 12 – Propiedades de grupo de máquinas. Configuración de material en bruto.

Plano de material en bruto: el modelo de material en bruto se alinea con el plano que seleccionemos. Es útil modificar el plano al sistema de coordenadas de trabajo SCT y alinear correctamente la geometría. Mastercam almacena este plano por separado del SCT, por ello si queremos más adelante cambiar el SCT o el plano de herramienta entre trayectorias de herramienta en el grupo, el material seguirá mostrándose en el plano que seleccionemos aquí.

Forma: Hay distintas formas de crear modelos de material en bruto dependiendo de nuestras necesidades.

- **Rectangular, Cilíndrico:** son modelos de material en bruto simples que no se definen por ninguna geometría real. Los valores

4. MASTERCAM. PROPIEDADES DE GRUPO DE MÁQUINAS

introducidos en los cuadros de diálogo no añaden geometría al archivo de pieza.

La opción *Rectangular* crea un modelo de material en bruto en forma de caja simple que no está definida por ninguna geometría real.

La opción *Cilíndrico* crea un modelo de material en bruto en forma de cilindro simple que no está definido por ninguna geometría real. Los modelos cilíndricos se definen por una longitud y un diámetro, y se ha de definir también en que eje se crea la revolución.

- *Sólido/Malla*: este modelo de material en bruto se define con un modelo sólido dentro del archivo de pieza trabajada.
- *Archivo*: Esta opción nos pedirá utilizar un modelo sólido de un archivo STL como material en bruto.

Mostrar. Ajustar a pantalla: Si se selecciona esta opción se incluye las líneas de contorno de material en bruto, se disponen de dos modos de visualización:

- *Estructura de alambre*: El modelo de material en bruto se muestra como una geometría de estructura alámbrica. Dicha geometría no se agrega al archivo de pieza, Mastercam la simula en función de las cotas del cuadro de diálogo.
- *Sólido*: El modelo de material en bruto se muestra como un modelo sólido. Dicho sólido no se agrega al archivo de pieza, Mastercam lo simula en función de las dimensiones del cuadro de diálogo.

Origen de material en bruto. Coordenadas de vista: El origen del material es la posición de coordenadas X, Y, Z del punto indicado por la cruz del modelo del material en bruto. Mastercam creará el modelo de material en bruto en relación con la pieza y el sistema de coordenadas. Las coordenadas se pueden escribir directamente en los campos o seleccionando en la ventana gráfica una posición para el origen. La posición predeterminada es el centro del material en bruto.

Dimensiones X, Y, Z: Las dimensiones del modelo de material en bruto se introducen en estos campos. Los valores de estos campos han de ser valores positivos.

- *Seleccionar esquinas*: En la ventana gráfica se seleccionan dos puntos opuestos que representan las esquinas del material en

bruto. Esta opción calcula el origen del material en función de las esquinas seleccionadas.

- *Caja envolvente*: En la ventana gráfica se selecciona la geometría que define los límites de la caja envolvente.
- *Extensiones de NCI*: Calcula los límites del material en bruto a partir de los límites de las trayectorias de herramienta, no tiene en cuenta los movimientos en rápido.
- *Todas las superficies*: Calcula el material en bruto en función de las superficies visibles de la pieza.
- *Todos los sólidos*: Calcula el material en bruto en función de los sólidos visibles de la pieza.
- *Todas las entidades*: Calcula el material en bruto en función de todas las entidades visibles de la pieza.
- *Anular selección*: Elimina todas las entidades de la selección y devuelve los valores del material en bruto a cero.

5. MASTERCAM. SISTEMA DE COORDENADAS DE TRABAJO (SCT) Y PLANOS


El *sistema de coordenadas de trabajo* o *SCT* es el sistema de coordenadas activo utilizado por Mastercam en todo momento. El *SCT* contiene la orientación de los ejes X, Y, Z además de la ubicación del punto origen. Generalmente el plano que se fija como *SCT* es equivalente al plano superior, o XY de la pieza.

Los planos de construcción (*PlanoC*) y herramienta (*PlanoH*) así como la vista gráfica (*VistaG*) están orientados en relación con el *SCT*.

Un uso habitual del *SCT* suele ser mecanizar una superficie o parte inclinada de la pieza, donde en lugar de abatir la geometría de la pieza, se utiliza el *SCT* para mover el sistema de coordenadas a la zona de la pieza. Mastercam creará que la pieza se encuentra en horizontal y creará las trayectorias de herramienta en consecuencia.

La diferencia entre usar el plano herramienta (*PlanoH*) y el *SCT* para orientar la trayectoria de herramienta es que, generalmente, cambiar el *PlanoH* produce un código de movimiento de giro al registrar la trayectoria, para que el eje de la herramienta o el porta se muevan para colocarse correctamente respecto a la pieza. Por el contrario, cambiar el *SCT* no suele producir ningún código de giro o de otro tipo; su efecto es evidente dentro de Mastercam, a la hora de trabajar la pieza.

Para cambiar el *SCT*, utilizamos el administrador de planos para seleccionar los diferentes planos con los que alinear el *SCT*, o si es necesario se crea un nuevo plano como se describe más abajo.

Se puede crear un nuevo plano con la función *crear nuevo plano* , pudiendo asignar un nombre al plano, definir su origen o planos paralelos, establecer un desfase de trabajo, rotarlo, o definirlo como *SCT*, *PlanoH*, *PlanoC*.

- Crear un plano a partir de la geometría de estructura alámbrica o superficie (*desde geometría*). Se seleccionan las entidades necesarias posibles, tres puntos finales, medios o intersecciones, dos líneas que se cruzan o una entidad plana 2D. Elegimos en la variedad de orientación de eje posibles para la geometría seleccionada, la que cumpla las especificaciones.
- Crear un plano a partir de una cara sólida (*desde cara de sólido*). Se selecciona la cara sólida plana que se desee. Elegimos en la variedad de orientación de eje posibles para la geometría seleccionada, la que cumpla las especificaciones.
- Crear un plano desde la vista gráfica (*desde vista de gráficos*). Se toma como plano la vista gráfica que se esté mostrando en el momento de seleccionar esta opción. Solo se dispone de la opción mostrada en la ventana gráfica.
- Crear un plano normal a una entidad (*desde normal de entidad*). Se selecciona la entidad plana necesaria, esta entidad será paralela al eje Z en el nuevo plano.
Elegimos en la variedad de orientación de eje posibles para la entidad seleccionada, la que cumpla las especificaciones.
- Crear un plano relativo al SCT (*Relativo a SCT*). Se muestran los planos relativos a SCT que se encuentre activo. Estos planos son superior, frontal, posterior, inferior, derecho e izquierdo.
- Crear un plano usando un plano de construcción (*plano de construcción rápido*). Se emplea una cara sólida de la pieza para crear un plano de construcción. Este nuevo plano se fija como *PlanoC*.
- Crear un plano con el Gnomon dinámico: se dispone de dos métodos para llevar a cabo este cambio de plano.
 - Seleccionando *crear nuevo plano y dinámico*. Aparecerá el panel de funciones y debemos colocar el Gnomon dinámico donde deseemos que esté el nuevo plano en la ventana gráfica. En el panel *nuevo plano* se define el nombre del plano y se modifican las opciones que necesite del panel.
 - *Ver ejes Gnomon*. En la ventana gráfica se selecciona el Gnomon de la esquina izquierda para activar el Gnomon dinámico y, abrir

el panel *nuevo plano* donde poder definir el nombre y modificarse las opciones que necesitemos del panel.

Usando los ejes de vista Gnomon se orienta el Gnomon dinámico a la *VistaG* actual.

El uso del administrador de planos orienta el Gnomon dinámico al *SCT* actual

6. MASTERCAM. TRAZADO (BACKPLOT)

La función *trazado* o *Backplot*, muestra de forma gráfica las trayectorias de herramienta de las operaciones de fresado 2D y 3D seleccionadas y permite diferenciar entre las distintas partes de la trayectoria de la herramienta, como pueden ser el movimiento de entrada, desplazamientos de transición y en rápido, vectores de movimiento y los puntos finales, modificando su visualización gráfica mediante el cambio de colores y otras opciones.

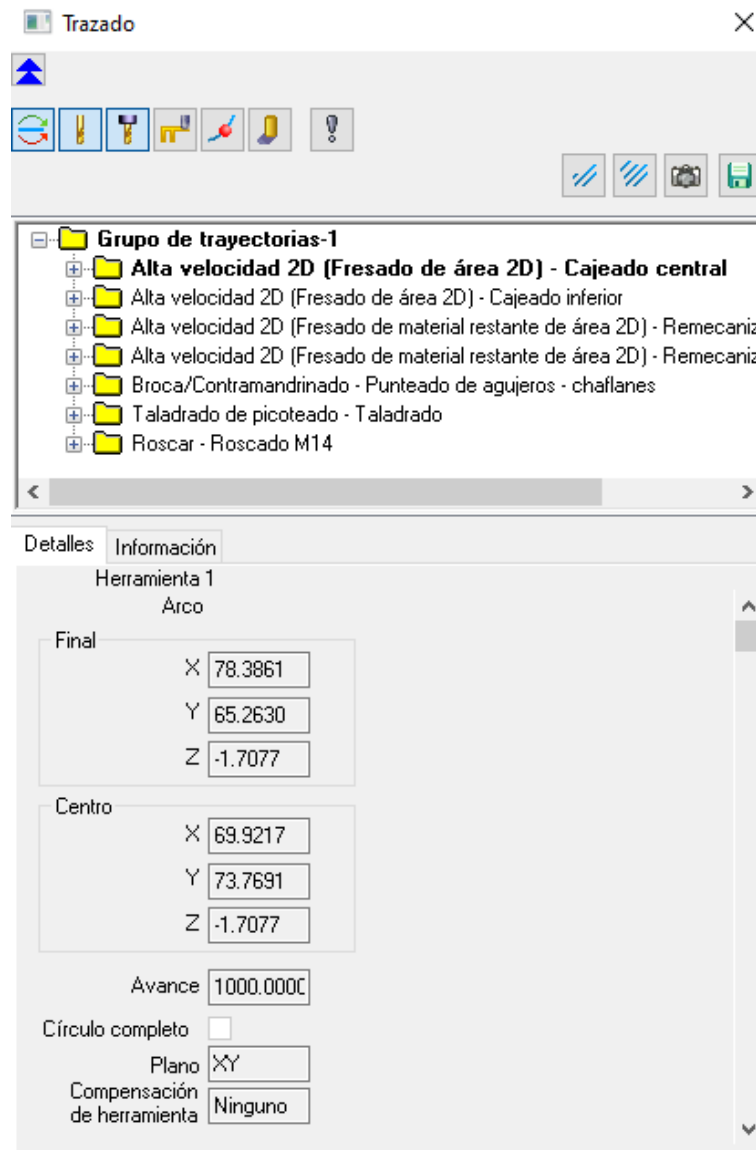


Figura 14 – Detalles de trazado. Trazado.

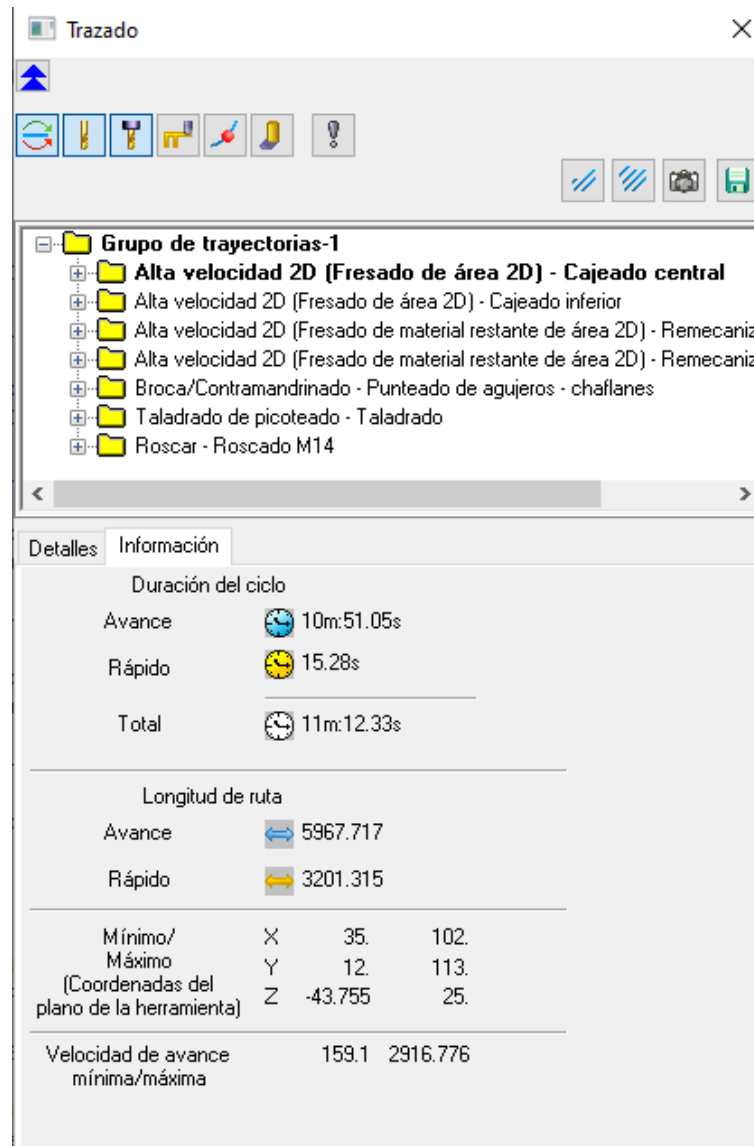


Figura 15 - Información de trazado. Trazado.

La pestaña *Detalles* muestra información sobre la sección paso a paso de la trayectoria de herramienta que se encuentra seleccionada. Se compone de diferentes campos en función del movimiento que realice, la pestaña nos muestra en la zona superior la herramienta que está trabajando y debajo define el movimiento, coordenadas de trabajo, avances y el resto de información necesaria para el mecanizado.

La pestaña *Información* muestra aspectos derivados del mecanizado completo de las operaciones seleccionadas a visualizar, como la duración del ciclo y la longitud que recorre la herramienta, tanto en avance en rápido como en avance de trabajo, plano de trabajo definido por las coordenadas máximas y mínimas, y velocidades de avance máximas y mínimas.

7. MASTERCAM. MASTERCAM SIMULATOR

Dentro de esta función podremos utilizar los modos de trazado, verificar o simulación, para ver cómo se desarrolla el mecanizado en nuestra pieza, y comprobar los resultados de la trayectoria de herramienta antes de post procesar el mecanizado.

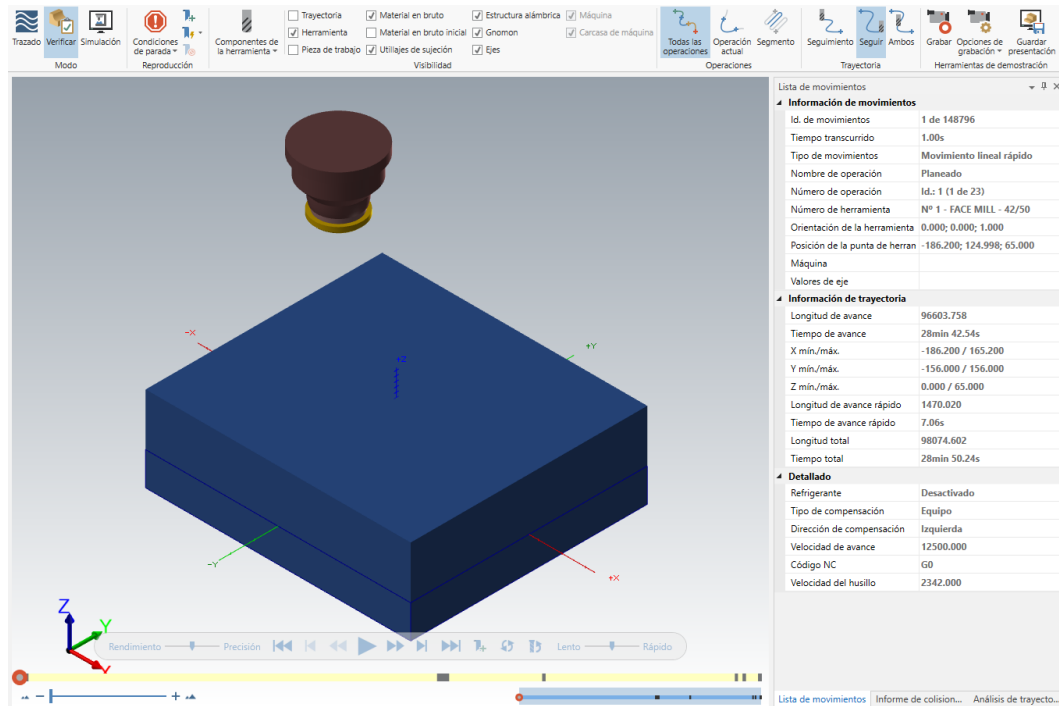


Figura 16 – Mastercam Simulator

Este simulador nos permite mostrar las siguientes secciones de información si las activamos desde la pestaña *vista, mostrar*; en la barra superior: *informe de colisiones, lista de movimientos, control de eje, comparar, acercamiento línea de tiempo y análisis de trayectoria*. Las secciones más relevantes son *lista de movimientos y análisis de trayectoria*.

Lista de movimientos	
Información de movimientos	
Id. de movimientos	2678 de 5699
Tiempo transcurrido	2min 52.36s
Tipo de movimientos	Movimiento lineal rápido
Nombre de operación	Ciclo fijo
Número de operación	Id.: 5 (5 de 13)
Número de herramienta	Nº 4 - NC SPOT DRILL - 20
Orientación de la herra	
Posición de la punta de t	
Máquina	5_5AXGEN_VMCTTAB
Valores de eje	X=-18.500; Y=-32.935; Z=219.000; B=0.000; A
Información de trayectoria	
Longitud de avance	8085.999
Tiempo de avance	15min 14.12s
X mín./máx.	-75.000 / 102.000
Y mín./máx.	-21.500 / 113.000
Z mín./máx.	-54.500 / 25.000
Longitud de avance rápido	4041.906
Tiempo de avance rápido	19.40s
Longitud total	12127.904
Tiempo total	15min 33.52s
Detallado	
Refrigerante	Desactivado
Tipo de compensación	Desactivado
Dirección de compensación	Desactivada
Velocidad de avance	
Código NC	G0
Velocidad del husillo	1591.000

Figura 17 – Lista de movimientos. Mastercam Simulator.

En la *lista de movimientos* se muestra información detallada y paso a paso de cada operación simulada, dicha información se divide en tres apartados:

- Información de movimientos: muestra que tipo de operación se realiza, la herramienta que se usa, el movimiento que realiza y el tiempo que lleva mecanizando, así como la posición en la que se encuentra la punta de la herramienta y su orientación en función vectorial, y la máquina y los valores de eje en los que está mecanizando.

7. MASTERCAM. MASTERCAM SIMULATOR

- Información de trayectoria: da detalle de valores como la longitud y tiempo en rápido y mecanizando, y la suma total, además acota el volumen de trabajo en el que se ha desplazado definiendo los máximos y los mínimos en los ejes X, Y, Z.
- Detallado: aporta información variada de aspectos de la máquina como, por ejemplo, el uso de refrigerante, la forma de compensar la herramienta y en qué dirección lo hace, el código de CN que está utilizando (G0, G1, G2, G3, G81, G100, ...) y la velocidad a la que trabaja el husillo.

En la pestaña, *análisis de trayectoria* podemos elegir entre cuatro opciones de visualización diferentes. Para que este recurso funcione, en la sección *Visibilidad*, la opción de trayectoria ha de estar seleccionada.

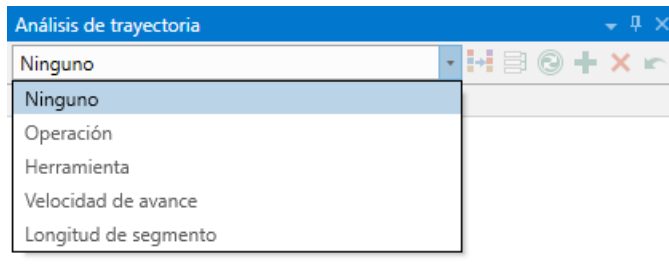
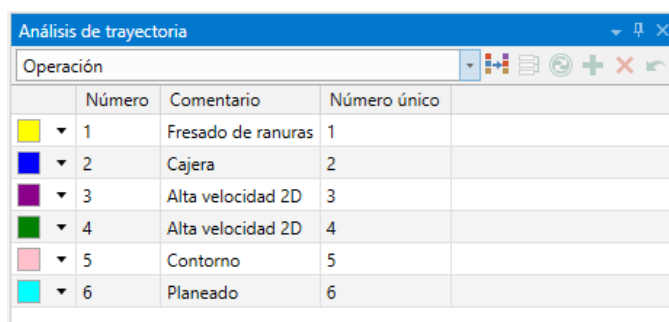


Figura 18 – Análisis de trayectoria. Mastercam Simulator.

La primera de las opciones que nos aparece es *Operación*. Se visualizan las trayectorias del mecanizado con diferentes colores para cada operación, además de mostrarse en la tabla de selección información sobre el tipo de operación que se realiza y el orden de estas.

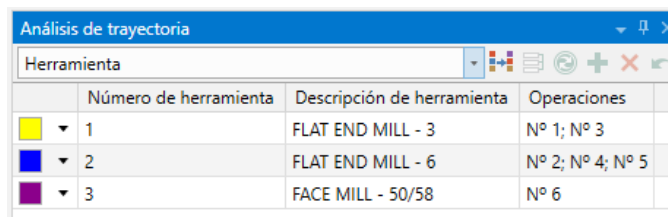


	Número	Comentario	Número único
■	1	Fresado de ranuras	1
■	2	Cajera	2
■	3	Alta velocidad 2D	3
■	4	Alta velocidad 2D	4
■	5	Contorno	5
■	6	Planeado	6

Figura 19 – Análisis de trayectoria. Operación. Mastercam Simulator.

La segunda de las opciones es *Herramienta*. La tabla nos muestra además del color que define para cada trayectoria de herramienta, una descripción corta

de la herramienta y el número de operación para la que trabaja esa herramienta.

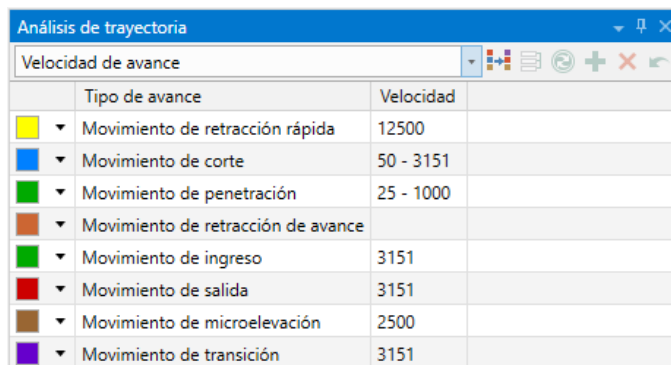


	Número de herramienta	Descripción de herramienta	Operaciones
■	1	FLAT END MILL - 3	Nº 1; Nº 3
■	2	FLAT END MILL - 6	Nº 2; Nº 4; Nº 5
■	3	FACE MILL - 50/58	Nº 6

Figura 20 – Análisis de trayectoria. Herramienta. Mastercam Simulator.

La tercera de las opciones con la que podemos trabajar es *Velocidad de avance*.

En esta opción, se nos muestra para los distintos tipos de desplazamientos que pueden generar nuestras herramientas, una diferenciación de color entre ellas, así como, una definición del tipo de desplazamiento que se realiza y en que intervalo o valor se produce dicho desplazamiento.



	Tipo de avance	Velocidad
■	Movimiento de retracción rápida	12500
■	Movimiento de corte	50 - 3151
■	Movimiento de penetración	25 - 1000
■	Movimiento de retracción de avance	
■	Movimiento de ingreso	3151
■	Movimiento de salida	3151
■	Movimiento de microelevación	2500
■	Movimiento de transición	3151

Figura 21 – Análisis de trayectoria. Velocidad de avance. Mastercam Simulator.

Por último, la opción de *Longitud de segmento* nos permite representar gráficamente, mediante una tabla de colores, distintos rangos de longitud en milímetros que podemos editar seleccionando una medida e introduciendo el nuevo valor. De manera automática, ese valor se modificará en toda la tabla. En esta opción, Mastercam nos permite, recalcular y actualizar las longitudes en función del número de filas contenidas, de tal manera que la separación entre cada intervalo sea el mismo.

7. MASTERCAM. MASTERCAM SIMULATOR

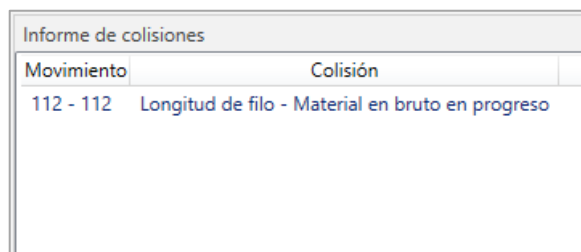


	Valor inicial (mm)	Valor final (mm)	
▼	Min	0.00	
▼	0.00	15.72	
▼	15.72	31.44	
▼	31.44	47.16	
▼	47.16	62.87	
▼	62.87	78.59	
▼	78.59	94.31	
▼	94.31	110.03	
▼	110.03	Máx	

Figura 22 – Análisis de trayectoria. Longitud de segmento. Mastercam Simulator.

Es importante también tener en cuenta que durante la verificación o simulación, la pestaña *Informe de colisiones* nos da información de las posibles colisiones de la herramienta con la pieza que se muestran a la hora de verificar nuestro mecanizado, como puede verse en la primera imagen. O de problemas de colisión o profundidad a la hora de mecanizar, entre la herramienta y las partes de máquina que salen a la luz al utilizar la herramienta de simulación, como se observa en la segunda imagen.

La primera de las colisiones se puede solventar reajustando los planos contenidos en *Parámetros de vinculación*, y la manera en que se desplaza la herramienta por ellos, ya sea de manera absoluta, incremental o tomando un punto del espacio de trabajo, y evitando que se crucen herramientas dentro de los ejes del material en bruto.



Movimiento	Colisión
112 - 112	Longitud de filo - Material en bruto en progreso

Figura 23 – Informe de colisiones. Colisión debida a la trayectoria. Mastercam Simulator.

La segunda de las colisiones se soluciona reubicando en las alturas la posición del material en bruto y las profundidades de trabajo de la herramienta, teniendo en cuenta que si trabajamos en un plano con coordenadas en absoluto, este plano también ha de corregirse, ya que, si no lo hicieramos nos aparecería otra colisión.

Movimiento	Colisión
627 - 627	Herramienta - Material en bruto en progreso
1579 - 1588	Herramienta - Material en bruto en progreso
1603 - 1605	Herramienta - Material en bruto en progreso

Figura 24 – Informe de colisiones. Colisión debida a alturas relativas. Mastercam Simulator.

Por último, hay que señalar que en el modo *simulación* se activa la sección *controlador de ejes*, donde se nos muestra una interfaz para poder controlar los ejes de máquina, pudiendo hacer desplazamientos dentro de las limitaciones físicas de la máquina antes de llevar a cabo la simulación.

Los desplazamientos posibles para una fresadora de 3 ejes son, desplazamiento de la mesa longitudinal correspondiente al eje X, la mesa transversal correspondiente al eje Y, y el cabezal donde tendremos nuestro conjunto de herramientas montado, que se corresponde con el eje Z, además podemos girar la mesa sobre el eje longitudinal, y el plato de amarre, sobre el que irá el amarre de nuestra pieza, sobre su propio eje.

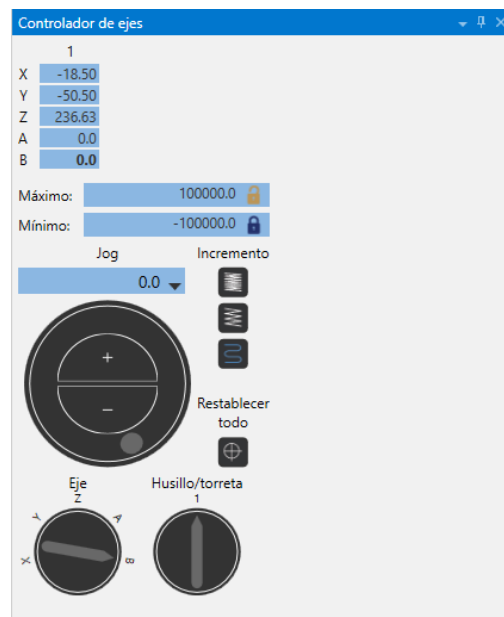


Figura 25 – Controlador de ejes. Mastercam Simulator.

Sin embargo, para una fresadora de 3 ejes el giro de la mesa sobre el eje X y la rotación del plato de amarre, lo que la interfaz muestra como *eje A* y *eje B*, están independizados de los movimientos de la máquina y, por tanto, no se reflejará en la simulación.

7. MASTERCAM. MASTERCAM SIMULATOR

Una vez arranquemos la simulación, la máquina volverá a las posiciones que nosotros hemos definido en nuestros SCT del mecanizado.

Por último, definimos los modos de visualización posible en *Mastercam Simulator*.

- TRAZADO 

El modo *trazado* muestra las trayectorias que generan las herramientas en nuestro proceso de mecanizado. En esta simulación, se puede detectar errores en el programa de mecanizado antes de llevar a la realidad la pieza a mecanizar. Como ya se ha visto anteriormente, a medida que se desarrolla el mecanizado se muestra la información del movimiento y las trayectorias en la *lista de movimientos*.

Esta simulación genera las mismas trayectorias y operaciones que podemos representar en la pantalla principal mediante el *Backplot*, sin embargo, aquí se nos muestra la *información del movimiento* y se nos permite utilizar el *análisis de trayectoria*.

- VERIFICAR 

El modo *verificar* permite visualizar las trayectorias que generan las herramientas en un modelo sólido, con lo que podremos simular el mecanizado de la pieza con el material seleccionado. Se representa, por tanto, el acabado de la superficie y muestra colisiones, si las hubiera. Se puede identificar y solventar errores en el mecanizado que no generan la superficie de acabado deseada, y colisiones que la herramienta provoca en el modelo sólido.

- SIMULAR 

El modo *simulación* muestra las trayectorias de herramienta, permitiendo probar los desplazamientos de las operaciones de fresado en el mecanizado, ayuda a detectar colisiones entre el material en bruto, las herramientas, el amarre o cualquier otro componente de la máquina antes de generar el código de post procesado.

Esta simulación dentro de Mastercam da una pequeña idea de cómo se vería en máquina en la vida real. No todas las funciones de simulación de máquina están disponibles en *Mastercam Simulator*.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

8.1. GENERALIDADES

8.1.1. Selección de trayectorias

Lo primero de todo, es enunciar como trabaja Mastercam cuando seleccionamos una operación de mecanizado convencional. Dependiendo del tipo de operación con la que queramos trabajar, Mastercam nos exigirá seleccionar las entidades de trabajo de diferentes formas, diferenciadas en tres tipos de cuadros de selección, *Encadenamiento de estructuras alámbricas y sólidas*, *Opciones de cadena* y *Definición de trayectorias de agujero*. En los diferentes cuadros de selección generaremos las cadenas de entidades para definir trayectorias, superficies o sólidos que harán que se precisen las distintas trayectorias de herramientas necesarias para mecanizar la pieza.

Una cadena de entidades constituye la vinculación de una o más entidades entre sí en un orden y dirección.

- Para el cuadro de *Encadenamiento de estructuras alámbricas y sólidos*, dependiendo de cómo se haya llevado la pieza al espacio de trabajo, ya sea de forma alámbrica, sólida o importada de otros sistemas de software CAD previamente adaptada a Mastercam, el sistema nos permitirá utilizar los dos modos de encadenamiento o restringirá uno de ellos.
 - o Encadenamiento de estructuras alámbricas: lo primero es seleccionar *PlanoC* o *3D*. La principal diferencia es que si tenemos marcada la opción de *PlanoC* a la hora de seleccionar las cadenas de entidades esta opción nos tomará solo las paralelas al plano de construcción actual y que sean coplanarias, es decir, en la misma profundidad que la primera entidad marcada.

El encadenamiento en *PlanoC* no tiene en cuenta desviaciones en entidades no coplanarias, por tanto, se vuelve útil cuando se necesita encadenar geometrías que tienen muchas ramas no coplanarias en sus entidades, evitando que Mastercam se detenga en cada nudo para seleccionar la siguiente entidad. Con la opción *3D* se recogen todas las entidades del espacio gráfico, sean coplanarias o no, por tanto, al llegar a un punto de unión de

varias ramas Mastercam pedirá que seleccione la siguiente entidad que desea seguir.

En este método las opciones de *Método de selección* disponibles son cadena total, cadena parcial, ventana, polígono, punto, área, simple y vector.

En el apartado *Selección* podemos controlar aspectos de la cadena como son volver a seleccionar las entidades de la sesión anterior (*último*), encadenar geometrías similares (*encadenar similares*), anular la última selección (*anular*), dar por terminada la cadena (*finalizar cadena*), editar opciones de encadenamiento similar o anular todas las selecciones realizadas (*anular selección de todo*).

En el apartado *Divisiones*, podemos ver el recorrido de las cadenas tomadas paso a paso y editar su recorrido.

En el apartado *Inicio/Fin*, tenemos la opción de situar nuestro inicio o final de cadena en la posición de paso que deseemos, siempre que lo permita la geometría, invertir el sentido de selección o recorrer paso a paso la cadena hasta donde deseemos.

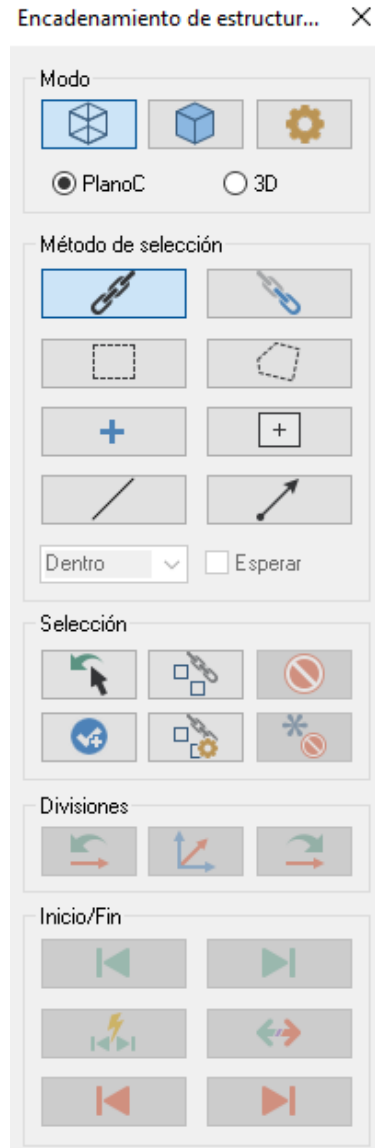


Figura 26 – Modo estructura alámbrica. Encadenamiento de estructuras alámbricas y sólidas.

- Encadenamiento de sólidos: en este modo, la diferencia entre *Cara* o *3D* es que, si trabajamos con el modo *Cara*, y seleccionamos una arista que se encuentre en la misma cara que el último bucle creado, la arista seleccionada se creará de manera automática. Sin embargo, si se selecciona otra cara, se mostrará un cuadro de diálogo en el que deberá elegir qué cara de referencia desea tomar. Esto sucede tanto en el modo *Cara* como en el modo *3D*.

En este método las opciones de *Método de selección* son aristas, bucle, cara, bucle parcial, aristas abiertas, aristas exteriores, cavidades y salientes. Algunas opciones de selección se pueden

activar simultáneamente, mientras que otros restringen el uso de algunas opciones.

En el apartado de *Selección* tenemos las opciones, volver a seleccionar las entidades de la sesión de encadenamiento anterior, de anular la última selección o todo, de retomar la última selección y de terminar la cadena actual para iniciar una nueva.

En el apartado *Divisiones*, podemos ver el recorrido de las cadenas tomadas paso a paso y editar su recorrido.

En el apartado *Inicio* tenemos la opción de recorrer paso a paso la cadena hasta donde deseemos y de invertir el sentido de selección.

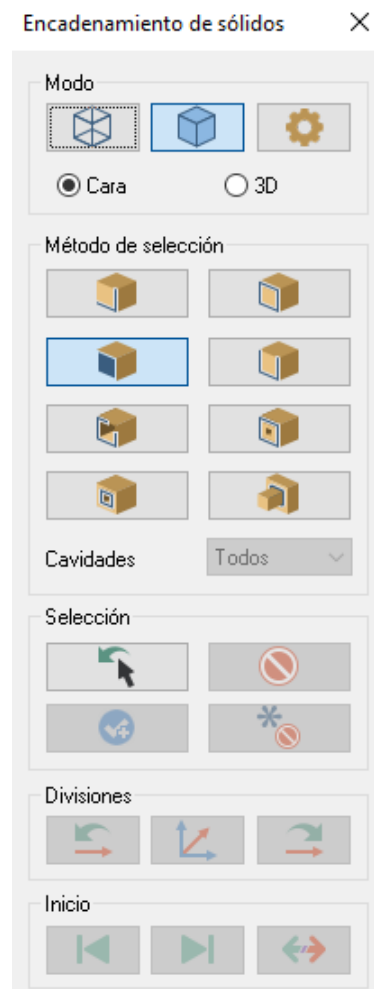


Figura 27 – Modo sólido. Encadenamiento de estructuras alámbricas y sólidas.

- En el cuadro *Opciones de cadena* las operaciones en las que se utiliza este método de selección son *fresado dinámico*, *contorno dinámico* y *fresado de área*. Este método de selección dispone de un previsualizado de las cadenas y regiones seleccionadas para certificar que esa es la geometría o espacio a trabajar.

El cuadro de diálogo muestra las siguientes partes dentro de la geometría de cadena.

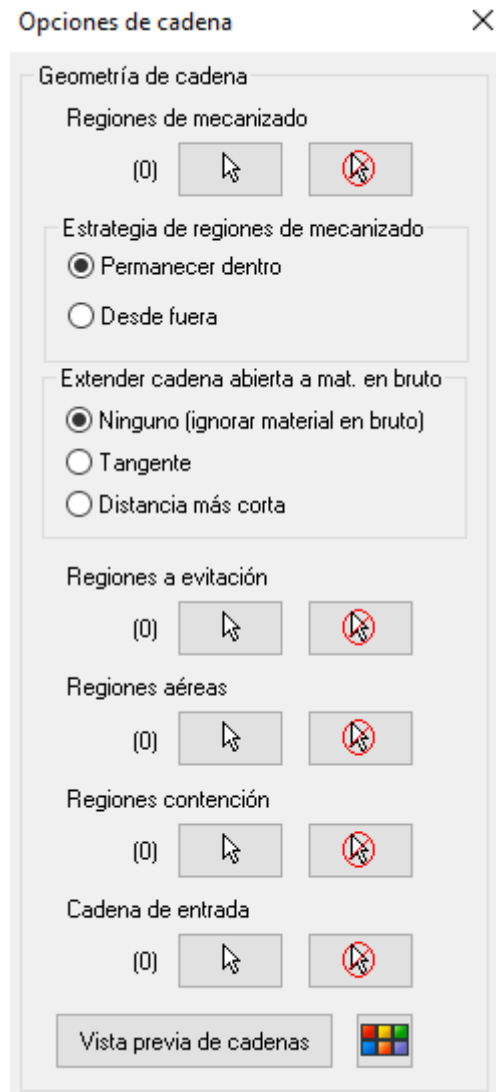


Figura 28 – Geometría de cadena. Opciones de cadena.

Regiones de mecanizado: Se seleccionan las áreas que se desean mecanizar. En la parte inferior tenemos las estrategias de mecanizado, estas nos permiten mantener la trayectoria de herramienta dentro de la región seleccionada, por ejemplo, para mecanizar cajas, o por el contrario hacerlo por fuera de dicha región, como pueden ser islas y contorno externos.

Otra opción que nos ofrece esta sección es la de compensar las cadenas abiertas en función del material en bruto. Podemos ignorar el material en bruto y no ampliar la cadena abierta para el mecanizado de esa región, extender la cadena abierta que hemos seleccionado para la región mecanizada de manera tangencial al material en bruto o utilizar la distancia más corta al material en bruto para realizar dicho mecanizado de cadena abierta.

Regiones a evitación: se toman las áreas a evitar durante el mecanizado.

Regiones aéreas: son zonas en las que hay material que no se desea trabajar, esto permite que las herramientas se desplacen sobre ellas cuando se está mecanizando.

Regiones contención: son áreas a las cuales la herramienta no puede acceder.

Cadena de entrada: selecciona una cadena por la que la herramienta puede entrar a la pieza, esta selección puede ser múltiple.

En el botón de *Vista previa de cadenas* podemos visualizar, con diferentes colores y tipos de líneas, la vista previa de las áreas de mecanizado, aéreas y contención que hayamos seleccionado previamente.

- El panel de funciones de *Definición de trayectoria de agujero* nos permite, seleccionar los taladros dentro de la geometría de la pieza, para crear las trayectorias de herramientas necesarias que conforman la pieza final. Los diferentes tipos de entidades que se pueden seleccionar son: puntos, arcos, líneas, posiciones del auto cursor y superficies sólidas generadas mediante líneas, arcos o puntos.

En la lista de *Características* se muestran la información de las entidades que son seleccionadas como puede ser el tipo de entidad y el diámetro, si procede, del punto seleccionado.

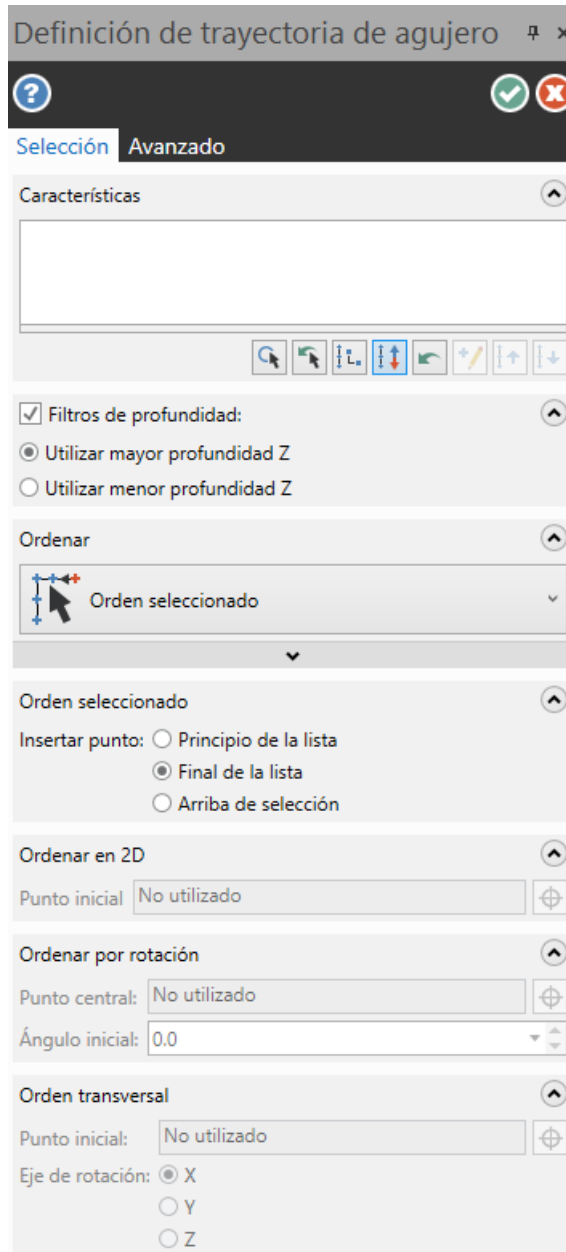



Figura 29 – Definición de trayectoria de agujero.

El primer botón que nos encontramos bajo la ventana de selección *Características* es *Criterio para arco*. Este botón nos permite tomar de nuestra estructura alámbrica un arco y después seleccionar, mediante una selección genérica de las zonas deseadas en la ventana gráfica, todos los puntos que tienen el mismo arco que el inicial.

Con el botón de *subprograma* podemos tomar los puntos de una operación de taladrado anterior, lo cual resulta muy útil para el taladrado de un mismo agujero con distintas herramientas como puede ser un taladrado y después un roscado, se ha de tener en cuenta que

esta función toma solo los puntos de trayectoria, pero no las profundidades de corte de dichas herramientas de taladrado.

Podemos también modificar aspectos propios de cualquier punto dado mediante *Cambiar parámetros en un punto*.  La configuración de esta función nos permite editar propiedades de ese punto de taladrado como altura de salto, separación, retracción, profundidad, velocidad de avance, retardo y parada. Así como gestionar una entrada manual mediante el código CN.

La función *Ordenar* establece el orden del conjunto de puntos que estamos trabajando. Se dispone de múltiples formas de ordenar los puntos en función de las direcciones X, Y, por rotación o de forma transversal que mejor se adapte a nuestro mecanizado.

Una vez seleccionados los puntos, áreas o geometrías de trabajo, Mastercam nos muestra la ventana de *Parámetros* donde se pueden ver diferentes características del mecanizado y de la operación seleccionada. Como características comunes para las operaciones convencionales de fresado tenemos; *Tipo de trayectoria, Herramienta, Porta-herramienta*, una sección central con los *Parámetros de corte* de la operación, una segunda sección central donde se tratan las alturas de la herramienta en el mecanizado denomina *Parámetros de vinculación*, diferentes propiedades de la máquina y el postprocesador como son *Filtro/Tolerancia de arco, Planos, Refrigerante, Texto fijo y Valores misceláneos*, y por último *Control de eje*.

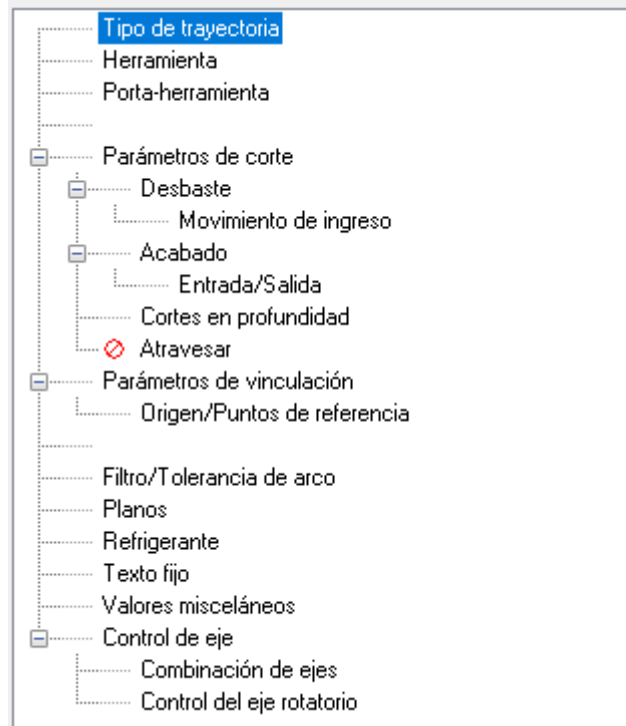


Figura 30 – Árbol de Parámetros de operación.

Además, disponemos de una ventana en la parte inferior izquierda en la que se enuncian los datos del mecanizado como son herramienta, diámetro de herramienta, radio de esquina, velocidad de avance, velocidad del husillo, refrigerante, longitud de herramienta, compensación de longitud, compensación de diámetro, PlanoC/PlanoH, combinación de ejes, compensación de punta.

Configuración de vista rápida	
Herramienta	FLAT END MILL - 6
Diámetro de herramienta	6
Radio de esquina	0
Velocidad de avance	3151.46
Velocidad del husillo	17825
Refrigerante	Desactivado
Longitud de herramienta	40
Compensación de longitud	216
Compensación de diámetro	216
PlanoC/PlanoH	Superior*
Combinación de ejes	Default (1)

Figura 31 – Configuración de vista rápida.

Vamos a mostrar ahora las secciones que son comunes para las operaciones de fresado convencional.

8.1.2. Tipo de trayectoria

Se toma como punto de partida a la hora de configurar las operaciones de mecanizado. En una ventana gráfica se muestran las diferentes opciones conjuntas de operaciones para fresado, agrupadas en tres grandes grupos.

- Contorno, cajera, planeado, fresa para ranuras en T, chaflán de modelo.

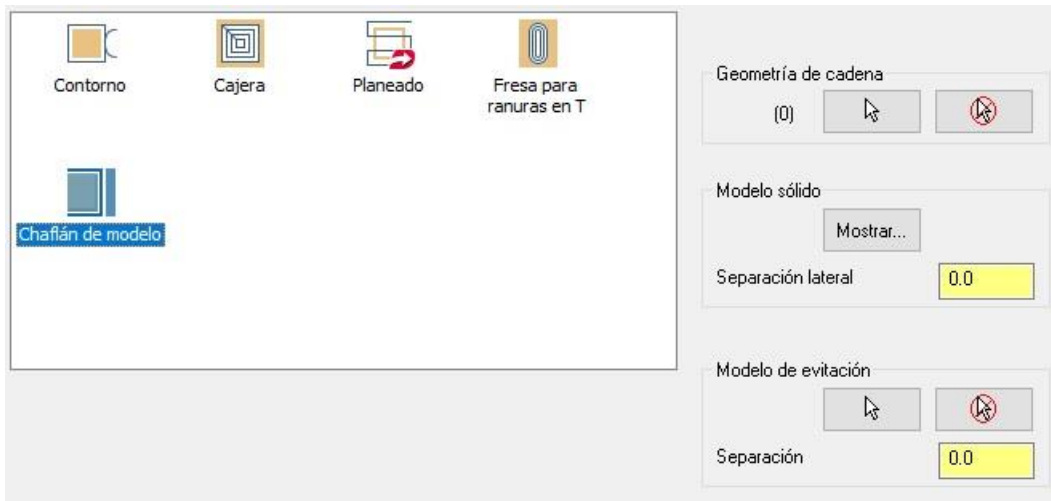


Figura 32 – Tipo de trayectoria. Operaciones definidas con Encadenamiento alámbrico y sólido.

En este grupo de operaciones se observa que la modalidad de trabajo de trayectoria es mediante una geometría de cadena que se selecciona, como hemos visto anteriormente, en *Encadenamiento de estructuras alámbricas y sólidos*.

En cuanto a *Modelo sólido*, esta opción solo se muestra para la operación *Chaflán de modelo*, y su función es mostrar que sólido va a mecanizar en el caso de que tuviéramos más de un sólido en el espacio de trabajo. *Separación lateral*, nos permite separar en altura la herramienta para evitar choques en vacío.

La opción de *Modelo de evitación* nos lleva de nuevo a la ventana gráfica de trabajo, para poder seleccionar todas aquellas partes por las que queramos evitar pasar la herramienta, por posibles colisiones o no queramos mecanizar. *Separación* crea la distancia que impongamos entorno a las geometrías seleccionadas en el *Modelo de evitación*.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

- Taladrado, fresado circular, punto, mandrinado helicoidal, fresado de rosca.

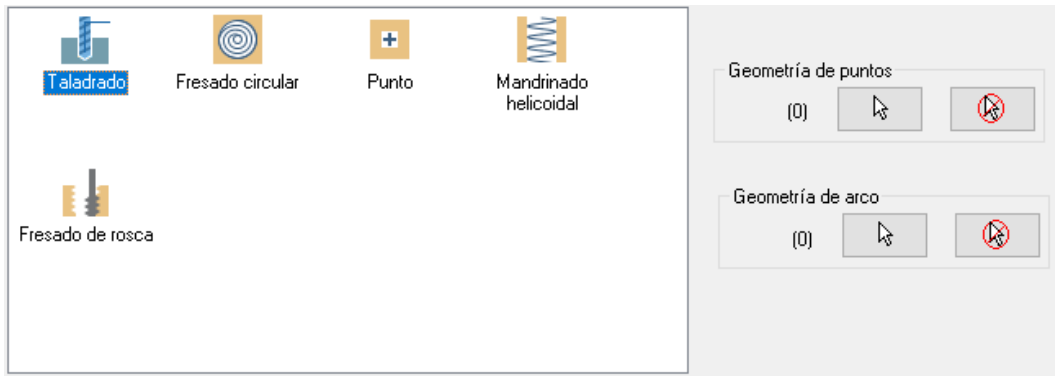


Figura 33 – Tipo de trayectoria. Operaciones definidas con Definición de trayectoria de agujeros.

Con este grupo de operaciones de mecanizado el modelo de trabajo de trayectorias es el de *Definición de trayectoria de agujeros*, siendo las únicas opciones posibles editar dicha selección de puntos y arcos.

- Fresado dinámico, fresado de área, contorno dinámico, fresado acanalado, fresado de transición.

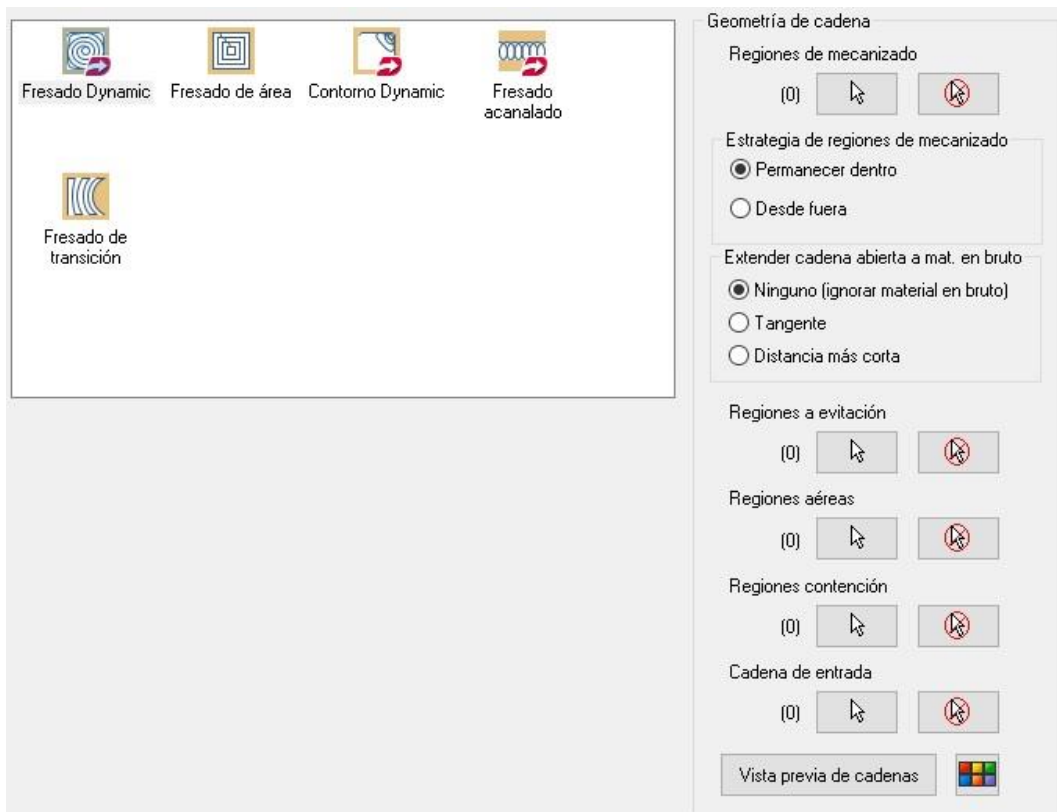
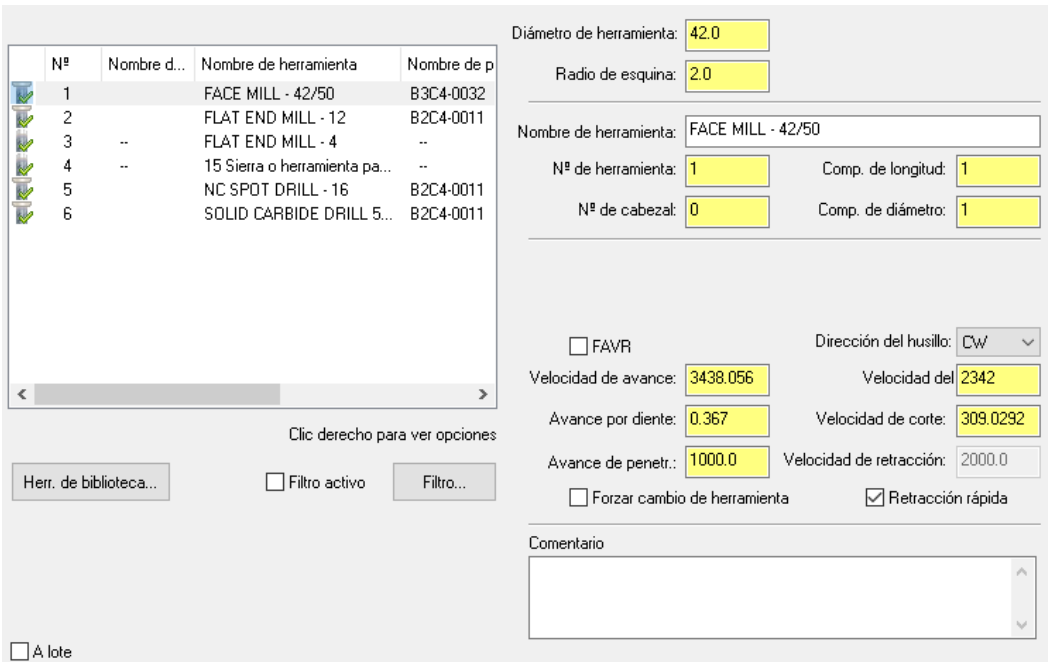


Figura 34 – Tipo de trayectoria. Operaciones definidas con Opciones de cadena.

En este último grupo de operaciones de mecanizado, el modelo de trabajo de trayectorias es directamente el de *Opciones de cadena* que se ha descrito con anterioridad en los métodos de selección de trayectorias.

8.1.3. Herramienta

En este apartado se seleccionan las herramientas de las distintas operaciones, pudiendo editar las propiedades de la herramienta y sus avances y velocidades de corte.



Nº	Nombre d...	Nombre de herramienta	Nombre de p
1		FACE MILL - 42/50	B3C4-0032
2		FLAT END MILL - 12	B2C4-0011
3	--	FLAT END MILL - 4	--
4	--	15 Sierra o herramienta pa...	--
5		NC SPOT DRILL - 16	B2C4-0011
6		SOLID CARBIDE DRILL 5...	B2C4-0011

Diámetro de herramienta: 42.0
Radio de esquina: 2.0
Nombre de herramienta: FACE MILL - 42/50
Nº de herramienta: 1 Comp. de longitud: 1
Nº de cabezal: 0 Comp. de diámetro: 1

FAVR Dirección del husillo: CW
Velocidad de avance: 3438.056 Velocidad del: 2342
Avance por diente: 0.367 Velocidad de corte: 309.0292
Avance de penetr.: 1000.0 Velocidad de retracción: 2000.0
 Forzar cambio de herramienta Retracción rápida

Comentario

A lote

Figura 35 – Herramientas de operación.

Para seleccionar una herramienta podemos utilizar diferentes procedimientos:

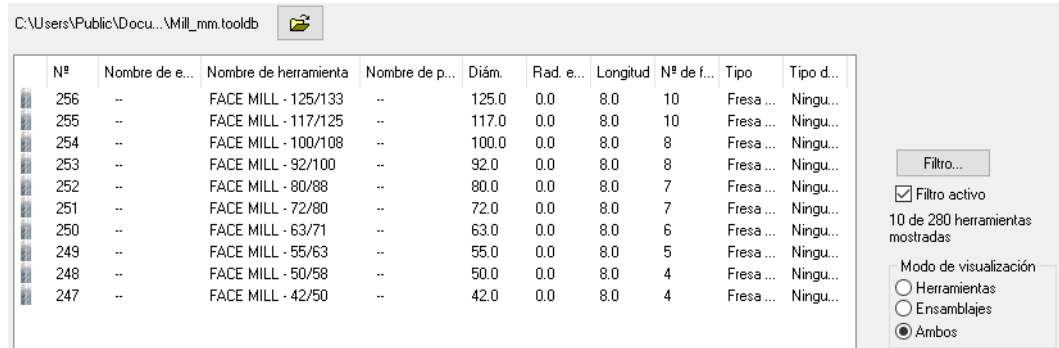
Opción 1: utilizando una herramienta ya existente en la tabla de herramientas, que ya se ha utilizado en ese grupo de máquina y que se mostrará con una marca de verificación.

Opción 2: seleccionando una herramienta de la biblioteca de herramientas o si es necesario accediendo a otra biblioteca de herramientas.

Se accede mediante *Herr. de biblioteca...* y nos lleva a la siguiente sección donde podremos visualizar la biblioteca actual de herramientas.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Seleccionando el icono de la carpeta podemos seleccionar otros archivos de extensión *.tooldb*, estos son los archivos donde se almacenan las diferentes bibliotecas de herramientas que puede utilizar el programa.



Nº	Nombre de e...	Nombre de herramienta	Nombre de p...	Diám.	Rad. e...	Longitud	Nº de f...	Tipo	Tipo d...
256	--	FACE MILL - 125/133	--	125.0	0.0	8.0	10	Fresa ...	Ningu...
255	--	FACE MILL - 117/125	--	117.0	0.0	8.0	10	Fresa ...	Ningu...
254	--	FACE MILL - 100/108	--	100.0	0.0	8.0	8	Fresa ...	Ningu...
253	--	FACE MILL - 92/100	--	92.0	0.0	8.0	8	Fresa ...	Ningu...
252	--	FACE MILL - 80/88	--	80.0	0.0	8.0	7	Fresa ...	Ningu...
251	--	FACE MILL - 72/80	--	72.0	0.0	8.0	7	Fresa ...	Ningu...
250	--	FACE MILL - 63/71	--	63.0	0.0	8.0	6	Fresa ...	Ningu...
249	--	FACE MILL - 55/63	--	55.0	0.0	8.0	5	Fresa ...	Ningu...
248	--	FACE MILL - 50/58	--	50.0	0.0	8.0	4	Fresa ...	Ningu...
247	--	FACE MILL - 42/50	--	42.0	0.0	8.0	4	Fresa ...	Ningu...

Filtro...
 Filtro activo
10 de 280 herramientas mostradas
Modo de visualización
 Herramientas
 Ensamblajes
 Ambos

Figura 36 – Herramientas de biblioteca. Herramientas de operación.

La opción de *Filtro* es muy útil para segregar nuestra búsqueda dentro de la biblioteca, y acotar así a nuestra operación un tipo de herramienta dada, un diámetro específico o rango de diámetros de corte, así como elegir qué tipo de material para la herramienta queremos utilizar en dicha operación.

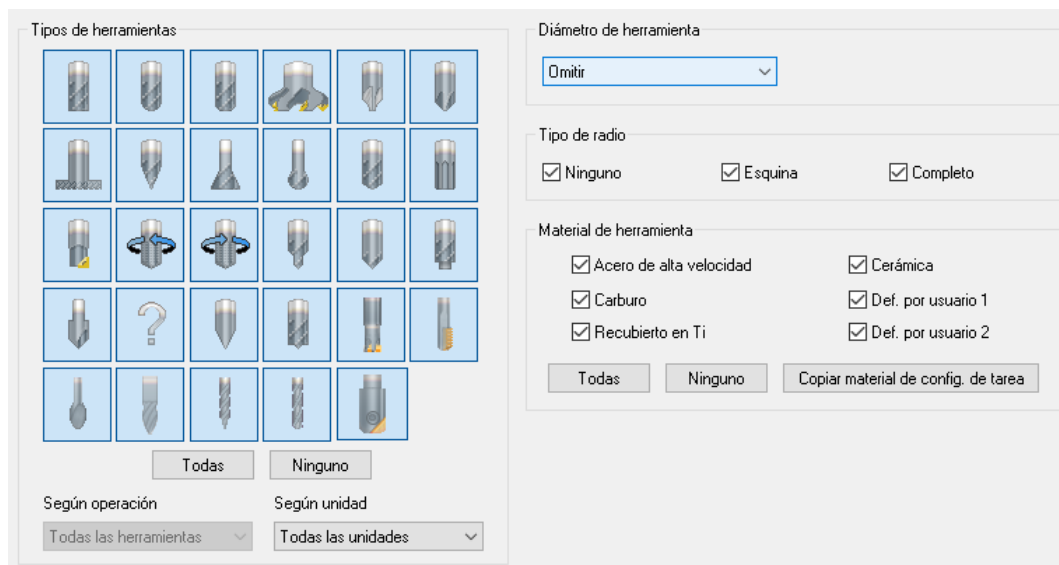


Figura 37 – Filtro. Herramientas de biblioteca.

Una vez seleccionados los diferentes filtros que necesitamos, pinchando la casilla de *Filtro activo*, Mastercam nos muestra en la ventana gráfica que herramientas cumplen nuestros requisitos.

Opción 3: creando una nueva herramienta de corte. Haciendo clic con el botón derecho del ratón desplegamos el menú de opciones, si seleccionamos *Crear*

herramienta, Mastercam nos lleva al editor de herramientas donde deberemos elegir qué tipo de herramienta necesitamos, cuáles son las geometrías que la definen, tanto de la zona de corte como del resto del cuerpo que no genera mecanizado, y en el último apartado definiremos conceptos como el número de herramienta y su número de compensación, velocidad y avances, material, sentido de giro, el nombre que le queramos dar a la herramienta, si es una herramienta de acabado y desbaste, o la calidad de la herramienta entre otros.

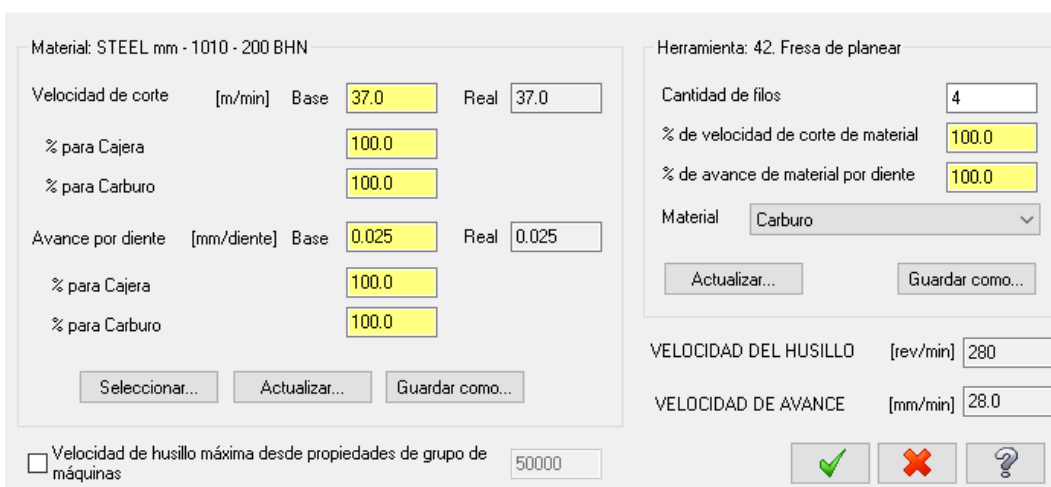
Cuando una herramienta es seleccionada para esa operación, los campos de valores de la pestaña se actualizan con los valores por defecto. Si se desea modificar alguno de los valores, simplemente hay que situarse en dicho valor e introducir el nuevo valor, automáticamente se actualizarán los demás campos de valores que sean dependientes del valor modificado.

Como ya se ha descrito anteriormente, los valores del avance de la herramienta pueden venir definidos por la propia herramienta, la máquina de trabajo, el material a mecanizar, definidos por el usuario, o por valores por defecto de la operación.

Además de poder modificar las velocidades de avance y del husillo, Mastercam nos ofrece la posibilidad de variar las velocidades de corte y avance por diente de la herramienta, y que se actualicen el resto de los campos directamente.

Está disponible también una *calculadora de velocidad de avance* en la que podemos ajustar las velocidades y avances de la herramienta y del material. Las nuevas velocidades de corte y avance que se introduzcan aquí estarán vigentes para toda la operación.

Calculadora de velocidad de avance



Material: STEEL mm - 1010 - 200 BHN		Herramienta: 42. Fresa de planear	
Velocidad de corte [m/min]	Base: 37.0	Real: 37.0	Cantidad de filos: 4
% para Cajera	100.0		% de velocidad de corte de material: 100.0
% para Carburo	100.0		% de avance de material por diente: 100.0
Avance por diente [mm/diente]	Base: 0.025	Real: 0.025	Material: Carburo
% para Cajera	100.0		Actualizar...
% para Carburo	100.0		Guardar como...
Seleccionar... Actualizar... Guardar como...		VELOCIDAD DEL HUSILLO [rev/min]: 280	VELOCIDAD DE AVANCE [mm/min]: 28.0
<input type="checkbox"/> Velocidad de husillo máxima desde propiedades de grupo de máquinas: 50000		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 38 – Calculadora de velocidad de avance.

Mastercam tiene en cuenta las modificaciones para no superar los valores máximo y mínimo establecidos en la definición de la máquina, dando un aviso de que dicho valor está fuera de rango, y mostrará en el campo de valor el valor extremo en amarillo.

En cuanto a los campos mostrados en la ventana principal *Herramienta* cabe destacar la pestaña que nos permite modificar la *Dirección del husillo* ya sea haciendo girar al cabezal en sentido horario (CW) o en sentido antihorario (CCW), Mastercam muestra por defecto la dirección de rotación de la herramienta que está definida en *Propiedades de grupo de máquina*, pero podemos modificar este valor para cada operación.

La casilla *Retracción rápida* permite aprovechar la velocidad máxima que nos ofrece la máquina, para realizar la retirada de la herramienta en el mecanizado de la pieza. Si la casilla no está seleccionada, Mastercam toma el valor introducido en el campo *Velocidad de retracción*.

8.1.4. Porta-herramienta

En este apartado se selecciona el portaherramientas que se utilizará en la operación de mecanizado.

Para seleccionar el porta solo hay que tomar el que queramos dentro de la lista de la ventana izquierda, automáticamente Mastercam nos simula a la derecha el montaje herramienta-porta para poder visualizar rápidamente el resultado final que se simulará en el programa.

Se puede realizar las siguientes opciones, crear un nuevo portaherramientas, cargar un portaherramientas desde otra biblioteca o editar un portaherramientas ya existente.

Cuando se necesite crear un porta específico para nuestra operación, se hará clic en *Nuevo porta-h.* y esto nos llevará a la ventana de creación de portaherramientas, donde podremos añadir segmentos a nuestro portaherramientas y modificar las geometrías según nuestras necesidades. En la segunda parte pestaña de esta ventana tenemos que definir como se guardará la herramienta en la biblioteca. Una vez finalizada la edición la herramienta se muestra con un asterisco en el nombre hasta que sea guardada en la biblioteca.

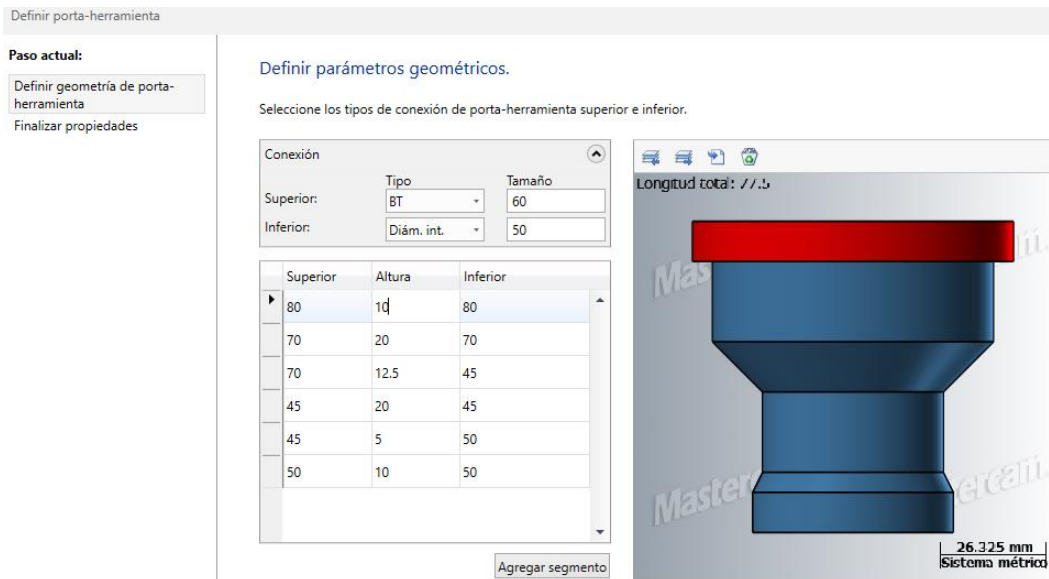


Figura 39 – Definición de porta-herramientas.

Para cargar un porta desde otra biblioteca solo hay que hacer clic en *Abrir bibl.*, y seleccionar la biblioteca deseada de portas y Mastercam reemplaza toda la lista que se muestra en la parte izquierda.

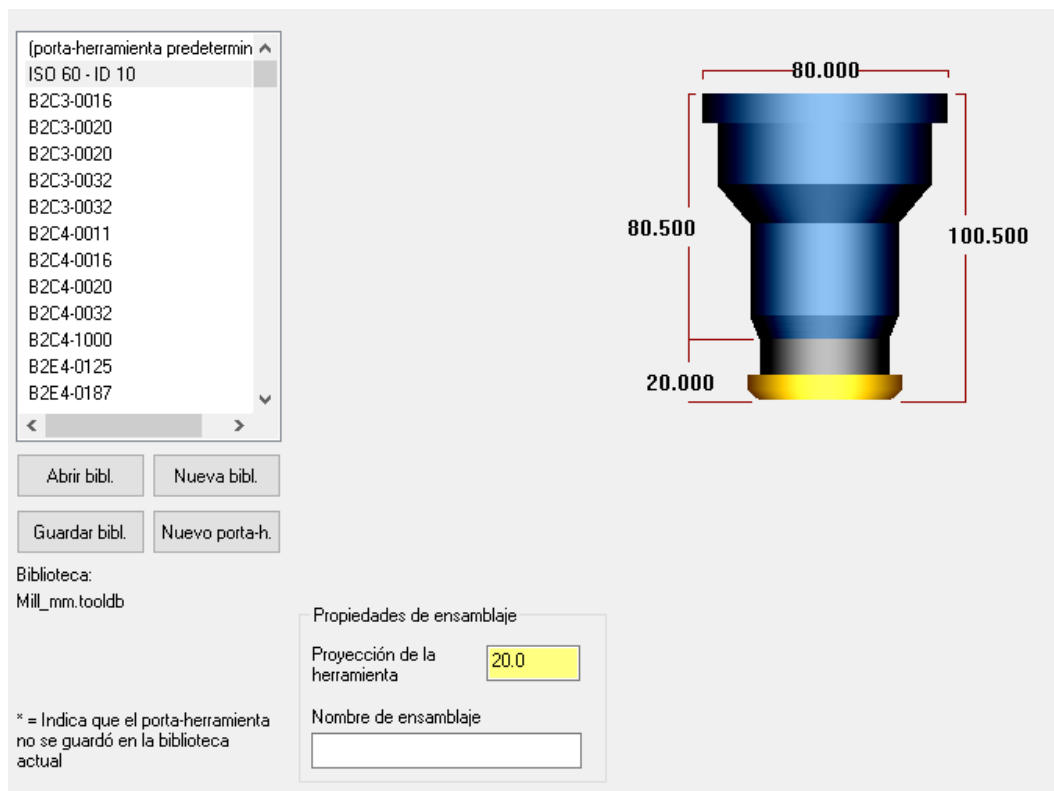


Figura 40 – Porta-herramienta de operación.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

El campo de valor *Proyección de la herramienta* nos permite modificar la longitud de la herramienta que queda expuesta, desde la parte inferior del portaherramientas hasta la punta de corte de la herramienta.

8.1.5. Material en bruto

En este apartado se decide como Mastercam calcula el material en bruto restante para la operación que se va a definir. Esta opción solo está disponible para las operaciones de fresado de *Fresado Dynamic* y *Fresado de área*, y para operaciones de penetración de *Taladrado*, *Fresado circular*, *Mandrinado helicoidal* y *Fresado de rosca*.

Para las operaciones de fresado descritas antes, la ventana gráfica se muestra de la siguiente forma.

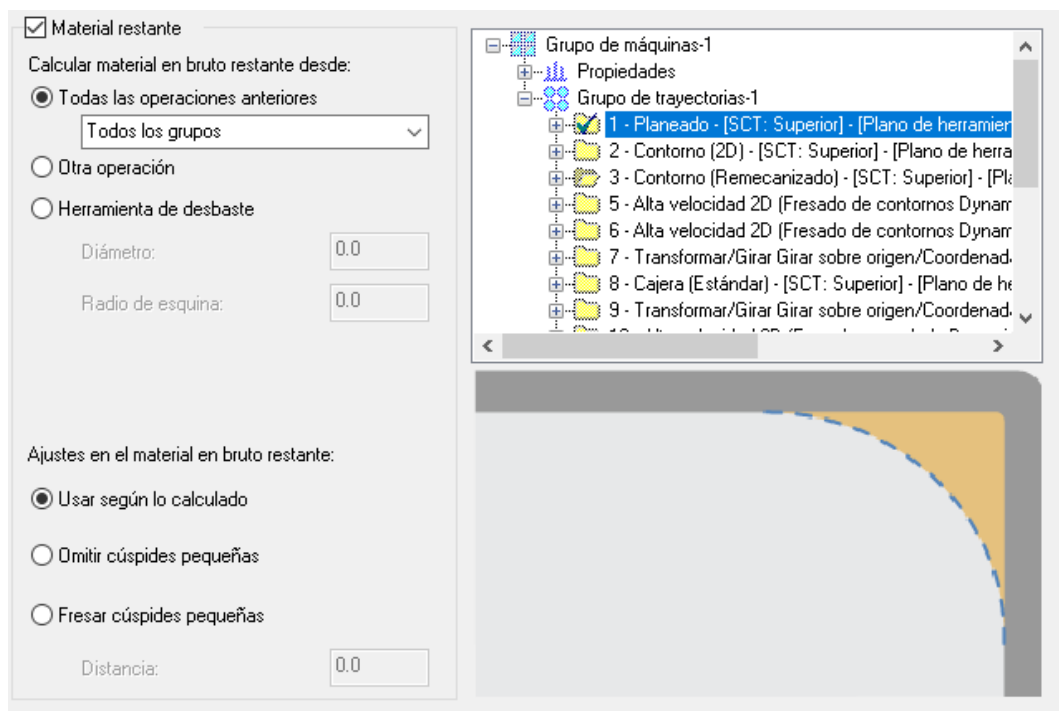


Figura 41 – Material en bruto de operación.

Existen dos métodos de trabajo para este apartado, se puede elegir calcular el material en bruto restante a partir de una o más operaciones previas, o se puede introducir la geometría de la herramienta de desbaste previa a la operación, dando los valores de diámetro y radio de la herramienta de desbaste. Con estos datos Mastercam calcula un modelo de material en bruto en las áreas de la pieza que no se pudieron mecanizar, o que por geometrías de la herramienta no se pudo acceder.

Para las operaciones de penetración descritas antes, la ventana gráfica que se muestra es la siguiente.



Figura 42 – Material en bruto de operaciones de penetración.

Lo que nos permite este método, es reducir el tiempo excesivo en el que la herramienta no está en contacto con el material al haber sufrido modificaciones en mecanizados previos, y no disponer ahora de las dimensiones del material en bruto inicial.

Se puede ajustar las posiciones tanto para la superficie o posición superior, que es donde se inicia el avance de la operación, como para la posición del final del mecanizado o fondo del material en bruto.

8.1.6. Parámetros de vinculación

En este apartado, se utilizarán distintas definiciones de planos virtuales para los distintos desplazamientos comunes que realiza la herramienta en su trayectoria. Dichos planos son aquellos en los que se realizan desplazamientos en rápido y los planos cumbre de mecanizado.

Para los planos de desplazamientos en rápido definimos:

- **Separación:** define la altura a la que la herramienta se desplaza en rápido hacia la pieza al inicio de la operación, y fuera de ella al final de la operación. Si no se activa, Mastercam toma como valor de este plano el definido en *Retracción*. Es recomendable trabajar este valor como un valor *Absoluto* o, tomar un punto de la geometría de la pieza a mecanizar que sea seguro de no provocar colisiones.

- *Retracción:* marca la altura del plano al que se mueve la herramienta antes del inicio de la siguiente pasada de mecanizado. Si no se activa, Mastercam toma como valor de este plano la altura de retracción entre operaciones. El plano de retracción ha de estar siempre por encima del plano de avance.
- *Plano de avance:* Establece la altura a la que la herramienta se sitúa antes de cambiar la velocidad de avance en la entrada a mecanizar

Para los planos en los que ya se genera mecanizado de la pieza se define:

- *Cima de material:* Establece la altura del material en el eje Z. Ciertos parámetros de la herramienta toman este valor como referencia para trabajar de forma incremental. Por ejemplo, los planos de *Separación*, *Retracción* y *Plano de avance*, si se marcan con el método incremental, toman este valor como *cero* y el valor que se haya introducido será aplicado de manera incremental por encima del plano cima.
- *Profundidad:* determina la profundidad final de mecanizado y la profundidad más baja a la que trabajaría la herramienta en la última pasada de corte. La profundidad por defecto es la de la primera cadena que se haya seleccionado, por tanto, si se selecciona una cadena que está situada realmente en la cima de material, no se produciría ningún mecanizado en profundidad. Por ello, en este campo es interesante trabajar con el método *Absoluto*, y certificar de esta forma que se mecaniza a la profundidad deseada en plano.

Dependiendo de si se trabaja con una operación de fresado o con una operación de taladrado, la interfaz se ve un poco modificada.

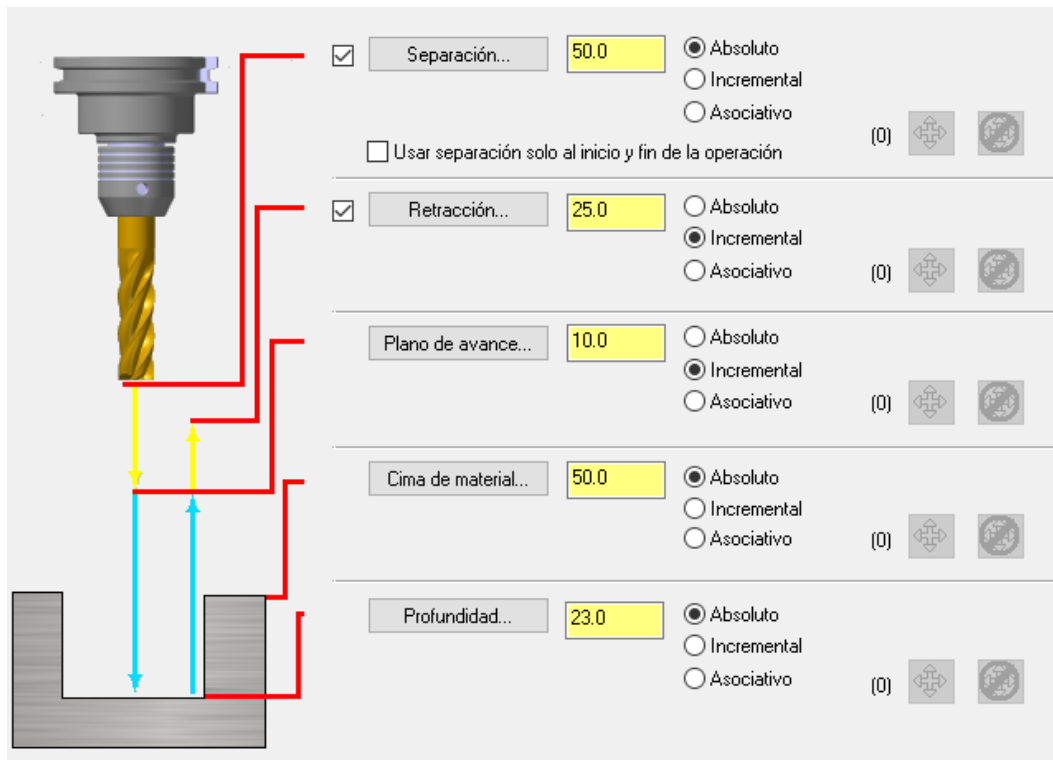




Figura 43 – Parámetros de vinculación.

Interfaz de parámetros de vinculación para operaciones de fresado.

Los métodos de trabajo de las alturas o profundidades, *Absoluto*, *Incremental* y *Asociativo*, se describen a continuación:

- *Absoluto*: Mastercam toma referencia para los valores absolutos el origen 0,0,0. La herramienta realizará la trayectoria definida a la profundidad marcada, sin importar donde se encuentre la geometría de la pieza, por tanto, es muy importante para trabajar con este método conocer muy bien la geometría y alturas de la pieza que se va a mecanizar.
Para los movimientos en rápido puede ser el método de trabajo más seguro, ya que si nos cercioramos de que las alturas marcadas se encuentran por encima del plano superior de la pieza no aparecerán problemas de colisiones.
- *Incremental*: este método de trabajo toma como referencia de la trayectoria de la herramienta superficies relativas o, la geometría de cadena que se haya definido para la trayectoria de corte.
Los planos de desplazamientos en rápido, *Separación*, *Retracción* y *Plano de avance*, son relativos al plano en el que se define la altura de cima de material. Mientras que los planos de trabajo, *Cima de*

material y *Profundidad*, son relativos a la altura de la geometría de cadena seleccionada.

- *Asociativo*: los puntos asociativos se miden en relación con un punto seleccionado directamente del entorno gráfico de la pieza. Utilizando el botón *Seleccionar punto*  podemos elegir el punto desde el cual medirá el valor asociativo. Para eliminar dicho punto solo hace falta pulsar *Eliminar punto*. 

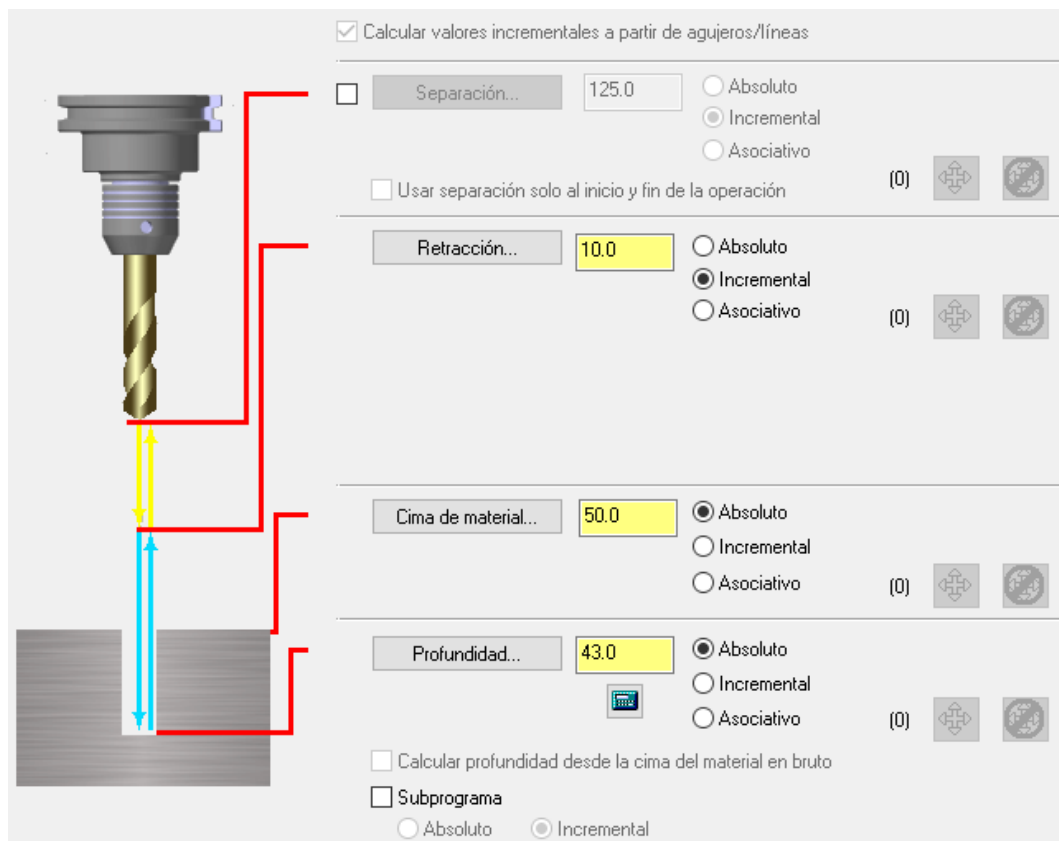


Figura 44 – *Párametros de vinculación. Operación de taladrado.*

Interfaz de parámetros de vinculación para operaciones de taladrado.

Si mantenemos marcada la casilla *Calcular los valores incrementales a partir de agujeros/líneas*, Mastercam calcula los valores para los movimientos *Retracción*, *plano de alimentación* y *cima de material* desde la parte superior del agujero o línea seleccionado. Si no seleccionamos la casilla, Mastercam toma los valores de los campos de la interfaz.

El botón que simula una calculadora  nos permite, calcular la profundidad de perforación adecuada en función del diámetro de acabado deseado y el

diámetro de la herramienta. Esta herramienta es especialmente útil para el cálculo de avellanados.

Calculadora de profundidad

Usar valores de herramienta actuales

Diámetro de herramienta 16.0

Ángulo incluido en la punta de herr. 90.0

Diámetro de acabado 14.0

Diám. punto herr. (punto plano) 0.0

Agregar a profundidad Prof. -7.0

Sobrescribir profundidad

Figura 45 – Calculadora de profundidad. Parámetros de vinculación. Taladrado.

Una vez introducido nuestro diámetro de acabado, Mastercam nos ofrece el valor de *Profundidad*, el cual debemos elegir si se añade, como suma, la profundidad al valor de la profundidad existente en los *Parámetros de vinculación*, seleccionando *Agregar a profundidad*. O si queremos reemplaza el valor obtenido de la profundidad directamente mediante *Sobrescribir profundidad*.

8.1.7. Compensación de punta

Este apartado aparece para operaciones de perforación de taladro. Si se activa la casilla de *Compensación de punta*, podemos ampliar la profundidad que la herramienta tiene establecida en el apartado *Parámetros de vinculación*. Para ello, tenemos que aportar al programa la *Longitud de la punta* y el *Ángulo de punta*, y la *Distancia a atravesar*. Mastercam calcula de forma automática la nueva profundidad para compensar la punta de la herramienta y que el taladro quede conforme.

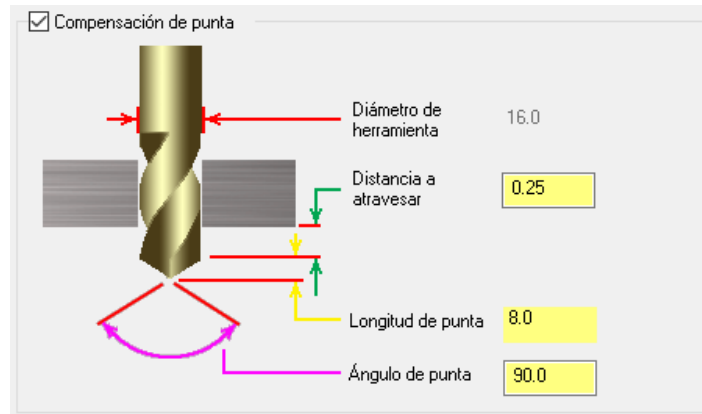


Figura 46 – Compensación de punta. Parámetros de vinculación.

8.1.8. Origen/Puntos de referencia

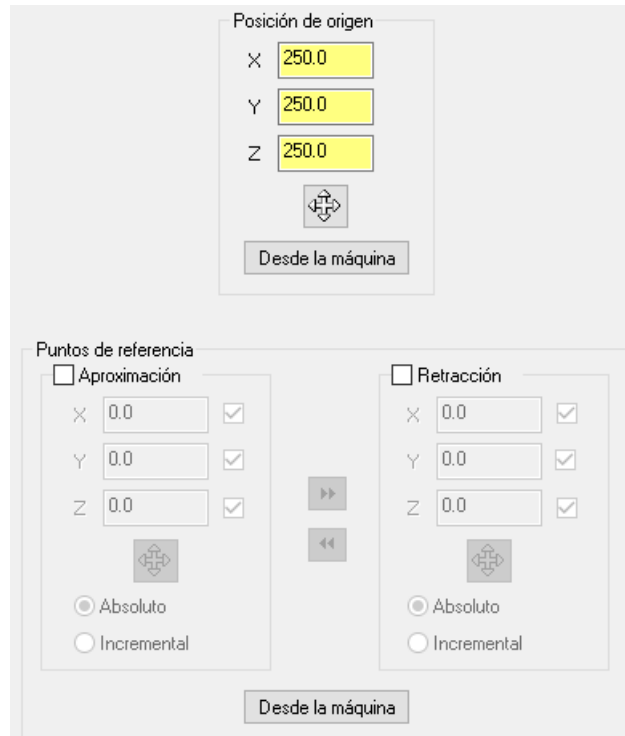
Este apartado define la *Posición de origen* y los puntos de referencia de *Aproximación* y *Retracción*.

La posición de origen es el punto del espacio en el que se realizan los cambios de herramienta y donde vuelve la herramienta al finalizar la operación de mecanizado.

Un punto de referencia se define como la ubicación a la que se desplaza la herramienta en el inicio y/o final de su trayectoria de mecanizado.

Se puede definir un punto de aproximación como aquel al que la herramienta se desplaza desde la posición de origen, y antes del primer movimiento de la trayectoria de la herramienta.

Un punto de retracción es aquel punto al que la herramienta retrocede una vez realizado el último movimiento de la trayectoria de la herramienta antes de desplazarse a la posición de origen.



The image shows a software dialog box with two main sections. The top section, titled 'Posición de origen', contains three input fields for X, Y, and Z coordinates, each set to '250.0'. Below these fields is a small icon of a coordinate system and a button labeled 'Desde la máquina'. The bottom section, titled 'Puntos de referencia', is divided into two columns: 'Aproximación' and 'Retracción'. Each column has three input fields for X, Y, and Z coordinates, all set to '0.0', and a small coordinate system icon. Below the input fields are radio buttons for 'Absoluto' (selected) and 'Incremental'. Between the two columns are two arrow buttons: a right-pointing double arrow and a left-pointing double arrow. At the bottom of the dialog is a button labeled 'Desde la máquina'.

Figura 47 – Origen/Puntos de referencia. Parámetros de vinculación.

8.1.9. Zona de seguridad

Este apartado solo aparece activo para máquinas y operaciones multieje y no serán editables en operaciones de fresado 2D y 3D.

8.1.10. Filtro/Tolerancia de arco

Este apartado nos permite controlar las tolerancias de la trayectoria de las herramientas. Mastercam toma los valores de este apartado para convertir la trayectoria de la herramienta, que originalmente utiliza desplazamientos G1, G2 y G3, en un conjunto más fino de movimientos G1 suavizados siempre que sea posible y cumpliendo con las tolerancias definidas.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Distribución de tolerancia

Tolerancia total: 0.025

Tolerancia de corte: 0.025
100.0 %

Tolerancia de línea/arco: 0.0
0.0 %

Tolerancia de suavizado: 0.0
0.0 %

Configuración de filtrado de línea/arco

Crear arcos en:
 XY (G17) XZ (G18) YZ (G19)

Filtro unidireccional

Radio de arco mínimo: 1.0

Radio de arco máximo: 1000.0

Usar valor de tolerancia máxima para ambos
 Ajustar filtrado de tolerancia de línea
 Ajustar filtrado de tolerancia de arco

0.0

Configuración de suavizado

Usar longitud de segmento fija

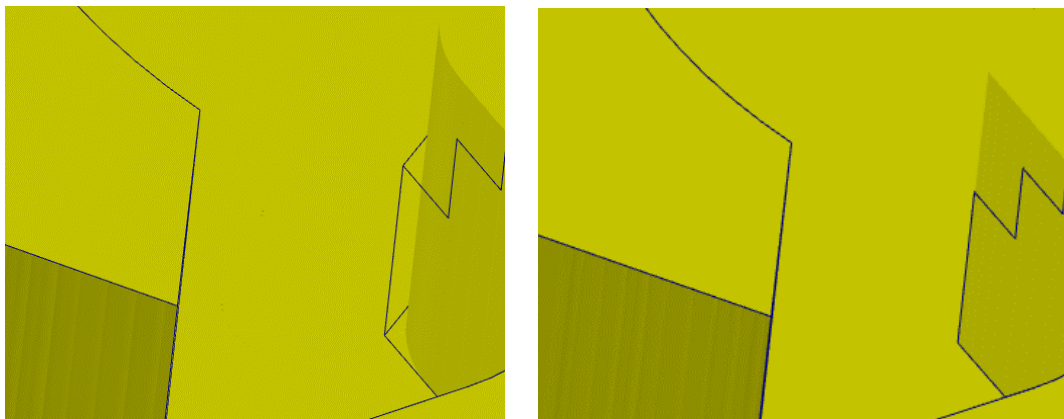
Longitud de segmento: 0.5

Cambiar puntos de forma aleatoria en trayectoria
 Minimizar número de puntos
 Presentar arcos como segmentos de línea

Generar movimiento de ingreso de arco en 3D

Figura 48 - Filtro/Tolerancia de arco.

A continuación, se muestran dos ejemplos, de un mecanizado interior, con valores muy extremos para el valor *Tolerancia de corte*. Se puede apreciar, que cuanto más pequeño o cerrado el valor de la tolerancia, más fiel será el mecanizado al perfil final definido en las fases de diseño de la pieza.



Valor *Tolerancia de corte* = 10mm

Valor *Tolerancia de corte* = 0,025mm

Figura 49 - Detalle comparando el acabado para distintas *Tolerancias de corte*. Filtro/Tolerancia de arco.

Cuando se activa *Configuración de filtrado de línea/arco*, Mastercam sustituye los movimientos más pequeños que el valor de la tolerancia definida en este apartado, por ese valor más grande siempre que sea posible.

Se puede discretizar que dicho valor afecte solo a las líneas, definidas por desplazamientos G1, a los arcos, definidos por desplazamientos G2 y G3, o ambos desplazamientos.

Si se aplica el filtrado, el número de bloques del código de control numérico que obtendremos en el postprocesador se ve reducido, y esto puede llegar a mejorar la precisión de mecanizado de la pieza y, por tanto, la calidad superficial de la misma.

Activar *Configuración de suavizado* mejora la calidad de las superficies mecanizadas y reduce el tiempo de mecanizado, así como las condiciones de corte para la herramienta, que también se ven mejoradas disminuyendo por tanto el desgaste de la herramienta.

Representa un conjunto determinado de movimientos de la herramienta y, define la curva que mejor se adapta dentro de la tolerancia al conjunto de puntos mediante un spline.

A continuación, se muestran cómo afectan la toma de diferentes valores y la activación de la opción de suavizado en el mecanizado final.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

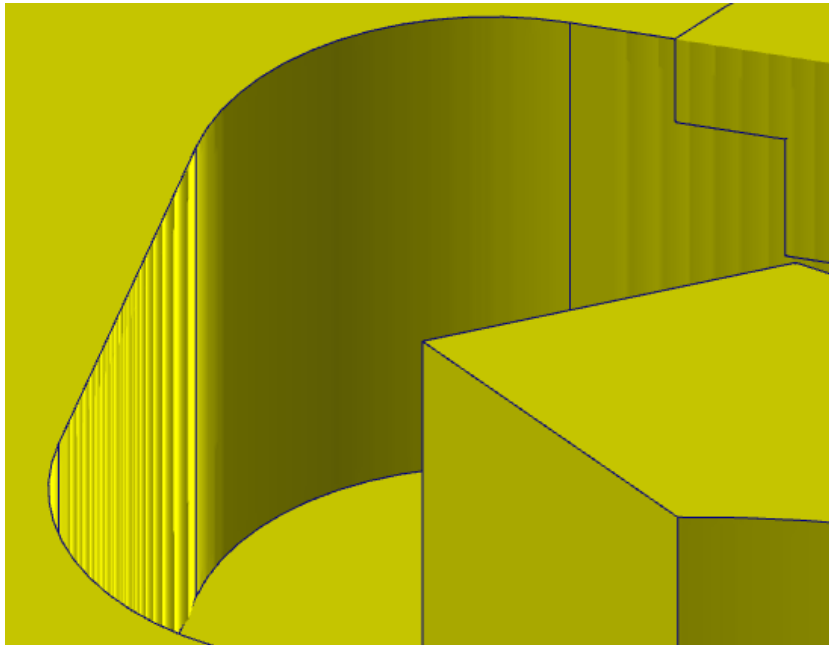


Figura 50 – Detalle mecanizado final. Configuración de suavizado 1. Filtro/Tolerancia de arco.

Distribución de tolerancia

Tolerancia total: 5.0

Tolerancia de corte	+	Tolerancia de línea/arco	+	Tolerancia de suavizado
2.5		0.0		2.5
50.0 %		0.0 %		50.0 %

Configuración de filtrado de línea/arco

Crear arcos en:

XY (G17) XZ (G18) YZ (G19)

Filtro unidireccional

Radio de arco mínimo: 5.0

Radio de arco máximo: 1000.0

Usar valor de tolerancia máxima para ambos

Ajustar filtrado de tolerancia de línea

Ajustar filtrado de tolerancia de arco

0.0

Configuración de suavizado

Usar longitud de segmento fija

Longitud de segmento: 25.0

Cambiar puntos de forma aleatoria en trayectoria

Minimizar número de puntos

Presentar arcos como segmentos de línea

Generar movimiento de ingreso de arco en 3D

Figura 51 – Configuración de suavizado 1. Filtro/Tolerancia de arco.

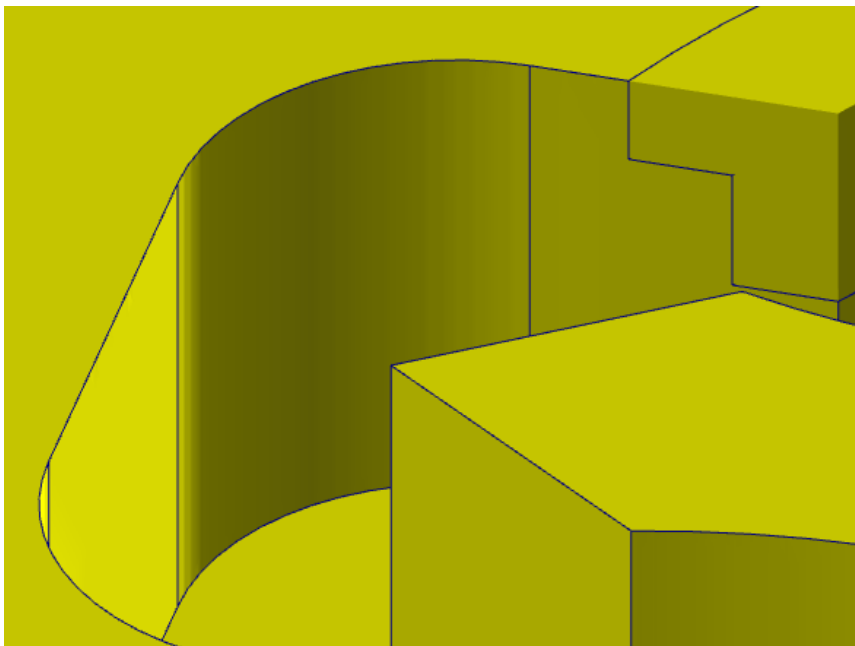


Figura 52 – Detalle mecanizado final. Configuración de suavizado 2. Filtro/Tolerancia de arco.

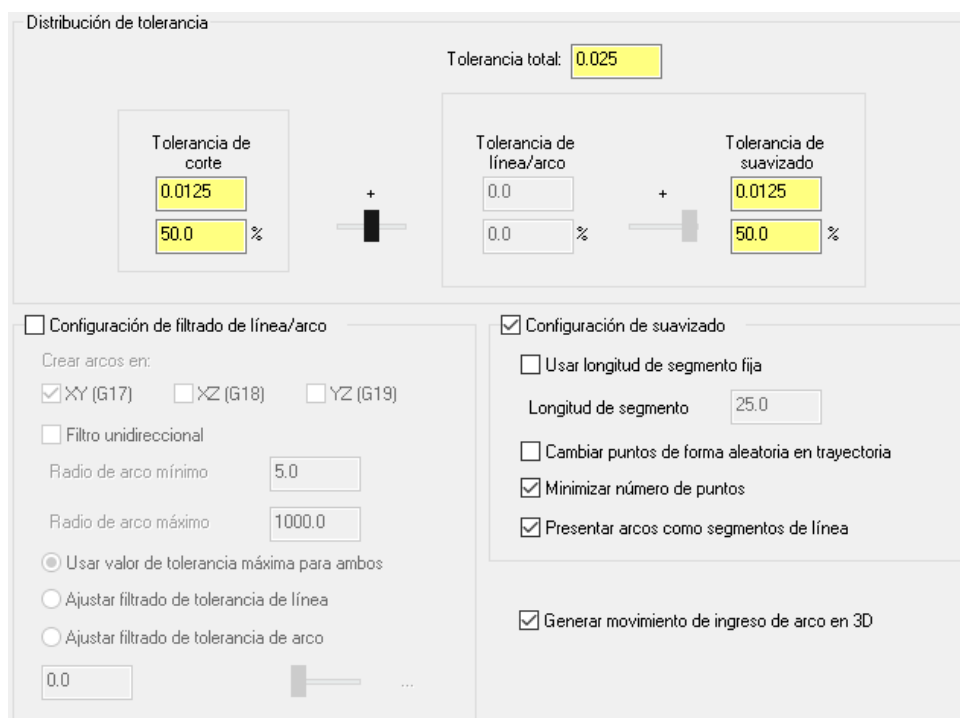
A screenshot of the 'Distribución de tolerancia' (Tolerance Distribution) dialog box in Mastercam. The dialog is divided into several sections. At the top, 'Tolerancia total' is set to 0.025. Below this, there are three input fields: 'Tolerancia de corte' (0.0125), 'Tolerancia de línea/arco' (0.0), and 'Tolerancia de suavizado' (0.0125). Each has a corresponding percentage slider set to 50.0%. The 'Configuración de suavizado' (Smoothing Configuration) section is checked and contains: 'Usar longitud de segmento fija' (unchecked), 'Longitud de segmento' (25.0), 'Cambiar puntos de forma aleatoria en trayectoria' (unchecked), 'Minimizar número de puntos' (checked), 'Presentar arcos como segmentos de línea' (checked), and 'Generar movimiento de ingreso de arco en 3D' (checked). The 'Configuración de filtrado de línea/arco' (Line/arc filtering configuration) section is unchecked and contains: 'Crear arcos en:' with 'XY (G17)' checked, 'XZ (G18)' unchecked, and 'YZ (G19)' unchecked; 'Filtro unidireccional' (unchecked); 'Radio de arco mínimo' (5.0) and 'Radio de arco máximo' (1000.0) sliders; radio buttons for 'Usar valor de tolerancia máxima para ambos' (selected), 'Ajustar filtrado de tolerancia de línea', and 'Ajustar filtrado de tolerancia de arco'; and a '0.0' input field with a slider.

Figura 53 – Configuración de suavizado 2. Filtro/Tolerancia de arco.

A mayores valores para la tolerancia y la longitud del segmento a suavizar, peores condiciones superficiales de acabado del mecanizado. Si se cierra la tolerancia a valores mucho más pequeños y, además, se permite a Mastercam

calcular de forma automática el número de puntos y la longitud para el suavizado, mejor acabado superficial se obtendrá.

8.1.11. Planos

Este apartado establece los planos en los que se creará la trayectoria de herramienta de esa operación.



Figura 54 – Planos.

El *plano de herramienta* es el plano normal al eje de la herramienta. El *plano de construcción/Compensación* se define como el plano en el que se generan los movimientos de la herramienta. Por lo general, suelen ser el mismo plano en la mayoría de los mecanizados.

Podemos elegir de manera rápida cualquier otro plano seleccionando la opción *Selección de plano*. Se mostrará una tabla con los diferentes planos y sus coordenadas de origen y, si fuera necesario unas coordenadas de desplazamiento, podemos elegir también cualquier otro origen de plano seleccionando la opción *Selección de origen*, que nos llevará a la ventana gráfica para que pinchemos donde queremos que esté dicho origen.

La edición y selección de los planos de herramienta y construcción está condicionada a la activación o desactivación de la opción *Mostrar información de plano relativa a SCT*, en el administrador de la pestaña de *Planos*.

8.1.12. Refrigerante

En este apartado se activa o desactiva el refrigerante.

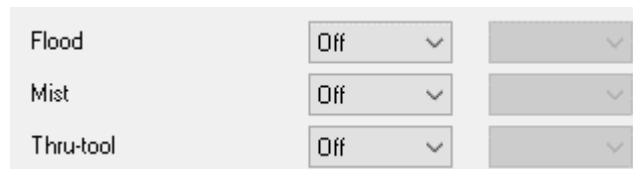


Figura 55 – Detalle Refrigerante.

Generalmente se pueden desactivar las opciones de refrigerante de manera individual. Se trabaja con tres tipos de refrigeración diferentes:

- *Flood* que hace referencia a la refrigeración por inundación o flujo directo, mediante un sistema complementario al mecanizado se distribuye un flujo continuo de refrigerante.
- *Mist* que produce un neblina de refrigerante, pulverizando y dispersando el refrigerante en partículas muy pequeñas junto con aire.
- *Thru-tool* en el que la herramienta viene preparada con pequeños orificios en su interior, desde su base hasta zonas cercanas a la punta o elemento de corte, por las que circulará el refrigerante. Este método de trabajo es especialmente utilizado en mecanizados internos como por ejemplo, en el taladrado con brocas de gran longitud y reducido diámetro, conocidas comúnmente como “brocas cañón”.

8.1.13. Texto fijo

En este apartado se pueden introducir comandos de texto predefinidos para el programa de CN.

Las órdenes que se seleccionen en este apartado se introducen como texto en el bloque de cambio de herramienta de dicha operación. Existe la posibilidad de elegir donde se introducirán dichas órdenes, si antes, después o entre el cuerpo del bloque de código de CN del cambio de herramienta.

8.1.14. Valores misceláneos

En este apartado hacemos referencia a parámetros personalizados del post procesado, definidos mediante variables. Los valores se almacenan con la operación si no se marca la casilla de *Configurar automáticamente en valores de postprocesamiento al postprocesar*.

Sin embargo, si la casilla está marcada, Mastercam ignorará todo lo expuesto en estos campos de valores y tomará los valores generales del postprocesado final. Esto facilita la actualización del mecanizado general, no teniendo que modificar operación por operación los valores abajo expuestos.

Enteros		Reales	
Work Coordinates [0=1=G92, 2=G54's]	<input type="text" value="2"/>	Número real misceláneo [1]	<input type="text" value="0.0"/>
Absolute/Incremental, top level [0=ABS, 1=INC]	<input type="text" value="1"/>	Número real misceláneo [2]	<input type="text" value="0.0"/>
Reference Return [0=G28, 1=G30]	<input type="text" value="0"/>	Número real misceláneo [3]	<input type="text" value="0.0"/>
Número entero misceláneo [4]	<input type="text" value="0"/>	Número real misceláneo [4]	<input type="text" value="0.0"/>
Número entero misceláneo [5]	<input type="text" value="0"/>	Número real misceláneo [5]	<input type="text" value="0.0"/>
Número entero misceláneo [6]	<input type="text" value="0"/>	Número real misceláneo [6]	<input type="text" value="0.0"/>
Número entero misceláneo [7]	<input type="text" value="0"/>	Número real misceláneo [7]	<input type="text" value="0.0"/>
Número entero misceláneo [8]	<input type="text" value="0"/>	Número real misceláneo [8]	<input type="text" value="0.0"/>
Número entero misceláneo [9]	<input type="text" value="0"/>	Número real misceláneo [9]	<input type="text" value="0.0"/>
Número entero misceláneo [10]	<input type="text" value="0"/>	Número real misceláneo [10]	<input type="text" value="0.0"/>

Configurar automáticamente en valores de postprocesamiento al postprocesar

Figura 56 – Valores misceláneos.

La imagen anterior define que, para las coordenadas de trabajo, dicha operación lo hará utilizando el *Cero pieza* como sistema local, que los planos de trabajo se definen de manera incremental en la operación, y que el retroceso, al finalizar el mecanizado la herramienta, lo haga pasando por un punto intermedio antes de irse al punto de referencia.

8.1.15. Control de ejes

En este apartado podemos modificar aspectos referidos a la combinación de ejes de trabajo en la operación de mecanizado

- *Combinación de ejes:* Mastercam utiliza esta sección para identificar que componentes de la máquina corresponden a cada eje en el sistema de coordenadas de la operación.
En nuestro caso, para operaciones de fresado con una fresadora de 3 ejes, las combinaciones de ejes no aparecen, pues cada eje tiene asignado un solo husillo de manera predeterminada.
- *Control del eje rotatorio:* En esta sección podemos configurar el movimiento del eje rotatorio en el que está adosado la herramienta y modificar la forma en que realiza su trayectoria dicha herramienta. Se dispone de cuatro casos:
 - o *Sin rotación:* La rotación se mantiene solo en el eje de la herramienta.
 - o *Posicionamiento del eje rotatorio:* Mastercam indexa la pieza sobre el eje de rotación, seleccionando un plano de herramienta y permanece en ese plano descrito. La herramienta genera su movimiento en los 3 ejes X, Y, Z, siguiendo la trayectoria de la herramienta.
 - o *3 ejes:* Mastercam sustituye los desplazamientos en X, Y, Z por desplazamientos en coordenadas de un sistema polar. Es la pieza la que se mueve sobre la herramienta, mientras esta permanece paralela al eje de rotación.
 - o *Sustitución de ejes:* Mastercam sustituye el eje X o Y para las trayectorias de herramientas de 3 ejes. La pieza se desplaza alrededor del eje de rotación y la herramienta permanece perpendicular al eje de rotación.

8.1.16. Parámetros de corte

A continuación, definimos los parámetros más comunes de la pestaña *Parámetros de corte* para las distintas operaciones de mecanizado. Estas opciones no están disponibles para todas las operaciones de fresado, al igual que dentro de cada pestaña no todo lo que se exponga a continuación estará disponible para todas las operaciones.

8.1.16.1 Cortes en profundidad

La activación de esta pestaña define los incrementos de profundidad entre cada pasada y los incrementos de profundidad en las últimas pasadas o pasadas de acabado en el fondo, además de poder realizar distintas opciones específicas que describiremos a continuación.

Cortes en profundidad

Paso máx. de desbaste:

Nº de cortes de acabado:

Paso de acabado:

Mantener herramienta abajo

Usar profundidades de isla

Subprograma

Absoluto Incremental

Dirección de corte en profundidad

Hacia abajo Hacia arriba

Contrasalida (solo herramienta de contrasalida)

Orden de corte en profundidad

Por cajera Por profundidad

Paredes cónicas

Ángulo de cono

Ángulo de cono de isla

Figura 57 – Cortes en profundidad. Parámetros de corte.

Cuando introducimos un valor en el campo *Paso máx. de desbaste*, Mastercam divide ese paso máximo entre la profundidad total a mecanizar generando un número entero de pasadas, que si bien puede ser menor en la profundidad nunca podrá ser mayor que el paso marcado.

Podemos definir el *Nº de cortes de acabado* que queremos que mecanice nuestra herramienta y el *Paso de acabado* que tendrán dichos cortes. En este caso, los valores introducidos en ambos campos se respetan y tanto el número de cortes como el paso son exactos. Si el valor de número de cortes de acabado es 0, Mastercam no define ninguna pasada de acabado.

Mantener herramienta abajo determina si la herramienta de corte vuelve al plano de retracción o no entre las diferentes pasadas de profundidad marcadas. Hay que tener cuidado al seleccionar esta opción en contornos abiertos, ya que, la herramienta no se retrae al pasar del punto final de la

trayectoria al punto inicial para comenzar la nueva pasada de profundidad, lo que podría provocar colisiones o mecanizar partes de la pieza no deseada.

Para las operaciones de *Fresado dinámico*, *Cajera* y *Fresado de área*, existe la opción de *Usar profundidades de isla* que nos realiza un mecanizado por encima de la isla hasta encontrarse en su profundidad, y una vez alcanzado el plano superior de la isla en la trayectoria, bordea su perfil hasta la profundidad final de mecanizado.

La dirección en la que se realizarán los múltiples cortes de profundidad se define con la opción *Dirección de corte en profundidad*, se puede establecer si el corte se realiza en una dirección de arriba abajo, que suele ser lo normal en casi todas las operaciones de fresado convencional, o si lo hace de abajo a arriba, donde habría que tener especial cuidado con los desplazamientos de la

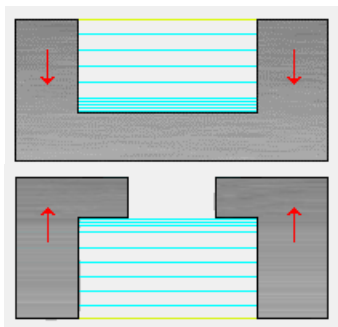


Figura 58 – Dirección de corte. Cortes en profundidad.

herramienta en la entrada y salida del mecanizado.

Otra opción interesante cuando se tiene más de una cadena en dicha operación es *Orden de corte en profundidad*, con esta opción podemos definir si queremos que, se produzcan los cortes en profundidad al mismo nivel en las distintas zonas de mecanizado de la operación, para ello seleccionamos *Por profundidad*. O si, por el contrario, que se realicen todas las pasadas en profundidad en una región, contorno o cajera, y una vez terminada se desplace a la siguiente zona de mecanizado, para ello seleccionamos *por región*, *por cajero* o *por contorno*.

Por último, activando la opción de *Paredes cónicas*, Mastercam nos recoloca la trayectoria en función del ángulo que nosotros indiquemos que tiene nuestra superficie inclinada. Esto es muy útil para el mecanizado previo al acabado de superficies inclinadas, permitiendo eliminar gran parte del material que de otra forma podría generar sobreesfuerzo en la operación de acabado de dicha superficie.

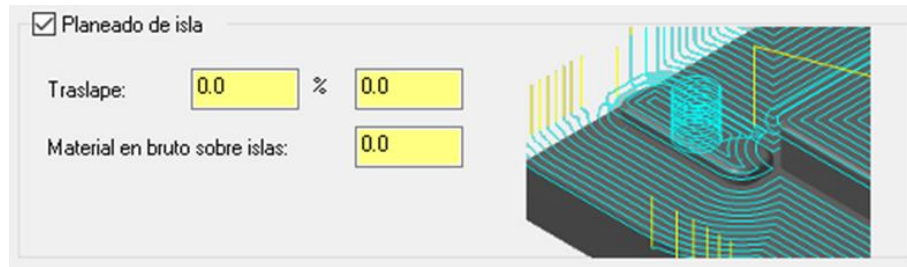


Figura 59 – Detalle Planeado de isla. Cortes en profundidad. Parámetros de corte.

Para las operaciones de *Fresado de área* y *Fresado dinámico* nos aparece también *Planeado de islas* con el que podemos, de manera independiente a los parámetros de *Cortes en profundidad*, definir como debe trabajar la herramienta a su paso por dicha geometría, eliminando el material por encima de dicha geometría y dándole la preforma que tendrá dicha geometría en futuras operaciones de acabado.

8.1.16.2. Entrada/Salida

Cuando se activa esta pestaña podemos definir y editar los movimientos de entrada y/o salida que realizará nuestra herramienta en su trayectoria.

Al activar *Entrada/Salida* se crea un suplemento a la trayectoria de mecanizado con cadenas cerradas en el punto medio de la primera entidad que se haya seleccionado.

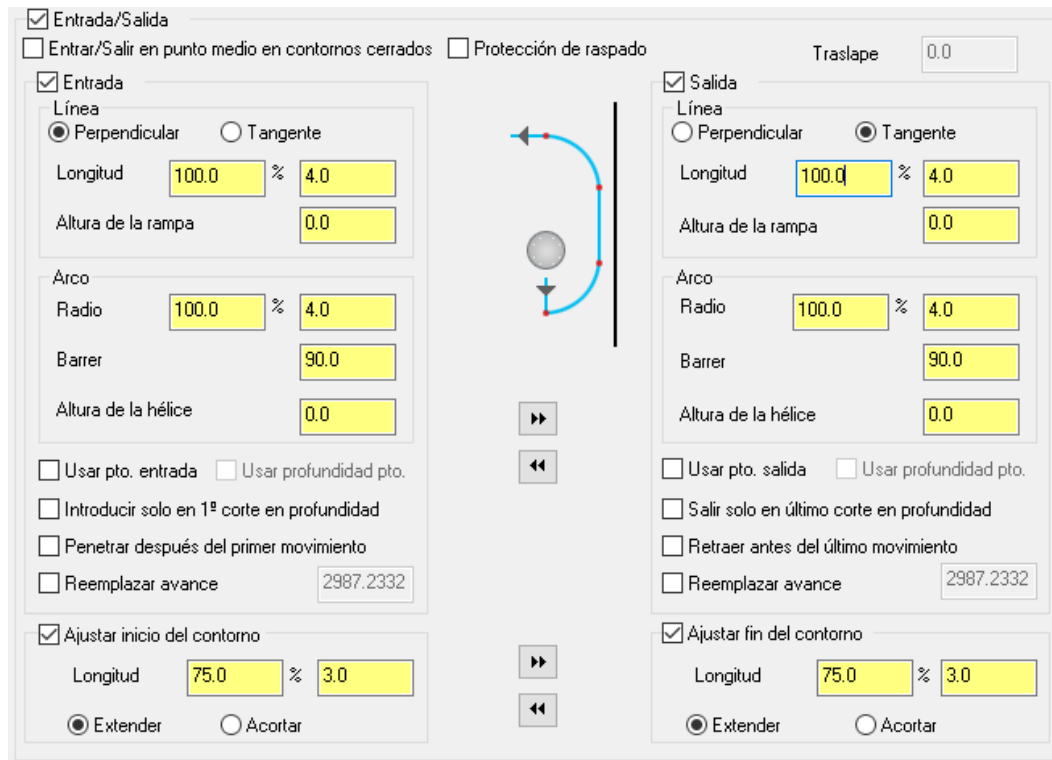


Figura 60 – Entrada/Salida. Parámetros de corte.

La *Protección de raspado* impide que la herramienta arranque material de la pieza, que no esté definido en la cadena de mecanizado, en las trayectorias de entrada y salida.

Con *Traslape* podemos añadir una longitud que superará el punto medio en el que se cruzan las trayectorias, de entrada y salida, a la trayectoria de salida de la herramienta.

Los movimientos de entrada y salida pueden ser perpendiculares al punto de entrada o tangentes a él. Para definir con que método trabajar se debe seleccionar en el apartado de *Línea*, si usar *Perpendicular* o *Tangente*, con el método perpendicular la línea de entrada o salida se gira 90 grados sobre la dirección del siguiente paso en el movimiento de la herramienta. Con el otro método la línea de entrada o salida se coloca tangente a la dirección de corte.

Dentro del apartado *Línea* se define la *Longitud* y *Altura de la rampa*, pudiendo definir mediante un porcentaje o número el valor de longitud. Con el campo *Longitud*, se determina la distancia de entrada o salida que se aplica a la trayectoria. Con el campo *Altura de la rampa* se transforma la línea de entrada o salida en una rampa de valor dado.

En el siguiente apartado se nos muestra los campos para la definición del Arco de entrada o salida de la trayectoria de mecanizado. El *Radio* crea un arco de entrada o salida que será siempre tangente a la trayectoria de mecanizado de la herramienta. Al igual que en *Longitud* se puede definir como un valor de porcentaje de diámetro de la herramienta o como un número directamente.

El campo de valor *Barrido* nos permite editar el ángulo con el que la herramienta entra o sale del arco de la trayectoria. Y la *Altura de la hélice* trabajaría de forma similar a como lo hace *Altura de la rampa*, pero como la trayectoria aquí es un arco, se genera una hélice en su paso por la trayectoria.

Otras opciones que se pueden aplicar activando o desactivando son las siguientes.

- *Usar punto de entrada* lo cual utilizaría el último punto de la cadena de selección como punto de inicio para la entrada de la herramienta. De manera análoga se aplica a *Usar punto de salida*.
- *Usar profundidad punto* para utilizar la profundidad del punto de entrada o punto de salida. Esta opción solo se muestra si se ha seleccionado *Usar punto de entrada* o *Usar punto de salida*.
- *Introducir solo en 1ª corte en profundidad* crea solo un movimiento de entrada al comienzo del primer corte en profundidad. Al igual que *Salir solo en el último corte en profundidad* crea solo un movimiento de salida en la última pasada del corte en profundidad.
- *Penetrar después del primer movimiento* entra directamente en la profundidad de la primera pasada de la trayectoria. Y *Retraer antes del último movimiento* mantiene la herramienta en la altura de la profundidad de pasada hasta la última pasada de corte. Estas dos opciones son útiles para evitar colisiones con amarres superiores sobre la pieza estilo bridas o abrazaderas.
- *Reemplazar el avance* nos permite editar el avance tanto de entrada como de salida si es necesario. Generalmente en los procesos de mecanizado con grandes arranques de material o de entradas con material en bruto, los avances de entrada bajos, respecto al avance de trabajo, favorecen la vida de la herramienta.

Ajustar inicio de contorno y *Ajustar fin de contorno* permite ajustar la longitud de la trayectoria de la herramienta. Este ajuste puede ser extendiendo o

acortando dicha longitud. El movimiento creado será relativo a esta posición reajustada.

8.1.16.3. Atravesar

Cuando activamos esta pestaña y damos al campo de valor un número positivo, Mastercam añade dicho valor a la profundidad de corte final en la trayectoria. De este modo se asegura que en el final de profundidad de la trayectoria se produce un corte limpio. Hay que tener en cuenta que dicha ampliación en la profundidad de corte puede producir colisiones o arranque de material no deseado en la zona ampliada, por ello este valor ha de tomarse con cierta seguridad y viendo cómo afecta a futuras operaciones.

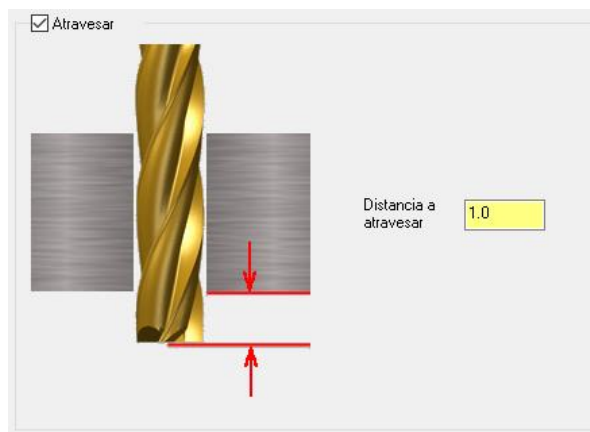


Figura 61 – Atravesar. Parámetros de corte.

8.1.16.4. Pasadas múltiples

El siguiente apartado solo se muestra visible para las operaciones de *Contorno* y *Chaflán de modelo*. Lo que permite esta función es crear múltiples pasadas de corte paralelas entre sí en el plano de profundidad de corte.

Las pasadas se pueden definir tanto para pasadas de desbaste como para pasadas de acabado. Y dentro de las pasadas de acabado, se puede remecanizar la pasada de acabado final aplicando una *Pasada de afinado*.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Pasadas múltiples

Desbaste

Número

Espaciado

Acabado

Número

Espaciado

Pasadas de afinado

Reemplazar velocidad de avance

Velocidad de avance

Velocidad del husillo

Pasadas de acabado

Todas las profundidades

Profundidad final

Definidas por cortes en profundidad de desbaste

Agregar entre

Por número de

Mantener herramienta abajo

Mecanizar pasadas de acabado después de desbastar todos los contornos

Orden de pasadas múltiples

Por contorno

Por pasada

Dirección de corte de pasada de desbaste

Unidireccional

Zigzag

Figura 62 – Pasadas múltiples. Parámetros de corte.

Con el campo de valor *Número* se define la cantidad de pasos de corte que se quiere aplicar. Con *Espaciado* le decimos a Mastercam la distancia entre ese número de pasadas de mecanizado.

Se puede editar en las pasadas de acabado tanto la *Velocidad de avance* como la *Velocidad del husillo*. Por norma general, para las pasadas de acabado se disminuye la velocidad de avance de la herramienta, ya que en comparación con el desbaste la herramienta arranca menos material. Por la misma razón, también se suele trabajar con velocidades del husillo mayores en mecanizados de acabado que en mecanizados de desbastes.

En cuanto a la profundidad o forma de trabajo de las pasadas de acabado, se pueden establecer tres métodos de trabajo:

- *Todas las profundidades*, realiza las pasadas de acabado en cada profundidad de corte.
- *Profundidad final*, realiza las pasadas de acabado solo en la profundidad final de corte.
- *Definidas por cortes en profundidad de desbaste*, realiza las pasadas de acabado teniendo en cuenta la opción que se seleccione y el número otorgado a dicha opción. Si se selecciona *Agregar entre*,

se añade el número de pasadas de acabado especificado entre cada corte de profundidad. Mientras que, si se selecciona *Por número de*, Mastercam añade una pasada de acabado en el intervalo especificado de cortes de profundidad de desbaste.

En cuanto al *Orden de pasadas múltiples*, Mastercam permite completar todas las pasadas múltiples de una trayectoria antes de pasar a la siguiente si se selecciona *Por contorno*. Mientras que si lo que pretendemos es realizar las múltiples pasadas por número de pasada, y completar una pasada en todas las trayectorias antes de pasar a la siguiente pasada, se seleccionará *Por pasada*.

La *Dirección de corte de pasada de desbaste* se puede realizar de manera *Unidireccional* manteniendo una dirección de corte, o en *Zigzag* alternando la dirección de corte de las múltiples pasadas, pero este último método solo funciona con la selección de cadenas abiertas.

Por último, si activamos la opción *Mantener herramienta abajo* Mastercam mantiene la herramienta en la profundidad de pasada que acaba de mecanizar sin volver al plano de *Retracción*. Esto puede ser peligroso para el mecanizado de cadenas abiertas en las que hay elementos de sujeción, o material que no se desea mecanizar, entre el punto inicial de trayectoria y el punto final, y que provocaría colisiones en el mecanizado.

Con la opción *Mecanizar pasadas de acabado después de desbastar todos los contornos*, Mastercam realiza la pasada de acabado después de que todos los cortes en profundidad y pasadas de desbaste se hayan realizado.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

A continuación, vamos a exponer cada una de las operaciones de fresado convencional en 2D que ofrece Mastercam para el mecanizado en fresadoras de 3 ejes.

Parte de estas operaciones se pueden encuadrar en tres grandes grupos:

- Operaciones convencionales, serán aquellas operaciones características y generales de una fresadora universal y son las operaciones más utilizadas a la hora de fresar. Con el uso de estas operaciones casi cualquier pieza que se mecanice en una fresadora podría quedar definida en su totalidad. Dichas operaciones son: *Planeado, Contorno, Cajeadado y Taladrado*.

- Operaciones singulares o especiales, este tipo de operaciones derivan de alguna de las operaciones convencionales de fresado, y mediante la especialización de alguno de sus parámetros y el uso exclusivo de ciertas herramientas de corte se convierten en nuevas operaciones.
Por ejemplo, un *Chaflán de modelo* sigue el principio de trabajo de un *Contorno*, pero en este caso utiliza una herramienta de ángulo de punta dado y específico siguiendo de cerca el contorno de un sólido o modelo.
Se puede englobar en este grupo las siguientes operaciones: *Chaflán de modelo, Grabar, Fresado circular, Fresado de rosca, Agujero inicial, Mandrinado helicoidal, Fresado de ranuras*, entre otras.

- Operaciones utilizando métodos de *Alta velocidad*, estas operaciones permiten optimizar, mediante algoritmos, estrategias y métodos, el mecanizado de las herramientas de corte, alargando la vida de estas.
Además, una de las grandes ventajas de este conjunto de operaciones es la reducción significativa de los tiempos de mecanizado, ya que el propio programa se encarga de mejorar lo máximo posible las trayectorias de la herramienta.
Se agrupan como operaciones de *Alta velocidad 2D* las siguientes operaciones: *Fresado dinámico, Contorno dinámico, Fresado de área, Fresado acanalado y Fresado de transición*.

Se estudiará también el resto de operaciones que ofrece Mastercam para un fresado 2D, y que no atienden a ser sujetas de forma estricta a los tres grandes grupos descritos anteriormente.

8.2. PLANEADO

El planeado es la operación de fresado convencional o universal más habitual. Consiste en mecanizar las caras superiores del material con el objetivo de conseguir superficies planas.



Figura 63 – Parámetros de corte. Planeado.

Existen diferentes *Estilos* a la hora de definir la dirección del corte de la herramienta:

- *Zigzag*, realiza un movimiento de ida y vuelta y arranca material en ambos sentidos. Mastercam nos permite para este método realizar un número impar de pasadas de corte.
- *Una dirección*, la herramienta solo arranca material en un sentido. Mastercam nos permite realizar la última pasada en sentido opuesto para poder eliminar posibles rebabas en los bordes de la cara de salida.
- *Una pasada*, destinado para herramientas con un diámetro igual o mayor que la superficie que va a mecanizarse, la herramienta solo realiza una trayectoria de pasada por el centro de la pieza, en el sentido de la trayectoria.

- *Dinámico*, este método es el más eficiente para la durabilidad de la herramienta de corte, ya que, realiza el mecanizado en un movimiento suave y controlado que mecaniza desde el exterior al interior, manteniendo siempre a la herramienta en estado de trabajo, y reduciendo al mínimo las entradas o salidas entre la herramienta y la pieza a mecanizar. Mastercam autogestiona ciertos parámetros de la operación si se elige este método.

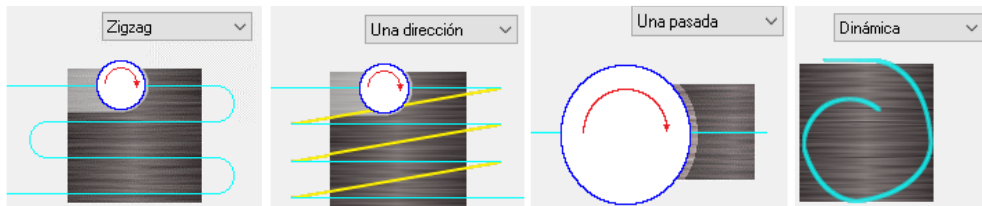




Figura 64 – Estilo de corte. Parámetros de corte. Planeado.

Después de elegir el *Estilo* de planeado con el que queremos trabajar hay que definir el resto de *Parámetros de corte*.

La *Compensación de punta* marca la cantidad de desplazamiento al centro 

o la *punta*  de la herramienta para las herramientas de punta redonda o esférica.

La pestaña *Herramienta redondea esquinas* nos permite definir si se quiere crear un arco que se desplace alrededor de las esquinas en la trayectoria de la herramienta. Si se elige *Ninguno* garantizamos que todas las esquinas queden afiladas. Si se elige *Puntiagudo* el programa toma como esquinas afiladas aquellas de 135 grados o menos. Y *Todo* para que el programa haga pasar a la herramienta por todas las esquinas creando un movimiento de suavizado. El radio del arco que sigue la herramienta es igual al radio de esta.

Traslape transversal determina la longitud de desfase que la herramienta se superpone al material de forma perpendicular al ángulo de desbaste. Para el método de corte *Una pasada* este campo de valor no aparece editable. Este valor nunca puede ser mayor que el valor definido en *Traslape longitudinal*.

Traslape longitudinal determina la longitud de desfase que la herramienta se superpone al material de forma paralela al ángulo de corte. Este valor tiene que ser siempre mayor o igual que el *Traslape transversal*.

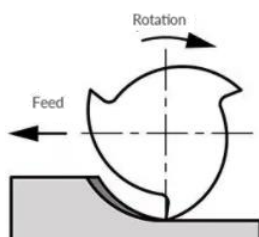
La *Distancia de acercamiento* añade una distancia adicional al comienzo del primer corte en la trayectoria.

La *Distancia de salida* añade una distancia adicional al final del último corte en la trayectoria.

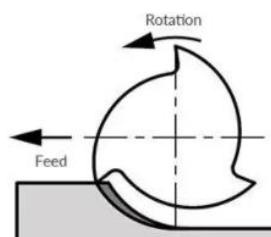
Con el *Ancho de corte máx.* definimos la distancia entre pasadas contiguas en la trayectoria de la herramienta. Cuanto más pequeño sea este valor, más tardará la herramienta en completar el mecanizado de la operación.

En la pestaña *Ubicación general de inicio* se puede establecer un área aproximada para comenzar la trayectoria de la herramienta.

Para la dirección de desplazamiento de la herramienta en función del movimiento, se definen los métodos de mecanizado *En concordancia* o mecanizado *Convencional*. Un mecanizado en concordancia para Mastercam es aquel en el que la herramienta gira en sentido opuesto al movimiento de la trayectoria de mecanizado. Mientras que un mecanizado convencional lo hace a favor, girando en la misma dirección que el movimiento de la trayectoria.



Mecanizado convencional



Mecanizado en concordancia

Figura 65 – Dirección de avance y sentido de giro de la herramienta. Planeado.

Otra forma de verlo es la siguiente, el giro de la herramienta en un mecanizado en concordancia “entra” en la dirección de la trayectoria hacia el material, mientras que en el mecanizado convencional “sale” en la dirección de la trayectoria desde el material.

Estos dos métodos de mecanizado solo son seleccionables para *Estilos* de planeado en *Zigzag* o en *Una dirección*.

Con el campo de valor *Ángulo de desbaste* se puede modificar el ángulo en el que la herramienta trabaja sobre el material, pudiendo girar la trayectoria los

ángulos deseados. Si marcamos la casilla *Ángulo automático*, Mastercam tomará el ángulo que más convenga para la cadena seleccionada.

En esta operación se permite dejar creces de material en el mecanizado para posteriores operaciones de acabado o de otro tipo. En este caso solo podemos editar el campo de valor *Sobremedida en pisos*, ya que un planeado no está definido en un contorno cerrado y por tanto no mecaniza entre paredes. Decir queda que esta sobremedida no puede ser mayor que el material en bruto que se vaya a mecanizar.

Por último, cuando se selecciona el método *Zigzag* podemos determinar cómo se moverá la herramienta entre cada corte, esto se define mediante la pestaña *Mover entre cortes*, y se disponen de tres opciones:

- *Bucles de alta velocidad*, para crear arcos de 180 grados entre cada corte.
- *Lineal*, para crear líneas entre cada corte.
- *Rápido*, para crear movimientos rápidos entre cada corte.

Si se activa la casilla *Velocidad de avance entre cortes* podemos modificar la velocidad de avance entre cada corte con el valor que más nos convenga en nuestro procesos, e independizarla del resto de avances de la trayectoria. Esta modificación no es aplicable para la opción *Rápido*.

CASO PRÁCTICO

A continuación, se enuncia un caso práctico en el que se dispondrá de diferentes valores para los *Parámetros de corte*, y se mostrará cómo afectan al mecanizado.

Se trabajará un material en bruto cilíndrico, sobre el que se realizará la operación de *Planeado*. Utilizando el *Estilo* de pasada que más parámetros nos permite modificar, *Zigzag*, vamos a observar mediante los límites de trazado de la trayectoria como trabaja la herramienta.

Para este primer ejemplo, hemos determinado que la distancia de entrada y de salida sean distintas, siendo el doble la salida respecto de la entrada. Además, se ejecutará un movimiento entre cortes con la estrategia *Bucles de alta*

velocidad. Se puede observar que en los recorridos entre pasadas fuera de la pieza, la trayectoria genera un movimiento circular.

Podemos observar también que el *Traslape transversal* y el *Traslape longitudinal* son prácticamente el doble el uno del otro. Se refleja muy bien en la trayectoria como la intersección de ambos traslapes crea un rectángulo de longitud mayor en el sentido de mecanizado, siendo esa longitud el *Traslape longitudinal*.



Parámetro	Valor	Unidad
Traslape transversal	50.0	% 21.0
Traslape longitudinal	110.0	% 46.2
Distancia de acercamiento	50.0	% 21.0
Distancia de salida	100.0	% 42.0
Ubicación general de inicio	Sección inferior izquierda	
Ancho de corte máx.	50.0	% 21.0
Compensación de punta	Punta	
Herramienta redondea esquinas	Puntiagudo	
Sobremedida en paredes	0.0	
Sobremedida en pisos	0.0	
Mover entre cortes	Bucles de alta velocidad	
Velocidad de avance entre cortes	50.0	

Figura 66 – Parámetros de corte. Caso práctico 1. Planeado.

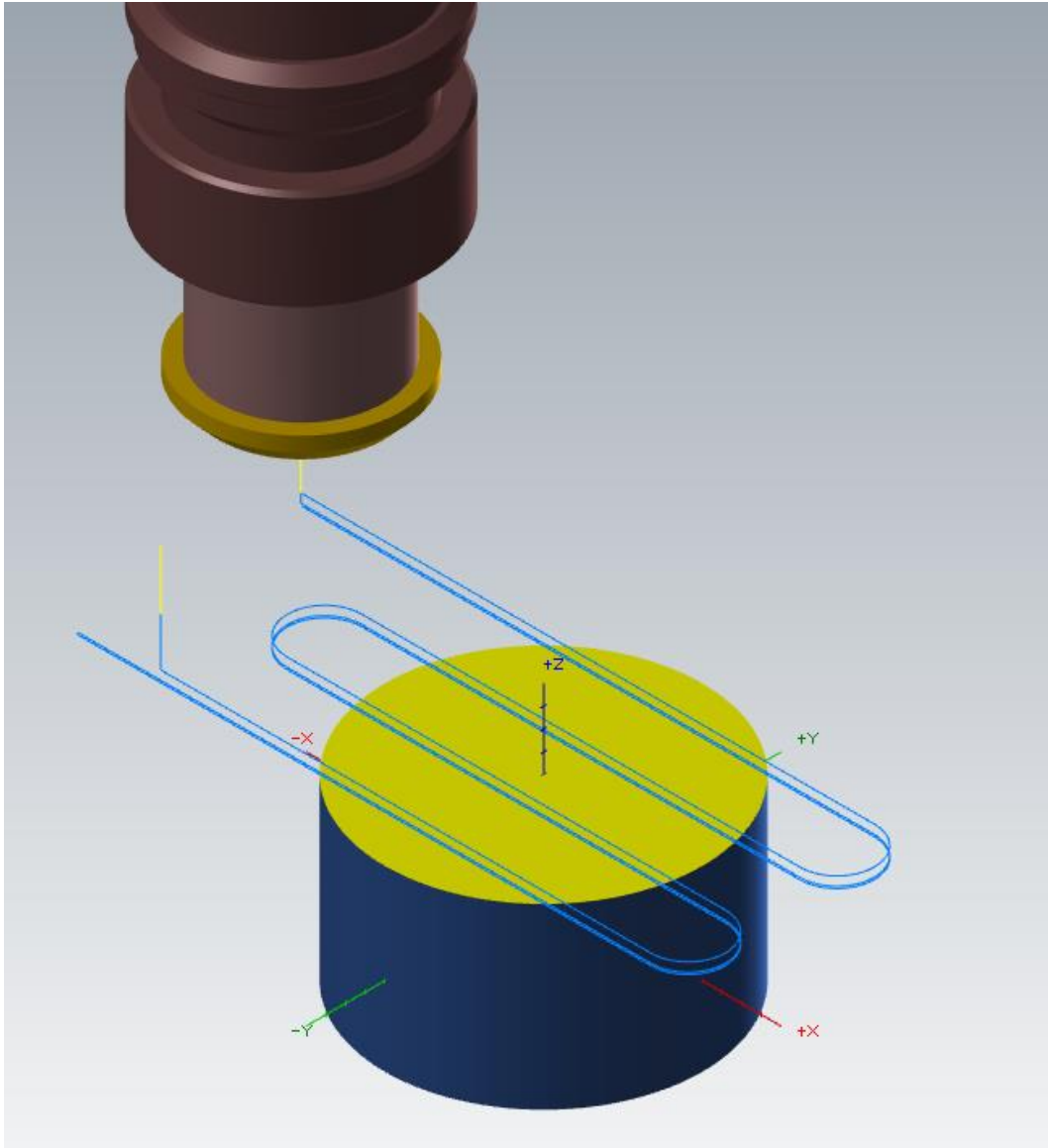
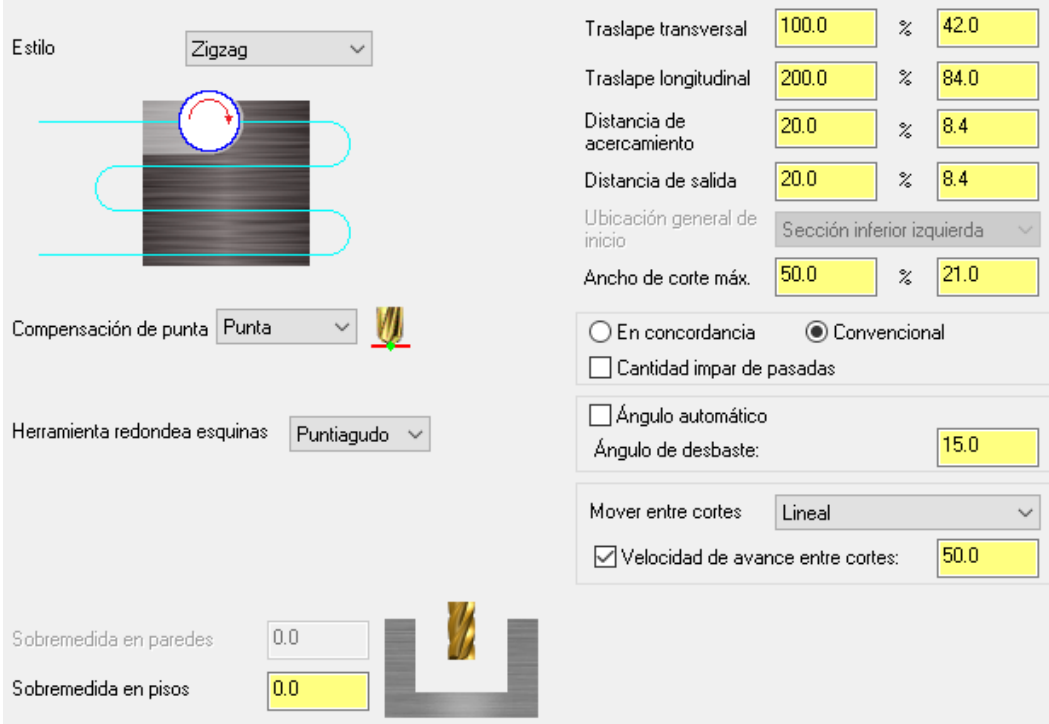


Figura 67 - Detalle de la trayectoria de Planeado. Caso práctico 1. Planeado.

Como segundo ejemplo, se vuelve a mantener la relación de los traslape de uno el doble que el otro, recordar que el *Traslape transversal* no puede ser mayor que el *Traslape longitudinal*. En este caso, las distancias que suplementan la entrada y la salida son del mismo valor.

Se ejecutará un movimiento entre cortes con la estrategia *Lineal*. Se puede observar que en los recorridos entre pasadas fuera de la pieza, la trayectoria genera un movimiento completamente lineal.

Además, en este segundo ejemplo se ha aplicado un valor al *Ángulo de desbaste* pudiéndose comprobar que la trayectoria está girada sobre el eje Z.



Estilo: Zigzag

Compensación de punta: Punta

Herramienta redondea esquinas: Puntigudo

Sobremedida en paredes: 0.0

Sobremedida en pisos: 0.0

Traslape transversal: 100.0 % 42.0

Traslape longitudinal: 200.0 % 84.0

Distancia de acercamiento: 20.0 % 8.4

Distancia de salida: 20.0 % 8.4

Ubicación general de inicio: Sección inferior izquierda

Ancho de corte máx.: 50.0 % 21.0

En concordancia Convencional

Cantidad impar de pasadas

Ángulo automático

Ángulo de desbaste: 15.0

Mover entre cortes: Lineal

Velocidad de avance entre cortes: 50.0

Figura 68 – Parámetros de corte. Caso práctico 2. Planeado

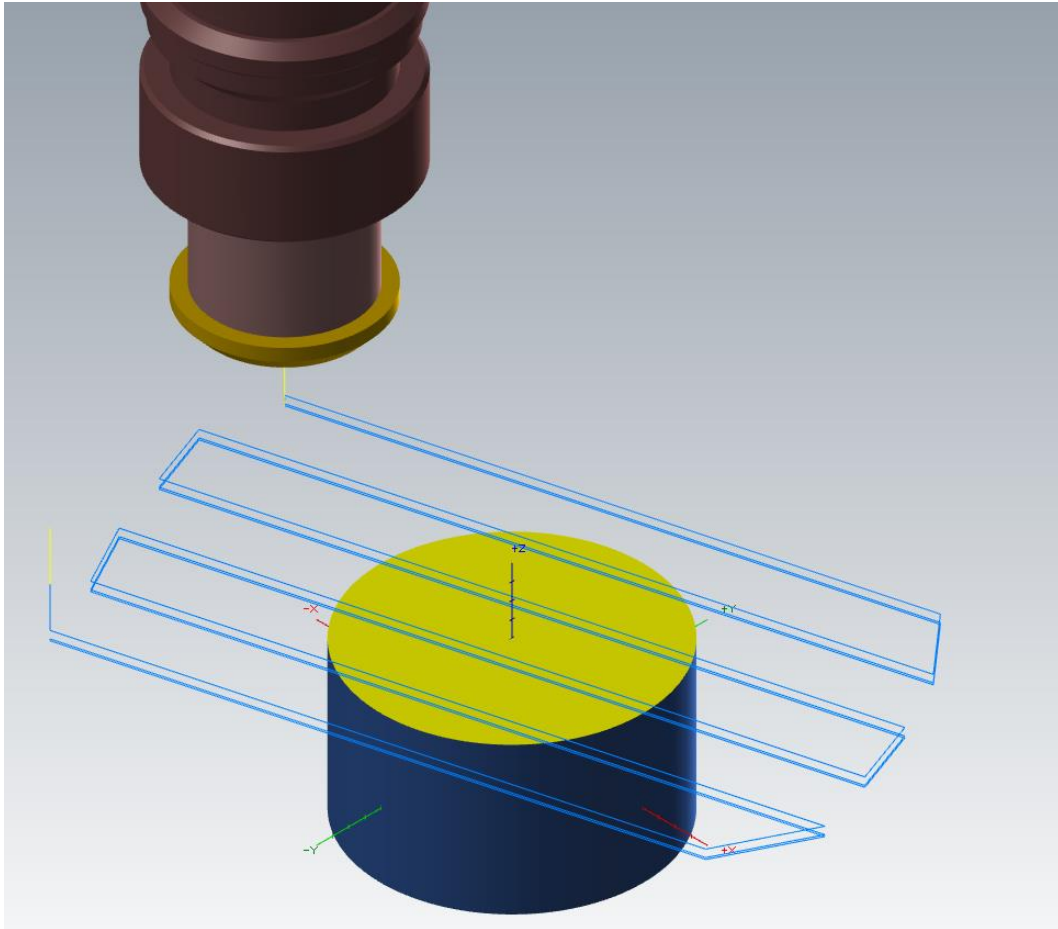


Figura 69 – Detalle de la trayectoria de Planeado. Caso práctico 2. Planeado.

Como último ejemplo, se mantienen el mismo valor para la *Distancia de acercamiento* y para la *Distancia de salida*. En cuanto a los *Traslape transversal* y *Traslape longitudinal* se mantendrá una relación del doble como se ha hecho en los ejemplos anteriores.

Se empleará una estrategia para el movimiento entre cortes de *Rápido*, esto hace que en los movimiento entre pasadas la herramienta se desplace con G0. Hay que tener cuidado a la hora de programar esta estrategia, ya que, puede ser causante de colisiones de la herramienta con la pieza.

Podemos observar en la visualización de las trayectorias como las pasadas en rápido no son idénticas, esto es debido a que, en función de los parámetros dados, la herramienta se encuentra muy cerca de la pieza en esas trayectorias, y Mastercam recalcula el movimiento para realizar dichos movimientos fuera de los límites de la pieza.

Estilo: Zigzag

Traslape transversal: 50.0 % 21.0

Traslape longitudinal: 110.0 % 46.2

Distancia de acercamiento: 50.0 % 21.0

Distancia de salida: 50.0 % 21.0

Ubicación general de inicio: Sección inferior izquierda

Ancho de corte máx.: 75.0 % 31.5

Compensación de punta: Punta

Herramienta redondea esquinas: Puntiagudo

Sobremedida en paredes: 0.0

Sobremedida en pisos: 0.0

Mover entre cortes: Rápido

Velocidad de avance entre cortes: 50.0

Figura 70 - Parámetros de corte. Caso práctico 3. Planeado

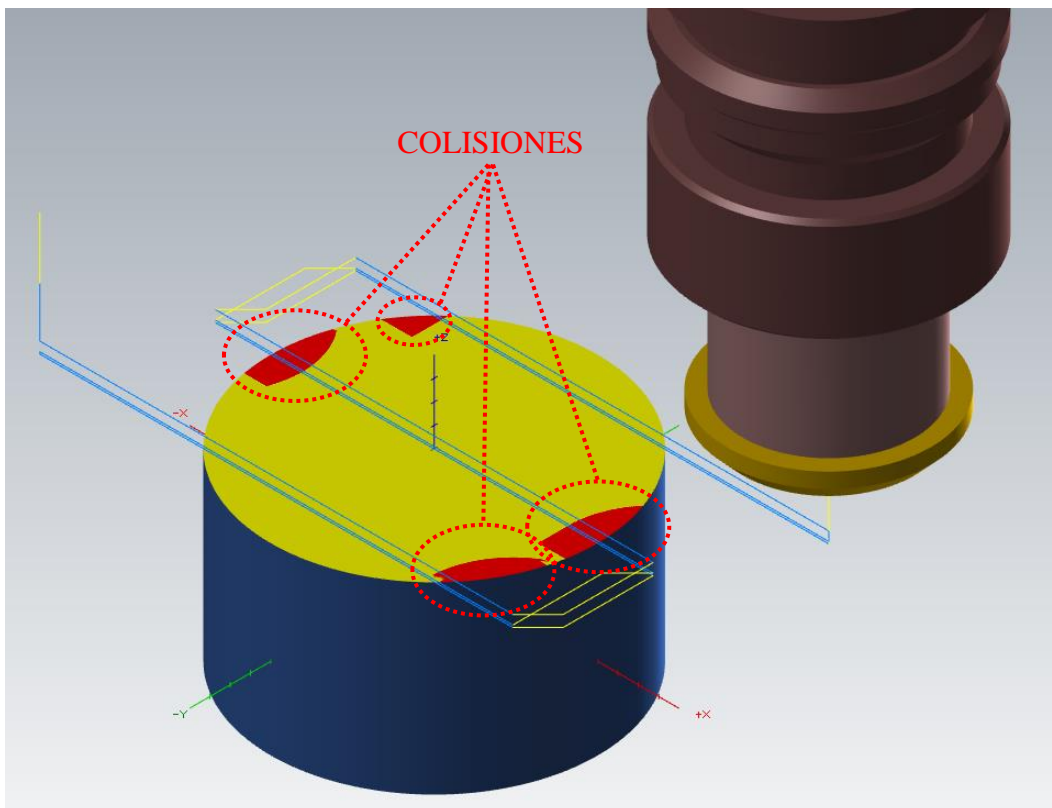


Figura 71 - Detalle de la trayectoria de Planeado. Caso práctico 3. Planeado.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Con todo ello, la herramienta termina provocando colisiones en los desplazamientos en rápido, con lo que habría que modificar el *Traslape longitudinal*. Aplicando un 40% del diámetro de la herramienta más al *Traslape longitudinal* desaparecen esas colisiones.

Estilo	Zigzag	Traslape transversal	50.0	%	21.0
		Traslape longitudinal	150.0	%	63.0
		Distancia de acercamiento	50.0	%	21.0
		Distancia de salida	50.0	%	21.0
		Ubicación general de inicio	Sección inferior izquierda		
		Ancho de corte máx.	75.0	%	31.5
Compensación de punta	Punta	<input type="radio"/> En concordancia <input checked="" type="radio"/> Convencional			
		<input type="checkbox"/> Cantidad impar de pasadas			
Herramienta redondea esquinas	Puntiagudo	<input type="checkbox"/> Ángulo automático			
		Ángulo de desbaste:	0.0		
		Mover entre cortes	Rápido		
		<input checked="" type="checkbox"/> Velocidad de avance entre cortes:	50.0		
Sobremedida en paredes	0.0				
Sobremedida en pisos	0.0				

Figura 72 – Parámetros de corte. Caso práctico 4. Planeado

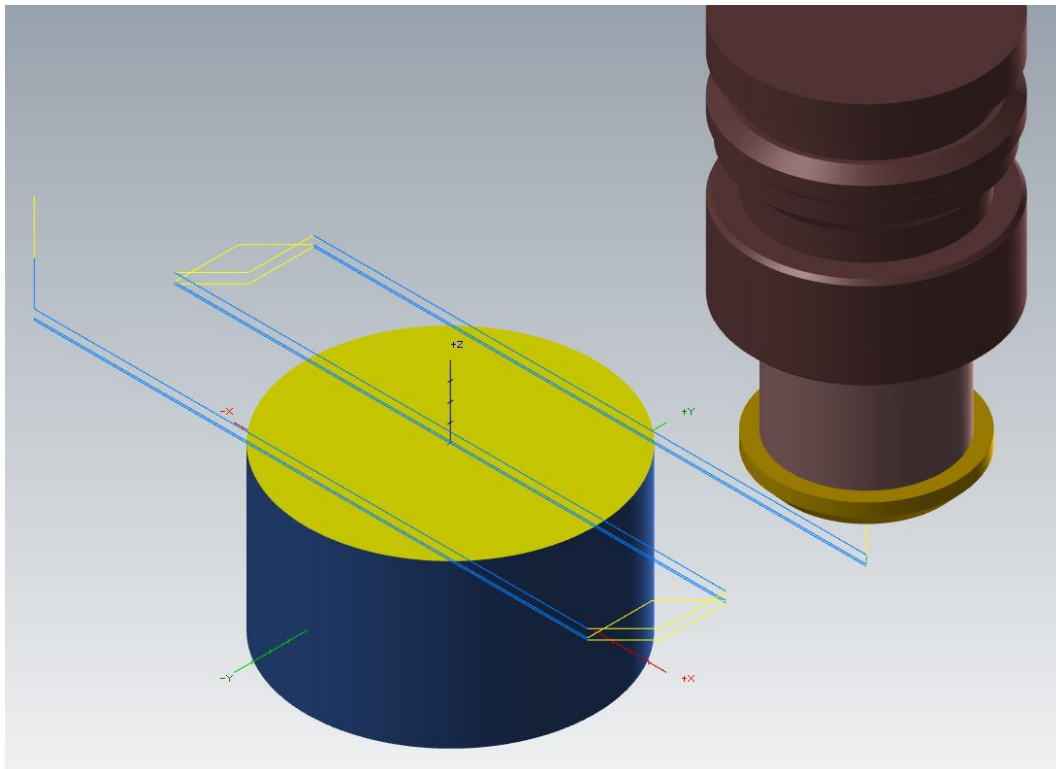


Figura 73 – Detalle de la trayectoria de Planeado. Caso práctico 4. Planeado.

8.3. TALADRADO

Un taladrado es toda operación de mecanizado que produzca como geometría final un agujero cilíndrico. Dependiendo de las especificaciones, la herramienta y la estrategia de mecanizado, entonces el taladrado pasa a ser una sub-operación y se denomina con el nombre de la herramienta de corte utilizada.

Esta operación suele ser de las últimas en programarse después de haber mecanizado toda la pieza o la cara de la pieza que se esté trabajando en ese *Grupo de máquinas*.

En los parámetros de corte de *Taladrado*, se muestran los diferentes ciclos de taladrado que se pueden desarrollar, dependiendo de cual se seleccione determinará que parámetros de la trayectoria de la herramienta de perforación son necesarios especificar. Mastercam proporciona varios ciclos de perforación predefinidos para las operaciones más comunes, como pueden ser, *Taladrado de picoteado*, *Rotura viruta* o *Roscar*, entre otros, y varios ciclos personalizables.

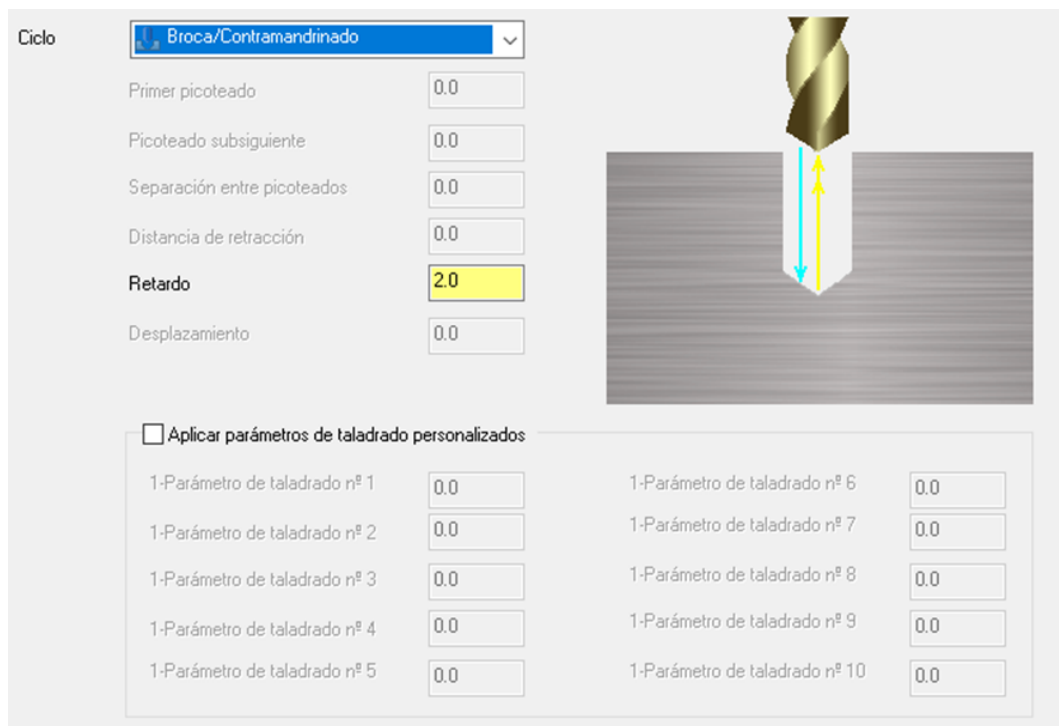


Figura 74 – Parámetros de corte. Taladrado.

A continuación, se clasifican en tres grandes grupos los ciclos más característicos:

- Ciclos de taladrado: son aquellos ciclos en los que la operación se realiza con una broca de taladrar o herramienta destinadas a dicho proceso de mecanizado. En ciclo de taladrado se agrupan los siguientes ciclos:
 - *Broca/Contramandrinado*: Taladro para agujeros de poca profundidad, generalmente aquellos de menos de tres veces el diámetro de la herramienta. El único valor editable es el *Retardo*, que hace referencia a los segundos que se mantiene en el final de la trayectoria del taladrado.

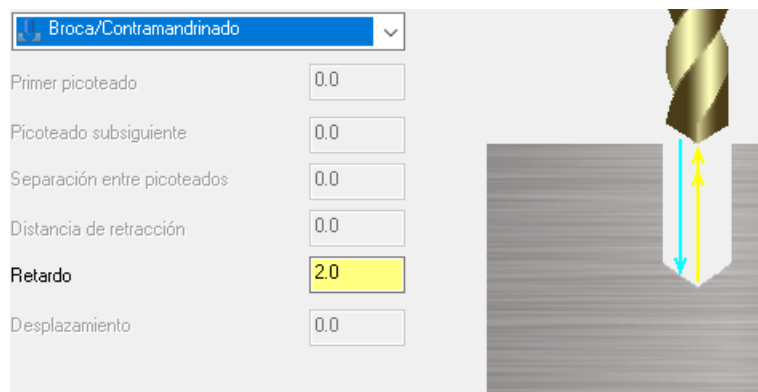


Figura 75 – Detalle Broca/Contramandrinado. Parámetros de corte. Taladrado.

- *Taladrado de picoteado*: Taladro para agujeros de profundidades más grandes que el ciclo anterior. Este ciclo regresa a su punto de inicio con cada incremento de la profundidad que se haya definido en el campo *Peck* (*Picoteado*).

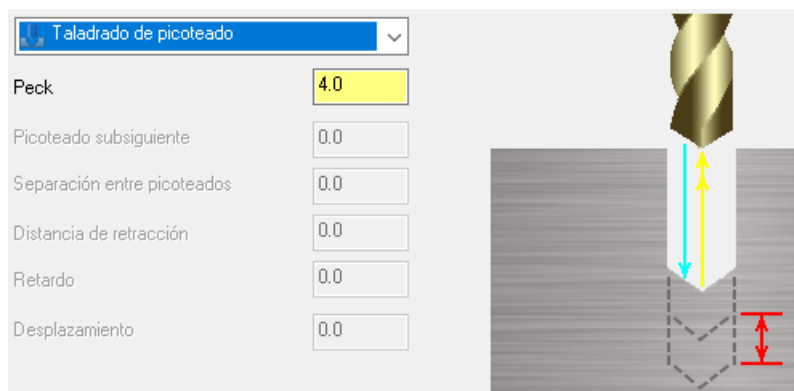


Figura 76 – Detalle Taladrado de picoteado. Parámetros de corte. Taladrado.

- *Rotura viruta*: Taladro que toma el valor *Peck* como incremento de subida y bajada relativa sobre la última pasada de profundidad, es decir, cuando se retrae lo hace la misma longitud que penetración haya realizado.

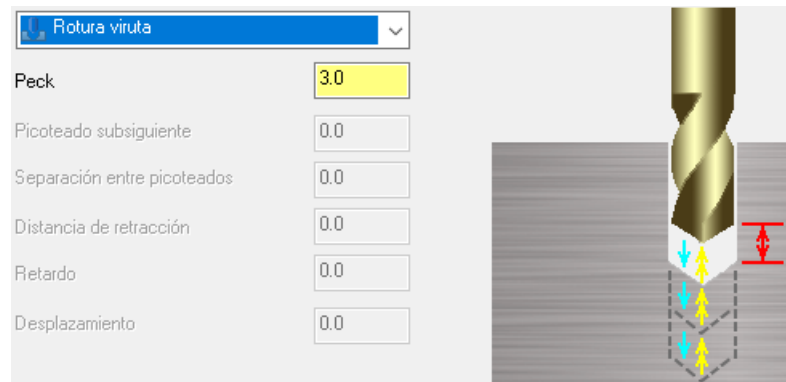


Figura 77 - Detalle Rotura viruta. Parámetros de corte. Taladrado.

- Ciclos de roscado: estos ciclos se realizan con machos de roscar. La superficie a roscar ha tenido que ser previamente mecanizada a un diámetro específico, ya que, las roscas trabajan bajo norma y el agujero previo está tabulado para los diferentes tipos de rosca.

La operación de roscado se caracteriza por el giro que realiza la herramienta, ya que al penetrar en el agujero gira en un sentido, a “derechas” o a “izquierdas”, que es lo que define la rosca, y al salir de la rosca gira en el sentido contrario, ya que, una vez creada la superficie de la rosca es la única forma física de extraer la herramienta.

Es una operación de cierto peligro para la superficie final. Si la herramienta rompe durante el roscado, su extracción se vuelve complicada y tediosa, y es muy probable que la superficie quede dañada para un remecanizado, además la entrada de los filetes de la rosca se volvería a mecanizar y la segunda rosca sería poco fiable.

- **Roscar:** Ciclo de roscado, no permite la edición de ninguno de los valores. Viene definido por el macho de roscar que se seleccione en el apartado *Herramienta*.

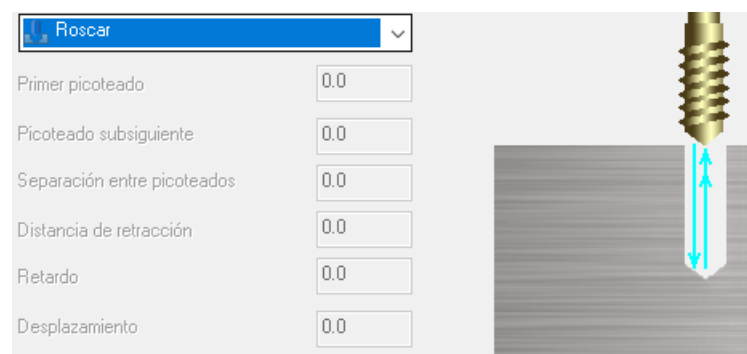


Figura 78 - Detalle Roscar. Parámetros de corte. Taladrado.

- **Rigid Tapping Cycle:** Este ciclo de roscado, al igual que el anterior, no permite la edición de ninguno de sus valores. La diferencia con el otro ciclo de roscado se basa en el tipo de macho de roscar utilizado.

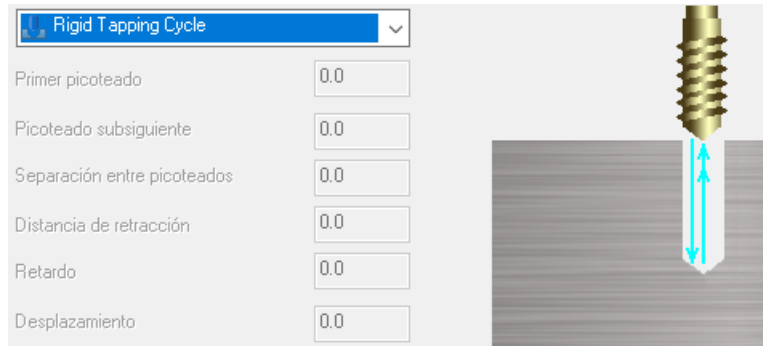


Figura 79 – Detalle Rigid Tapping Cycle. Parámetros de corte. Taladrado.

- Ciclos de mandrinado: esta operación se debe realizar sobre un agujero previamente taladrado. Un mandrinado lo que pretende es mejorar la calidad y aumentar la precisión dimensional.
 - **Bore #1 (feed-out):** Mandrinado simple de entrada y salida, crea un agujero de mayor precisión dimensional y geométrica que los ciclos anteriores, o si es necesario con menor rugosidad dimensional.

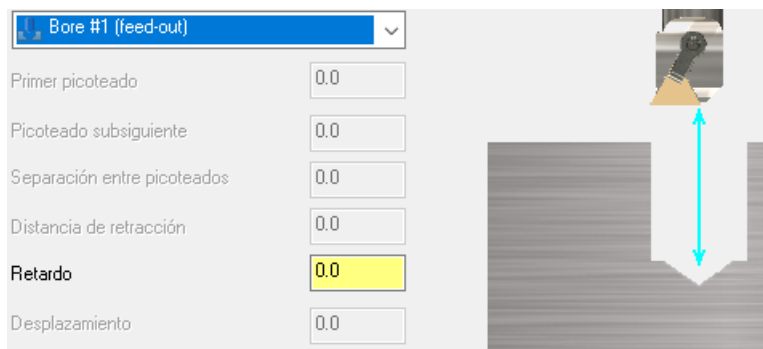


Figura 80 – Detalle Mandrinado modelo 1. Parámetros de corte. Taladrado.

- **Bore #2 (stop spindle, rapid out):** Mandrinado con parada del husillo y salida rápida. No dispone de tiempo de Retardo en el ciclo.

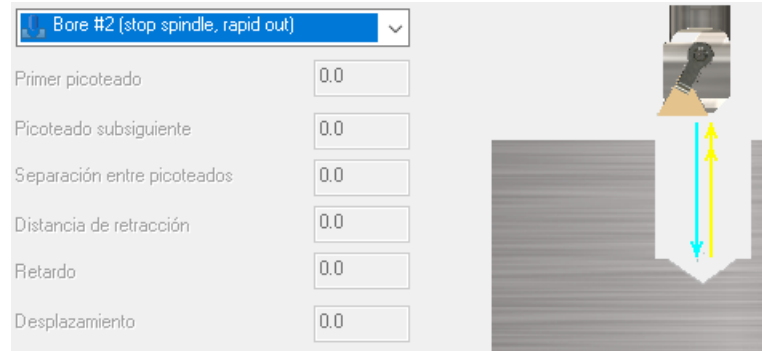


Figura 81 – Detalle Mandrinado modelo 2. Parámetros de corte. Taladrado.

- **Fine Bore (shift):** Mandrinado con parada del husillo, retracción de la pared mecanizada y salida en rápido. Se puede editar tanto el *Retardo* como la longitud de *Desplazamiento* que hace la herramienta al final de la trayectoria de mecanizado.

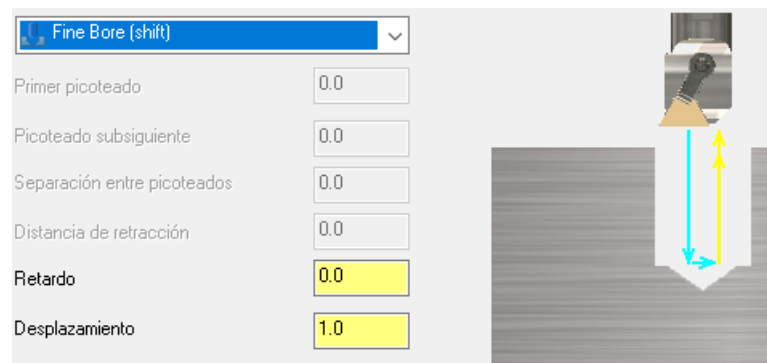


Figura 82 – Detalle Mandrinado modelo 3. Parámetros de corte. Taladrado.

Por último, Mastercam ofrece distintos espacios para ciclos propios o personalizados, donde podemos elegir el valor de todos los parámetros que afectan a un ciclo de taladrado.

- **Ciclo personalizado 9 al 20:** Mastercam ofrece varios espacios para poder generar ciclos personalizados de perforación. Los valores que podemos definir hacen referencia a las características principales de los ciclos predefinidos de los que ya hemos hablado. Dichos valores son: *Primer picoteado*, *picoteado subsiguiente*, *separación entre picoteados*, *distancia de retracción*, *retardo* y *desplazamiento*.



Figura 83 – Detalle Ciclo personalizado. Parámetros de corte. Taladrado.

8.4. CAJERA

Se puede definir un cajeadado como el proceso por el cual se realiza un vaciado en una superficie de la pieza, acotado por un contorno previamente definido.

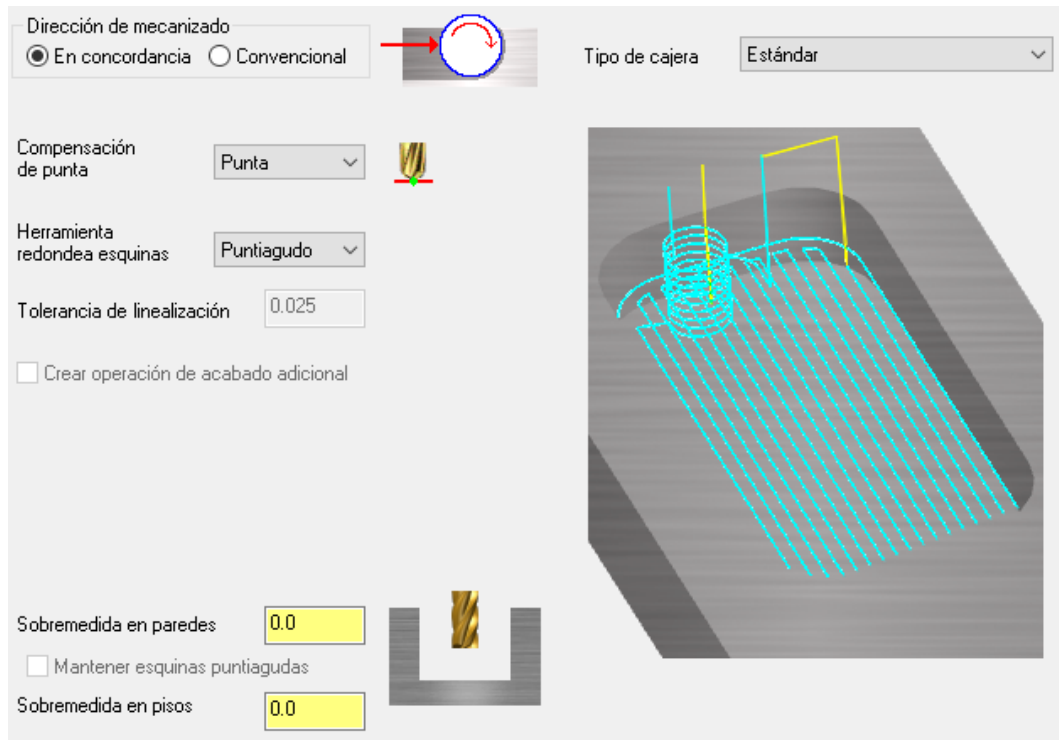


Figura 84 – Parámetros de corte. Cajera.

Lo primero es definir qué *Tipo de cajera* se va a trabajar. Hay cinco tipos:

- *Estándar*: este es el tipo de cajera que mayor área de mecanizado puede abarcar. Mastercam analiza la geometría de la cadena seleccionada, y en base a dicho área encerrada en la geometría crea las múltiples trayectorias de herramienta. Como ya se vio en el apartado de cadenas de selección, se puede seleccionar geometrías internas a la cadena mayor para que sean evitadas por la herramienta en el proceso de mecanizado. Solo trabaja mediante cadenas cerradas.
- *Planeado y Planeado de isla*: en este método Mastercam tiene en cuenta las islas que se encuentran encerradas en la cadena de selección, y tomando el área y la altura a la que se encuentra, las bordea y salva de ser mecanizadas por la herramienta en las múltiples pasadas que realiza la trayectoria. Permitiendo además

añadir una *Distancia de acercamiento* y una *Distancia de salida* cuando se mecaniza su zona superior.

Hay que recordar que estos dos métodos son el planeado en el interior de una cajera, y por tanto si la definición de la cadena y los parámetros no es la idónea, Mastercam puede generar un mecanizado no deseado. Por ejemplo, para el *Planeado* la herramienta sigue el perfil de la cadena seleccionada pero no se mantiene en el interior de forma estricta y esto, puede llevar a que la herramienta arranque material de las paredes de la cajera en la que queremos planear.

Sucede lo contrario para el *Planeado de isla*, si la isla se encuentra muy cerca del límite de la cajera, la herramienta no puede acceder entre la superficie lateral de la isla y la superficie lateral de la cajera dejando dicho área sin mecanizar. Sin embargo, en este método la trayectoria si se mantiene dentro de la cajera de forma estricta.

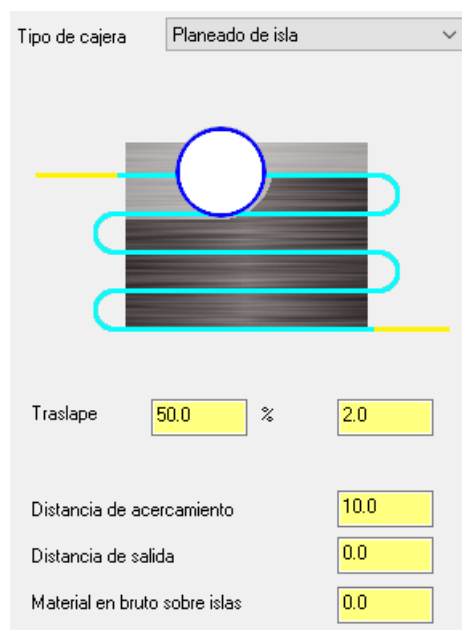


Figura 85 – Detalle Planeado de isla. Parámetros de corte. Cajera.

- *Remecanizado*: calcula las áreas donde la herramienta de desbaste no ha arrancado material, o en las que ha dejado creces de material de manera intencionada en operaciones previas, y crea una trayectoria en base a ese excedente de material para terminar de mecanizarlo.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Mastercam nos ofrece tres métodos para calcular el remanente de material que se ha de mecanizar:

- *Todas las operaciones anteriores*, tiene en cuenta las pasadas realizadas por todas las operaciones previas a esta.
- *La operación anterior*, solo estudia la trayectoria realizada por la operación anterior y como ha sido su mecanizado.
- *Diámetro de herramienta de desbaste*, este método se usa para piezas heredadas o que vienen de otro proceso previo y, por tanto, no está definido en el espacio de trabajo el desbaste realizado. Mastercam calcula en función del diámetro que introduzcamos el sobrante de material sin mecanizar.

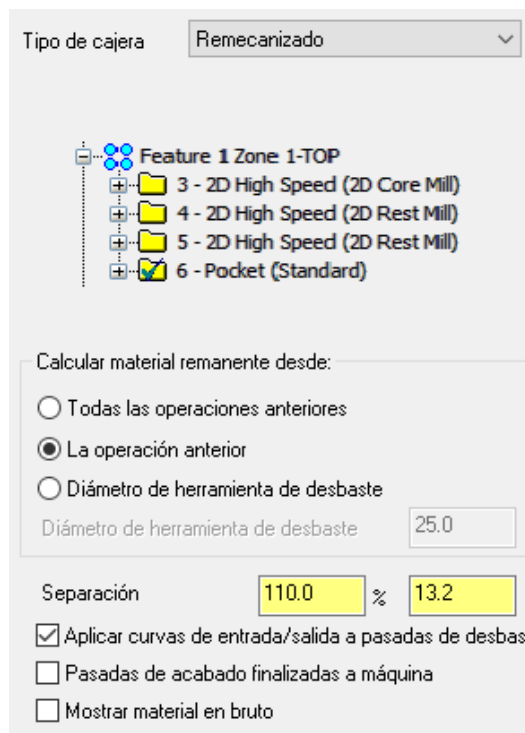


Figura 86 – Detalle Remecanizado. Parámetros de corte. Cajera.

Separación determina la distancia entre pasadas múltiples necesarias para realizar el remecanizado, cuanto mayor valor más posibilidades de saltarse material sin desbastar en la nueva trayectoria de mecanizado.

Podemos añadir desplazamientos de entrada y salida solo a las pasadas de desbaste que se anteponen a las pasadas de acabado, si se activa la casilla *Aplicar curvas de entrada/salida a pasadas de desbaste*.

Mastercam nos permite también realizar pasadas de acabado a toda la pieza y no solo a la parte remecanizada. Esta opción se activa en la casilla *Pasadas de acabado finalizadas a máquina*.

Con la casilla *Mostrar material en bruto* activada Mastercam nos muestra, en el entorno de trabajo y por partes, las siguientes áreas: el área mecanizada por la herramienta de desbaste en color rojo, el área mecanizable para la herramienta de acabado en color amarillo, el material en bruto restante también en color amarillo, y el posible material en bruto que quedaría después del remecanizado junto con el área que ocupa dicho material. Si el remecanizado es correcto, el área que debe marcar la última pantalla emergente es $\text{Área}=0.000$

- *Abierto*: este método a diferencia de los anteriores descritos, se puede utilizar tanto para cadenas abiertas como para cadenas cerradas.

Mastercam calcula de forma automática la entrada y salida de la cajera en función de la geometría de la herramienta. Produciendo en el mecanizado final el símil a una cadena cerrada, ya que, con el valor de *Traslape* podemos situar el punto inicial y final de la trayectoria de la herramienta, y ese desplazamiento de la herramienta genera una trayectoria cerrada.

Si se activa la casilla *Usar método de corte de cajera abierta*, Mastercam realiza las pasadas de mecanizado desde el interior de la cajera hacia el exterior.

La opción *Usar cajera estándar para cadenas cerradas* nos permite delimitar como una cajera cerrada la definición de un cajera abierta, y mantenerse así dentro de un contorno dado. Dicho contorno deber ser un contorno cerrado.

Mastercam toma el contorno cerrado de más área y lo define como el material en bruto a mecanizar, mientras que las demás cadenas cerradas son consideradas como zonas restringidas y no se mecanizarán.

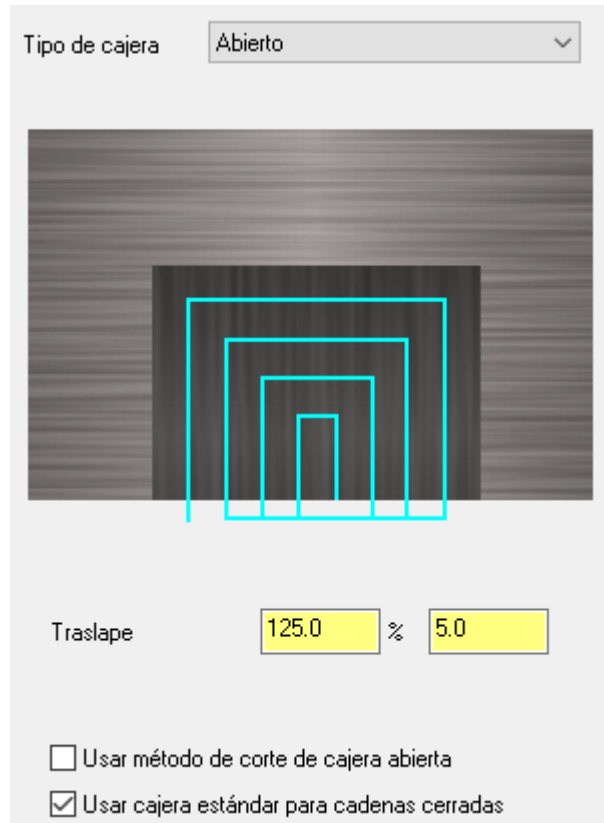


Figura 87 – Detalle Abierto. Parámetros de corte. Cajera.

Después de seleccionar el *Tipo de cajera* tenemos que definir el resto de *Parámetros de corte* que se encuentran en la operación.

El primero que se muestra es sobre como trabajar la *Dirección de mecanizado*. Esta dirección de mecanizado es función del giro de la herramienta y del sentido de desplazamiento de la mesa y se definen dos tipos, mecanizado *En concordancia* o mecanizado *Convencional*.

Un mecanizado en concordancia para Mastercam es aquel en el que la herramienta gira en sentido opuesto al movimiento de la trayectoria de mecanizado. Mientras que un mecanizado convencional lo hace a favor, girando en la misma dirección que el movimiento de la trayectoria.



Mecanizado convencional

Mecanizado en concordancia

Figura 88 – Dirección de avance y sentido de giro de la herramienta. Cajera.

Otra forma de verlo es la siguiente, el giro de la herramienta en un mecanizado en concordancia “entra” en la dirección de la trayectoria hacia el material, mientras que en el mecanizado convencional “sale” en la dirección de la trayectoria desde el material.

La *Compensación de punta* marca la cantidad de desplazamiento al centro



o la *punta* de la herramienta para las herramientas de punta redonda o esférica.

La pestaña *Herramienta redondea esquinas* nos permite definir si se quiere crear un arco que se desplace alrededor de las esquinas en la trayectoria de la herramienta. Si se elige *Ninguno* se garantiza que todas las esquinas queden afiladas. Si se elige *Puntiagudo* el programa toma como esquinas afiladas aquellas de 135 grados o menos. Y *Todo* para que el programa haga pasar a la herramienta por todas las esquinas creando un movimiento de suavizado. El radio del arco que sigue la herramienta es igual al radio de esta.

En esta operación se permite dejar creces de material en el mecanizado para posteriores operaciones de acabado o de otro tipo. Esto podemos llevarlo a cabo con los campos de valores *Sobremedida en paredes* y *Sobremedida en pisos*. Decir queda que esta sobremedida no puede ser mayor que el material en bruto que se vaya a mecanizar.

Si en la *Sobremedida en paredes* introducimos un valor positivo, se muestra editable la casilla *Mantener esquinas puntiagudas*, que permite mantener las esquinas que se encuentre la herramienta a lo largo de la trayectoria con la forma afilada que describe la cadena de selección. Dejando una sobremedida exacta en todos los puntos posibles del mecanizado.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Una vez modificados todos los *Parámetros de corte* necesarios, pasamos a la pestaña de *Desbaste*. Esta pestaña nos permite escoger el *Método de corte* con el que desbastar la cajera.

Los *Métodos de corte* que se pueden seleccionar en un cajeado son los siguientes.



Figura 89 – Detalle Métodos de corte. Desbaste. Parámetros de corte. Cajera.

Dependiendo del método elegido, se nos muestran activos todos o solo algunos de los parámetros de la pestaña. Por ejemplo, *Cortes trocoidales* solo se muestra editable para el método de *Alta velocidad*.

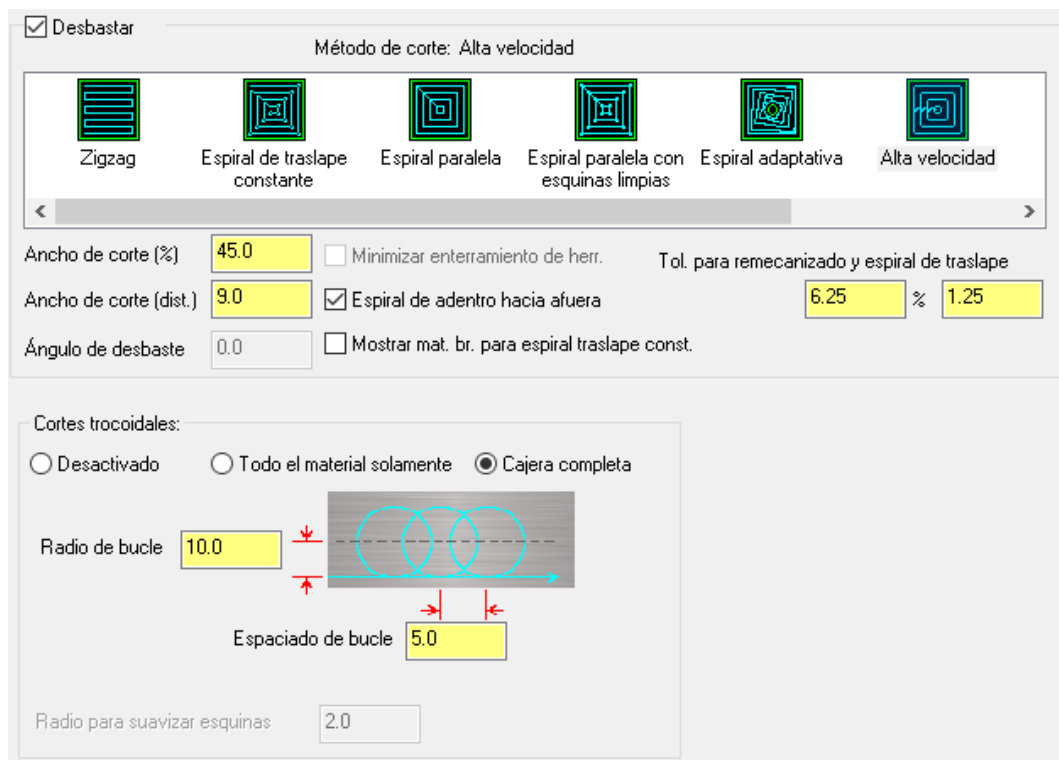


Figura 90 – Desbaste. Parámetros de corte. Cajera.

Los parámetros más importantes de esta pestaña son:

- *Ancho de corte*, muestra la longitud en el plano de corte entre pasadas, como el porcentaje del diámetro de la herramienta (*Ancho de corte (%)*) y como longitud del diámetro (*Ancho de corte (dist.)*).

Si modificamos un campo de valor, el otro se actualiza automáticamente.

- *Ángulo de desbaste*, determina el ángulo en el que se posicionan las líneas de la trayectoria de herramienta. Este parámetro se activa solo para los métodos *Zigzag* y *Unidireccional*.
- *Tol. para remecanizado y espiral de traslape*, el valor de esta tolerancia es utilizado por Mastercam para realizar con mayor o menor precisión, el mecanizado con una *Espiral adaptativa* o si se está realizando un *Remecanizado*. A menor tolerancia, mayor precisión y mayor tiempo de mecanizado. La tolerancia se puede expresar como porcentaje del diámetro de la herramienta o como una longitud.
- *Cortes trocoidales*. Esta opción se muestra solo para *Alta velocidad*. Un corte trocoidal es el que se crean movimientos radiales síncronos, de paso dado, en el sentido del avance de la herramienta.

La herramienta busca arrancar siempre la misma cantidad de material, para ello Mastercam recalcula la velocidad de corte, el avance y el ancho de contacto con la pieza. Dicha uniformidad en el volumen de material desalojado aumenta la vida de la herramienta, pues su desgaste es uniforme en todo el filo de la herramienta y se utiliza la altura de corte máxima permitida, además en el movimiento de regreso la herramienta se ve desahogada.

Esta estrategia de mecanizado se define mediante el *Radio de bucle*, que es el radio utilizado para realizar el movimiento de corte a alta velocidad, y con el *Espaciado del bucle*, que es la distancia o paso entre los repetidos cortes a alta velocidad.

En esta operación de fresado, la entrada y salida sobre un material sin mecanizar no tendría mucho sentido, ya que lo que se hace es penetrar en el interior de la cajera para vaciar esa área, por ello a la operación de *Desbaste* se le puede asignar un *Movimiento de ingreso*.

Se puede crear un *Movimiento de ingreso* en *Rampa* o en *Hélice*. Si no queremos crear dicho movimiento, Mastercam introduce la herramienta hasta la profundidad de la primera pasada de manera directa.

En el movimiento en rampa, los parámetros más relevantes son:

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

- *Separación en Z*, marca la altura entre la herramienta y el plano superior del material de entrada.
- *Separación en XY*, marca la posición en el plano XY relativo a la cajera después del mecanizado. Este parámetro es útil cuando queremos situar la entrada en un punto específico del plano de la cajera.

Podemos establecer también el ángulo de caída que tendrá dicha rampa y la longitud mínima y máxima que puede tener la rampa de entrada. Estos valores son función de la herramienta utilizada para esa operación.

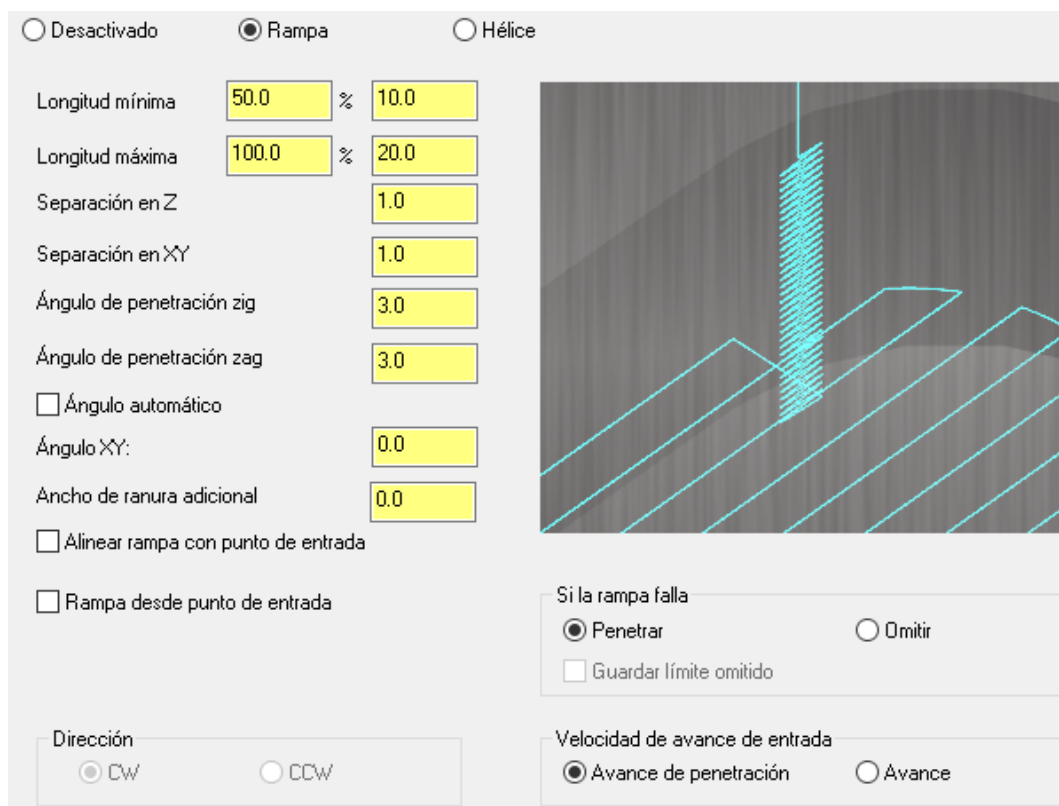


Figura 91 – Movimiento de ingreso en rampa. Desbaste. Parámetros de corte. Cajera.

En el movimiento en hélice, los parámetros más relevantes son:

- *Separación en Z*, marca la altura entre la herramienta y el plano superior del material de entrada.
- *Separación en XY*, marca la posición en el plano XY relativo a la cajera después del mecanizado. Este parámetro es útil cuando

queremos situar la entrada en un punto específico del plano de la cajera.

- *Ángulo de penetración*, marca el ángulo que daremos a la hélice de entrada.

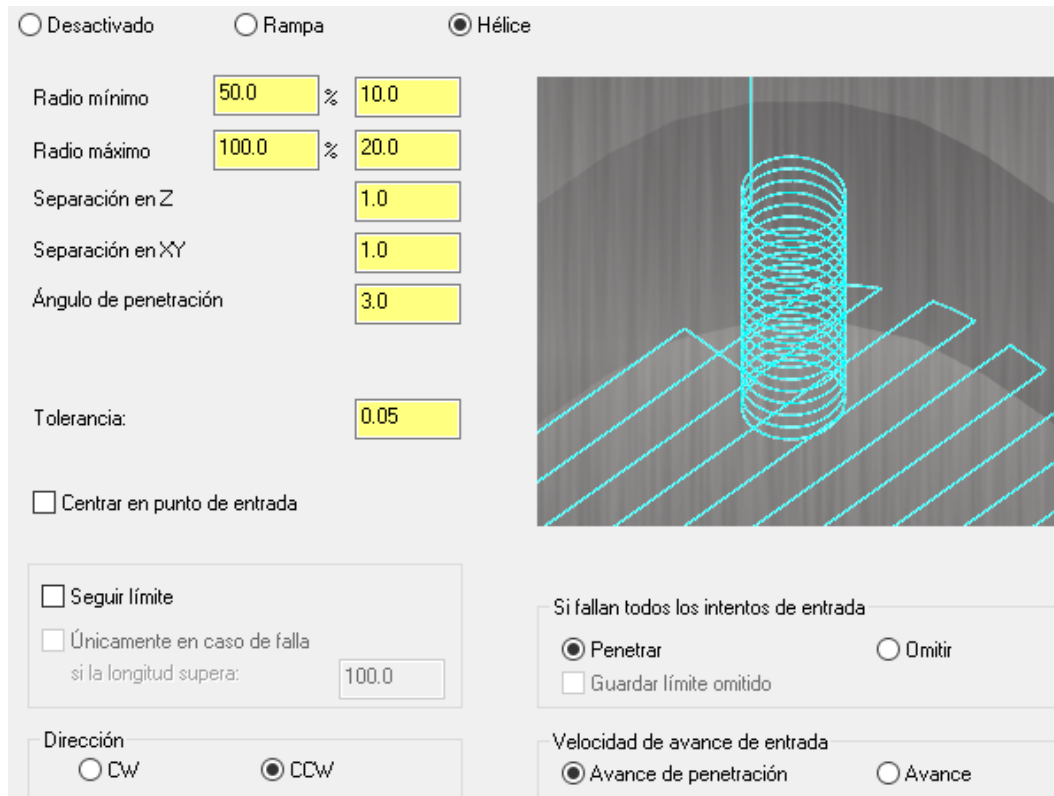


Figura 92 – Movimiento de ingreso en hélice. Desbaste. Parámetros de corte. Cajera.

En este tipo de entrada, podemos especificar qué *Dirección* de giro queremos que tenga la hélice, si en sentido horario CW o en sentido antihorario CCW.

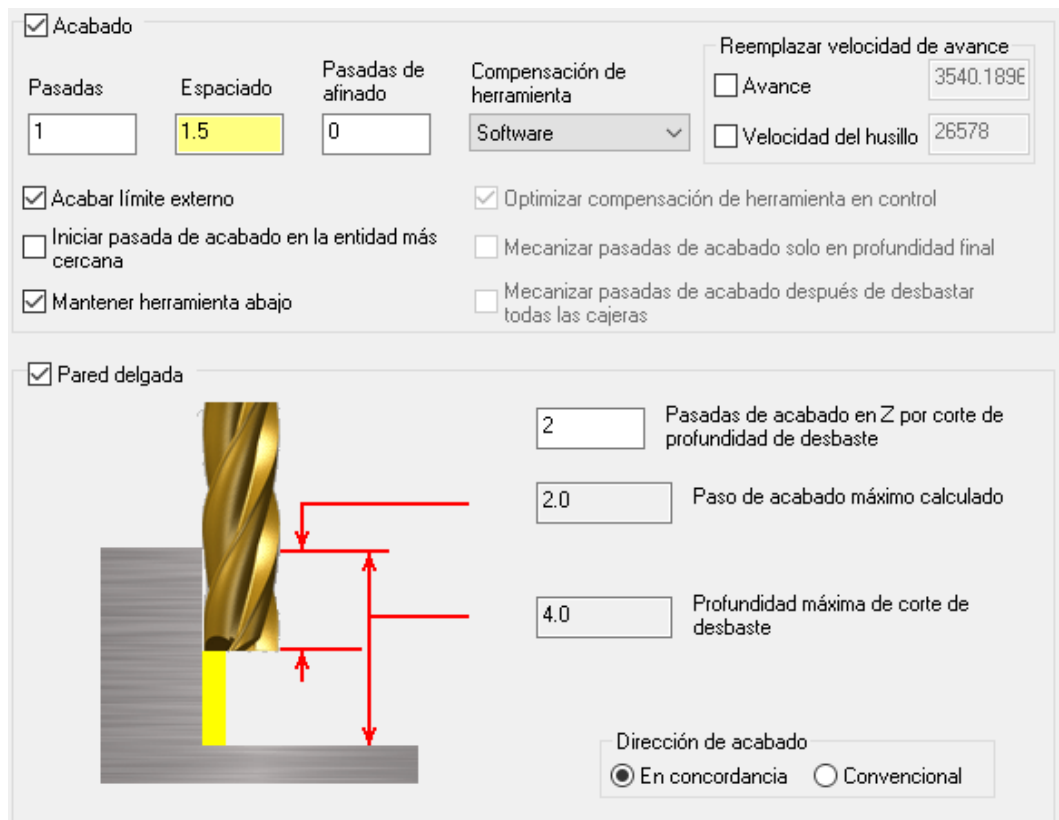
Una vez realizado el *Desbaste* en nuestra operación, se nos ofrece la posibilidad de definir un acabado más preciso activando la pestaña *Acabado*.

Lo primero que definimos en esta pestaña es la cantidad de pasadas de acabado y el paso que tendrán. Para ello, hacemos uso de los campos de valor *Pasadas*, en el que introduciremos el número de pasadas, y *Espaciado*, en el que definimos que ancho queremos que tenga esa pasada de corte en la trayectoria. A diferencia del *Remecanizado* estas pasadas de acabado no tienen en cuenta el material sobrante de pasadas anteriores y, por tanto, es función del programador definir dicho espesor de pasada.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

A diferencia de las pasadas de *Desbaste* ahora ya podemos entrar y salir con la herramienta desde el plano de corte, al haberse realizado el vaciado de parte de la caja, sin necesidad de realizar un *Movimiento de ingreso*. Por eso *Entrada/Salida* aparece referenciado en el árbol de la pestaña *Acabado*, y *Movimiento de ingreso* lo hace en la pestaña de *Desbaste*.

El campo de valor *Pasadas de afinado* permite “repasar” la pasada de acabado, es decir, realiza una pasada adicional siguiendo la trayectoria de la última pasada de acabado realizada.



Acabado

Pasadas: 1 Espaciado: 1.5 Pasadas de afinado: 0 Compensación de herramienta: Software

Reemplazar velocidad de avance:
 Avance: 3540.189E
 Velocidad del husillo: 26578

Acabar límite externo Optimizar compensación de herramienta en control
 Iniciar pasada de acabado en la entidad más cercana Mecanizar pasadas de acabado solo en profundidad final
 Mantener herramienta abajo Mecanizar pasadas de acabado después de desbastar todas las cajas

Pared delgada

2 Pasadas de acabado en Z por corte de profundidad de desbaste
2.0 Paso de acabado máximo calculado
4.0 Profundidad máxima de corte de desbaste

Dirección de acabado:
 En concordancia Convencional

Figura 93 – Acabado. Parámetros de corte. Cajera.

Compensación de herramienta nos ofrece múltiples opciones para la compensación de la punta debido al desgaste de la herramienta. Las opciones a elegir son las siguientes:

- *Software*, Mastercam recalcula la trayectoria con la herramienta ya compensada, no se genera control de dicha compensación.
- *Control*, en este caso Mastercam controla el desgaste de la herramienta, pero no traslada la medida del desgaste al control numérico para su compensación.

- *Desgaste*, este método es una mezcla de las dos anteriores, ya que, Mastercam si tiene en cuenta la compensación de la herramienta en la trayectoria, y también controla el desgaste que se produce en la herramienta. La dirección de compensación se realiza en el mismo sentido, tanto en el software como en el control.
- *Desgaste invertido*, realiza lo mismo que el tipo anterior, exceptuando la dirección de compensación, que en este caso se produce en sentido contrario entre el software y el control
- *Desactivado*, Mastercam programa la punta de la herramienta directamente sobre la geometría de la cadena seleccionada sin compensar el desgaste.

La casilla *Acabar límite externo* crea una pasada final en el límite del contorno de la cajera si se activa. Para realizar correctamente la pasada de acabado es recomendable tener activa esta característica, ya que, Mastercam crea una pasada, similar a como lo haría en una operación de contorno, a lo largo de la cadena seleccionada.

Iniciar pasadas de acabado en la entidad más cercana posiciona el inicio de la pasada de acabado, lo más cerca posible del último punto de la trayectoria de desbaste.

La casilla, *Mantener la herramienta abajo*, establece si tras cada pasada la herramienta se retrae o se mantiene dentro de la cajera.

Optimizar la compensación de herramienta en control solo se muestra seleccionable si se selecciona una compensación por *Control*. Lo que realiza esta opción en nuestro mecanizado es, que todos aquellos arcos definidos en la trayectoria que son menores que el radio de la herramienta se ven compensados para evitar mecanizar zonas no deseadas.

Podemos elegir si se quiere realizar las pasadas de acabado a cada profundidad, o si por el contrario preferimos realizar una pasada de acabado a la profundidad final. Esta elección se realiza activando o desactivando la casilla *Mecanizar pasadas de acabado solo en profundidad final*.

Como en tantas otras ocasiones dentro del programa, podemos *Reemplazar velocidad de avance* tanto del *Avance* como en la *Velocidad del husillo*. Solo hay que activar las casillas y se mostraran los campos de valor editables.

Por último, si no tenemos activada la opción *Mecanizar pasadas de acabado solo en profundidad final* Mastercam nos permite utilizar la herramienta de *Pared delgada*, con la que, mediante la definición de las *Pasadas de acabado en Z por corte de profundidad de desbaste*, el programa recalcula en función de la profundidad máxima de corte que se haya definido en el desbaste, el paso de acabado máximo que dará para cada pasada en profundidad de desbaste.

CASO PRÁCTICO

A continuación, se enuncia un caso práctico en el que se dispondrá de diferentes valores y apartados para los *Parámetros de corte* y los distintos tipos de cajera posibles, y se mostrará cómo afectan al mecanizado de cada una de las operaciones.

En el árbol de operaciones se despliegan las operaciones que vamos a emplear en este caso práctico de *Cajera*. Se muestra de forma rápida e intuitiva que operación se está realizando y que herramienta se emplea en dicha operación.

Las operaciones a tratar en este caso práctico son las siguiente.

- *Cajera* empleando *Planeado de isla*, aunque el caso expuesto no es el más idóneo para este tipo de cajera, se va a utilizar para definir de manera sencilla y clara como trabaja dicho *Planeado de isla* dentro de una *Cajera*.
- *Cajera* empleando *Cajera estándar*, este tipo de cajera es el más común para realizar operaciones de cajeadado.
- *Cajera* empleando *Remecanizado*, como se dijo anteriormente este tipo de operación se emplea para limpiar desbastes o afinar acabados. En este caso se va a utilizar para realizar el acabado de la cajera desbastada mediante *Cajera estándar*.
- *Cajera* empleando *Abierta*, se verá un caso especial de cajera en el que uno de sus límites está abierto.

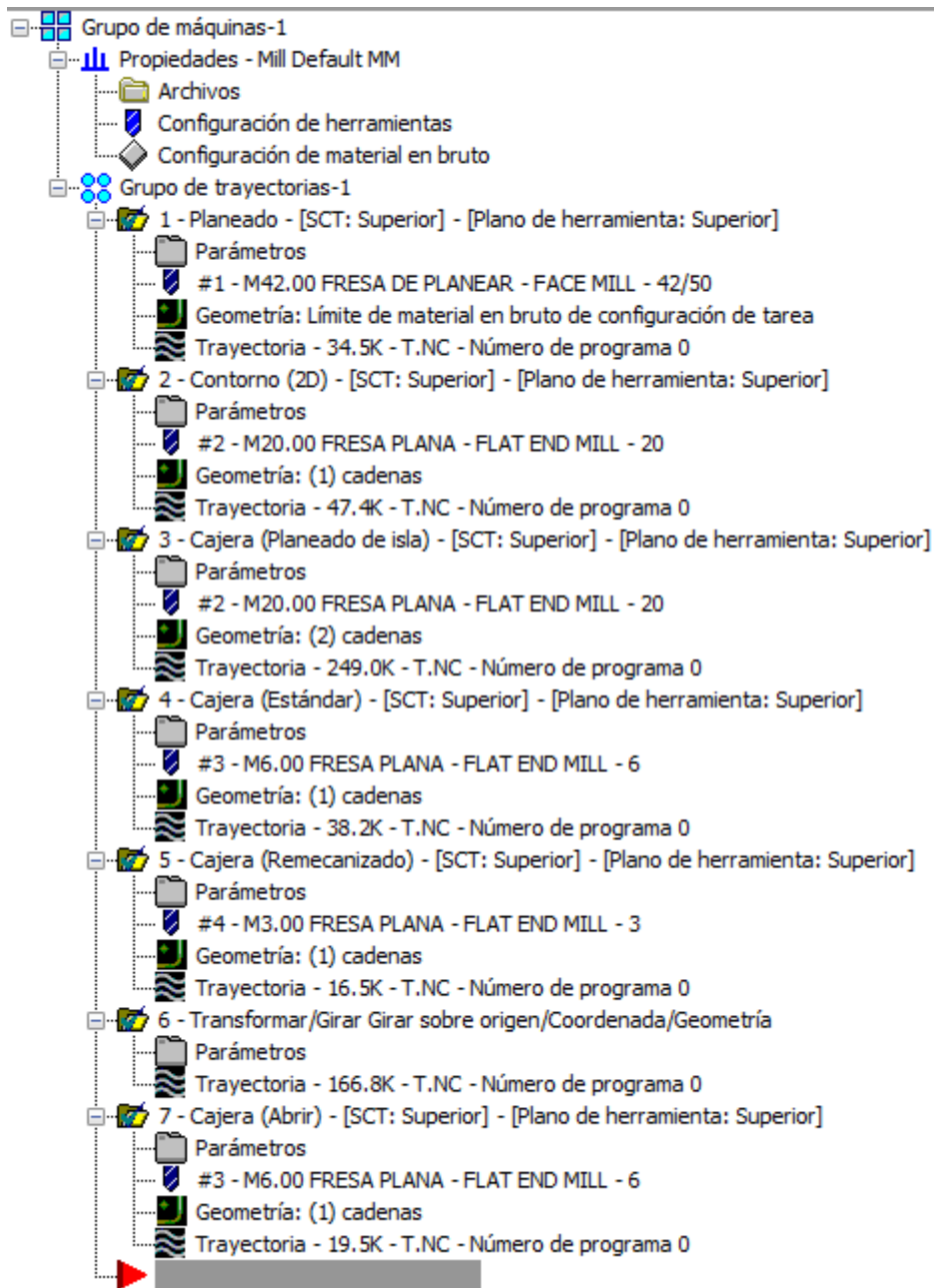


Figura 94 – Árbol de operaciones. Caso práctico. Cajera.

Se partirá de un material en bruto cuadrado, al que ya se le han realizado una operación de *Planeado* para limpiar la cara superior, y de una operación de *Contorno* para definir su forma exterior final.

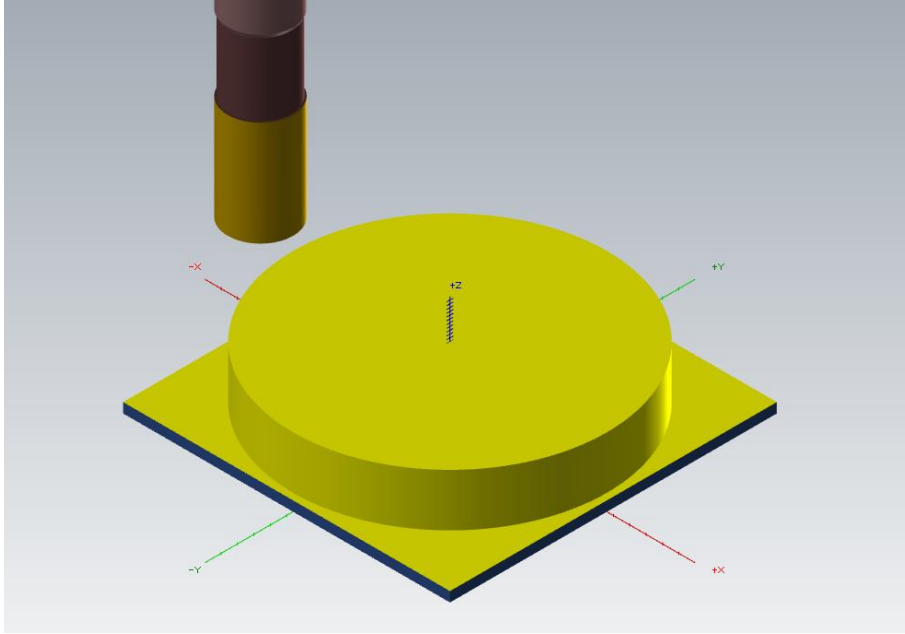


Figura 95 – Pieza de inicio. Caso práctico. Cajera.

Lo siguiente que realizamos, y que realmente está relacionado con esta operación, es un *Planeado de isla*, ya que, la pieza tiene una isla de forma hexagonal en su centro. Trabajaremos con un *Desbaste de Alta velocidad* con la opción de *Cortes trocoidales*.

En cuanto a los *Parámetros de corte*, dejaremos la operación sin sobremedidas, planteando una *Distancia de acercamiento* de 10mm, no habiendo problemas de colisiones con el material que ya se ha mecanizado previamente.

Para el *Acabado* realizaremos el *Acabado del límite externo* para evitar material sobrante, y se mecanizará una pasada de 2,5mm.

Dirección de mecanizado
 En concordancia Convencional

Tipo de caja Planeado de isla

Compensación de punta Punta

Herramienta redondea esquinas Puntigudo

Tolerancia de linealización 0.025

Crear operación de acabado adicional

Sobremedida en paredes 0.0

Mantener esquinas puntiagudas

Sobremedida en pisos 0.0

Traslape 50.0 % 10.0

Distancia de acercamiento 10.0

Distancia de salida 0.0

Material en bruto sobre islas 0.0

Figura 96 – Parámetros de corte. Planeado de isla. Caso práctico. Cajera.

Desbastar

Método de corte: Alta velocidad

Zigzag Espiral de traslape constante Espiral paralela Espiral paralela con esquinas limpias Espiral adaptativa Alta velocidad

Ancho de corte (%) 50.0 Minimizar enterramiento de herr. Tol. para remecanizado y espiral de traslape

Ancho de corte (dist.) 10.0 Espiral de adentro hacia afuera 6.25 % 1.25

Ángulo de desbaste 0.0 Mostrar mat. br. para espiral traslape const.

Cortes trocoidales:
 Desactivado Todo el material solamente Cajera completa

Radio de bucle 5.0

Espaciado de bucle 5.0

Radio para suavizar esquinas 2.0

Figura 97 – Desbaste. Parámetros de corte. Planeado de isla. Caso práctico. Cajera.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

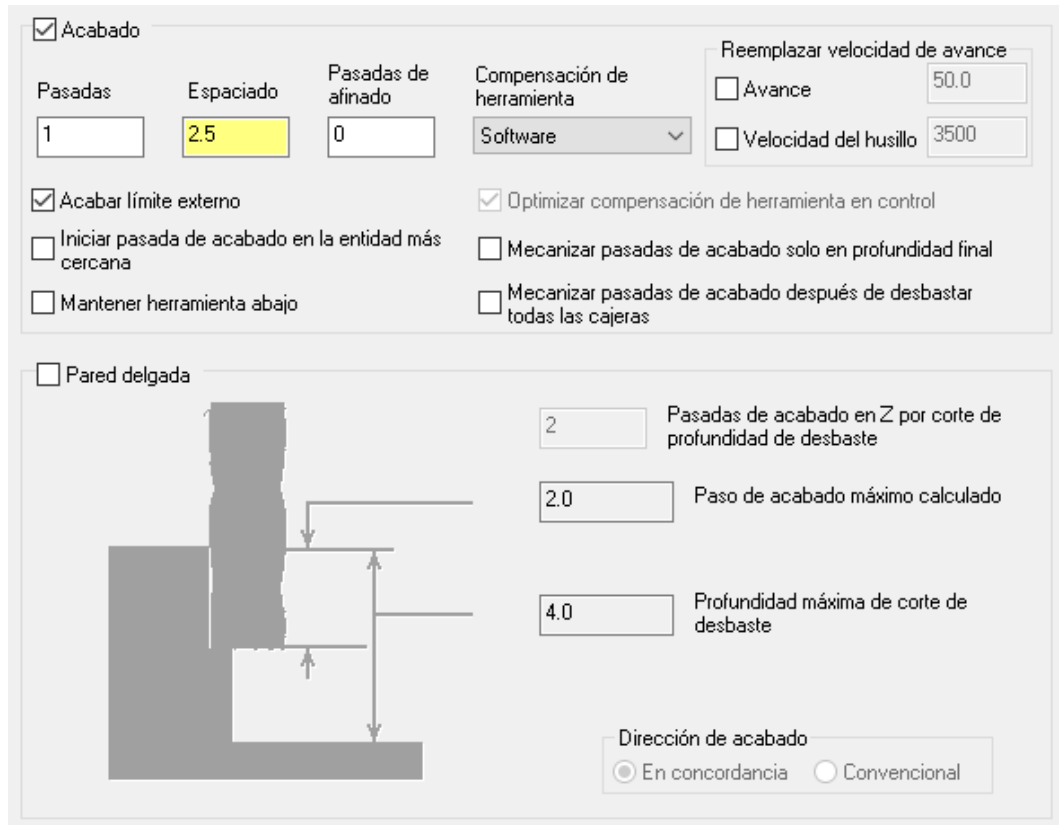


Figura 98 – Acabado. Parámetros de corte. Planeado de isla. Caso práctico. Cajera.

A continuación, se muestra alguno de los pasos del mecanizado para un *Tipo de cajera con Planeado de isla*.

En la primera imagen podemos observar como la herramienta ya ha mecanizado a la altura de la isla en su perímetro, y como está realizando en ese momento el mecanizado del resto del material que rodea la isla.

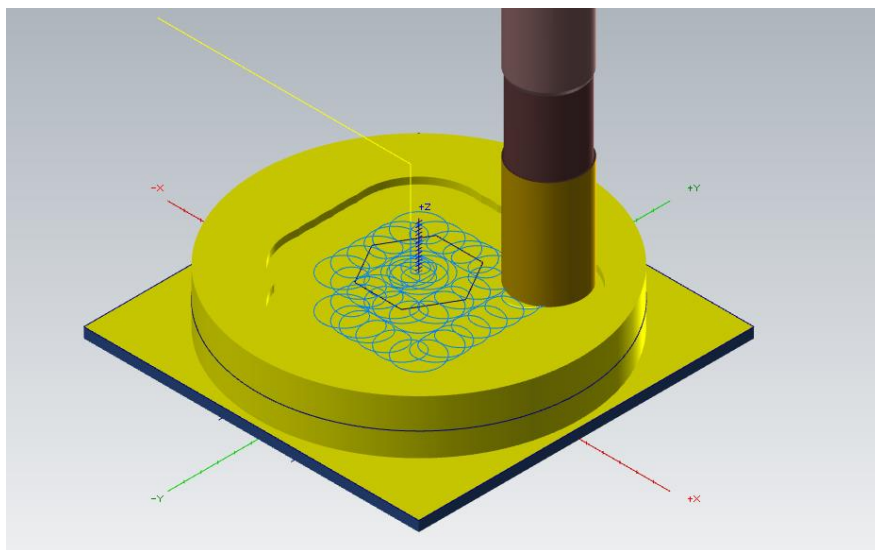


Figura 99 – Detalle primera pasada en profundidad. Planeado en isla. Caso práctico. Cajera.

En la segunda imagen observamos cómo ha mecanizado parte de la pieza hasta la altura de profundidad de desbaste y la herramienta ha pasado a mecanizar el resto de la pieza. Cuando se trabaja con *Alta velocidad* es común que la herramienta cree saltos de corte en la trayectoria.

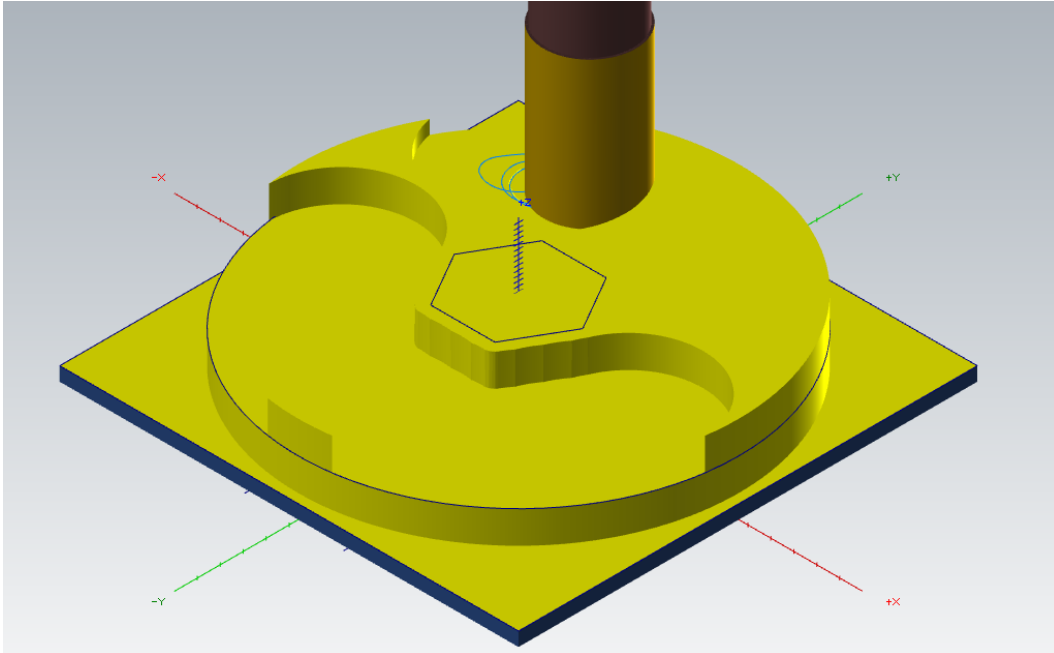


Figura 100 – Detalle segunda y sucesivas pasadas en profundidad. Planeado en isla. Caso práctico. Cajera.

Por último, se muestra el acabado final de la operación de *Planeado de isla*.

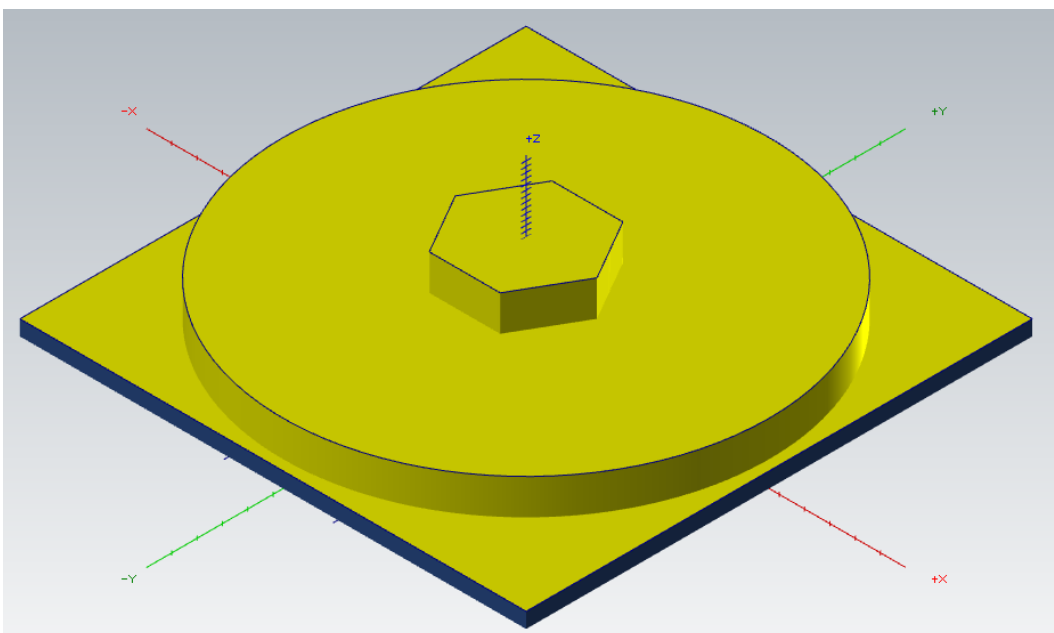


Figura 101 – Resultado final tras mecanizado Planeado en isla. Caso práctico. Cajera.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Pasamos a realizar la siguiente operación, un cajeado *Estándar*.

Dejaremos una *Sobremedida en paredes* de 0,5mm. Un *Método de corte* en *Zigzag* utilizando la mitad del diámetro de la herramienta como ancho de corte. Al *Movimiento de ingreso* se le dará una altura de 3mm por seguridad a la hora de penetrar en la caja. No se realiza acabado, ya que, después se realizará un *Remecanizado* y acabar así todo el perfil de la caja.

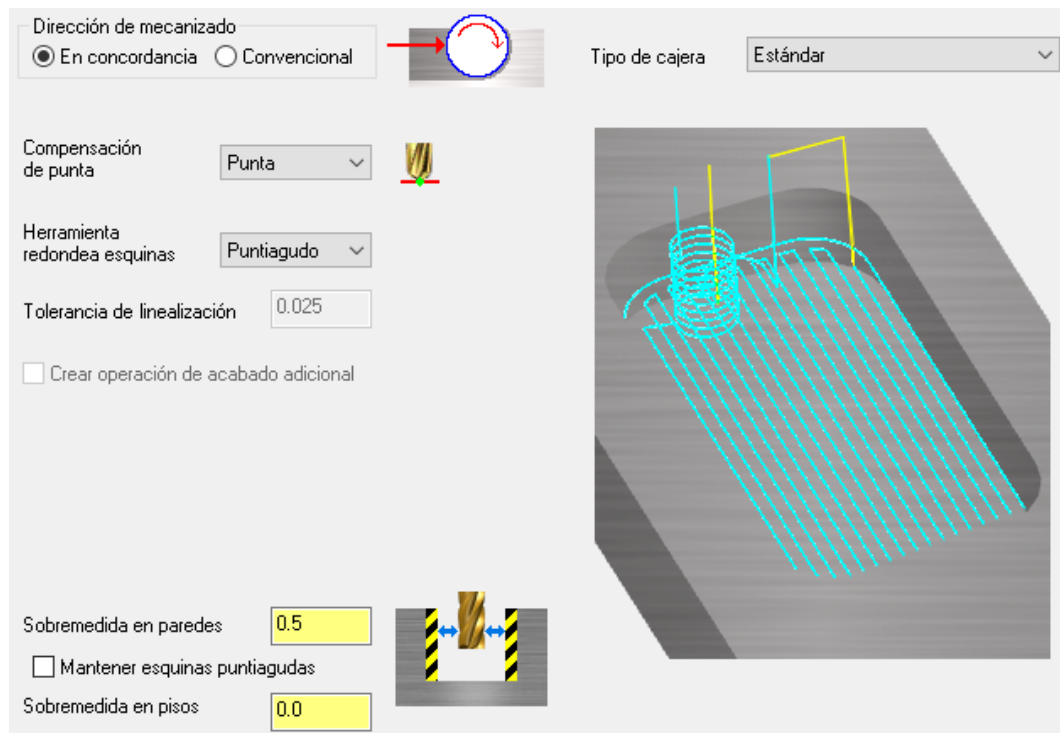


Figura 102 – *Parámetros de corte. Cajera estándar. Caso práctico. Cajera.*

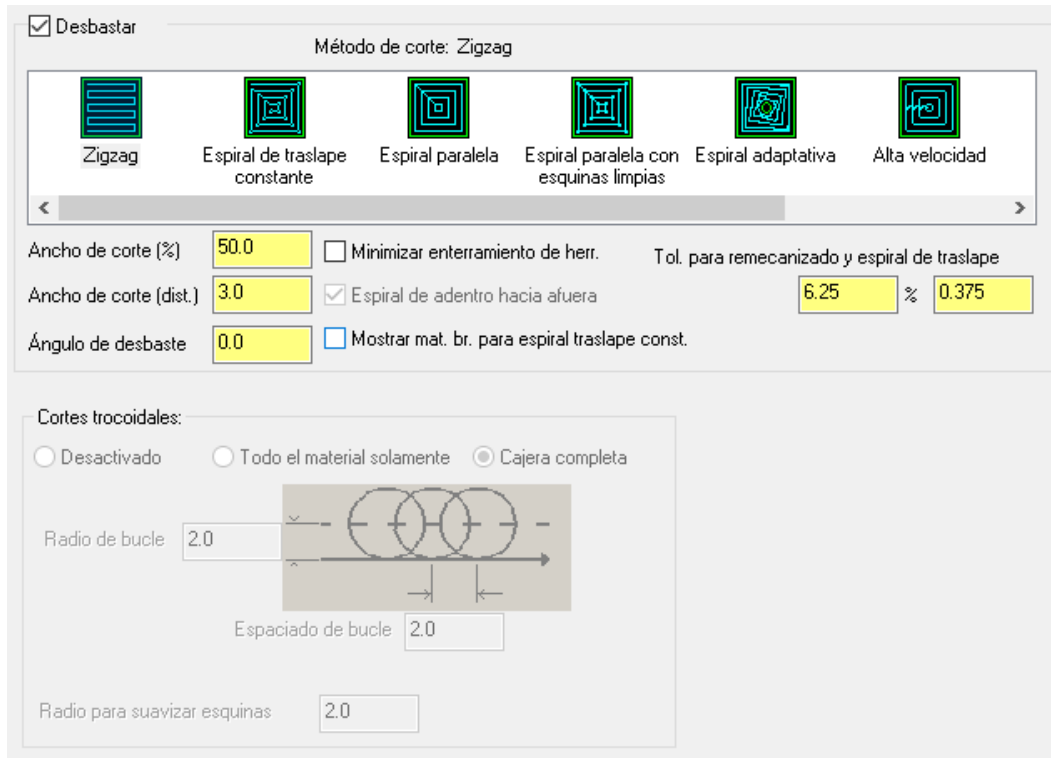


Figura 103 – Desbaste. Parámetros de corte. Cajera estándar. Caso práctico. Cajera

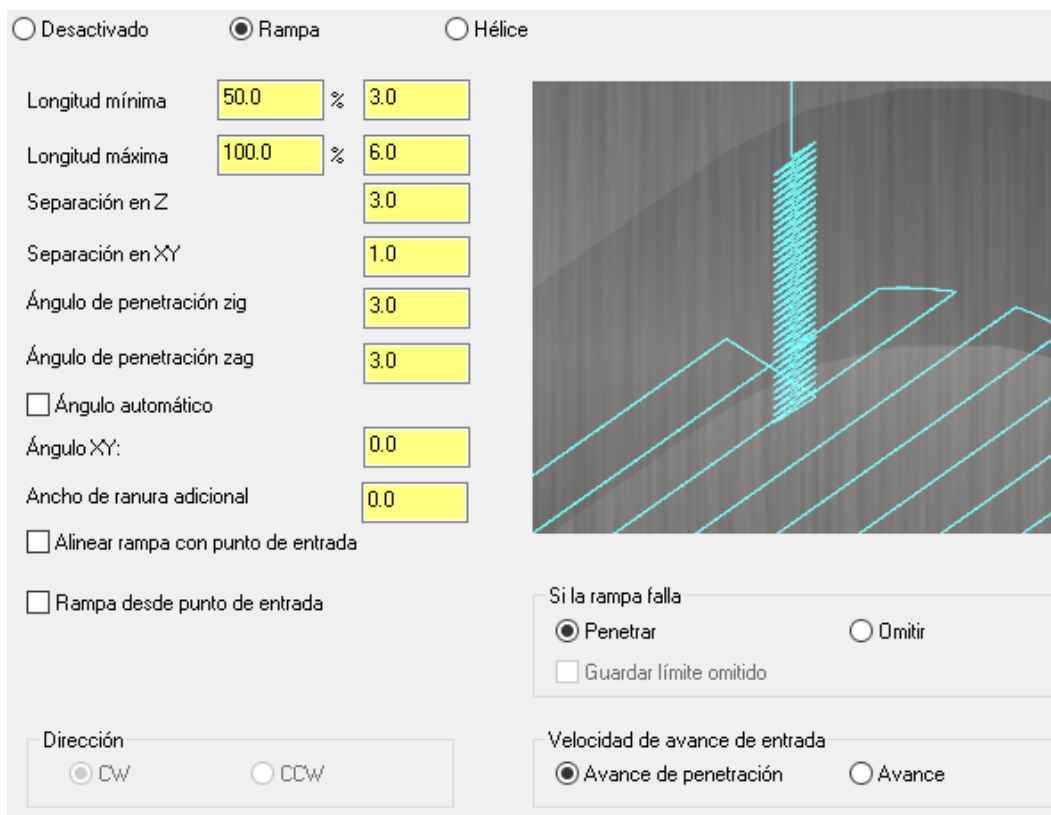


Figura 104 – Movimiento de ingreso en rampa. Desbaste. Parámetros de corte. Cajera estándar. Caso práctico. Cajera

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

En la siguiente imagen vemos como el desbaste ha dejado bastante material en bruto, y con unos perfiles muy marcados producidos por el movimiento en *Zigzag* con el que hemos realizado el desbaste.

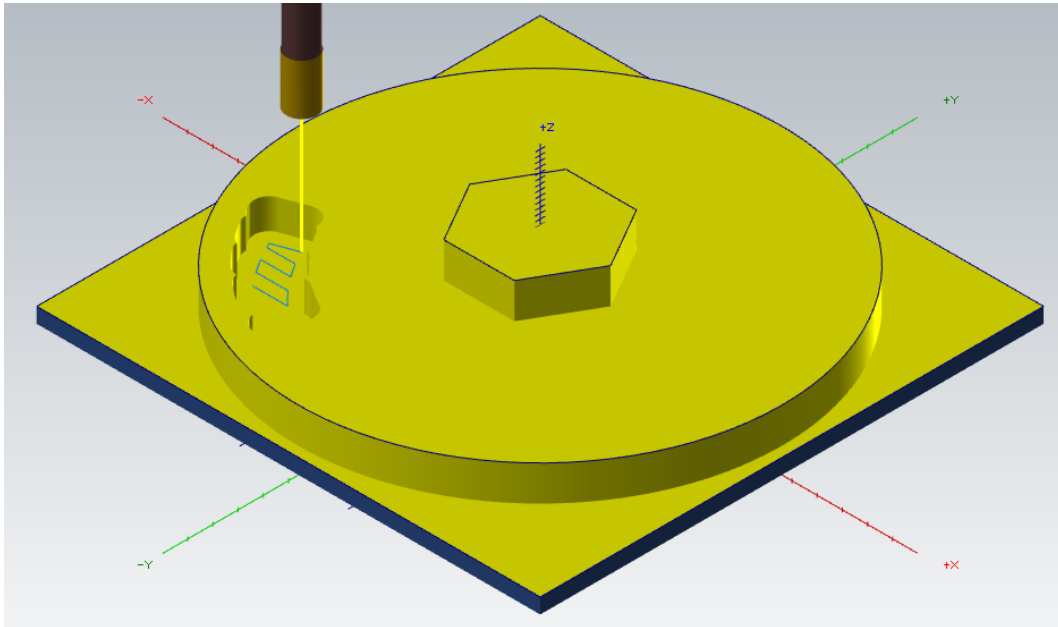


Figura 105 - Detalle pasada de Desbaste. Cajera Estándar. Caso práctico. Cajera.

Utilizando la operación *Transformar*, mecanizamos el resto de cajeras girando esta operación de *Cajera Estándar* 90grados en 3 ocasiones.

Una vez terminados los desbastes de las cajeras, tenemos que realizar el acabado de estas. Para ello utilizamos la estrategia de *Tipo de cajera Remecanizado*, tomando como método para el cálculo de material en bruto remanente, la operación anterior.

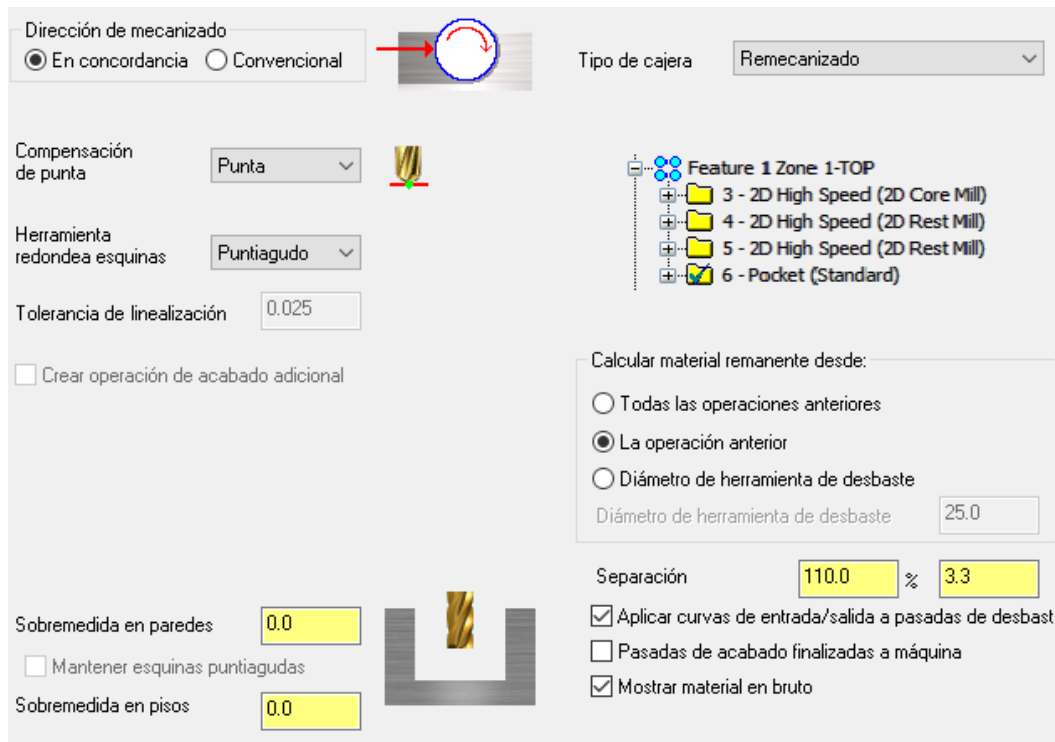


Figura 106 – Parámetros de corte. Remecanizado. Caso práctico. Cajera.

Si marcamos la casilla *Mostrar material en bruto* podemos ver de manera rápida cuando regeneremos la operación, que material ha mecanizado el desbaste, cuanto material puede mecanizar nuestra herramienta de acabado, y el material final que será mecanizado por la herramienta de acabado.

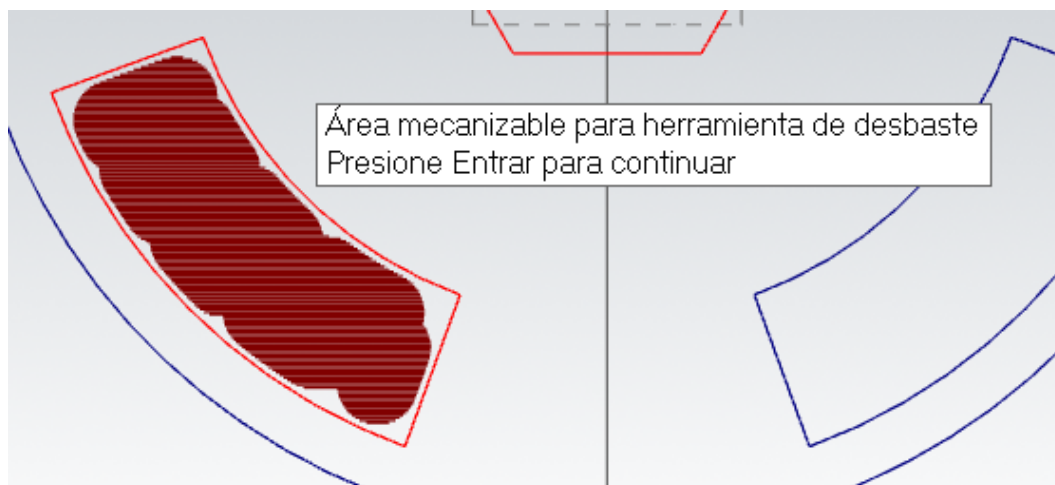


Figura 107 – Detalle Área mecanizable para herramienta de desbaste. Mostrar material en bruto. Remecanizado. Caso práctico. Cajera.

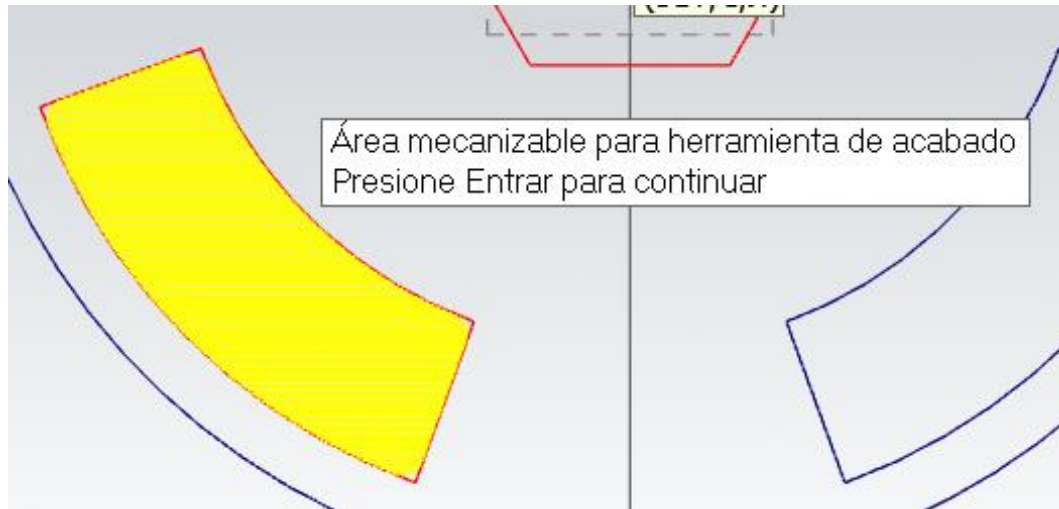


Figura 108 – Detalle Área mecanizable para herramienta de acabado. Mostrar material en bruto. Remecanizado. Caso práctico. Cajera.

Un hecho interesante es, que la segunda imagen nos muestra que la herramienta de acabado podría, si fuera necesario, llegar a remecanizar toda la superficie de la cajera. Es importante tener en cuenta este detalle por si se realizan pasadas de desbaste que no lleguen a la profundidad final de la cajera o que dejen material en la parte intermedia de la cajera debido a un mal parametrizado del ancho de desbaste.



Figura 109 – Detalle Material en bruto restante. Mostrar material en bruto. Remecanizado. Caso práctico. Cajera.

Podemos ver en la siguiente imagen, como el acabado de la cajera ahora es uniforme y cumplirá con lo estipulado en la fase de diseño, mediante la estructura alámbrica.

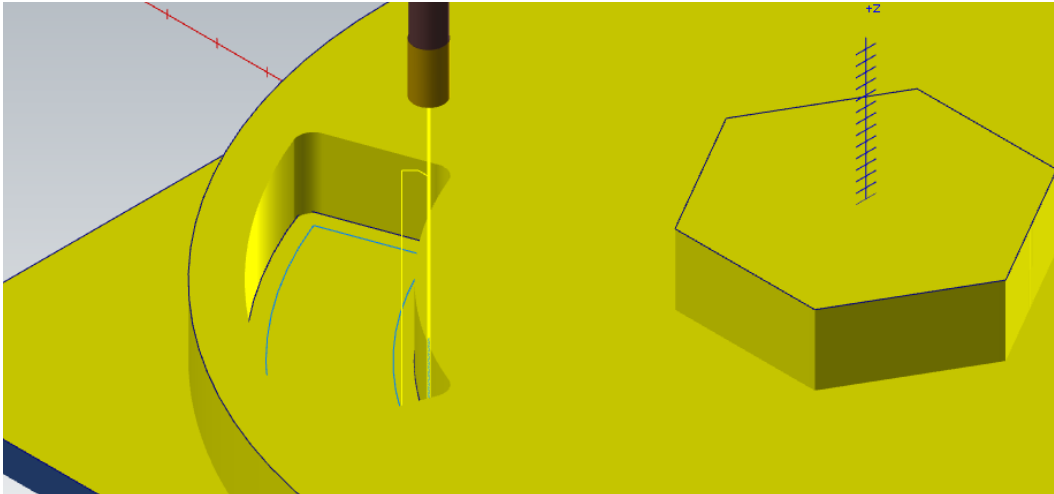


Figura 110 – Detalle mecanizado final Remecanizado. Caso práctico. Cajera.

De nuevo, utilizando la operación *Transformar*, mecanizaremos el resto de los acabados en las otras tres cajeras que antes hemos desbastado, con esta misma operación.

Por último, realizaremos el mecanizado de la cajera abierta que se encuentra situada entre dos cajeras rectangulares de la pieza. Veremos cómo afecta la elección de la opción *Usar método de corte de cajera abierta* a la hora de mecanizar dicha cajera.

En las dos siguientes imágenes se muestra el mecanizado de dicha cajera sin utilizar la opción antes descrita. Distinguimos como el mecanizado empieza en una zona interior de la cajera y va generando trayectorias hacia el exterior.

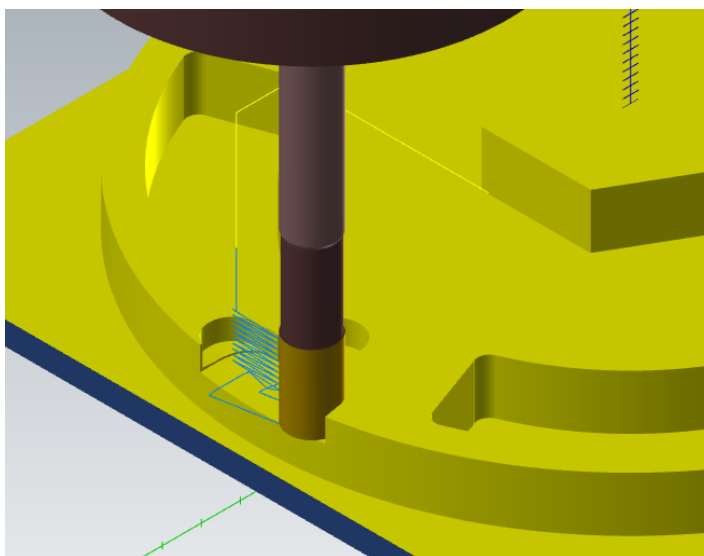


Figura 111 – Detalle mecanizado de cajera abierta sin emplear método de cajera abierta. Caso práctico. Cajera.

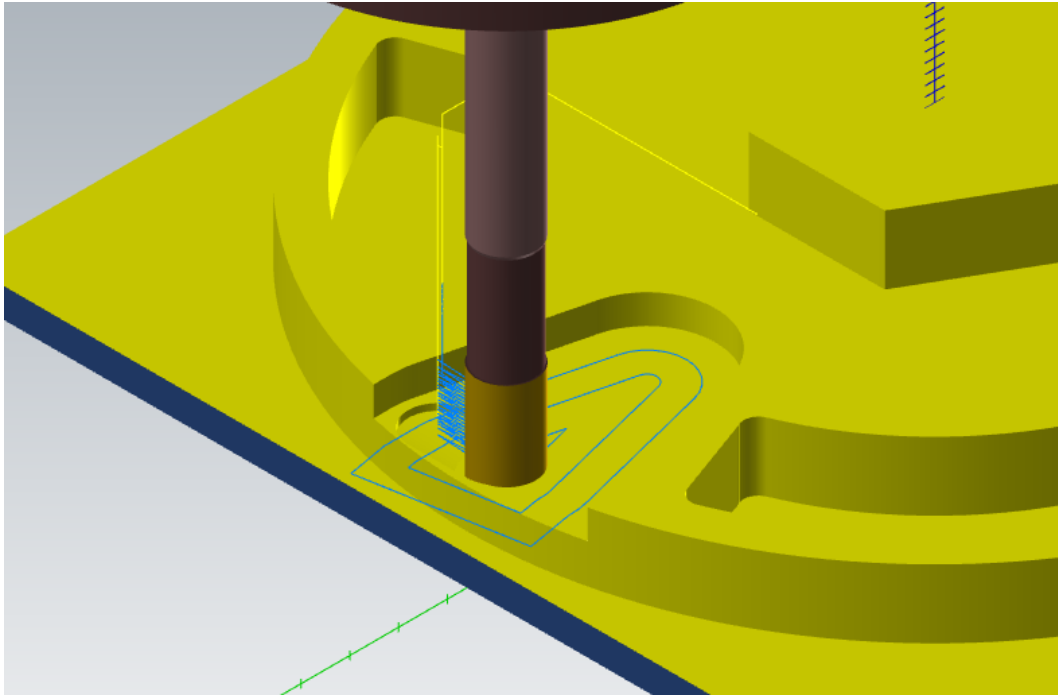


Figura 112 – Detalle mecanizado de cajera abierta sin emplear método de cajera abierta. Caso práctico. Cajera.

En las siguientes imágenes se muestra el mecanizado de la cajera abierta utilizando la opción *Usar método de corte de cajera abierta*. Observamos claramente como el mecanizado empieza en la zona exterior de la cajera, y genera trayectorias siguiendo el perfil de la cajera. Este último método es menos crítico para la herramienta, ya que, la entrada y salida de la trayectoria las realiza a la profundidad de corte, sin tener que realizar penetraciones sobre el material.

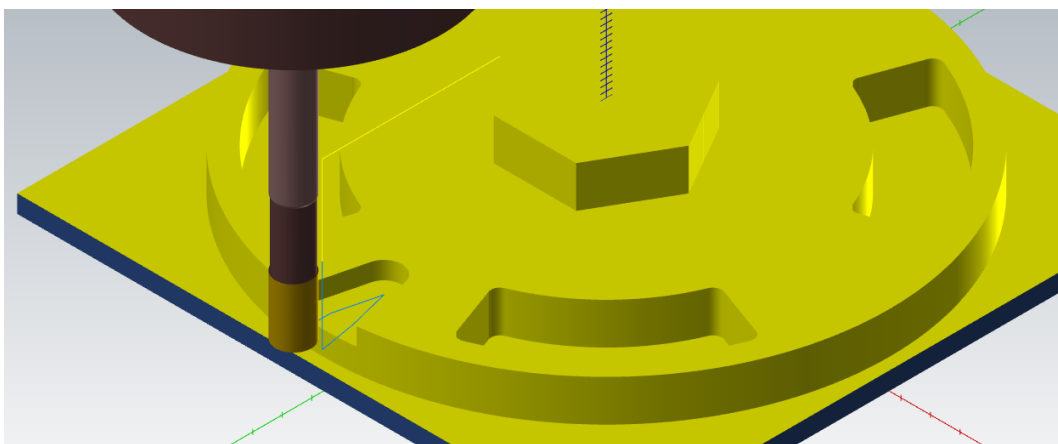


Figura 113 – Detalle mecanizado de cajera abierta empleando método de cajera abierta. Caso práctico. Cajera.

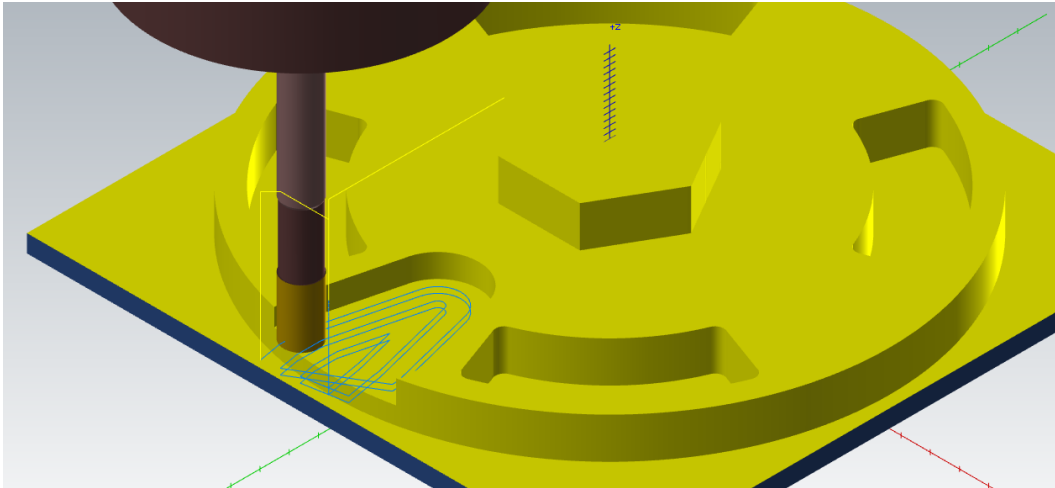


Figura 114 – Detalle mecanizado de cajera abierta empleando método de cajera abierta. Caso práctico. Cajera.

En la imagen inferior podemos ver el resultado final del mecanizado de dicha pieza.

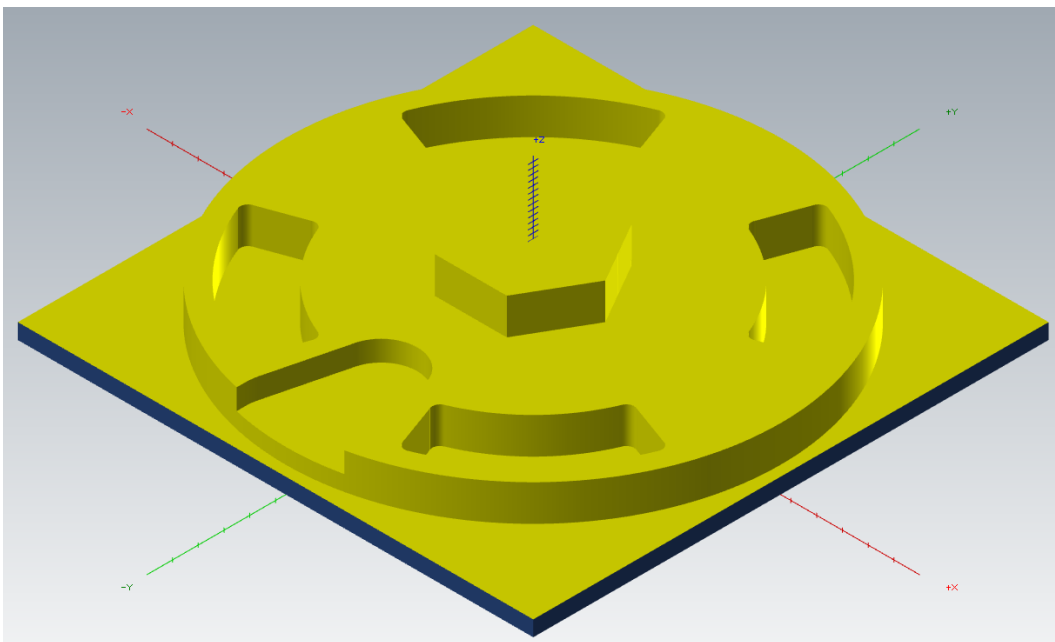


Figura 115 – Resultado mecanizado final. Caso práctico. Cajera.

8.5. CONTORNO

La operación de *Contorno* realiza un seguimiento de perfil de la cadena de selección definida.

Con la operación de *Contorno* podemos crear diferentes *Tipos de contorno*. Estos tipos de contorno son los siguientes:

- *Contorno 2D*: Elimina el material a lo largo de una trayectoria definida por una cadena de selección. Esta operación no elimina material de áreas cerradas como haría un *Cajeado*. Se pueden crear trayectorias de contorno en 2D o en 3D.

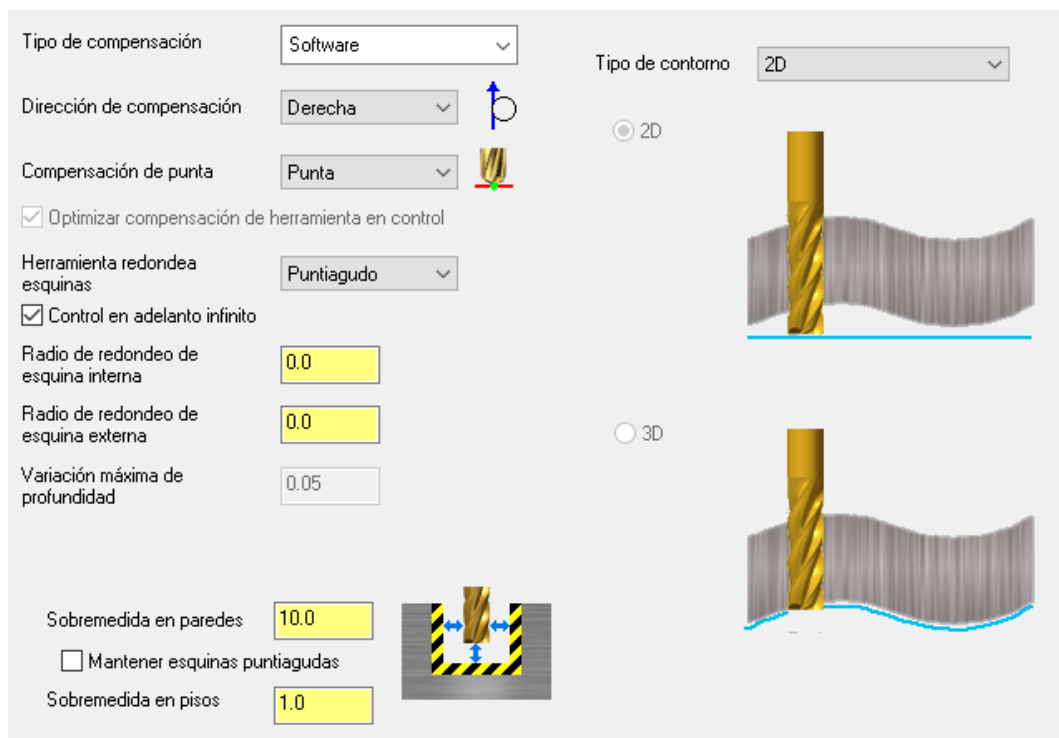


Figura 116 – Parámetros de corte. Contorno 2D.

La diferencia a grandes rasgos entre un contorno en 2D y uno en 3D es que en 2D, la herramienta se desplaza por una trayectoria a profundidad constante, aunque se pueden crear, como ya se ha visto, múltiples pasadas a diferentes profundidades. Por tanto, en un contorno 3D la profundidad de corte de la herramienta durante la trayectoria de mecanizado va variando, siguiendo la cadena de selección del contorno.

- **Chafilán 2D:** Mastercam permite con este método mecanizar de manera automática el chafilán de un contorno definido introduciendo su anchura.

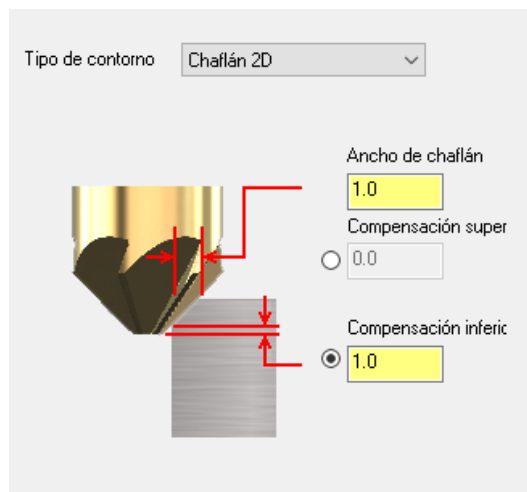


Figura 117 - Detalle Parámetros de corte. Contorno chafilán 2D.

Se puede trabajar tanto en 2D como en 3D, de manera análoga a como se ha descrito para el *Contorno* previamente.

Con el campo de valor *Ancho de chafilán* definimos la dimensión del chafilán. Podemos compensar la herramienta tanto por su parte inferior como por su parte superior, generalmente este valor es calculado de forma automática por Mastercam, pero si se desea se puede aplicar un valor dado.

Por último, para mecanizar un chafilán se han de seleccionar uno de los siguientes tipos de herramientas. Fresa de chafilán, fresa esférica o fresa tórica. Si no se toma uno de estos tres tipos de herramienta, Mastercam lanza un aviso indicando que la herramienta seleccionada es errónea.

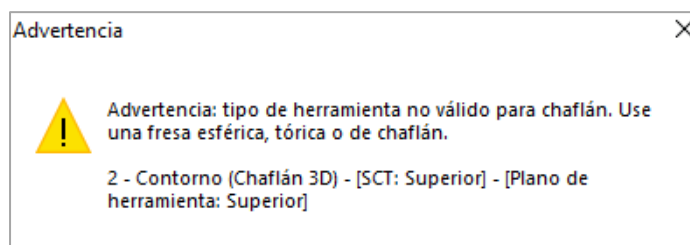


Figura 118 - Advertencia tipo de herramienta. Contorno chafilán 2D.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

- **Rampa:** Este método de contorno se utiliza cuando se quiere pasar de una profundidad de pasada a otra mediante una penetración continua utilizando una rampa continua.

Suele utilizarse en mecanizados de alta velocidad.

La rampa como método de contorno solo está disponible para trayectorias de contorno en 2D.

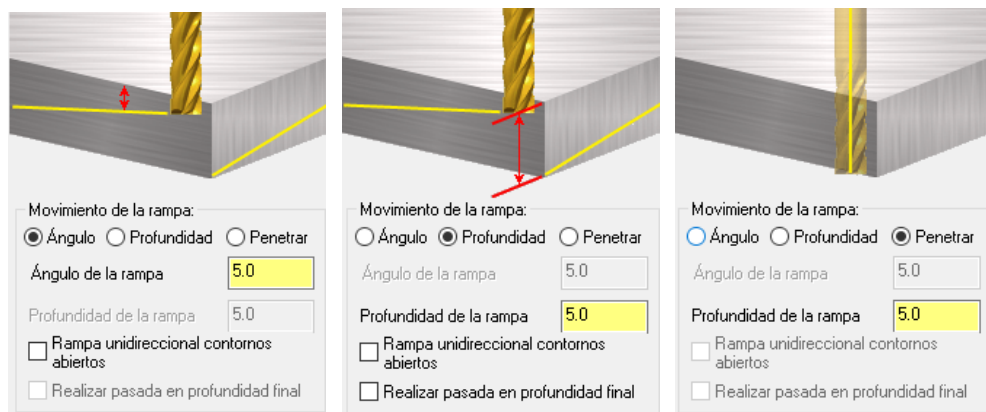


Figura 119 – Detalle Parámetros de corte. Contorno Rampa.

La rampa se puede realizar mediante un ángulo dado, definiendo una profundidad de diferencia entre el punto de entrada y el de salida, o directamente incrustándola a la profundidad de los diferentes cortes en profundidad.

- **Remecanizado:** Se calculan las áreas donde la herramienta de desbaste no ha arrancado material, o en la que ha dejado creces de material de manera intencionada en operaciones previas, y crea una trayectoria en base a ese excedente de material para terminar de mecanizarlo.

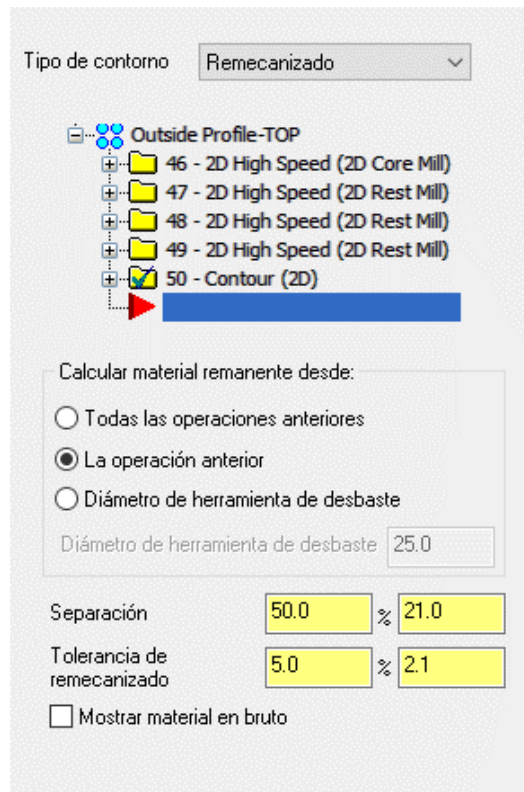


Figura 120 – Detalle Parámetros de corte. Contorno Remecanizado.

Mastercam ofrece tres métodos para calcular el remanente de material que se ha de mecanizar:

- *Todas las operaciones anteriores*, tiene en cuenta las pasadas realizadas por todas las operaciones previas a esta.
- *La operación anterior*, solo estudia la trayectoria realizada por la operación anterior y como ha sido su mecanizado.
- *Diámetro de herramienta de desbaste*, este método se usa para piezas heredadas o que vienen de otro proceso previo y, por tanto, no está definido en el espacio de trabajo el desbaste realizado. Mastercam calcula en función del diámetro que introduzcamos el sobrante de material sin mecanizar.

El campo de valor *Tolerancia de remecanizado* marca el nivel con el que se realizará el remecanizado, para tolerancias bajas, la trayectoria calculada será más precisa, lo que lleva a que se mecanicen más áreas y se eleve el tiempo de mecanizado.

Separación determina la distancia entre pasadas múltiples necesarias para realizar el remecanizado, cuanto mayor valor más posibilidades de saltarse material sin desbastar en la nueva trayectoria de mecanizado.

Con la casilla *Mostrar material en bruto* activada Mastercam nos muestra, en el entorno de trabajo y por partes, las siguientes áreas: el área mecanizada por la herramienta de desbaste en color rojo, el área mecanizable para la herramienta de acabado en color amarillo, el material en bruto restante también en color amarillo, y el posible material en bruto que quedaría después del remecanizado junto con el área que ocupa dicho material. Si el remecanizado es correcto, el área que debe marcar la última pantalla emergente es $\text{Área}=0.000$

- *Oscilar*: este método añade una oscilación en la altura a lo largo de la trayectoria de la herramienta, generando un movimiento de subida y bajada.

Se suele trabajar con este método en perfiles delgados o laminados, y beneficia la vida de la herramienta de corte, ya que, no es siempre la misma longitud del filo de corte el que arranca material.

Se puede seleccionar trabajar con una oscilación *Lineal*, estilo zigzag, o con un movimiento más suavizado y menos brusco si se selecciona *Alta velocidad*.

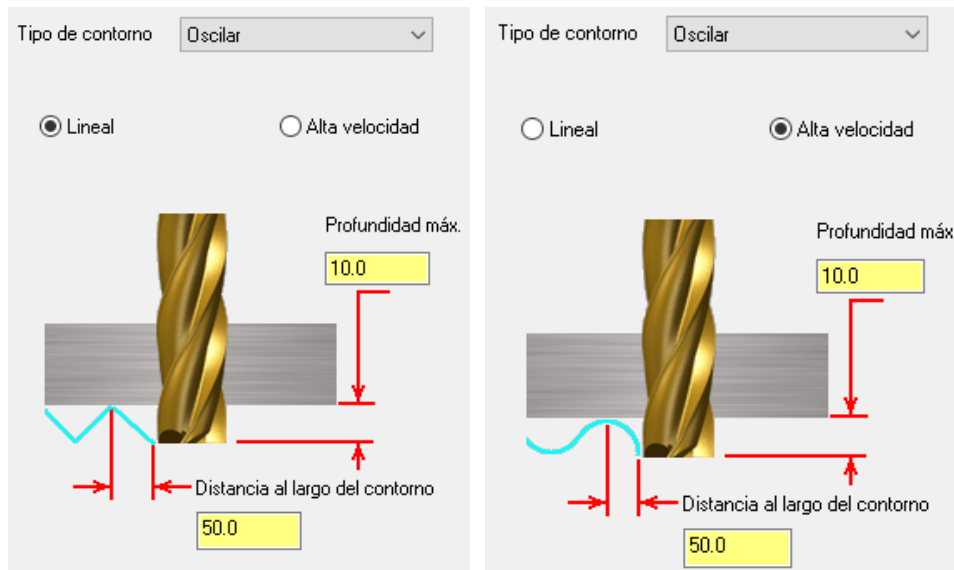




Figura 121 - Detalle Parámetros de corte. Contorno Oscilación.



Esta oscilación viene definida por la longitud y altura del movimiento que realiza la herramienta, a dicha longitud se le denomina *Distancia a lo largo del contorno*, y a la altura se le denomina *Profundidad máx.* Esta *Profundidad máx.* si bien puede trabajar por debajo del plano *Profundidad* marcado en *Parámetros de vinculación* nunca podrá superar la altura de dicho plano mientras realiza los movimientos de oscilación.

Después de seleccionar el *Tipo de contorno* que se va a mecanizar, lo siguiente es elegir el *Tipo de compensación* que vamos a utilizar para dicho mecanizado. La compensación es el recalculado de la punta de la herramienta o de su longitud a medida que se produce el mecanizado de la pieza y por tanto se crea un desgaste.

- *Software*, Mastercam recalcula la trayectoria con la herramienta ya compensada, no se genera control de dicha compensación.
- *Control*, en este caso Mastercam controla el desgaste de la herramienta, pero no traslada la medida del desgaste al control numérico para su compensación.
- *Desgaste*, este método es una mezcla de las dos anteriores, ya que, Mastercam si tiene en cuenta la compensación de la herramienta en la trayectoria, y también controla el desgaste que se produce en la herramienta. La dirección de compensación se realiza en el mismo sentido, tanto en el software como en el control

- *Desgaste invertido*, realiza lo mismo que el tipo anterior, exceptuando la dirección de compensación, que en este caso se produce en sentido contrario entre el software y el control
- *Desactivado*, Mastercam programa la punta de la herramienta directamente sobre la geometría de la cadena seleccionada sin compensar el desgaste.

Lo siguiente que se ha de tener en cuenta a la hora de definir el contorno es si la herramienta está dentro o fuera de la cadena seleccionada, esto se define en Mastercam como *Dirección de compensación*, pudiendo elegir entre *Derecha*  e *Izquierda*  .

La *Compensación de punta* marca la cantidad de desplazamiento al centro  o la *punta*  de la herramienta para las herramientas de punta redonda o esférica.

Optimizar la compensación de la herramienta en control, esta casilla solo se muestra editable para el *Tipo de compensación por Control*, y lo que permite es eliminar de la trayectoria de la herramienta los arcos cuyo radio es menor o igual que el radio de la herramienta de corte, evitando que se produzca así arranque de material no deseado en dichos arcos de la geometría.

La pestaña *Herramienta redondea esquinas* nos permite definir si se quiere crear un arco que se desplace alrededor de las esquinas en la trayectoria de la herramienta. Si se elige *Ninguno* se garantiza que todas las esquinas queden afiladas. Si se elige *Puntiagudo* el programa toma como esquinas afiladas aquellas de 135 grados o menos. Y *Todo* para que el programa haga pasar a la herramienta por todas las esquinas creando un movimiento de suavizado. El radio del arco que sigue la herramienta es igual al radio de esta.

La casilla *Control en adelante infinito* permite modificar el desplazamiento de la trayectoria para evitar que se cruce con otros elementos y no producir colisiones.

Para los campos de valor *Radio de redondeo de esquina interna* y *Radio de redondeo de esquina externa*, Mastercam permite modificar los radios de las esquinas afiladas. Para las esquinas internas, se crea un desplazamiento más

suave en el mecanizado, lo que favorece la vida de la herramienta, reduciendo su desgaste y produciendo un movimiento más eficaz en el corte. Para las esquinas externas, se crea una esquina lisa y redondeada, matando así la esquina afilada que podría tener nuestra geometría. Por ello, hay que tener especial cuidado en la selección de esta opción, ya que modifica la geometría final de la pieza en esas zonas.

El campo de valor *Variación máxima de profundidad* no es editable en ninguno de los contornos que se pueden trabajar.

En esta operación se permite dejar creces de material en el mecanizado para posteriores operaciones de acabado o de otro tipo. Esto se puede llevar a cabo con los campos de valores *Sobremedida en paredes* y *Sobremedida en pisos*. Decir queda que esta sobremedida no puede ser mayor que el material en bruto que se vaya a mecanizar.

Si en la *Sobremedida en paredes* se introduce un valor positivo, se muestra editable la casilla *Mantener esquinas puntiagudas*, que permite mantener las esquinas que se encuentre la herramienta a lo largo de la trayectoria con la forma afilada que describe la cadena de selección. Dejando una sobremedida exacta en todos los puntos posibles del mecanizado.

El apartado *Pestañas* permite dejar pestañas en el mecanizado de contornos, pudiendo por ejemplo sujetar o extraer la pieza gracias a ellas. Estas pestañas se definen en la trayectoria de forma automática, mediante los diferentes parámetros de su geometría como son su anchura y su fondo. Se puede establecer un número dado de pestañas o marcar un paso entre ellas y que el propio programa las calcule.

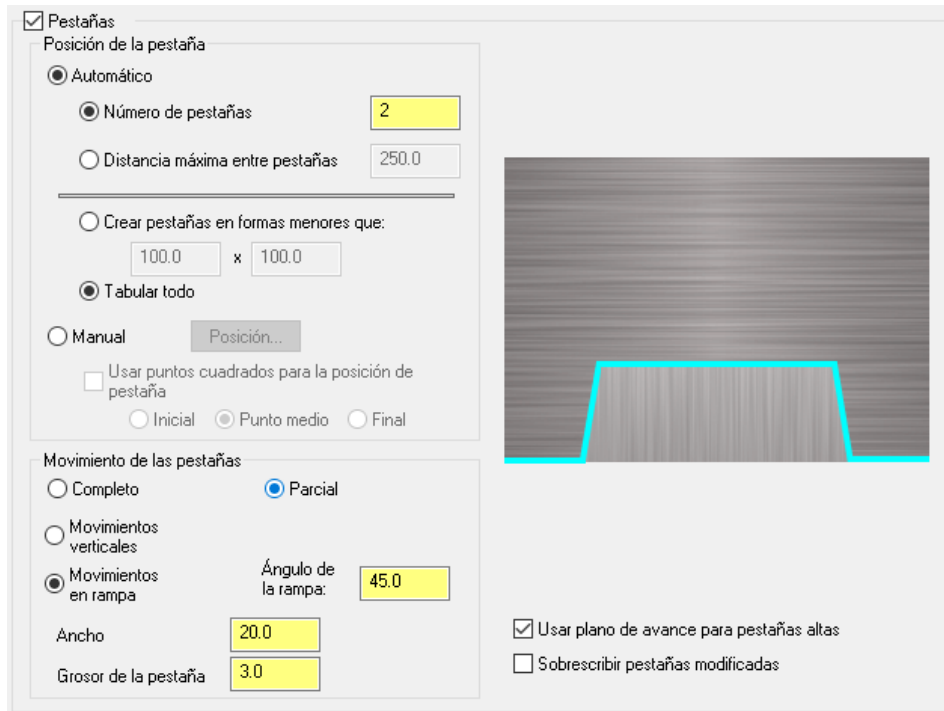


Figura 122 - Pestañas. Contorno.

CASO PRÁCTICO

A continuación, se enuncia un caso práctico en el que se dispondrá de diferentes valores y apartados para los *Parámetros de corte* y los distintos tipos de contornos posibles.

Las operaciones que trataremos en este caso práctico son las siguientes:

- *Contorno 2D*, es el contorno típico utilizado en las operaciones de fresado y, veremos cómo afecta la elección de la cadena a mecanizar y la dirección de compensación en el resultado final de mecanizado.
- *Contorno* empleando *Remecanizado*, junto con la operación de *Contorno en Rampa*, vamos a utilizarla para realizar el acabado del perfil y mecanizar el material sobrante dejado por la operación de *Contorno 2D*.
- *Contorno* empleando *Rampa*, este tipo de operación se va a emplear para realizar el acabado del contorno de la pieza, su uso es adecuado para la eliminación de marcas en profundidad.

Tanto con la operación de *Contorno en Rampa* como de *Contorno Remecanizado* buscamos llegar a la misma geometría mecanizada final. Por este motivo en la imagen inferior donde se muestra el *Árbol de operaciones* la operación de *Contorno en rampa* aparece deshabilitada del registro.

- *Contorno* empleando *Chaflán 2D*, realiza un seguimiento del perfil de contorno utilizando una herramienta de chaflán.

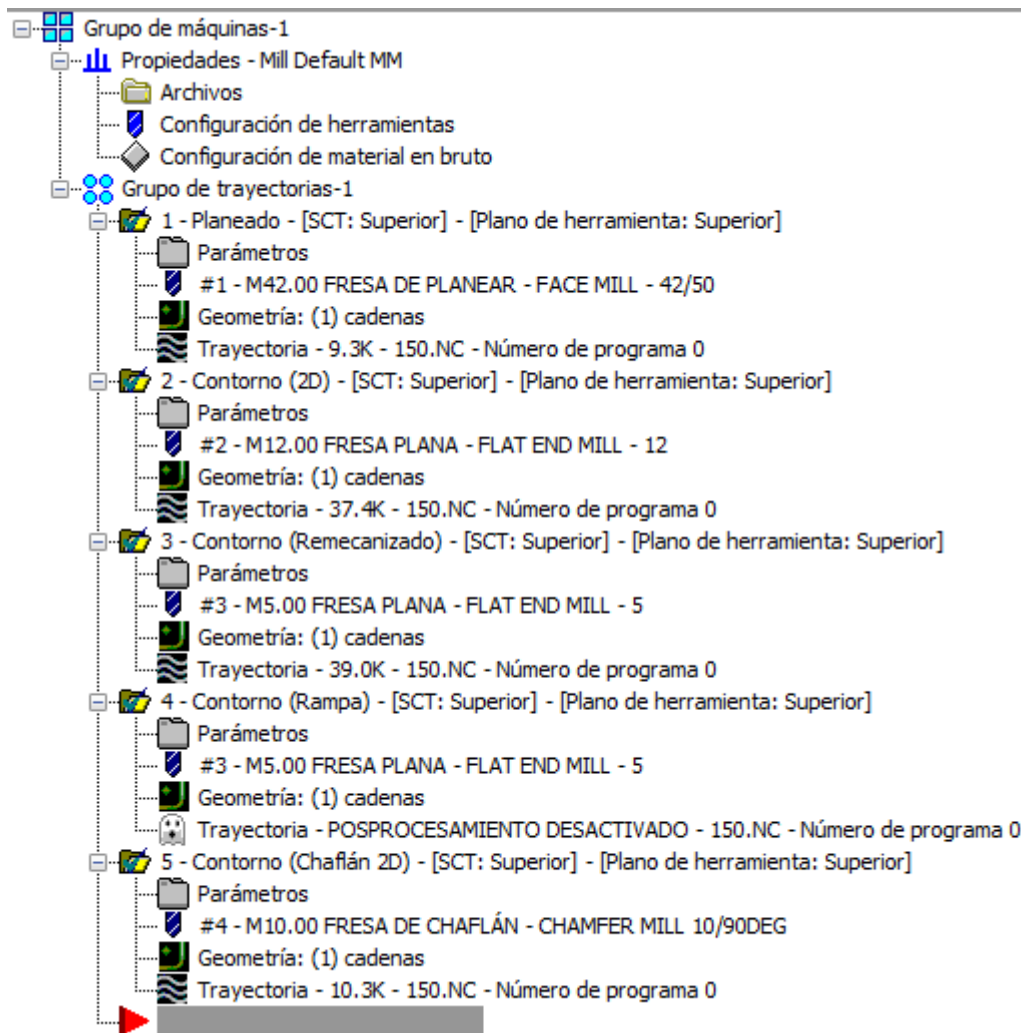


Figura 123 - Árbol de operaciones. Caso práctico. Contorno.

Para analizar la operación de *Contorno*, se parte de un material en bruto cilíndrico que ya hemos utilizado en la operación de *Planeado*. Por tanto, se continúa el mecanizado de dicha pieza ya planeada.

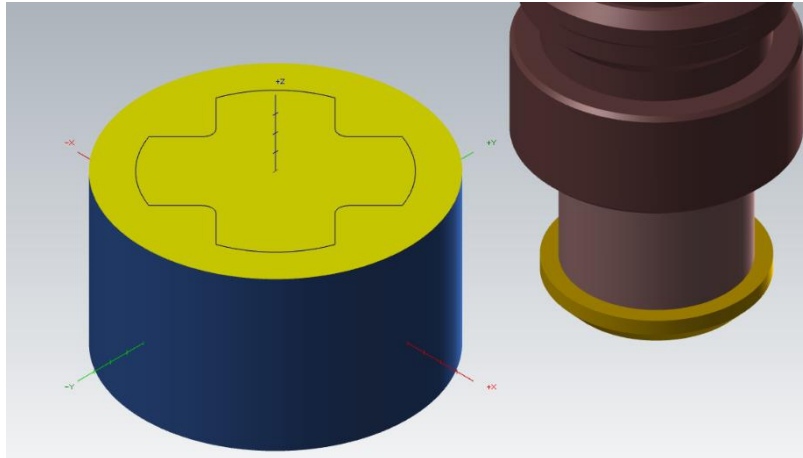


Figura 124 – Pieza de inicio para el mecanizado de Contorno y geometría a mecanizar. Caso práctico. Contorno.

El primer tipo de contorno que se muestra es el mecanizado de un *Contorno 2D*. Dejaremos una *Sobremedida en paredes* de 1mm y vamos a ver cómo afecta la elección de *Dirección de compensación* en función de la dirección de la cadena de selección al resultado final del mecanizado.

observamos que la cadena elegida toma un sentido horario en su dirección. Por tanto, para todas aquella herramientas que trabajen con la *Dirección de compensación* a *Derecha*, mecanizarán por dentro del contorno cerrado, y todas aquellas que lo hagan a *Izquierda*, lo harán por fuera.

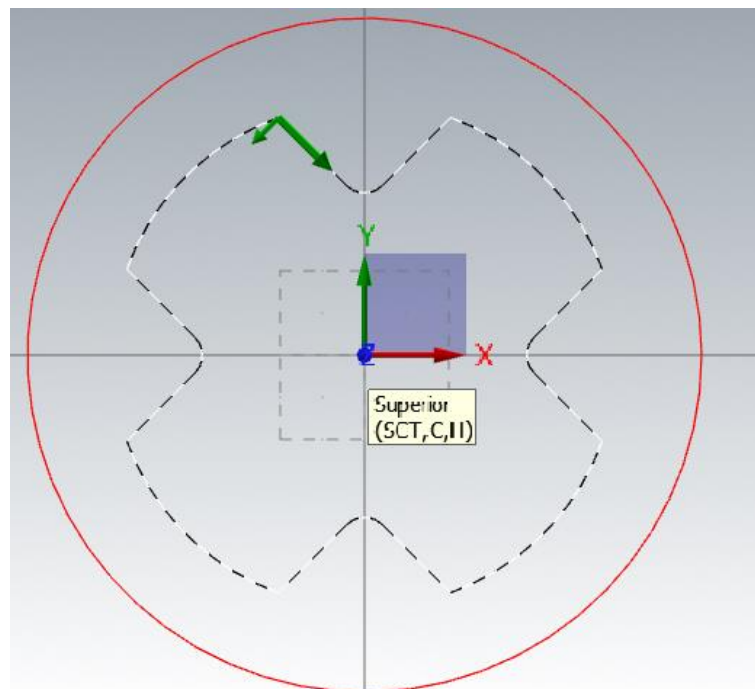


Figura 125 – Dirección de la cadena de selección de contorno (Sentido horario). Caso práctico. Contorno.

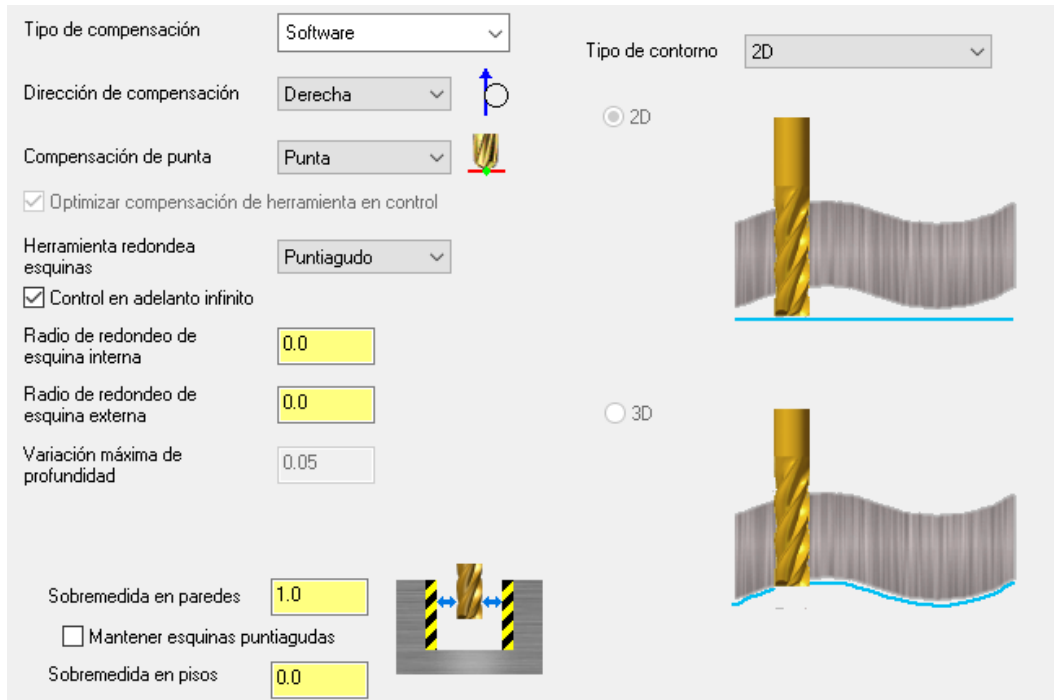


Figura 126 – Parámetros de corte Contorno 2D, Dirección de compensación – Derecha. Caso práctico. Contorno.

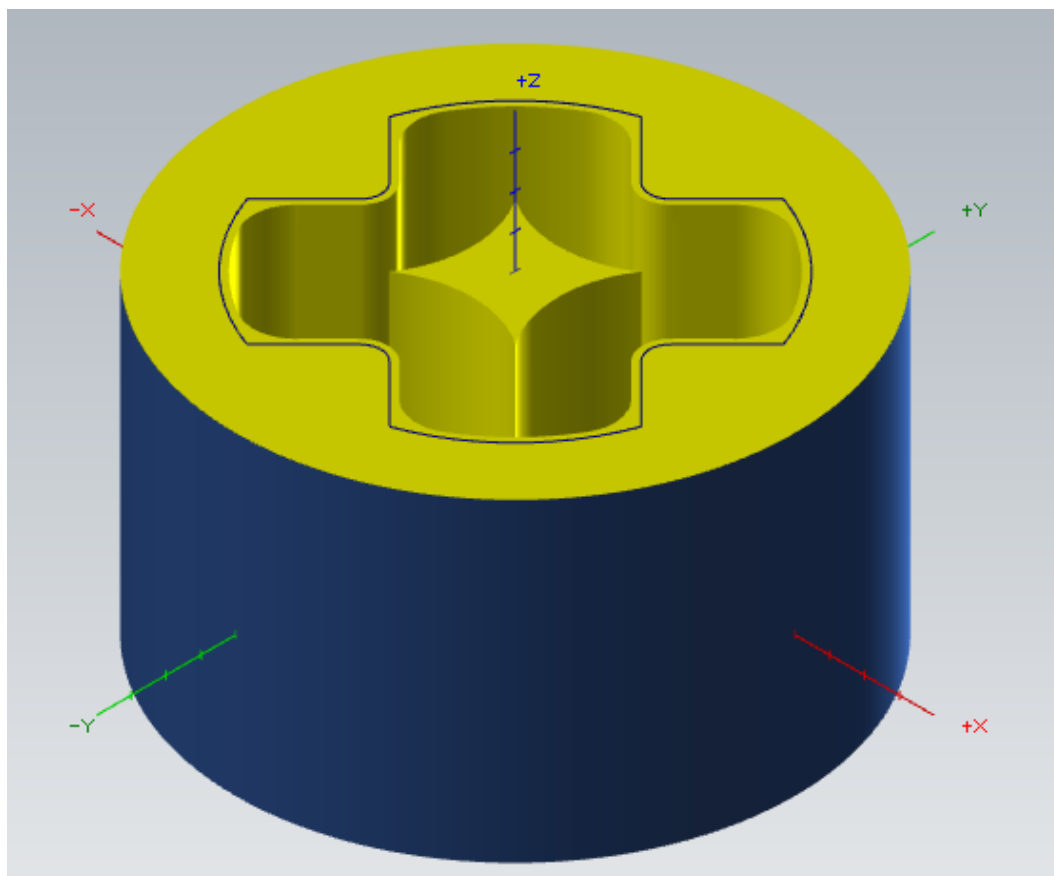


Figura 127 – Resultado del mecanizado para los parámetros de corte a derechas. Caso práctico. Contorno.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

El mecanizado se ha realizado por dentro del contorno de la cadena seleccionada, no es el mecanizado que se busca. Por tanto, cambiamos el parámetro de *Dirección de compensación* a *Izquierdas*.

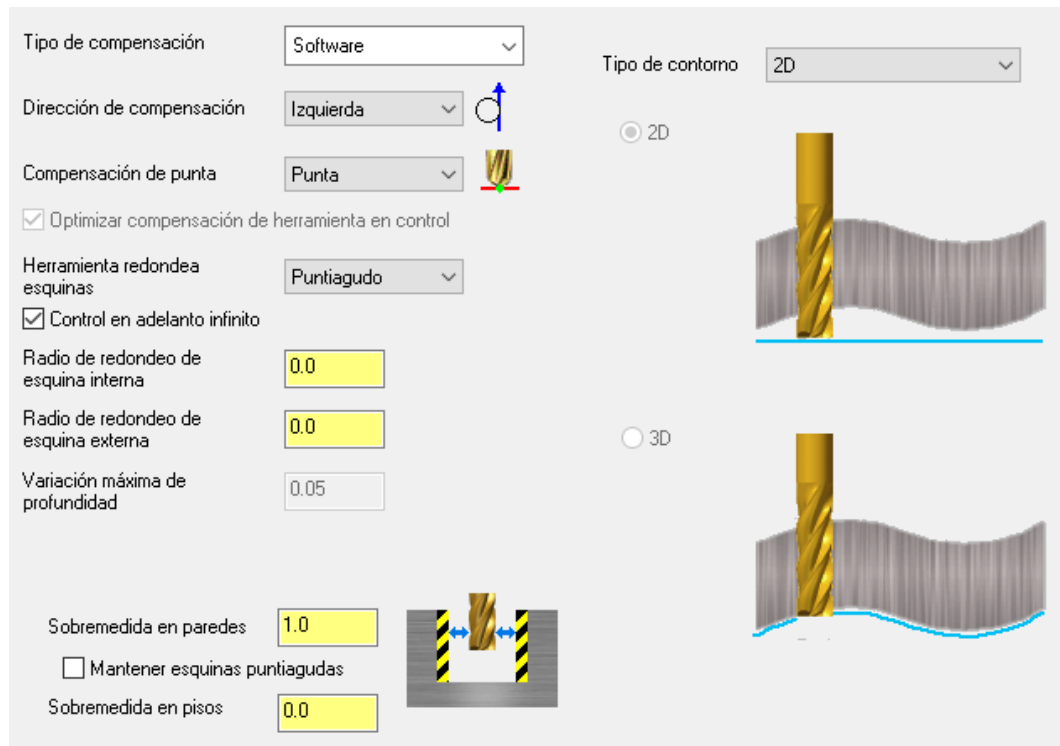


Figura 128 – Parámetros de corte Contorno 2D, Dirección de compensación – Izquierda. Caso práctico. Contorno.

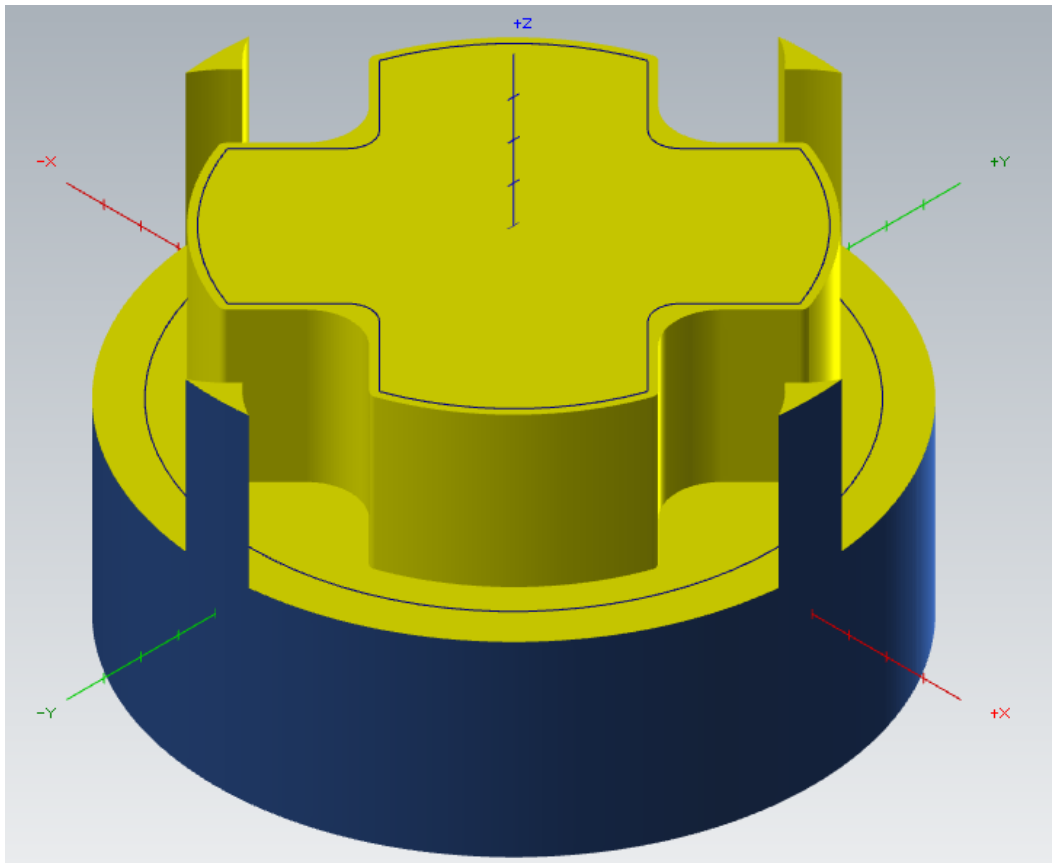


Figura 129 – Resultado del mecanizado para los parámetros de corte a izquierdas. Caso práctico. Contorno.

Como se observa en este segundo mecanizado, ahora la herramienta ha desbastado la zona exterior de la cadena seleccionada, obteniendo la geometría de desbaste que se buscaba.

Prestar atención a los restos del mecanizado que la herramienta ha dejado en algunos extremos del material en bruto, debido a que se ha realizado una sola pasada de desbaste. Esto se soluciona aumentando el número de pasadas, en *Pasadas múltiples*, que realiza la herramienta de corte. A partir de dos pasadas el programa nos permite ajustar el paso entre pasadas, espaciando a nuestra necesidad el mecanizado.

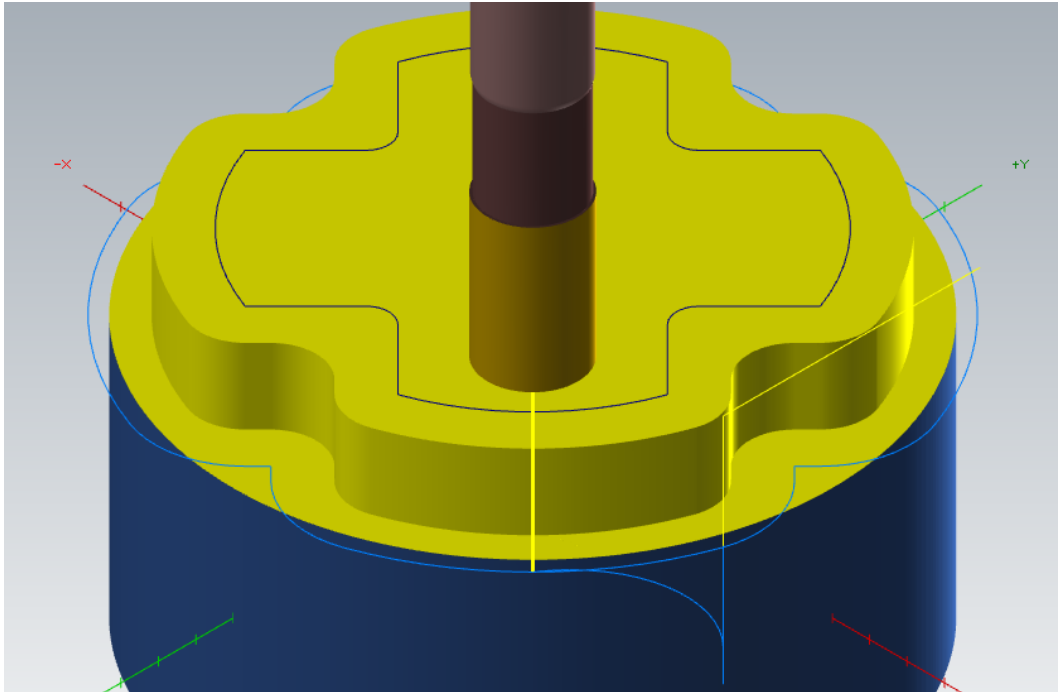


Figura 130 – Detalle primera profundidad de corte aumentando una pasada el desbaste. Caso práctico. Contorno.

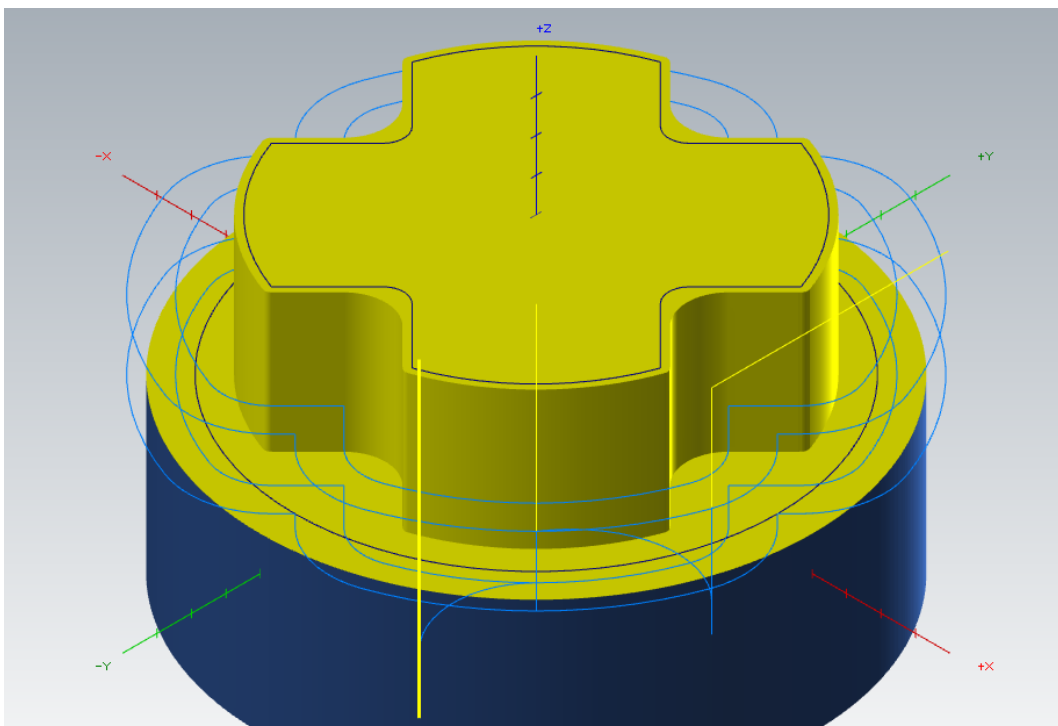


Figura 131 – Resultado final para dos pasadas de desbaste. Caso práctico. Contorno.

Ahora lo siguiente sería realizar la operación de *Remecanizado* del material en bruto sobrante del *Contorno 2D*. Esta operación es similar a la estudiada antes para un *Cajeado*.

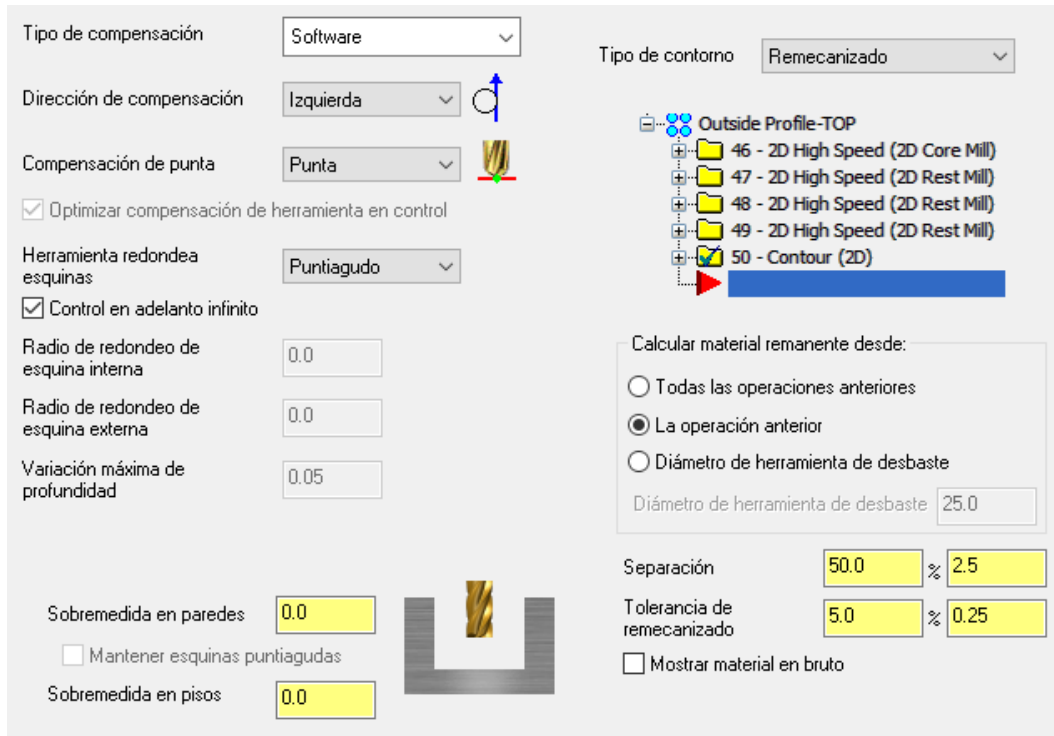


Figura 132 – Parámetros de corte. Remecanizado. Caso práctico. Contorno.

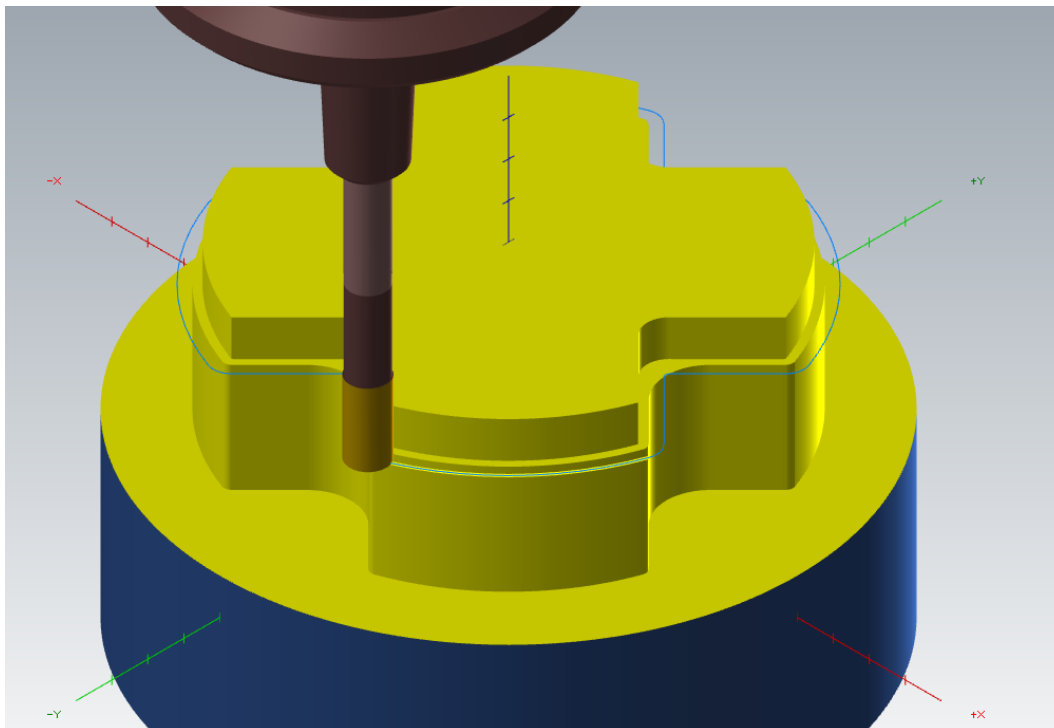


Figura 133 – Detalle de la trayectoria de Remecanizado. Caso práctico. Contorno.

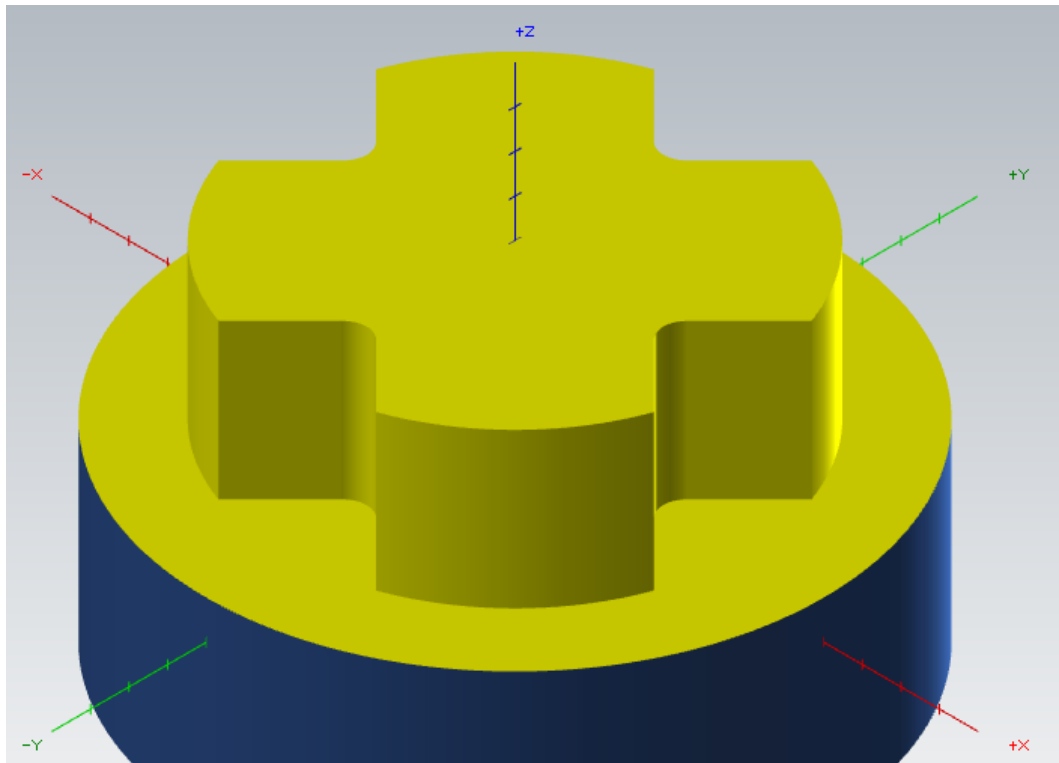


Figura 134 – Resultado mecanizado final. Remecanizado. Caso práctico. Contorno.

A continuación, vamos a sustituir la operación de *Remecanizado* por la operación de *Contorno en Rampa*.

Se realizará un movimiento en rampa con 1° de inclinación y activando la opción de *Linealizar hélices*.

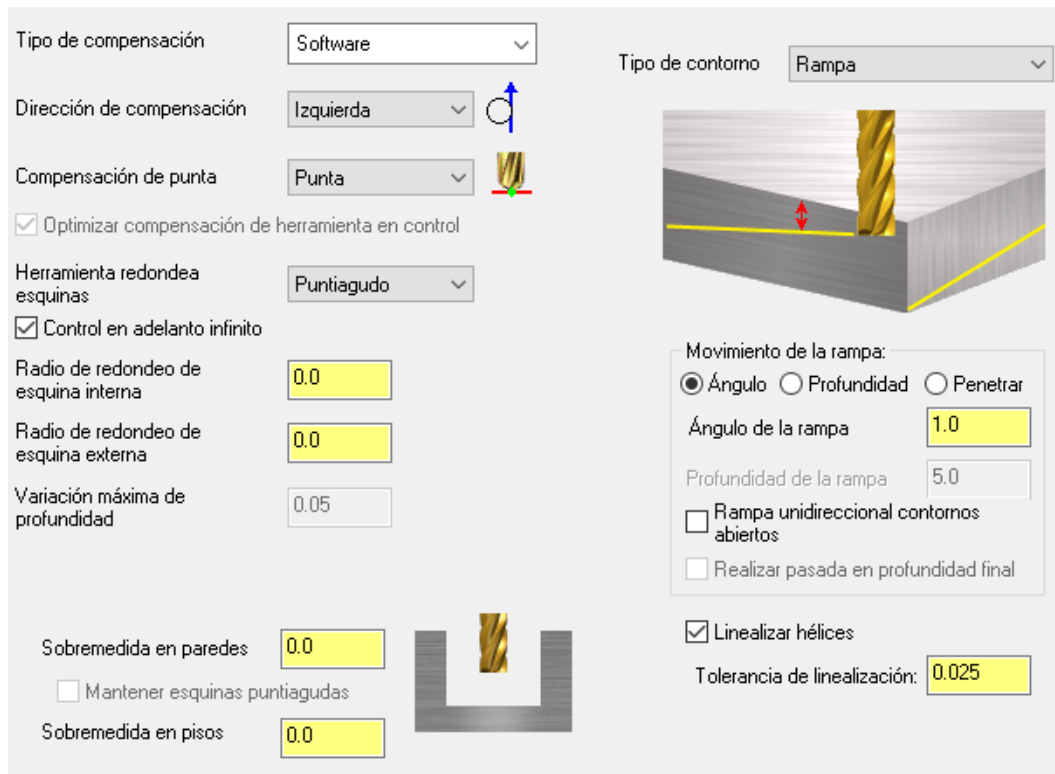


Figura 135 - Parámetros de corte. Rampa. Caso práctico. Contorno.

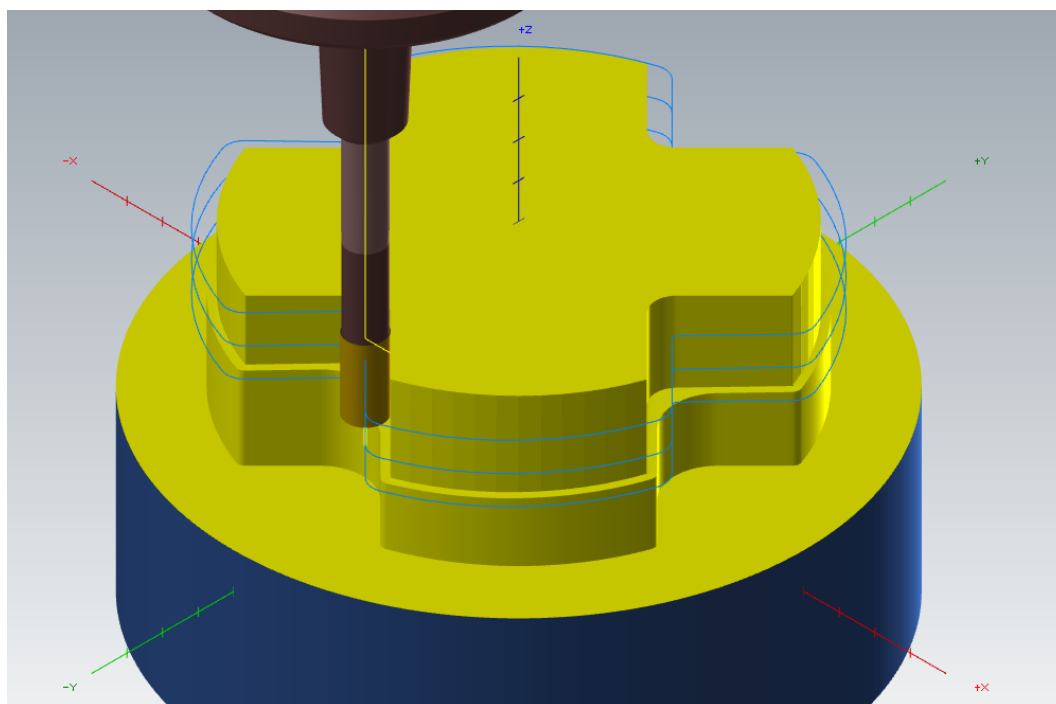


Figura 136 - Vista de la trayectoria generada para un contorno en Rampa. Caso práctico. Contorno.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

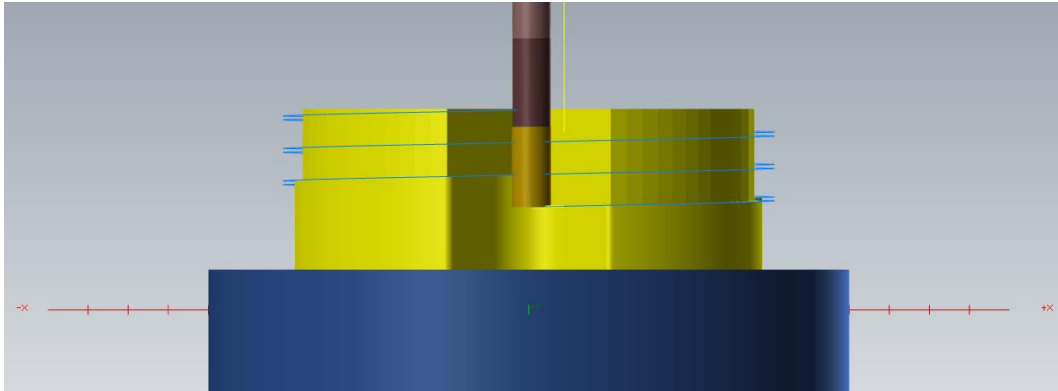


Figura 137 - Vista lateral de la trayectoria generada para un contorno en Rampa. Caso práctico. Contorno.

Podemos observar en las paredes del contorno como se aprecian marcas de la herramienta, esto es debido a la activación de la opción de *Linealizar hélices*. Esta opción, divide la hélice que genera el contorno en rampa en movimiento lineales de profundidad, por tanto, para mayor tolerancia, peor acabado geométrico.

Si desactivamos la opción de *Linealizar hélices*, veremos como el acabado geométrico se ve corregido.

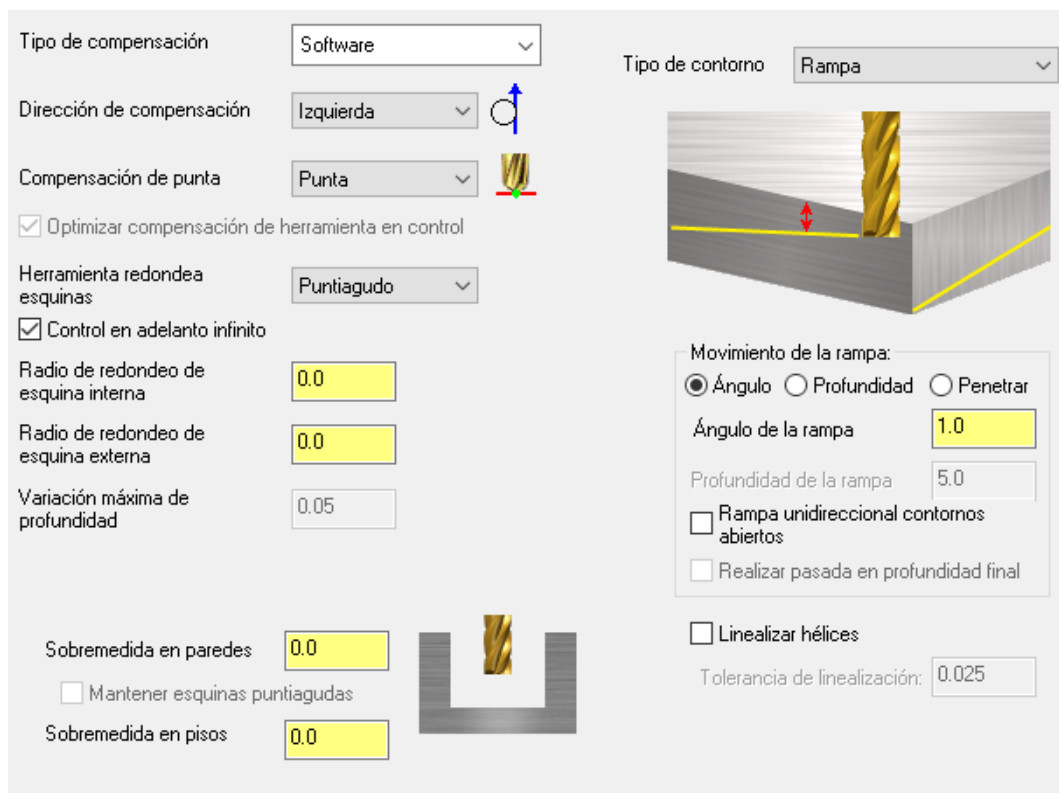


Figura 138 - Parámetros de corte. Eliminación opción Linealizar hélices. Caso práctico. Contorno.

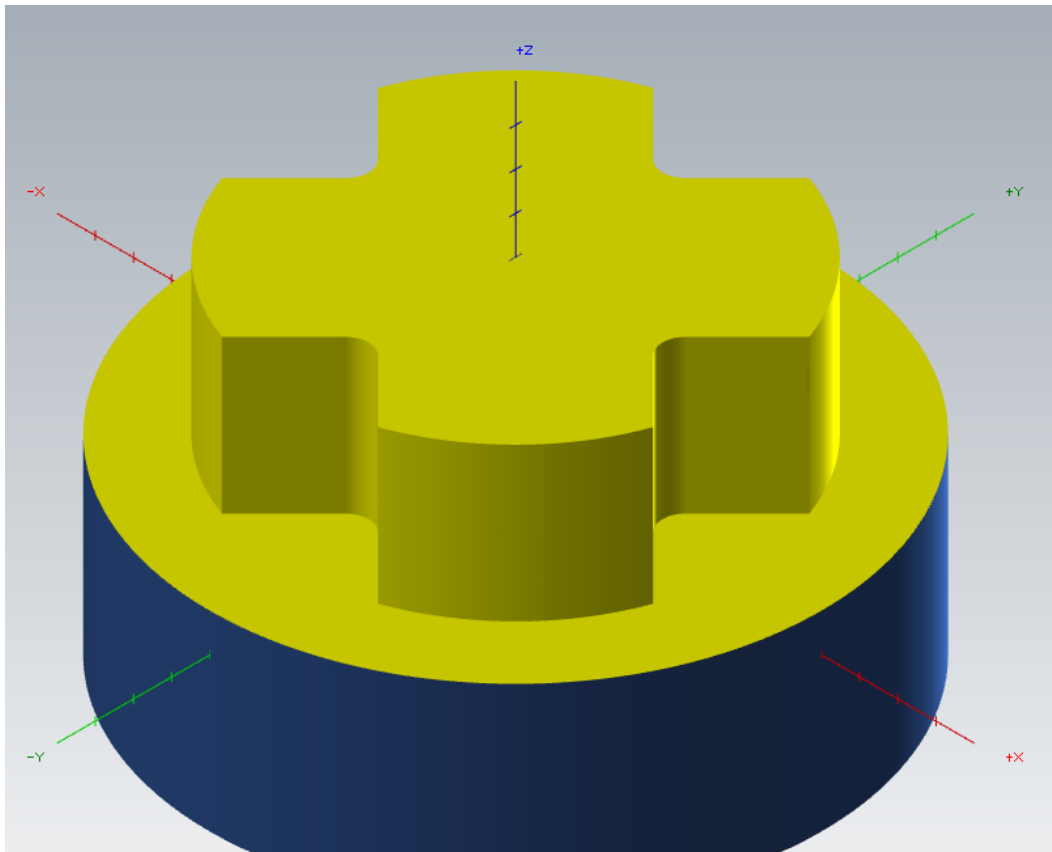


Figura 139 – Resultado mecanizado final tras corrección de la linealización de las hélices. Caso práctico. Contorno.

Por último, realizaremos un chaflán en la arista superior de la pieza. Dicha operación no es más que un seguimiento de perfil de la cadena seleccionada. Dependiendo de la herramienta que seleccionemos tendremos un chaflán de un ángulo dado, o un redondeo de radio dado.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

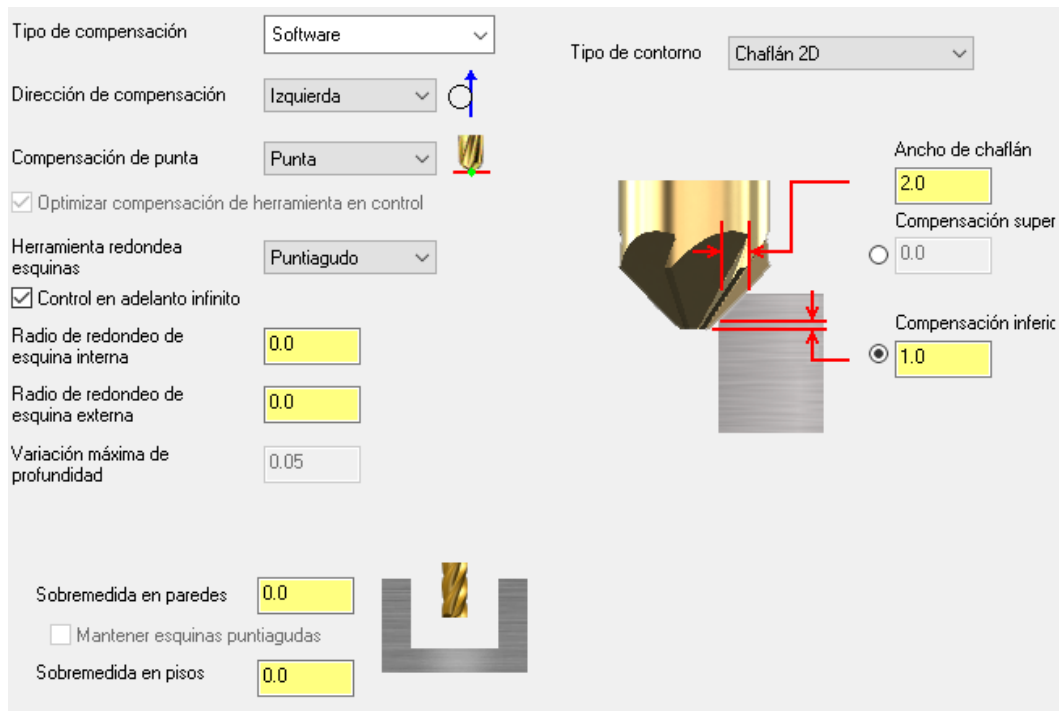


Figura 140 – Parámetros de corte. Fresa chaflán. Chaflán 2D. Caso práctico. Contorno.

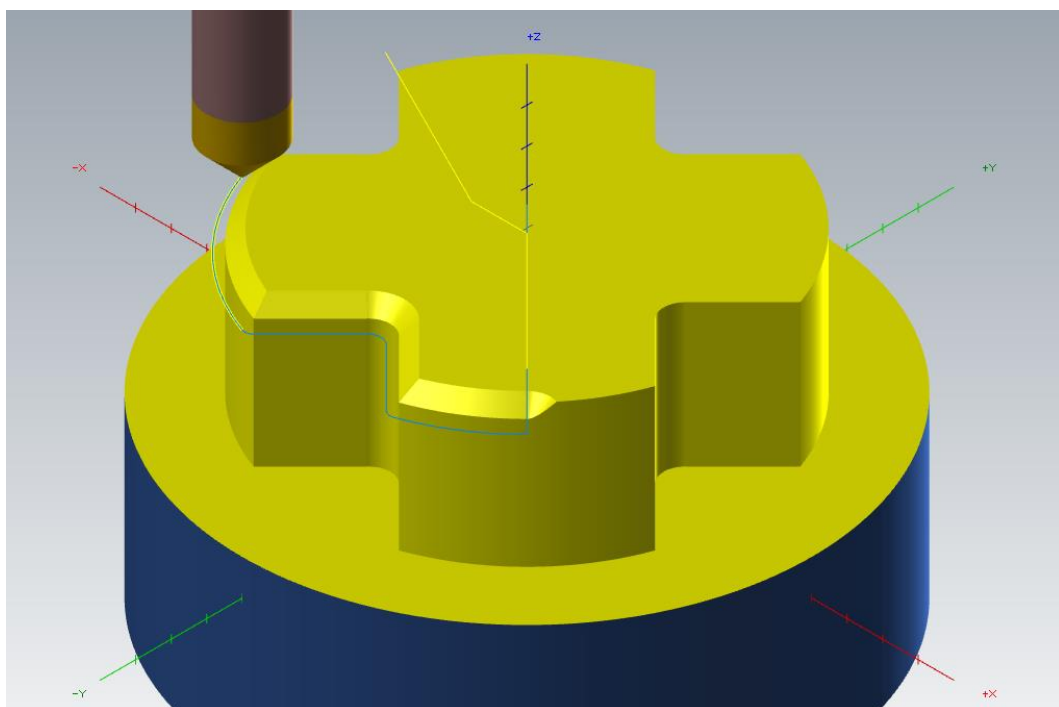


Figura 141 – Detalle de mecanizado Chaflán 2D en el inicio de su trayectoria. Caso práctico. Contorno.

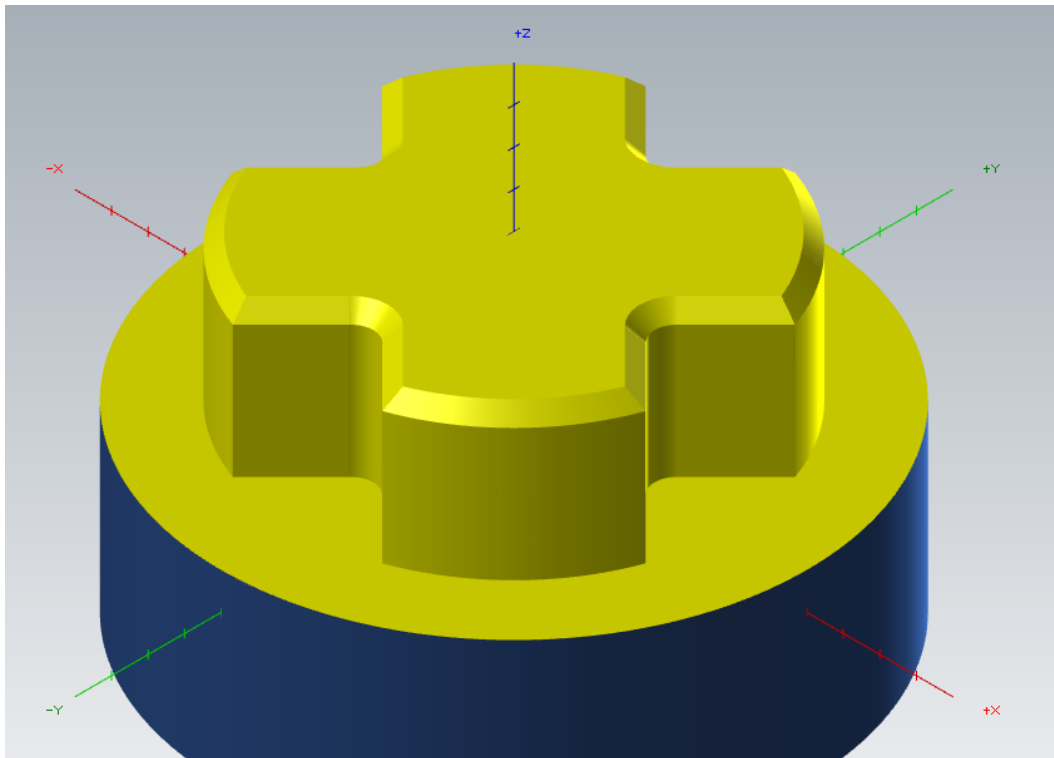


Figura 142 – Resultado mecanizado final de un contorno con fresa chaflán. Chaflán 2D. Caso práctico. Contorno.

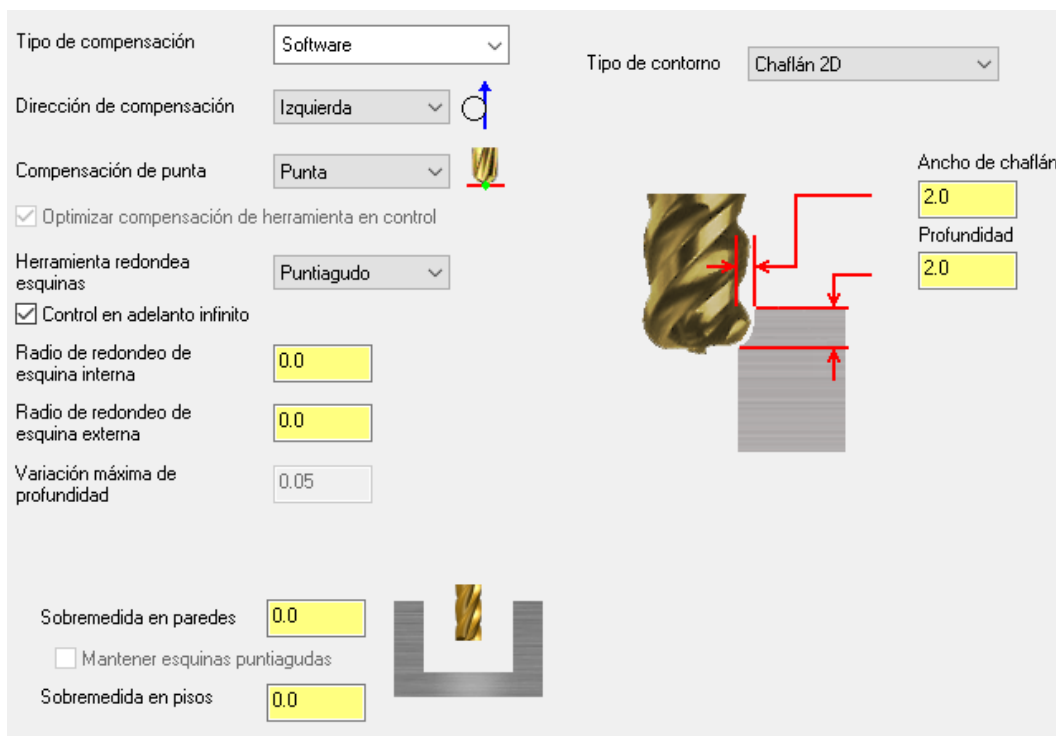


Figura 143 – Parámetros de corte. Fresa tórica. Chaflán 2D. Caso práctico. Contorno.

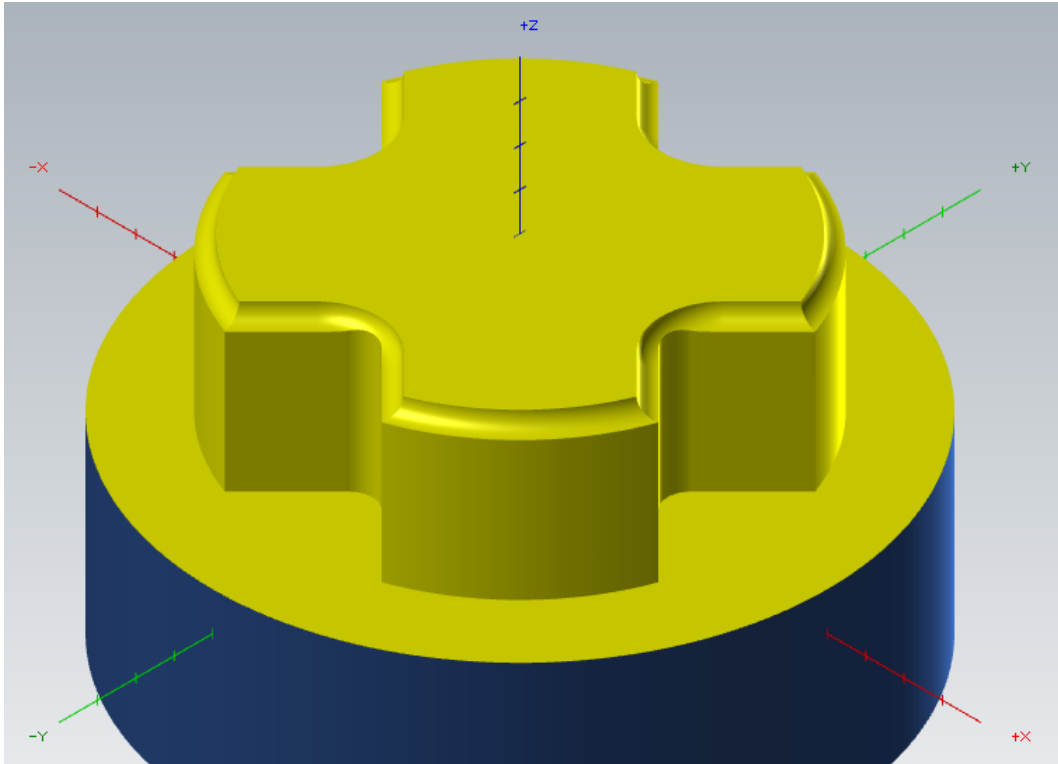


Figura 144 – Resultado mecanizado final de un contorno con fresa tórica. Chaflán 2D. Caso práctico.
Contorno

Se puede observar como en las esquinas, la herramienta tórica no llega a realizar un perfil continuo, esto es debido a que el radio de esas esquinas de la pieza es menor que nuestra fresa tórica.

8.6. ALTA VELOCIDAD 2D

Las operaciones de mecanizado de alta velocidad se caracterizan por optimizar y aumentar la vida de la herramienta, y por reducir los tiempos de mecanizado al utilizar algoritmos para generar las trayectorias de la herramienta.

8.6.1. FRESADO DINAMICO

El *Fresado dinámico* es el fresado de alta velocidad más genérico.

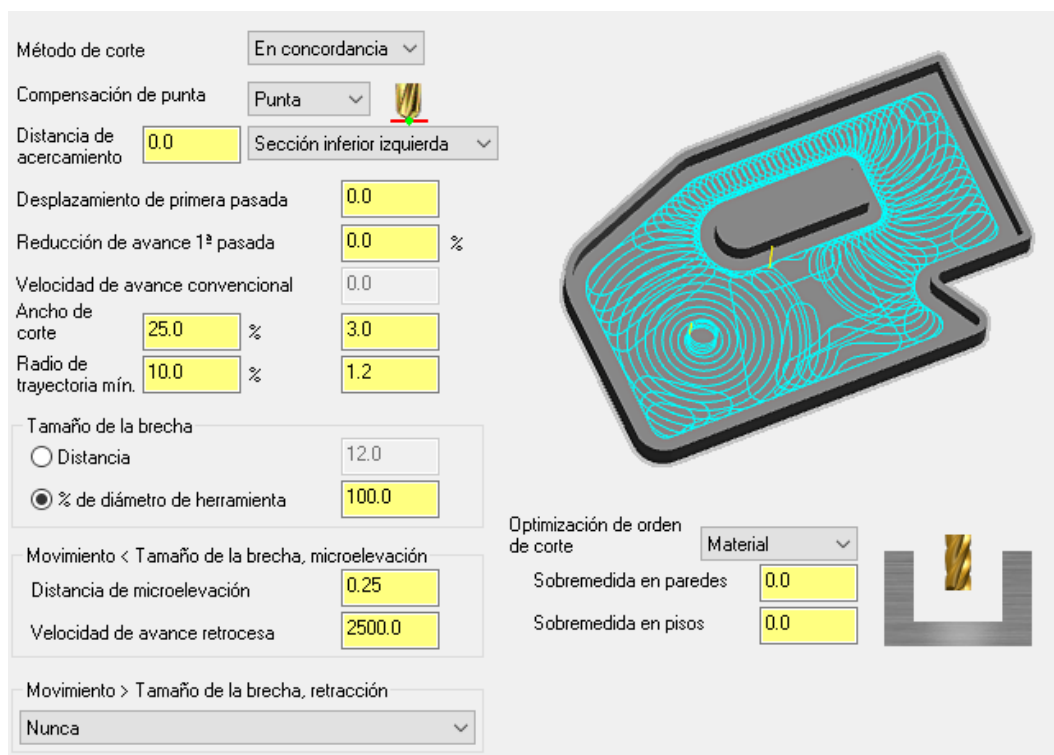




Figura 145 – Parámetros de corte. Fresado dinámico

Lo primero que hay que seleccionar es el *Método de corte* que vamos a emplear, hay tres opciones disponibles:

- *En concordancia*: el mecanizado se realiza en la dirección opuesta al giro de la herramienta de corte.
- *Convencional*: el mecanizado se realiza en la misma dirección que el giro de la herramienta de corte.
- *Zigzag*: cada nueva pasada de la herramienta de corte se realiza en sentido opuesto a la pasada anterior.

La *Compensación de punta* marca la cantidad de desplazamiento al centro  o la *punta*  de la herramienta para las herramientas de punta redonda o esférica.

La *Distancia de acercamiento* nos permite elegir la zona de inicio del fresado mediante una ventana despegable. Además, se puede añadir longitud a ese acercamiento en la primera pasada de corte.

Desplazamiento de primera pasada, mueve la primera pasada del mecanizado para evitar colisiones por exceso de material en la entrada de la herramienta desde el exterior. Esta opción solo tiene sentido cuando realizamos la entrada al fresado desde el exterior de la pieza.

Al igual que *Reducción de avance 1ª pasada* solo actúa en el avance de la primera pasada del fresado para trayectorias que se realizan desde el exterior de la pieza.

Para el *Método de corte en Zigzag*, se activa el campo de valor *Velocidad de avance convencional*. Es la velocidad que toma Mastercam cuando realiza el movimiento de vuelta en la trayectoria.

Ancho de corte definimos el paso entre las pasadas de corte en el plano que se está mecanizando. Hay que tener en cuenta que cuando se trabaja con herramientas redondeadas o de punta redonda, el cálculo que hace Mastercam es para el diámetro de corte y, por tanto, puede haber problemas de restos de material en el mecanizado.

Radio de trayectoria mínimo da valor del radio que genera la trayectoria en los giros de inicio y fin que delimitan cada arranque de material en el mecanizado.

El apartado *Tamaño de la brecha* podemos denominarlo al salto que genera la herramienta en los movimientos de la trayectoria, similar a la retracción que se produce en la entrada y salida en las profundidades. Podemos trabajar con dos funciones: *Distancia* y *% de diámetro de herramienta*.

- *Distancia*, si el valor que introducimos en el campo de valor es mayor que la distancia entre el final y el inicio de dos pasadas, no se crea ese movimiento de retracción antes descrito y la herramienta permanece en el plano de mecanizado.
- *% de diámetro de herramienta*, en lugar de introducir la distancia como valor se da un porcentaje de dicho diámetro. Trabaja de la misma forma que el término anterior.

Movimiento < Tamaño de la brecha, microelevación, este desplazamiento del mecanizado es característico de los fresados dinámicos. Lo que ejecuta el programa es una microelevación en el movimiento de refresco de la trayectoria dinámica. Se trabajan dos parámetros en dicho movimiento cuando se cumple la función lógica:

- *Distancia de microelevación*: es la distancia que se eleva la herramienta del plano de corte en el movimiento de refresco. Esta elevación, aunque es de décimas de milímetro, ayuda a la herramienta a evitar calentamientos y evacua posibles virutas en el plano de corte.
- *Velocidad de avance retroceso*: es la velocidad del movimiento de refresco, la modificación de esta velocidad de avance nos permite reducir los tiempos de mecanizado, ya que, al estar realizando un desplazamiento en vacío, el aumento del desplazamiento a avances en rápido es ventajoso.

Sin embargo, cuando la función lógica no se cumple y tenemos *Movimiento > Tamaño de la brecha, retracción*, Mastercam nos ofrece cinco posibles estrategias para estos movimientos dentro del área mecanizada:

- *Nunca*: no crea ninguna retracción en la trayectoria para estos desplazamientos dentro de la trayectoria.
- *Cuando se evita un límite*: se añaden retracciones a los movimientos de la trayectoria para evitar cruces entre límites de mecanizado.
- *Cuando se separa una distancia*: se añaden retracciones a los movimientos de la trayectoria si la siguiente pasada de corte empieza a una distancia mayor que la distancia marcada.
- *Cuando se evita un límite O se separa una distancia*: tiene en cuenta que se cumpla alguna de las dos condiciones.
- *Cuando se evita un límite Y se separa una distancia*: tiene en cuenta que se cumplan ambas condiciones.

Otro parámetro característico de los fresados dinámicos es *Optimización de orden de corte*. Este parámetro nos permite elegir dónde queremos que empiece cada pasada de mecanizado. Disponemos de tres opciones:

- *Ninguno*: la siguiente pasada comienza donde termina la anterior.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

- **Material:** la siguiente pasada comenzará en la zona con material más cercano a la herramienta de corte.
- **Aire:** la siguiente pasada comenzará lo más cerca posible al mecanizado de la herramienta.

Por último, en los parámetros de corte se nos permite dejar creces de material tanto en las paredes del contorno, como en el plano de corte final. Esto se puede llevar a cabo con los campos de valores *Sobremedida en paredes* y *Sobremedida en pisos*. Decir queda que esta sobremedida no puede ser mayor que el material en bruto que se vaya a mecanizar.

Una vez definidos todos los *Parámetros de corte* necesarios, y establecidos todos los valores de los *Cortes en profundidad*, el siguiente parámetro de mecanizado a trabajar es el *Movimiento de ingreso* de la herramienta en el área a mecanizar.

En esta operación el movimiento de entrada se realiza sobre el material a mecanizar, de forma similar a como lo realiza la operación de *Cajeado*.



Figura 146 – Movimiento de ingreso. Fresado dinámico

Lo primero que hay que hacer es seleccionar la estrategia del *Método de entrada* con el que se va a trabajar. Mastercam ofrece siete métodos distintos de entrada:

- *Únicamente hélice*: la herramienta realiza un movimiento de hélice en la trayectoria de entrada.

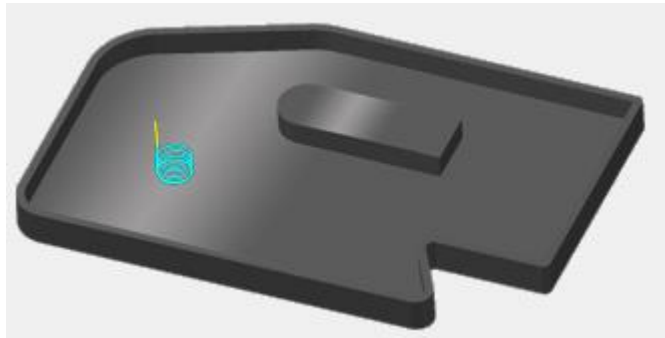


Figura 147 - Método de entrada. Únicamente hélice.

- *Hélice seguida de enterramiento central completo*: realiza una entrada en hélice y después penetra hasta la profundidad de corte, realizando una pasada abriendo una ranura en canal a lo largo del área a mecanizar.

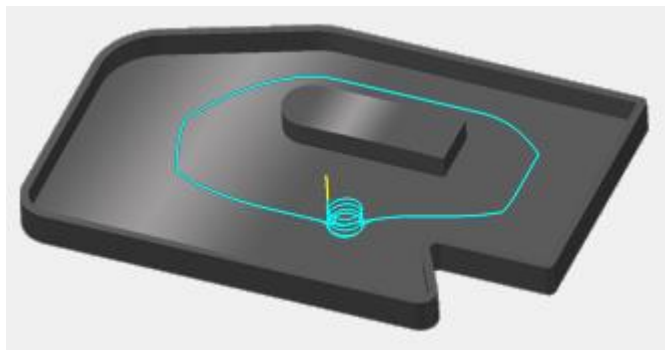


Figura 148 - Método de entrada. Hélice seguida de enterramiento central completo

- *Hélice seguida de trocoide central*: realiza una entrada en hélice y después penetra hasta la profundidad de corte, realizando una pasada trocoidal alrededor de la zona a mecanizar, dejando una ranura en canal ligeramente más ancha que el método anterior.

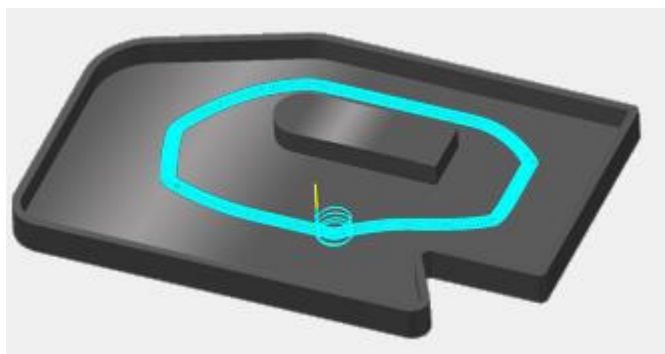


Figura 149 - Método de entrada. Hélice seguida de trocoide central.

- *Perfil*: realiza la entrada de la herramienta en rampa hasta la profundidad final de corte y genera un perfil simplificado del contorno exterior de la cadena seleccionado.

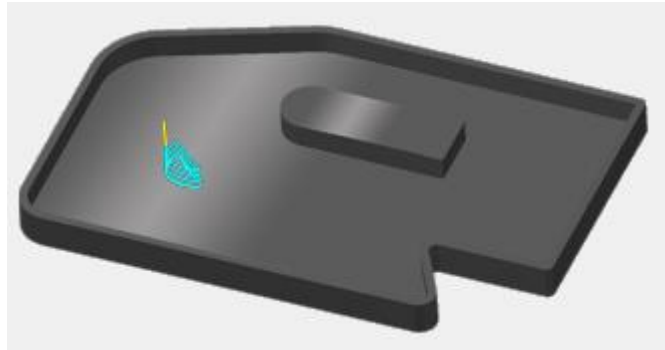


Figura 150 - Método de entrada. Perfil.

- *Central*: realiza una entrada en rampa y crea una ranura en canal central. En lugar de realizar el mecanizado de entrada en el mismo sentido, Mastercam genera una trayectoria acotada y cambia el sentido de la trayectoria al llegar a los límites.

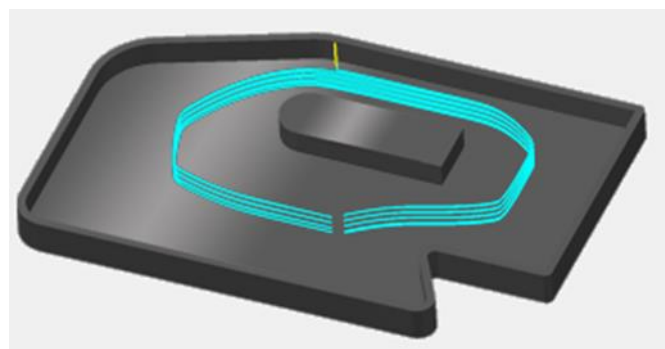


Figura 151 - Método de entrada. Central.

- *Personalizado; usar cadena de entrada*: mediante la selección de una cadena abierta se establece la rampa de entrada.

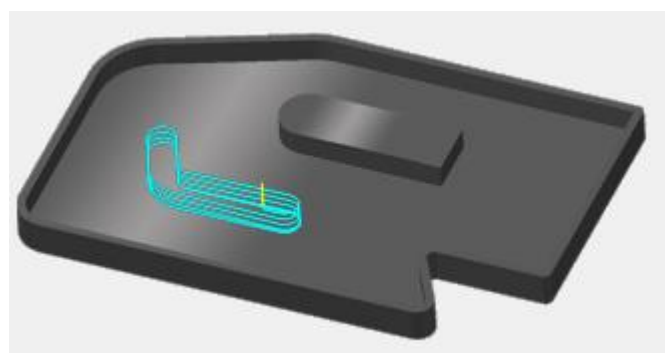


Figura 152 - Método de entrada. Personalizado; usar cadena de entrada.

- *Solo penetrar*: la herramienta penetra directamente en el material hasta la profundidad de corte.

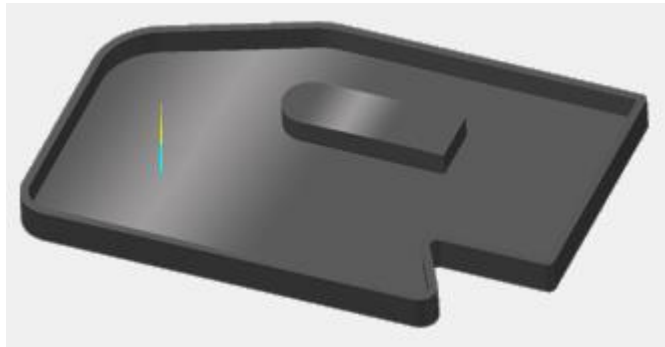


Figura 153 – Método de entrada. Solo penetrar.

Mastercam ofrece la posibilidad de seleccionar las cadenas de geometría de entrada que deseemos con la opción *Geometría de cadena*, cuya forma de trabajo es idéntica a la herramienta *Opciones de cadena* que se describe al inicio de *Operaciones fresado 2D*.

Radio de hélice se muestra solo para los métodos con entrada helicoidal. El radio introducido será el radio de la hélice que genera Mastercam para la entrada.

Radio de bucle trocoidal se muestra solo para el método de *Hélice seguida de trocoides central*. Mastercam toma el valor de este campo para generar los movimientos trocoidales de la trayectoria de la herramienta.

Ancho de ranura adicional se muestra solo para los métodos *Central* y *Personalizado; usar cadena de entrada*. Crea una ampliación, respecto del diámetro de la herramienta, del ancho de la ranura.

Centrar en punto hace que Mastercam recalculé la entrada al primer punto de la cadena de selección y coloque ahí el centro de la hélice. Si existen problemas de colisión, el programa desplaza la hélice de ese punto lo más cerca posible para evitar la colisión.

En lo referido a las distancias de entrada de la herramienta, Mastercam nos ofrece un parámetro común para todos los métodos y dos parámetros de los que elegir uno.

El parámetro común para todos los métodos es *Separación en Z*. Este campo de valor marca la altura entre la herramienta y el plano superior del material de entrada.

Los dos parámetros a elegir son *Ángulo de penetración* y *Paso de entrada*.

- *Ángulo de penetración*, nos marca el ángulo que tendrá la hélice de entrada.
- *Paso de entrada*, nos determina la distancia entre dos hélices de entrada.

Por último, también podemos modificar los valores de *Avances* y *velocidades de entrada*. Se puede modificar tanto la *Velocidad de avance de rampa*, como la *Velocidad de husillo de rampa*. Existe también la posibilidad de generar un retardo o tiempo de espera al finalizar el movimiento de la rampa de entrada, esta opción se realiza con el campo de valor *Retardo antes del corte hasta aumenta r.p.m.* y su valor se expresa en segundos.

CASO PRÁCTICO

A continuación, se enuncia un caso práctico en el que se mostrará cómo se ha trabajado el *Fresado dinámico* en dos piezas similares, pero con las geometrías invertidas.

En la primera pieza, trabajaremos con un *Fresado dinámico* exterior, o *Desde fuera*, y podemos observar claramente como utiliza esta herramienta de mecanizado su algoritmo de trabajo, ya que, en lugar de mecanizar toda la superficie en la que se encuentra contenida la superficie de mecanizado, obvia las áreas de material en bruto que ya tienen la dimensión necesaria.

Se empleará para esta operación una herramienta de fresado de diámetro 14mm. Dos pasadas de profundidad 10mm. Y un *Movimiento de ingreso Central*.



Figura 154 – Parámetros de corte. Caso práctico. Fresado dinámico 1.

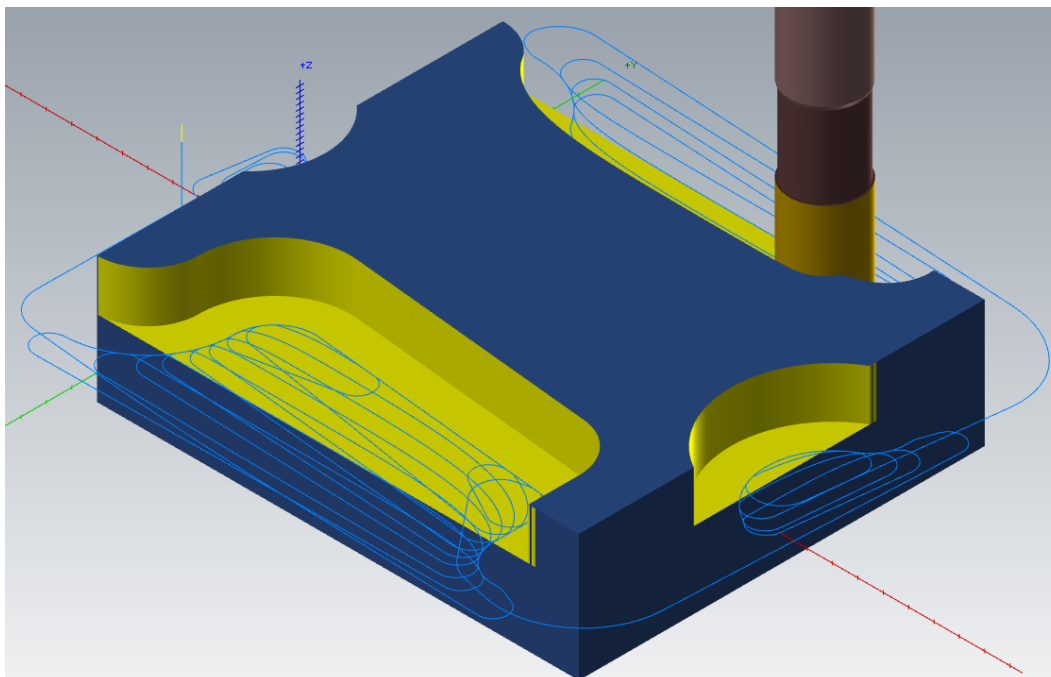


Figura 155 – Detalle primera pasada en profundidad. Mecanizado exterior. Caso práctico. Fresado dinámico 1.

Observamos claramente como el fresado se produce por regiones, en lugar de ir siguiendo el contorno de la pieza, como se realizaría en un fresado que no fuera dinámico.

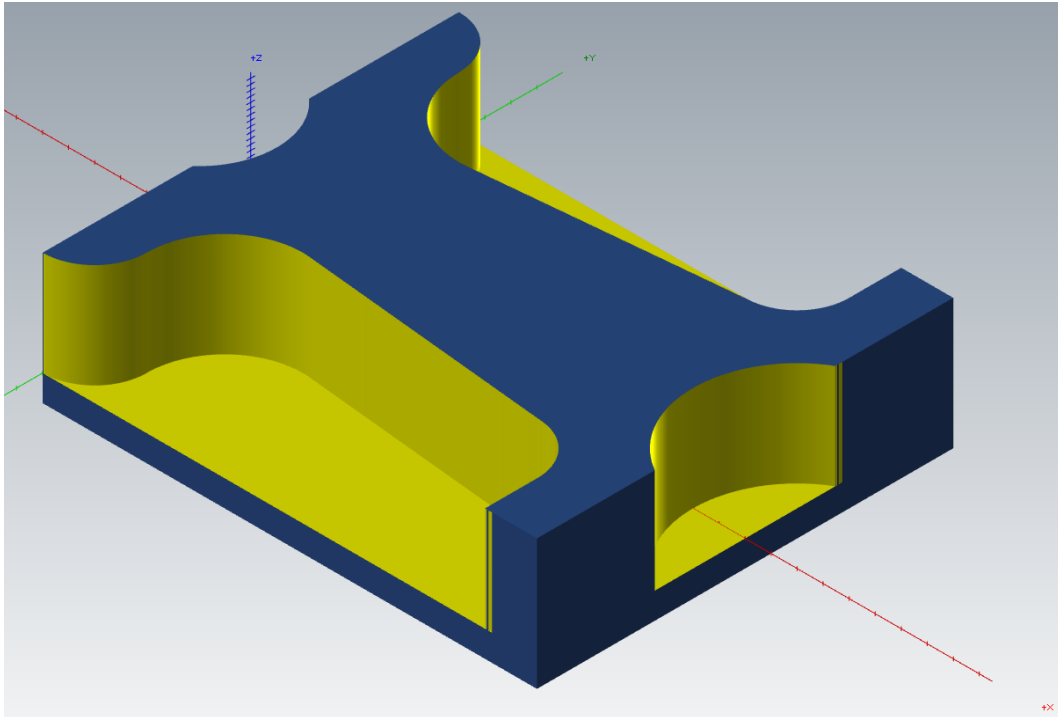


Figura 156 – Pieza tras Fresado dinámico exterior. Caso práctico. Fresado dinámico 1.

Lo siguiente que se va a mecanizar será la cajera central utilizando un *Fresado dinámico*. Esta cajera se podría haber realizado con la operación de *Cajera*, pero para aprovechar el caso práctico vamos a ver como representa el *Movimiento de ingreso según Hélice seguida de trocoide central*, en una cajera tan reducida en dimensiones respecto a la herramienta.

Para el mecanizado de la cajera se va a emplear una fresa plana de 8mm de diámetro. Con dos pasadas de corte de máximo 5mm de profundidad. Y un *Radio de hélice* para el *Movimiento de ingreso* de 2mm.

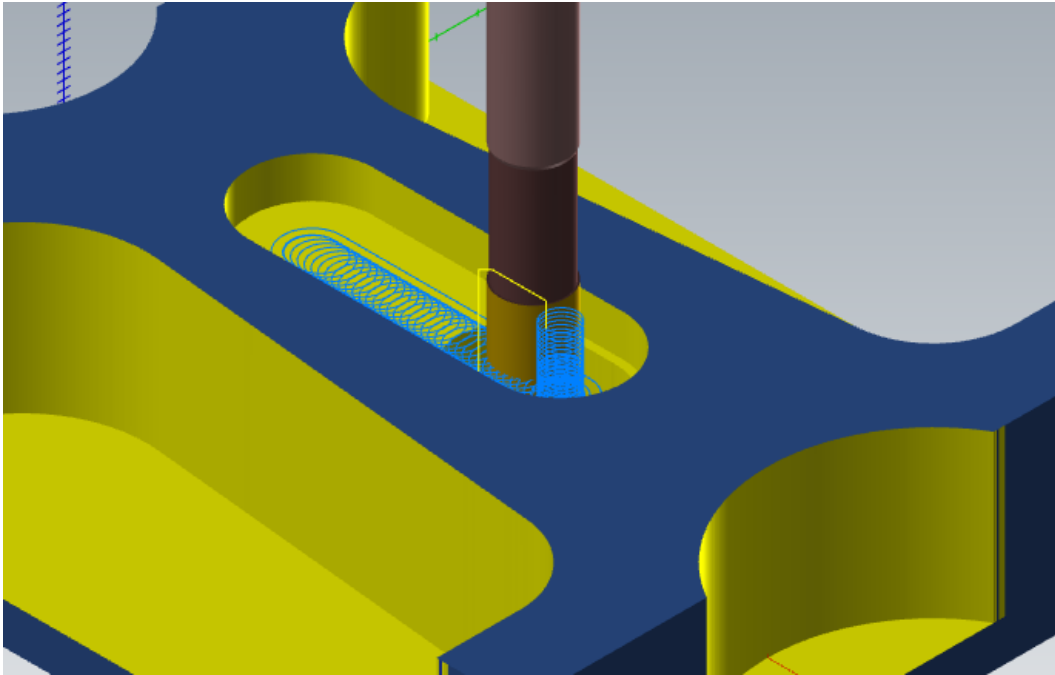


Figura 157 – Detalle movimiento de ingreso. Fresado dinámico interior. Caso práctico. Fresado dinámico 1.

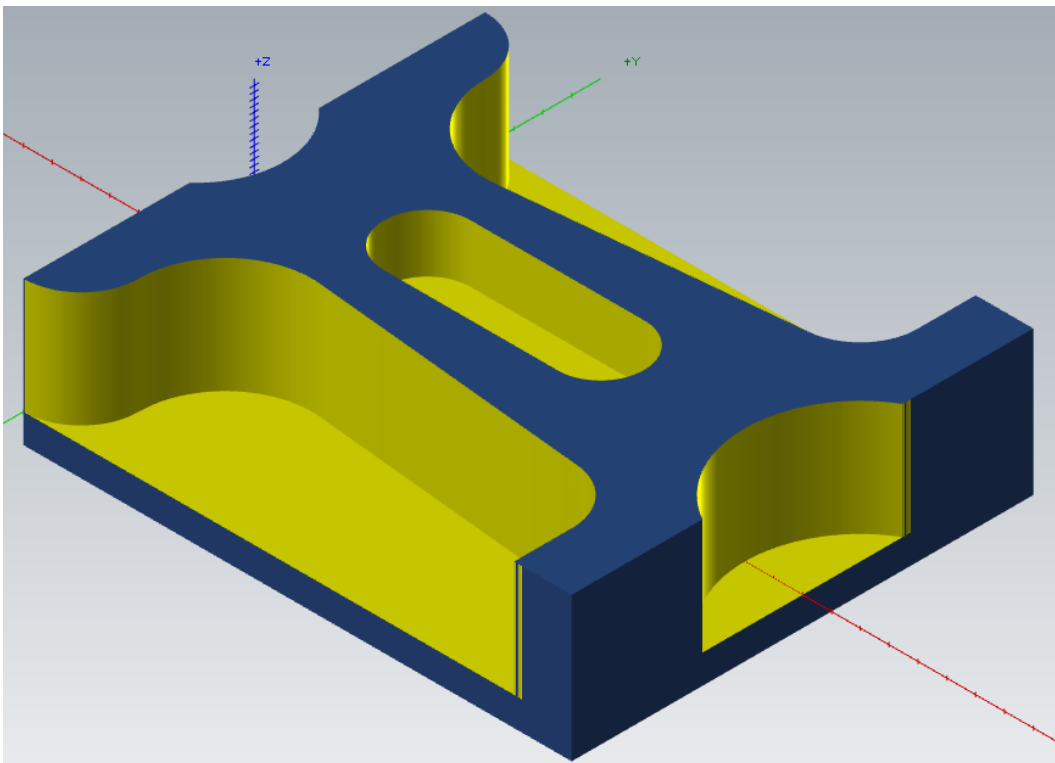
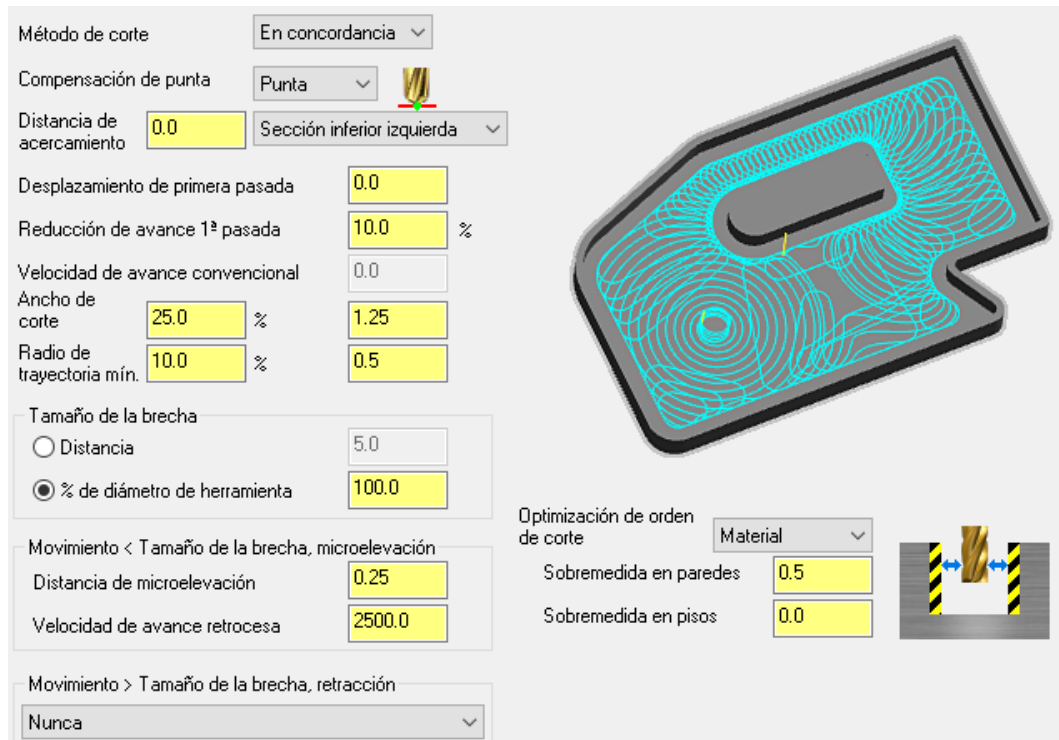


Figura 158 – Resultado pieza final. Caso práctico. Fresado dinámico 1.

Ahora se realizará un *Fresado dinámico permaneciendo dentro*, en este segundo *Fresado dinámico* se observará como se genera la trayectoria con una isla dentro del área de mecanizado.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Se utilizará una fresa plana de 6mm de diámetro, con lo que algunas zonas de la pieza no podrán mecanizarse debido a las dimensiones de la herramienta, y que más adelante en la operación de *Contorno dinámico* se estudiará como mecanizarlas. Los *Parámetros de corte* utilizados que vamos a emplear son:



Método de corte	En concordancia
Compensación de punta	Punta
Distancia de acercamiento	0.0
Desplazamiento de primera pasada	0.0
Reducción de avance 1ª pasada	10.0 %
Velocidad de avance convencional	0.0
Ancho de corte	25.0 %
Radio de trayectoria mín.	10.0 %
Tamaño de la brecha	
<input type="radio"/> Distancia	5.0
<input checked="" type="radio"/> % de diámetro de herramienta	100.0
Movimiento < Tamaño de la brecha, microelevación	
Distancia de microelevación	0.25
Velocidad de avance retrocesa	2500.0
Movimiento > Tamaño de la brecha, retracción	Nunca
Optimización de orden de corte	Material
Sobremedida en paredes	0.5
Sobremedida en pisos	0.0

Figura 159 – Parámetros de corte. Caso práctico. Fresado dinámico 2.

Se realizarán pasadas de máximo 7mm de profundidad, y un *Traslape* de 0,6mm al perfil de la trayectoria de las islas para el *Planeado de isla*.

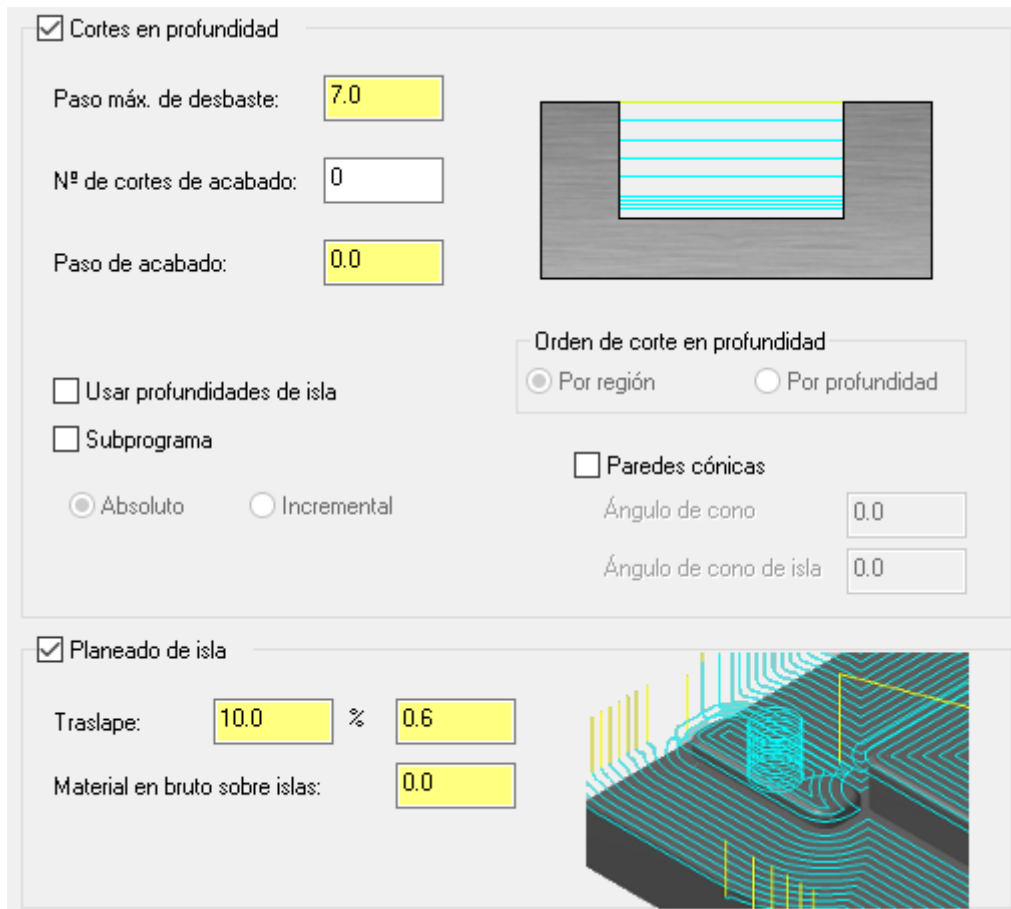


Figura 160 – Cortes en profundidad. Caso práctico. Fresado dinámico 2.

En la primera pasada en profundidad todavía no apreciamos el perfil de la isla, ya que, aún no se ha mecanizado en su plano de profundidad.

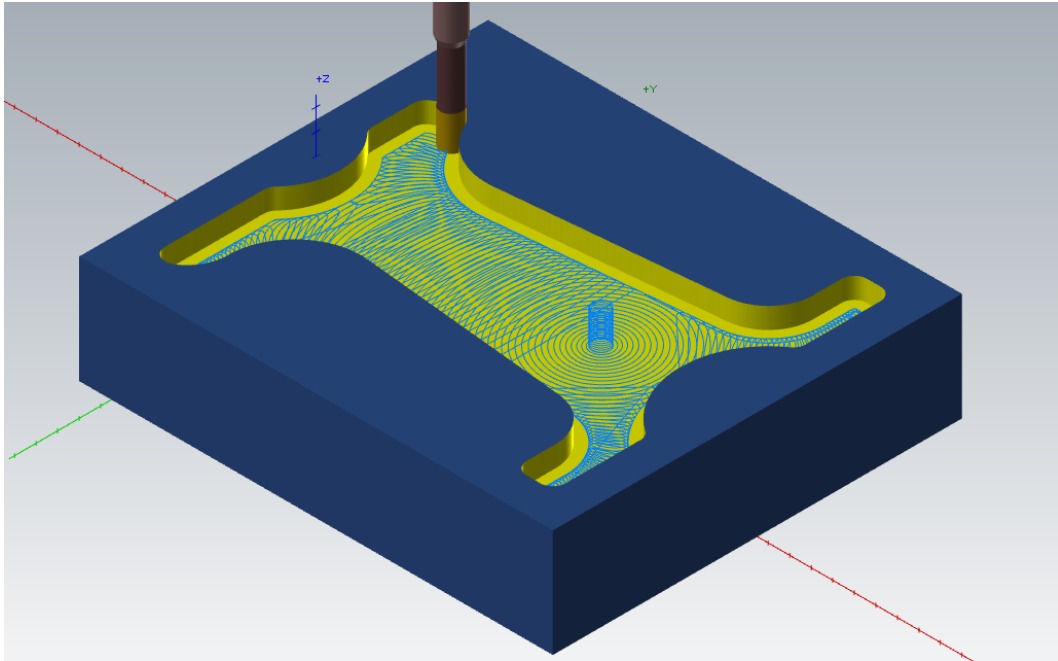


Figura 161 – Primera pasada en profundidad. Caso práctico. Fresado dinámico 2.

En esta segunda pasada ya se observa como la herramienta genera una trayectoria con el perfil de la isla central.

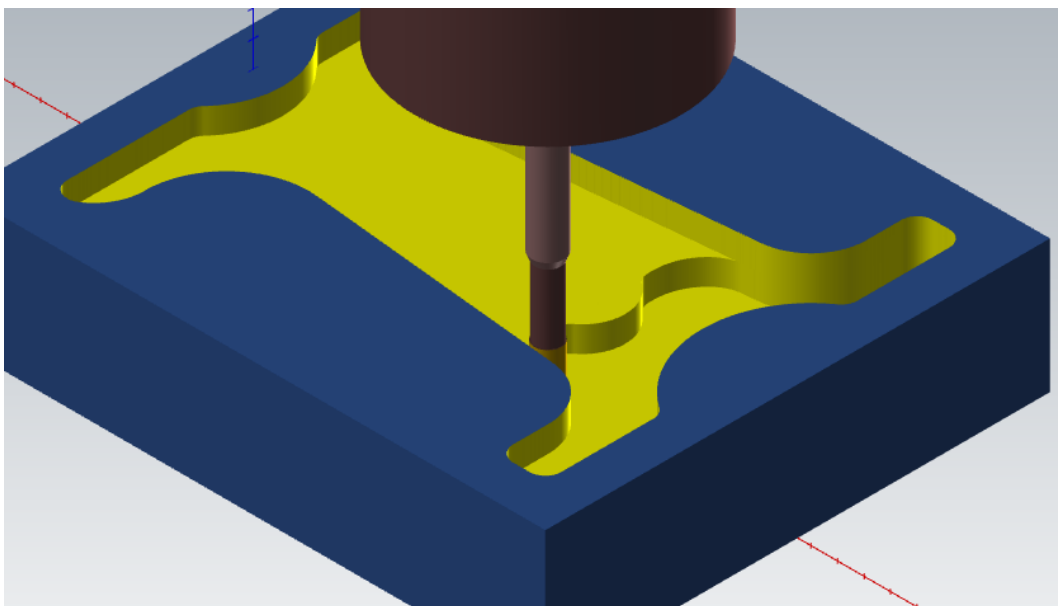


Figura 162 – Detalle segunda pasada en profundidad. Caso práctico. Fresado dinámico 2.

En la tercera pasada, ya se muestra claramente la altura de la isla y como la herramienta no profundiza más en ese plano de corte.

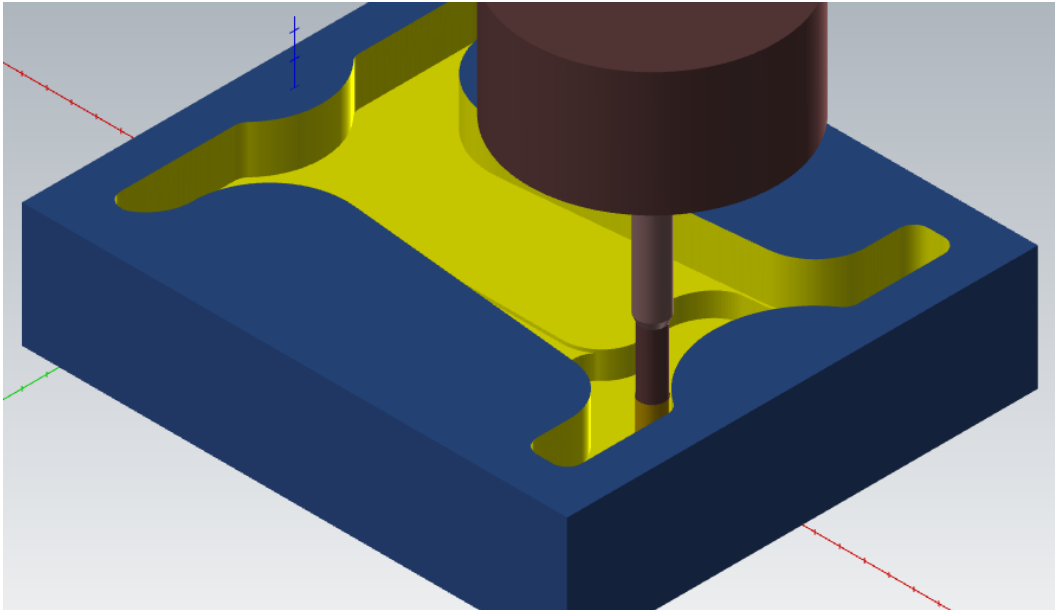


Figura 163 – Detalle tercera pasada en profundidad. Caso práctico. Fresado dinámico 2.

Por último, se muestra una vista superior de la pieza después de haberse realizado el *Fresado dinámico*, y de las creces que deja la herramienta debido a sus dimensiones.

La línea oscura es el perfil de diseño de la pieza final que se quiere mecanizar. En las esquinas se hace patente el hecho de realizar esta operación con una herramienta de radio mucho mayor a las dimensiones de esas geometrías. Se observa también las creces dejadas como *Sobremedida en paredes* de 0,5mm.

En línea de puntos y color claro se puede ver los restos de material en bruto que han quedado sin mecanizar.

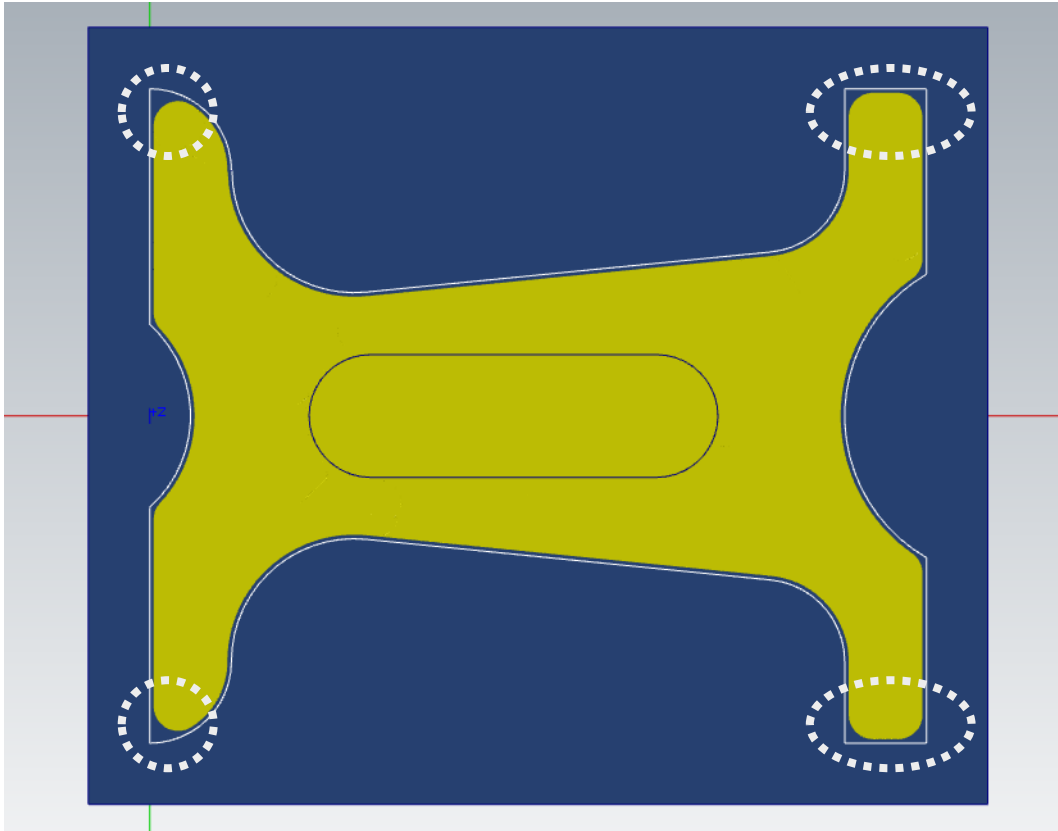


Figura 164 – Detalle vista superior pieza después del Fresado dinámico 2. Caso práctico.

8.6.2. CONTORNO DINAMICO

Un *Contorno dinámico* utiliza las estrategias de mecanizados de alta velocidad para retirar el material de los contornos de la pieza de manera más efectiva, aprovechando toda la longitud de corte de la herramienta y aumentando la vida de la herramienta.

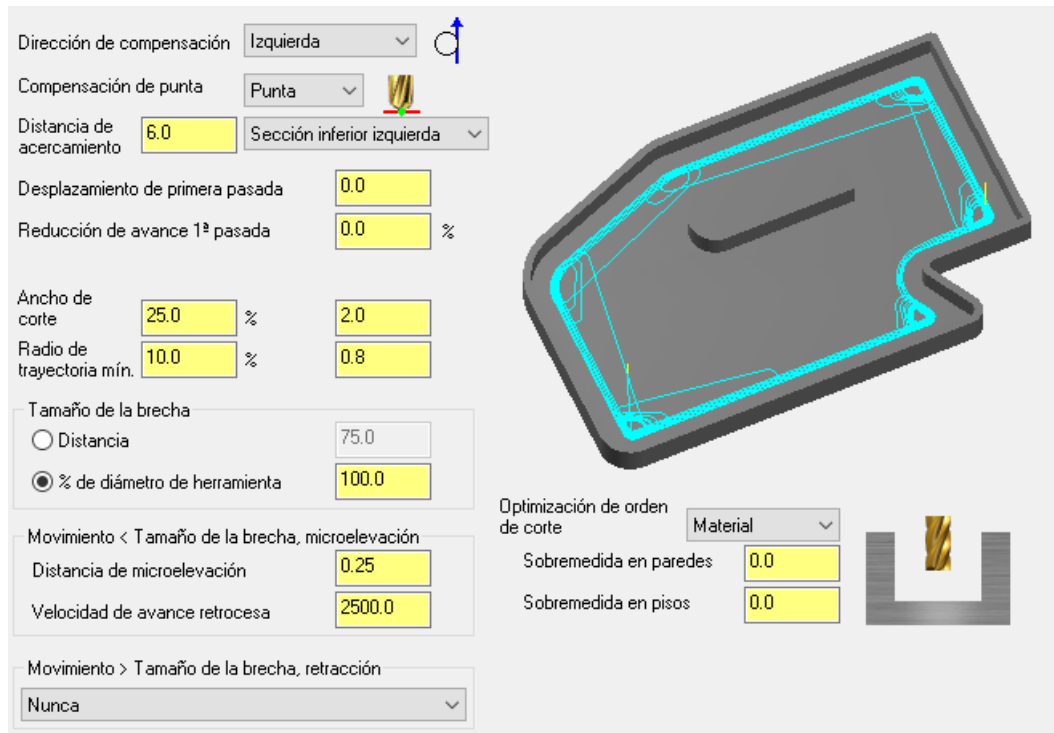






Figura 165 – Parámetros de corte. Contorno dinámico.

Lo primero que debemos seleccionar es la *Dirección de compensación* con la que se va a trabajar. Como ya se definió en *Contorno*, es importante elegir correctamente la *Dirección de compensación* en función del sentido de la cadena seleccionada para realizar el contorno. Hay que elegir *Derecha*  o *Izquierda*  en función del proceso final deseado.

La *Compensación de punta* nos marca la cantidad de desplazamiento al *centro*  o la *punta*  de la herramienta para las herramientas de punta redonda o esférica.

La *Distancia de acercamiento* nos permite elegir la zona de inicio del fresado mediante una ventana despegable. Además, se puede añadir longitud a ese acercamiento en la primera pasada de corte.

Desplazamiento de primera pasada, mueve la primera pasada del mecanizado para evitar colisiones por exceso de material en la entrada de la herramienta desde el exterior. Esta opción solo tiene sentido cuando se realiza la entrada al fresado desde el exterior de la pieza.

Al igual que *Reducción de avance 1ª pasada* solo actúa en el avance de la primera pasada del fresado para trayectorias que se realizan desde el exterior de la pieza.

Para el *Método de corte en Zigzag*, se activa el campo de valor *Velocidad de avance convencional*. Esta velocidad es la que toma Mastercam cuando realiza el movimiento de vuelta en la trayectoria.

Con *Ancho de corte* definimos el paso entre las pasadas de corte en el plano que se está mecanizando. Hay que tener en cuenta que cuando se trabaja con herramientas redondeadas o de punta redonda, el cálculo que hace Mastercam es para el diámetro de corte y, por tanto, puede haber problemas de restos de material en el mecanizado.

Radio de trayectoria mínimo da valor del radio que genera la trayectoria en los giros de inicio y fin que delimitan cada arranque de material en el mecanizado.

El apartado *Tamaño de la brecha* podemos denominarlo al salto que genera la herramienta en los movimientos de la trayectoria, similar a la retracción que se produce en la entrada y salida en las profundidades. Podemos trabajar con dos funciones: *Distancia* y *% de diámetro de herramienta*.

- *Distancia*, si el valor introducido en el campo de valor es mayor que la distancia entre el final y el inicio de dos pasadas, no se crea ese movimiento de retracción antes descrito y la herramienta permanece en el plano de mecanizado.
- *% de diámetro de herramienta*, en lugar de introducir la distancia como valor se da un porcentaje de dicho diámetro. Trabaja de la misma forma que el término anterior.

Movimiento < Tamaño de la brecha, microelevación, este desplazamiento del mecanizado es característico de los fresados dinámicos. Lo que ejecuta el programa es una microelevación en el movimiento de refresco de la trayectoria dinámica. Se trabajan dos parámetros en dicho movimiento cuando se cumple la función lógica:

- *Distancia de microelevación*: es la distancia que eleva la herramienta del plano de corte en el movimiento de refresco. Esta

elevación, aunque es de décimas de milímetro ayuda a la herramienta a evitar calentamientos y evacua posibles virutas en el plano de corte.

- *Velocidad de avance retroceso*: es la velocidad del movimiento de refresco, la modificación de esta velocidad de avance nos permite reducir los tiempos de mecanizado, ya que, al estar realizando un desplazamiento en vacío, el aumento del desplazamiento a avances en rápido es ventajoso.

Sin embargo, cuando la función lógica no se cumple y tenemos *Movimiento > Tamaño de la brecha, retracción*, Mastercam nos ofrece cinco posibles estrategias para estos movimientos dentro del área mecanizada:

- *Nunca*: no crea ninguna retracción en la trayectoria para estos desplazamientos dentro de la trayectoria.
- *Cuando se evita un límite*: se añaden retracciones a los movimientos de la trayectoria para evitar cruces entre límites de mecanizado.
- *Cuando se separa una distancia*: se añaden retracciones a los movimientos de la trayectoria si la siguiente pasada de corte empieza a una distancia mayor que la distancia marcada.
- *Cuando se evita un límite O se separa una distancia*: tiene en cuenta que se cumpla alguna de las dos condiciones.
- *Cuando se evita un límite Y se separa una distancia*: tiene en cuenta que se cumplan ambas condiciones.

Otro parámetro característico de los fresados dinámicos es *Optimización de orden de corte*. Este parámetro nos permite elegir dónde queremos que empiece cada pasada de mecanizado. Disponemos de tres opciones:

- *Ninguno*: la siguiente pasada comienza donde termina la anterior.
- *Material*: la siguiente pasada comienza en la zona con material más cercano a la herramienta de corte.
- *Aire*: la siguiente pasada comienza lo más cerca posible al mecanizado de la herramienta.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Por último, en los parámetros de corte se nos permite dejar creces de material tanto en las paredes del contorno, como en el plano de corte final. Esto se puede llevar a cabo con los campos de valores *Sobremedida en paredes* y *Sobremedida en pisos*. Decir queda que esta sobremedida no puede ser mayor que el material en bruto que se vaya a mecanizar.

Una vez definidos todos los *Parámetros de corte* necesarios, la operación de *Contorno dinámico* dispone de una opción muy interesante a la hora de realizar los contornos, la herramienta de *Pared de contorno*.

Pared de contorno tiene en cuenta si el contorno ha sido mecanizado previamente por otra herramienta, y si la trayectoria puede realizarse de una pasada directa o hay que dividirla en subgrupos en esa misma operación, ya que, de lo contrario tendríamos que emplear otras operaciones a mayores o realizar pasadas en vacío sobre material ya mecanizado.

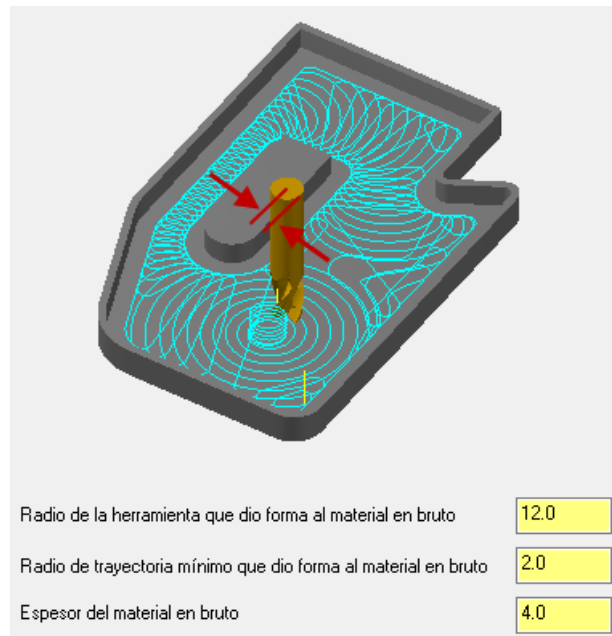


Figura 166 – Pared de contorno. Contorno dinámico.

Esta herramienta del mecanizado consta de tres parámetros:

- *Radio de la herramienta que dio forma al material en bruto:* introduciendo el valor del radio de herramienta de la operación anterior, Mastercam define que geometrías no han podido ser mecanizadas por no poder penetrar o avanzar la herramienta por ellas.
- *Radio de trayectoria mínimo que dio forma al material en bruto:* basándose en el mecanizado previo que se haya realizado.

- *Espesor del material en bruto*: tomamos el valor de las creces de material que se definió en la operación anterior de mecanizado. Dependiendo del valor asignado, la trayectoria realizará mayor o menor número de pasadas.

Por último, podemos establecer una pasada de acabado a alta velocidad siguiendo el contorno definido, activando la opción de *Acabado*.

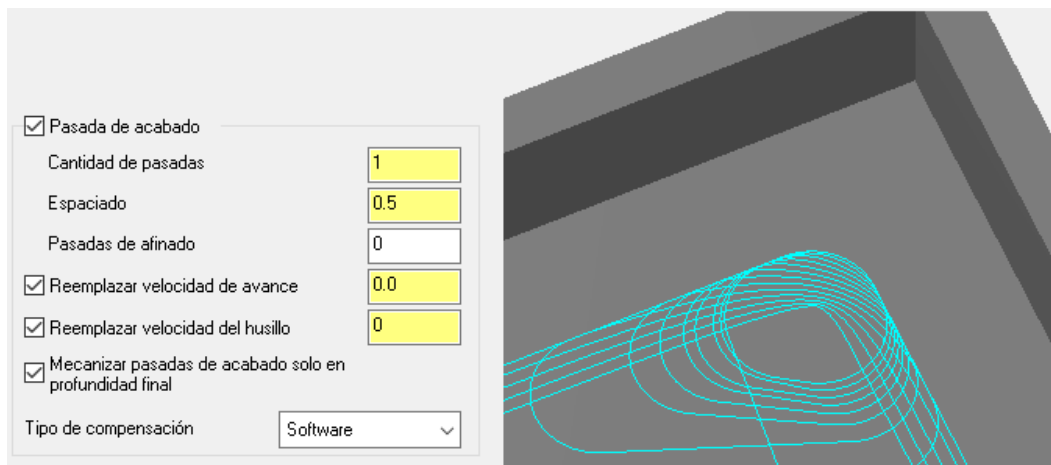


Figura 167 – Parámetros de Acabado. Contorno dinámico.

Cuando activamos esta opción la trayectoria de la herramienta realiza el número de pasadas especificado, definidos en los siguientes campos de valor:

- *Cantidad de pasadas*: marca el número de pasadas de acabado que debe realizar la herramienta.
- *Espaciado*: se define como el paso de material que debe arrancar la herramienta.
- *Pasadas de afinado*: es una pasada de acabado opcional que se realiza siguiendo la trayectoria de la última pasada de mecanizado.

Reemplazar velocidad de avance, sustituye la velocidad de avance de la herramienta por la que introduzcamos en el campo de valor.

Reemplazar velocidad del husillo, sustituye la velocidad de giro del husillo de máquina por la que introduzcamos en el campo de valor.

Con la opción *Mecanizar pasadas de acabado solo en profundidad final* activada, el mecanizado de acabado se realizará en las pasadas a la profundidad de corte final. Mientras que si esta desactivado lo irá haciendo a cada profundidad de corte.

Por último, tenemos que elegir el *Tipo de compensación* que se va a utilizar en esta operación de contorneado. La compensación es el recalculado de la punta de la herramienta o de su longitud a medida que se produce el mecanizado de la pieza y por tanto se crea un desgaste.

- *Software*, Mastercam recalcula la trayectoria con la herramienta ya compensada, no se genera control de dicha compensación.
- *Control*, en este caso Mastercam controla el desgaste de la herramienta, pero no traslada la medida del desgaste al control numérico para su compensación.
- *Desgaste*, este método es una mezcla de las dos anteriores, ya que, Mastercam si tiene en cuenta la compensación de la herramienta en la trayectoria, y también controla el desgaste que se produce en la herramienta. La dirección de compensación se realiza en el mismo sentido, tanto en el software como en el control
- *Desgaste invertido*, realiza lo mismo que el tipo anterior, exceptuando la dirección de compensación, que en este caso se produce en sentido contrario entre el software y el control
- *Desactivado*, Mastercam programa la punta de la herramienta directamente sobre la geometría de la cadena seleccionada sin compensar el desgaste.

CASO PRÁCTICO

A continuación, se enuncian dos casos prácticos en los que se observará como el algoritmo de esta operación optimiza el proceso y aprovecha al máximo la longitud de corte de la herramienta.

El primer caso práctico es la continuación de la segunda pieza comentada en la operación de *Fresado dinámico*. Ahora vamos a terminar de mecanizar la pieza realizando un *Contorno dinámico* eliminando los restos de material sobrante de la operación anterior.



Figura 168 – Parámetros de corte. Caso práctico. Contorno dinámico 1.

Utilizaremos una fresa plana de 2mm de diámetro para perfilar los restos de material, y poder alojarse en las esquinas con el material excedente debido a las dimensiones de la herramienta de la operación anterior. Y un paso máximo en profundidad de 5mm, ya que, la herramienta es muy delicada y las pasadas no deben ser muy profundas.

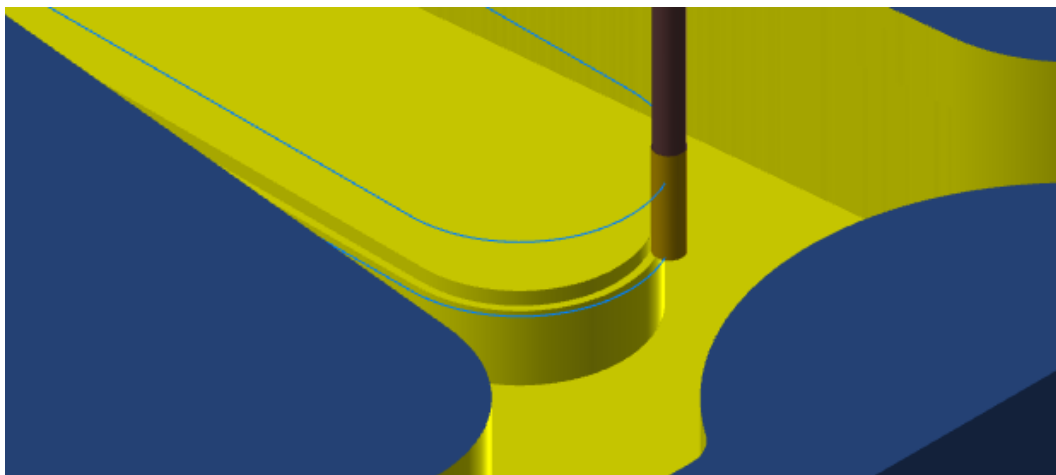


Figura 169 – Detalle perfilado isla. Caso práctico. Contorno dinámico 1.

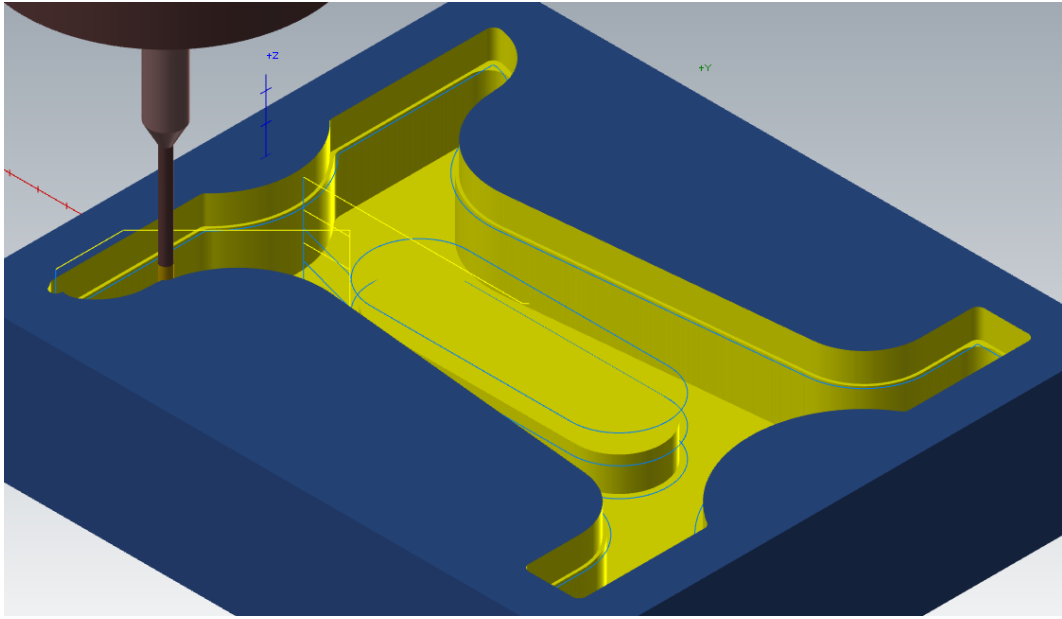


Figura 170 – Detalle inicio segunda pasada en profundidad. Caso práctico. Contorno dinámico 1.

En la imagen superior podemos comprobar como con esta herramienta el contorno que se realiza mecanizando las esquinas es de mayor exactitud.

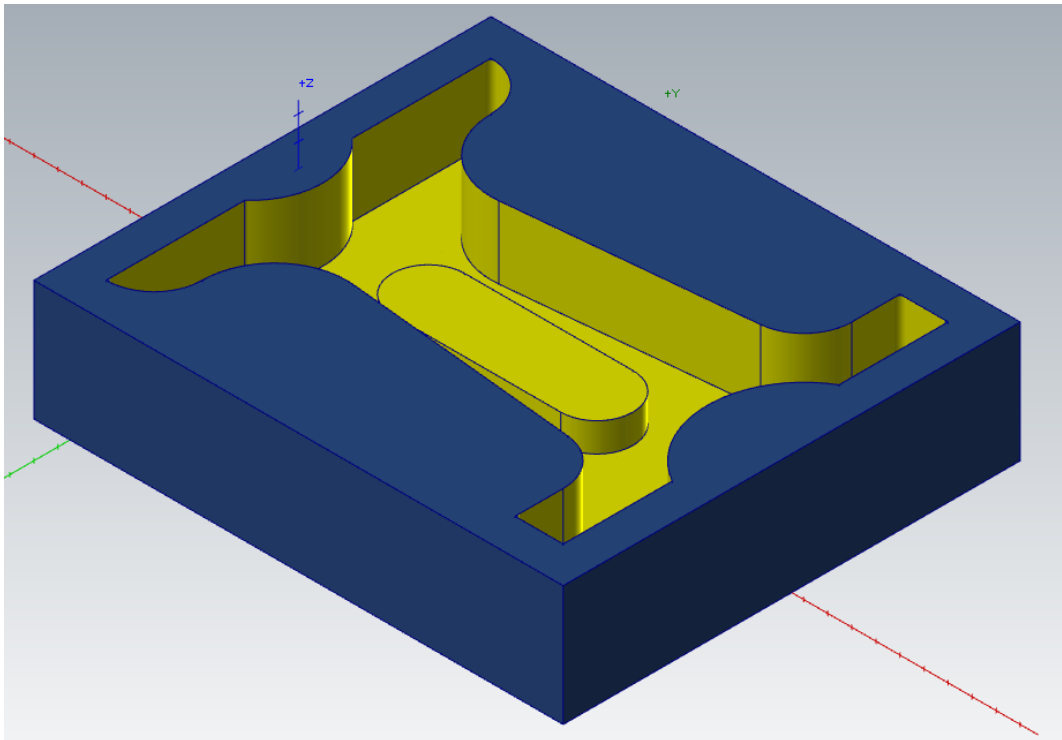


Figura 171 – Pieza final. Caso práctico. Contorno dinámico 1.

En la segunda pieza vamos a estudiar cómo trabaja la herramienta de *Pared de contorno*, muy útil para optimizar la operación de *Contorno dinámico*.

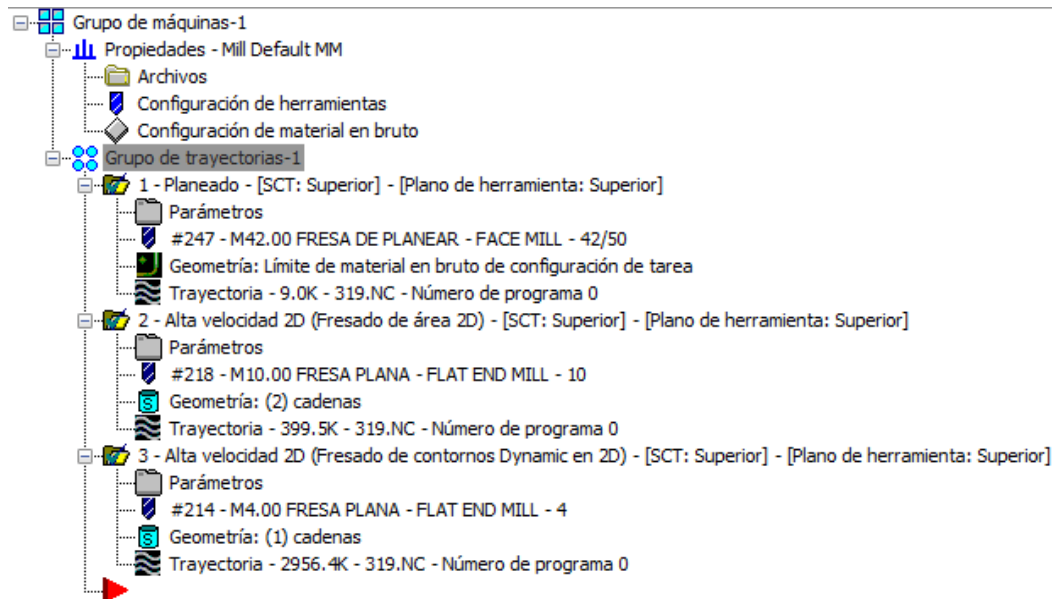


Figura 172 – Árbol de operaciones. Caso práctico. Contorno dinámico 2.

La pieza en ambos casos viene mecanizada de un *Planeado* y un *Fresado de área*, dejando esta última una hendidura en la entrada de los cinco encajonamientos.

Se utilizará una fresa plana de 4mm de diámetro. Un paso máximo de profundidad de 6mm.

Si realizamos el *Contorno dinámico* sin parametrizar el apartado de *Pared de contorno*, la trayectoria de la herramienta no tiene en cuenta el material en bruto que en el mecanizado previo no ha podido mecanizarse debido a las dimensiones de la herramienta, ya que, físicamente la herramienta no entra entre la ranura de los encajonamientos.

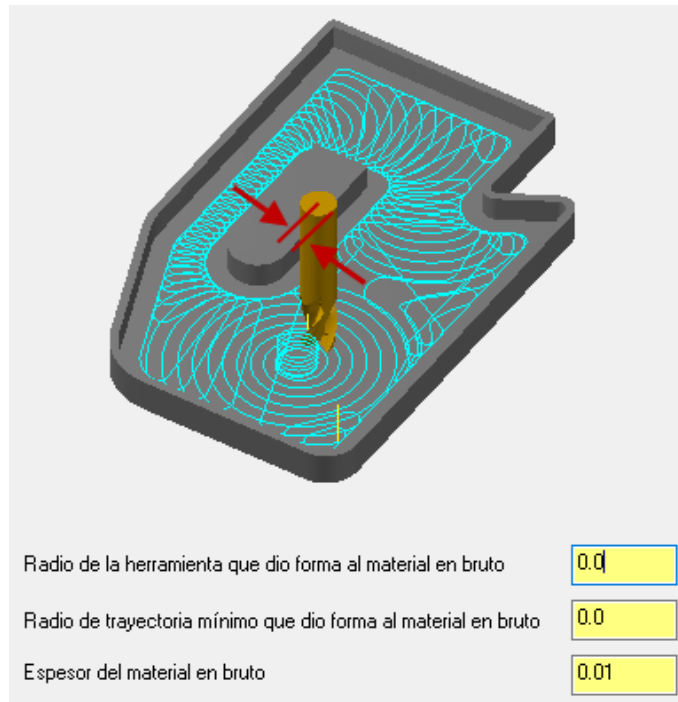


Figura 173 – Anulación parámetros de Pared de contorno. Caso práctico. Contorno dinámico 2.

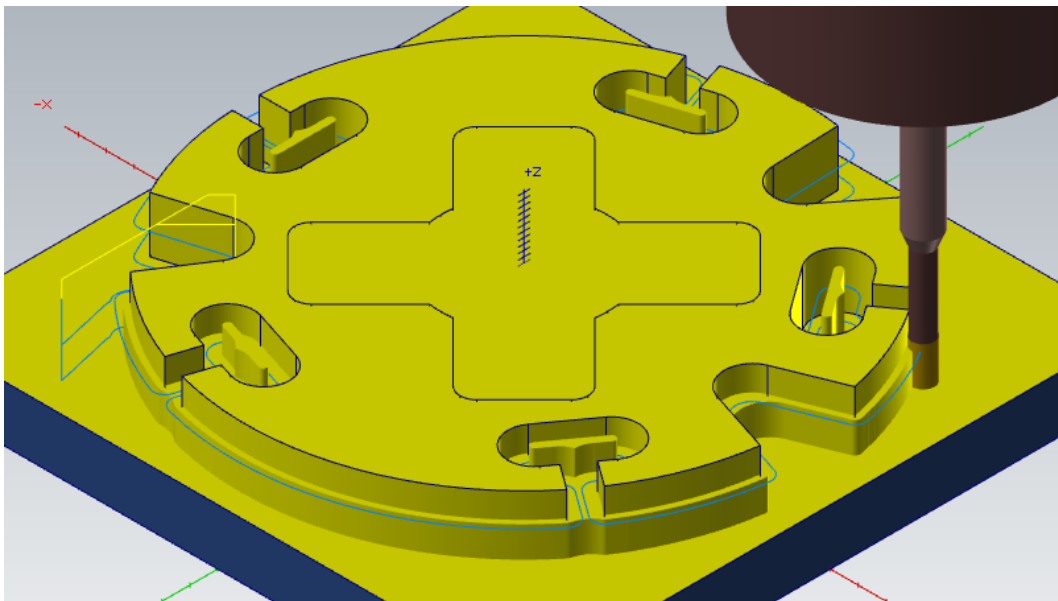


Figura 174 – Detalle segunda pasada en profundidad sin Pared de contorno. Caso práctico. Contorno dinámico 2.

Sin embargo, si realizamos el *Contorno dinámico* parametrizando el apartado de *Pared de contorno* con los valores de la herramienta de la operación anterior, la trayectoria tiene en cuenta todo el material sobrante que la herramienta de la operación anterior no ha podido mecanizar debido a las dimensiones de la herramienta.

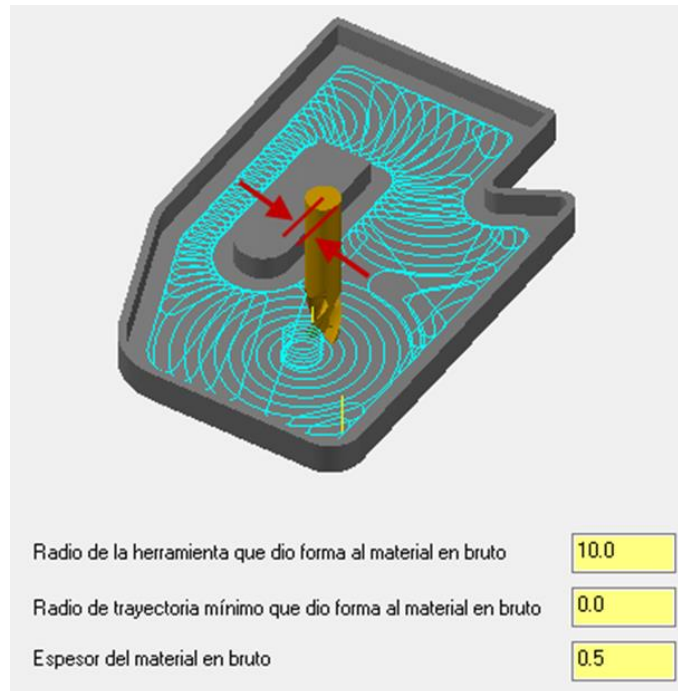


Figura 175 – Parámetros de Pared de contorno. Caso práctico. Contorno dinámico 2.

Lo primero que mecaniza la trayectoria es el contorno externo más general, sin profundizar en las geometrías internas de la pieza.

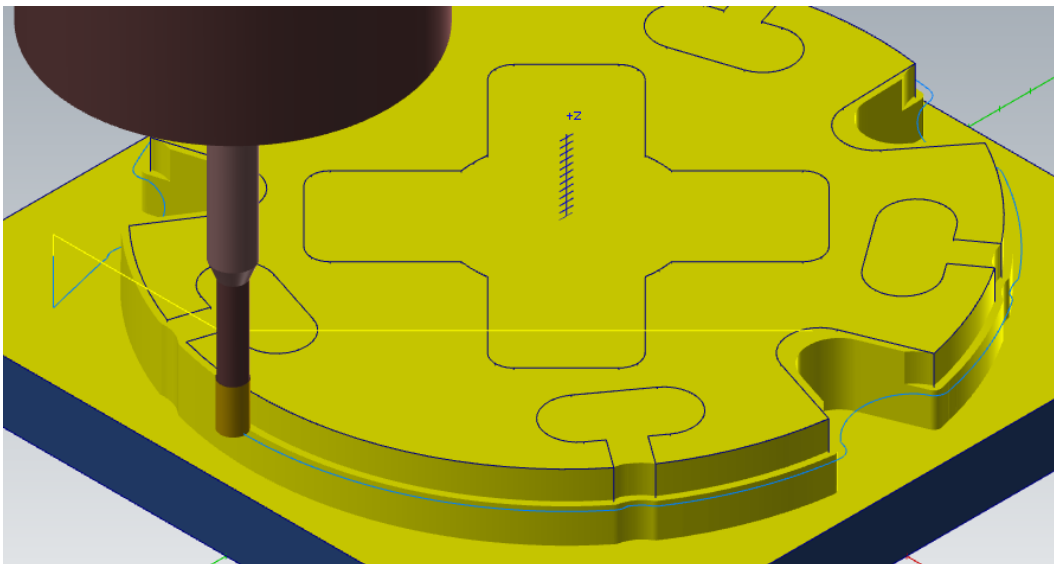


Figura 176 – Detalle primera pasada con Pared de contorno. Caso práctico. Contorno dinámico 2.

Después, se centrará en cada una de las geometrías particulares que tiene la pieza y en las que aún existe material, como son los encajonados y los canales cónicos.

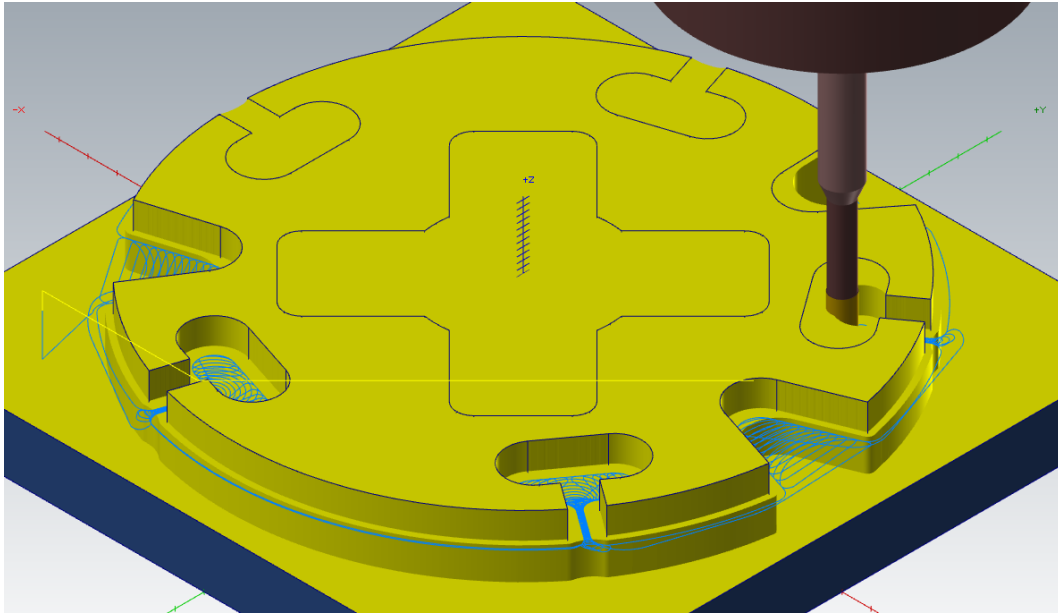


Figura 177 - Detalle continuación primera pasada con Pared de contorno. Caso práctico. Contorno dinámico 2.

A continuación, se muestra una comparación de las dos piezas tras el Contorno dinámico, pero una sin parametrizar los valores del apartado de Pared de contorno y otra siendo parametrizados.

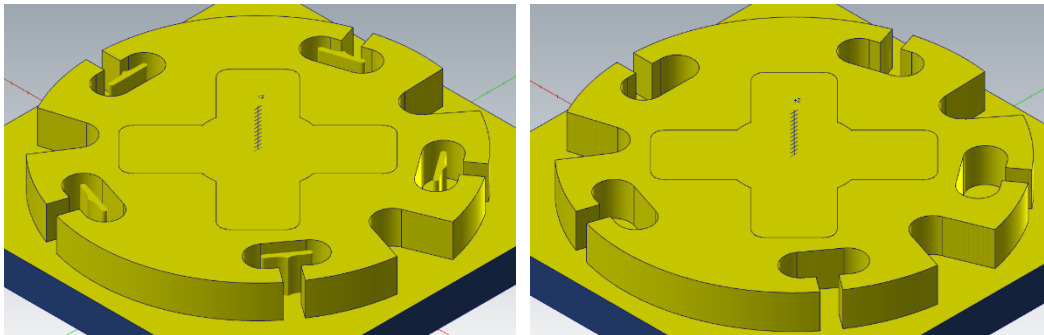
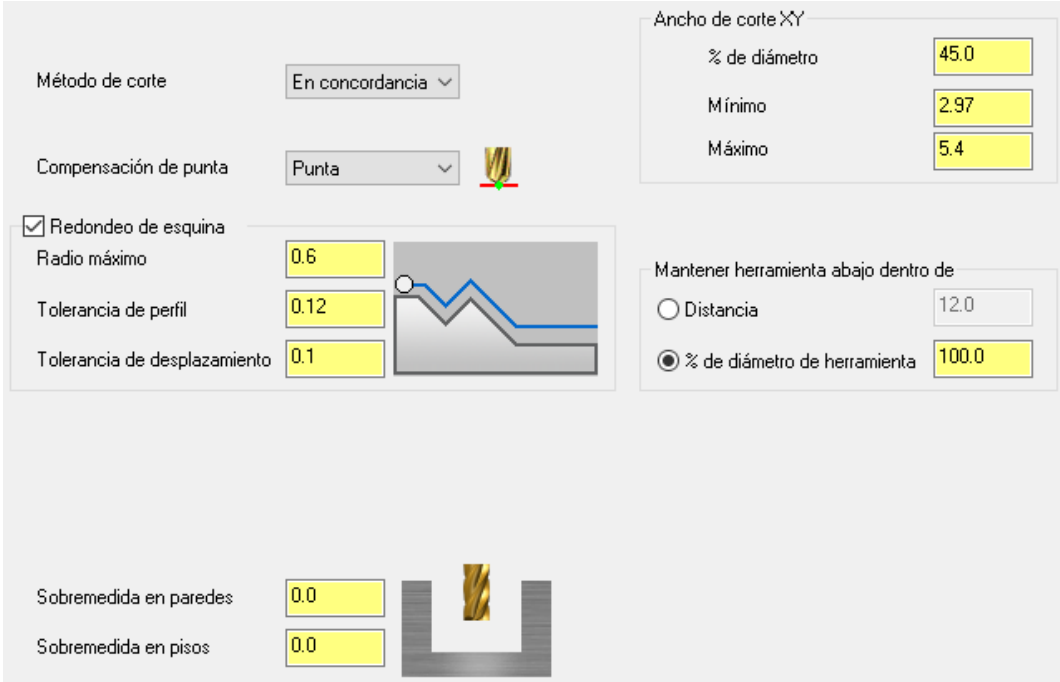


Figura 178 - Comparación de ambas piezas finales. Pared de contorno. Caso práctico. Contorno dinámico 2.

Es evidente como el uso de esta herramienta dentro de los *Parámetros de corte* de un *Contorno dinámico* optimiza las trayectorias, y realiza un mecanizado acorde al diseño de la pieza final, eliminando todo el material que en la operación previa no se pudo mecanizar.

8.6.3. FRESADO DE AREA

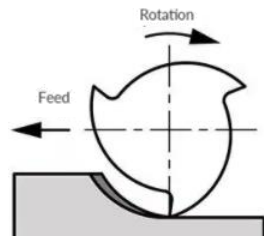
El *Fresado de área* es una operación de mecanizado de alta velocidad alternativa a la operación de *Cajera*. Esta operación trabaja siempre en el mismo sentido y genera una espiral sobre el área a mecanizar que se seleccione. Generalmente se realiza antes de la operación de *Contorno* o de *Contorno dinámico*, ya que, permite desbastar grandes áreas de material sin necesidad de generar en operación posteriores pasadas de desbaste y así, realizar directamente el acabado de la superficie.



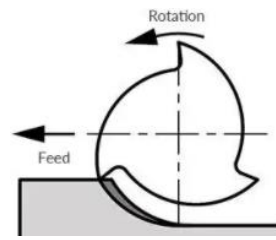
Método de corte	En concordancia	Ancho de corte X/Y	% de diámetro	45.0
Compensación de punta	Punta	Mínimo	2.97	
<input checked="" type="checkbox"/> Redondeo de esquina		Máximo	5.4	
Radio máximo	0.6	Mantener herramienta abajo dentro de		
Tolerancia de perfil	0.12	<input type="radio"/> Distancia	12.0	
Tolerancia de desplazamiento	0.1	<input checked="" type="radio"/> % de diámetro de herramienta	100.0	
Sobremedida en paredes	0.0			
Sobremedida en pisos	0.0			

Figura 179 – Parámetros de corte. Fresado de área.

Lo primero que nos aparece en los *Parámetros de corte* es que *Método de corte* queremos utilizar en el mecanizado que vamos a realizar. Estos *Métodos de corte* son mecanizado *En concordancia* o mecanizado *Convencional*. Un mecanizado en concordancia para Mastercam es aquel en el que la herramienta gira en sentido opuesto al movimiento de la trayectoria de mecanizado. Mientras que un mecanizado convencional lo hace a favor, girando en la misma dirección que el movimiento de la trayectoria.




Mecanizado convencional




Mecanizado en concordancia

Figura 180 – Dirección de avance y sentido de giro de la herramienta.

Otra forma de verlo es la siguiente, el giro de la herramienta en un mecanizado en concordancia “entra” en la dirección de la trayectoria hacia el material, mientras que en el mecanizado convencional “sale” en la dirección de la trayectoria desde el material.

La *Compensación de punta* marca la cantidad de desplazamiento al centro 

o la *punta*  de la herramienta para las herramientas de punta redonda o esférica.

Una vez seleccionadas la *Compensación de punta* y el *Método de corte*, se puede activar la opción de *Redondeo de esquina*.

El *Redondeo de esquina* nos permite sustituir las trayectorias de esquinas puntiagudas por trayectorias en forma de arco, permitiendo así desplazamientos más rápidos y menos exigentes para la herramienta de corte. Esta opción consta de tres campos de valor:

- *Radio máximo*: es el radio de arco máximo por el que se puede sustituir la trayectoria en las esquinas de la geometría. Cuanto mayor sea el radio más suave será el desplazamiento de la trayectoria, pero también será mayor la desviación respecto de la geometría original. Lo que puede originar problemas en operaciones siguientes por exceso de material en las creces.
- *Tolerancia de perfil*: es la distancia máxima que puede desviarse el perfil, al crear los redondeos, de la geometría original de la pieza.

- *Tolerancia de desplazamiento*: esta tolerancia es igual que la anterior, pero no se aplica al perfil exterior de la pieza, sino a los perfiles de trayectoria previos al último perfil.

En esta operación se permite dejar creces de material en el mecanizado para posteriores operaciones de acabado. Esto se puede llevar a cabo con los campos de valores *Sobremedida en paredes* y *Sobremedida en pisos*. Decir queda que esta sobremedida no puede ser mayor que el material en bruto que se vaya a mecanizar.

El *Ancho de corte XY* es el paso entre pasadas de corte que realiza la trayectoria de mecanizado. Mastercam toma los valores *Mínimo* y *Máximo* para calcular el *Ancho de corte*. Se compone de tres valores:

- *% de diámetro*: expresado en porcentaje del diámetro de herramienta, es el paso máximo que se permite realizar. Cuando se modifica, el campo de valor *Máximo* se actualiza automáticamente, y viceversa.
- *Mínimo*: es la menor distancia entre pasos permitida por Mastercam para las distintas trayectorias de la herramienta. Esta distancia tiene que ser mayor que la mitad del valor del paso máximo definido.
- *Máximo*: es la distancia mayor entre pasos permitida por Mastercam para las distintas trayectorias de la herramienta. Cuando se modifica, el campo de valor *% de diámetro* se actualiza automáticamente, y viceversa.

Por último, queda definir en los *Parámetros de corte* como queremos que la herramienta se retire entre los planos de trabajo de las diferentes pasadas. Esto se define con *Mantener herramienta abajo dentro de*, teniendo dos posibles opciones:

- *Distancia*: tiene en cuenta el valor introducido y calcula si la distancia entre el final de una pasada y el inicio de la siguiente es menor que dicho valor. Si es menor, Mastercam no retrae la herramienta y se desplaza en la profundidad de corte de la última pasada a la velocidad de avance dada.
- *% de diámetro de herramienta*: toma el porcentaje de la herramienta de corte para calcular si la distancia es menor que dicho valor. Su forma de trabajo es idéntica a como lo hace *Distancia*.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

En esta operación se permite utilizar la opción de *Minimizar enterramiento* para el *Movimiento trocoidal*.

Este *Movimiento trocoidal* es característico de los fresados de alta velocidad en los que se busca que la herramienta trabaje de la manera más uniforme posible, alargando con ello la vida de la herramienta.

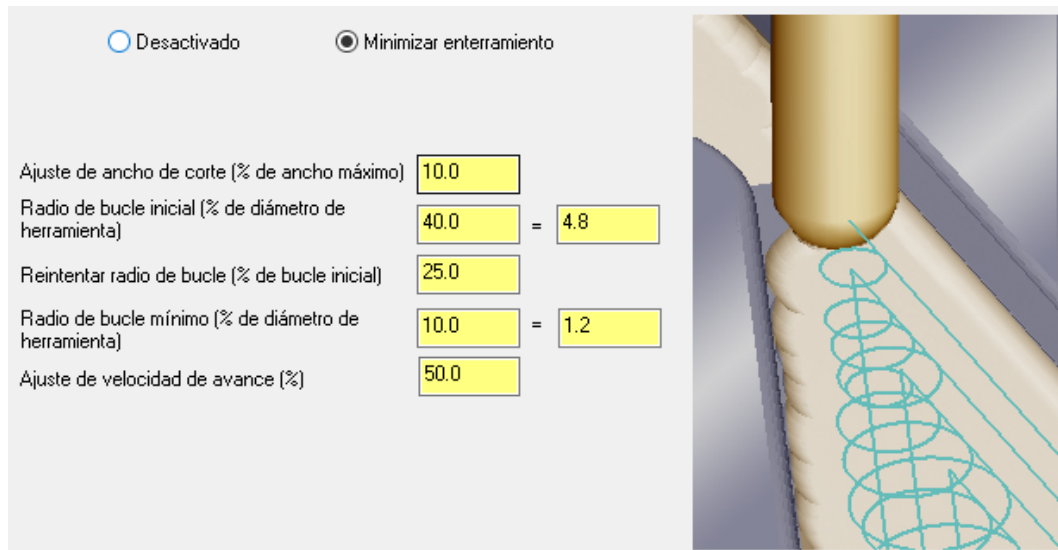


Figura 181 – Minimizar enterramiento. Movimiento trocoidal. Parámetros de corte. Fresado de área.

Cuando seleccionamos la opción de *Minimizar enterramiento*, se activan los campos de valor que definen esta estrategia de mecanizado:

- *Ajuste de ancho de corte (% de ancho máximo)*: define el espacio para poder crear los bucles trocoidales.
- *Radio de bucle inicial (% de diámetro de herramienta)*: establece el tamaño de los bucles trocoidales.
- *Reintentar radio de bucle (% de bucle inicial)*: este parámetro es utilizado por Mastercam cuando no es posible generar los bucles del tamaño deseado, ya que, físicamente no tiene espacio en el material.
Lo que el programa realiza entonces es una sucesión de bucles más pequeños, tomando el porcentaje del bucle inicial hasta poder realizar el mecanizado correctamente.
- *Radio de bucle mínimo (% de diámetro de herramienta)*: es el valor del bucle más pequeño que se permite realizar.

- *Ajuste de velocidad de avance (%)*: modifica el avance de la herramienta cuando realiza los bucles trocoidales.

Una vez definidos los parámetros necesarios para el movimiento dentro del material, tenemos que establecer ahora la estrategia y parámetros de entrada, que Mastercam define en el apartado *Transiciones* de *Parámetros de corte*.

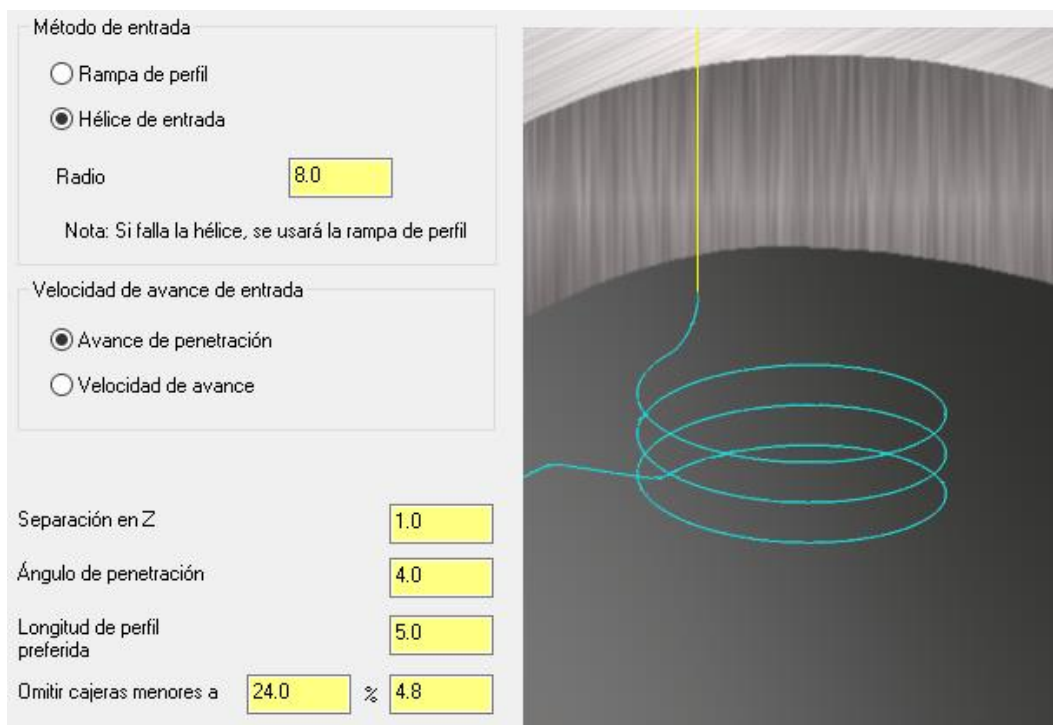


Figura 182 – Transiciones. Parámetros de corte. Fresado de área.

Lo primero que determinamos en este apartado es el *Método de entrada* que se va a trabajar, se puede trabajar con una entrada en *Rampa de perfil* o en *Hélice de entrada*.

La *Rampa de perfil*, es el método por defecto que utiliza Mastercam cuando *Hélice de entrada* no dispone del espacio suficiente para generarse. La diferencia con *Hélice de entrada* es simplemente el radio para crear la hélice y, por tanto, comparten el resto de parámetros y campos de valor necesarios para su uso.

Cuando se selecciona *Hélice de entrada* como *Método de entrada* se muestra el campo de valor *Radio* activo, ya que, este valor es indispensable para la creación de la geometría de la hélice en la trayectoria de entrada.

Mastercam nos permite elegir entre *Avance de penetración* o *Velocidad de avance* para determinar que avance es utilizado en la entrada de la

herramienta. Mastercam toma automáticamente los valores definidos en el apartado *Herramienta*.

Separación en Z, es el valor que se suma a mayores en el movimiento de entrada, y que permite evitar colisiones debidas al desplazamiento sobre el material a mecanizar.

Ángulo de penetración, es el ángulo con el que desciende la rampa o hélice en su penetración en el material a mecanizar. Cuanto menor sea este valor del ángulo, mayor será el tiempo que tarda en entrar al material.

Longitud de perfil preferida, es la distancia mínima que utiliza Mastercam para crear el espacio de entrada. Esta longitud puede ser aumentada por Mastercam en algunos casos, y es recomendable que no sea un valor muy bajo, ya que, impediría un buen uso de la herramienta de corte.

Por último, aparece una herramienta para evitar mecanizados muy justos entre la herramienta de corte y las paredes del material. Esta herramienta es la denominada *Omitir cajeras menores a*. Es habitual trabajar con un valor del 110% del diámetro de la herramienta de corte.

Si no queremos utilizar esta herramienta, y permitir a Mastercam realizar todo el mecanizado posible, debemos establecer en este campo de valor un 0% del diámetro de la herramienta de corte.

Todos estos valores pueden ser suprimidos por Mastercam si el área de corte sobre el que se va a penetrar es más pequeña que los parámetros establecidos, generando en la trayectoria de entrada una penetración directa sobre el material.

En esta operación de alta velocidad aparece una herramienta a mayores dentro de *Parámetros de vinculación*, se trata de *Entrada/Salida de TAV (Trayectoria de Alta Velocidad)*.

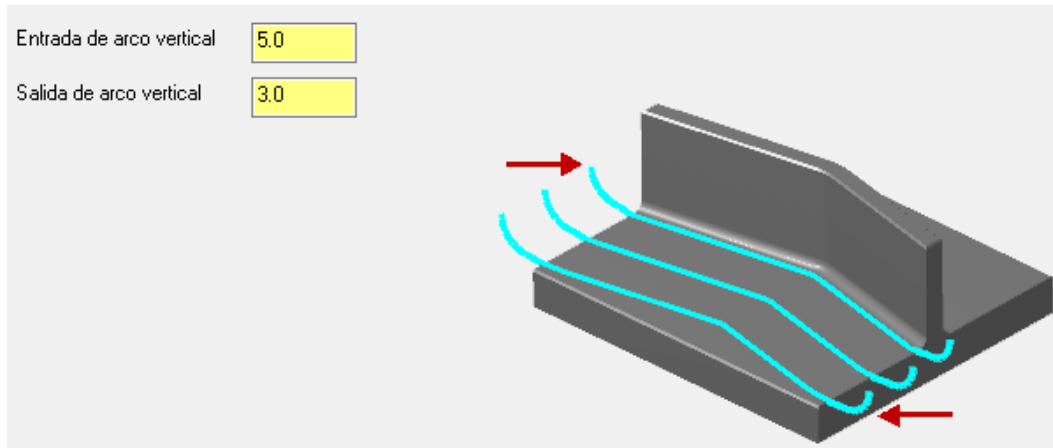


Figura 183 – Entrada/Salida de TAV. Parámetros de vinculación. Fresado de área.

Esta entrada y salida genera arcos verticales a la entrada y salida de las trayectorias de la herramienta. Disponemos de la posibilidad de independizar los valores de entrada y salida, pudiendo adaptarse a las necesidades de la pieza.

CASO PRÁCTICO

A continuación, se enuncia un caso práctico en el que se muestran distintos mecanizados de área en una misma pieza. Se empezará realizando una operación de fresado de área muy sencilla, para en posteriores operaciones ver cómo utilizar todas las herramientas disponibles dentro del apartado *Parámetros de corte* en un *Fresado de área*.

En el árbol de operaciones mostrado en la siguiente imagen se pueden observar las herramientas utilizadas en cada operación de *Fresado de área*.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

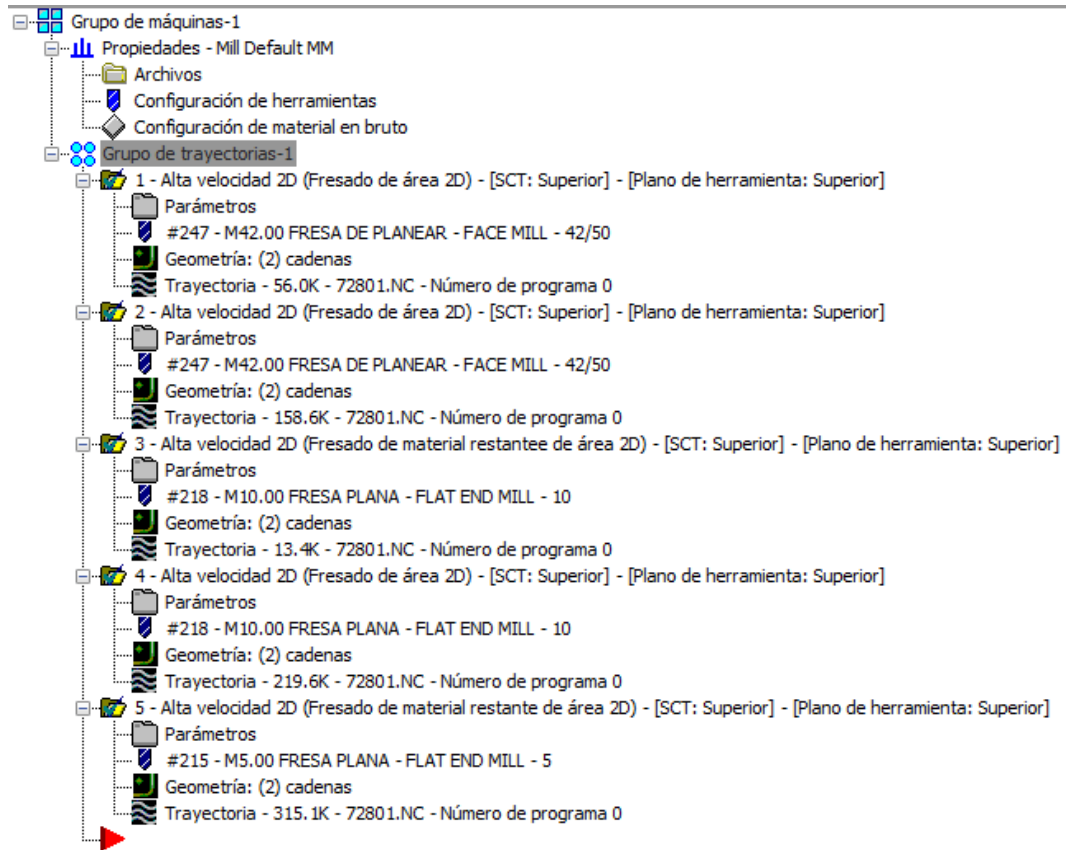


Figura 184 – Árbol de operaciones. Caso práctico. Fresado de área.

Lo primero que se realizará será un *Fresado de área* de forma externa para definir el contorno exterior de la pieza.

Esta operación utiliza una fresa de planear de diámetro de corte 42mm. Un paso máximo de profundidad de corte de 10mm y un ancho de corte del 75% del diámetro de la herramienta. No se dejarán creces de material, ni se parametrizarán valores para el *Método de entrada*, ya que, al ser una operación *Desde fuera* la herramienta entra en el material directamente en el plano de corte en profundidad.

Método de corte	En concordancia	Ancho de corte XY	% de diámetro	75.0
Compensación de punta	Punta	Mínimo	Máximo	17.325
<input type="checkbox"/> Redondeo de esquina		Mantener herramienta abajo dentro de		
Radio máximo	2.1	<input type="radio"/> Distancia		42.0
Tolerancia de perfil	0.42	<input checked="" type="radio"/> % de diámetro de herramienta		100.0
Tolerancia de desplazamiento	0.0			
Sobremedida en paredes	0.0			
Sobremedida en pisos	0.0			


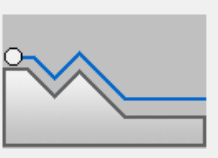


Figura 185 - Parámetros de corte. Caso práctico. Fresado de área 1.

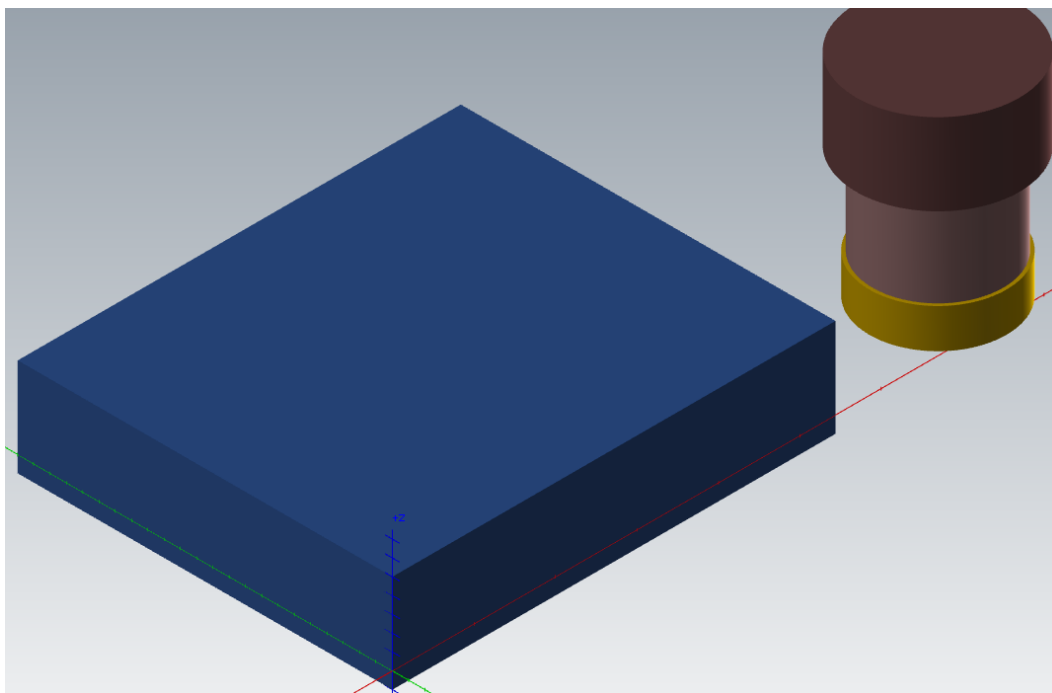


Figura 186 - Material en bruto y herramienta de planear. Posición de inicio. Caso práctico. Fresado de área 1.

En la imagen anterior se puede observar como la herramienta está separada del material en bruto programado y, por tanto, la entrada de la herramienta no se realizará sobre el material, sino en el plano de corte de la primera pasada en profundidad.

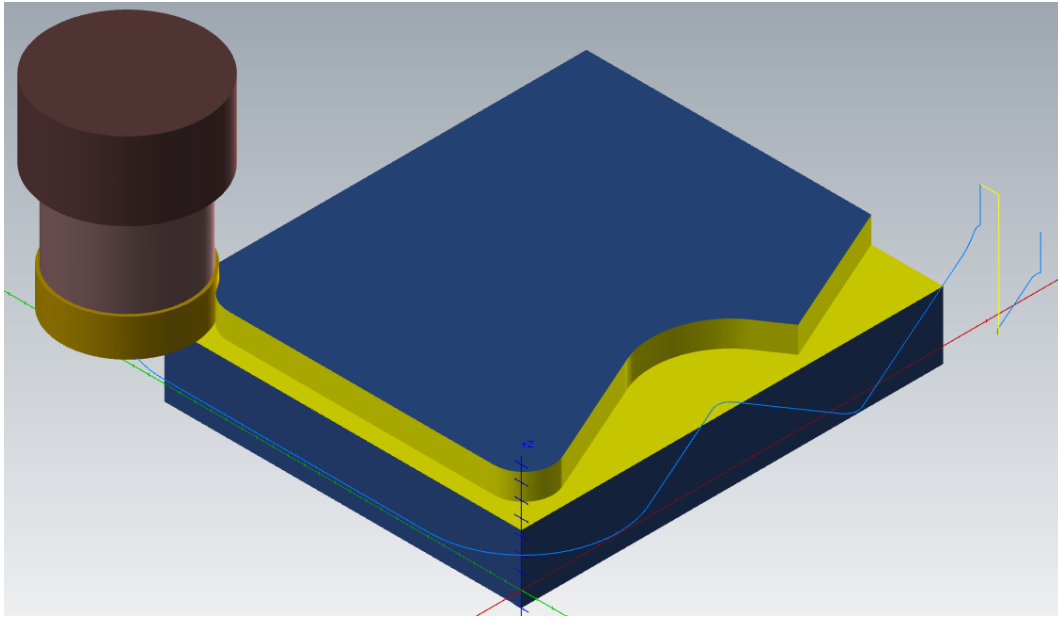


Figura 187 – Detalle primera pasada de corte. Caso práctico. Fresado de área 1.

En la imagen se observa como la trayectoria recoloca la herramienta para aprovechar al máximo la geometría de corte, y trabajar lo mínimo en vacío.

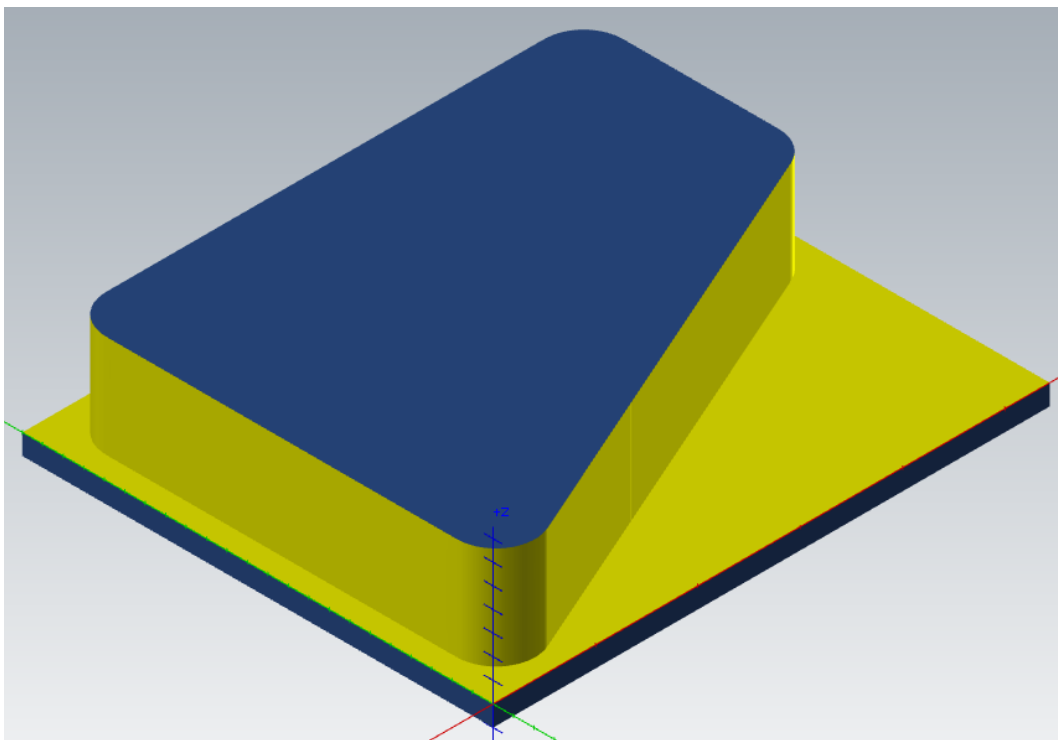


Figura 188 – Pieza una vez terminada la primera operación de Fresado de área. Caso práctico. Fresado de área 1.

La siguiente operación es un planeado sobre gran parte de la pieza sin mecanizar. Se sigue utilizando la misma fresa de planear, ya que, se elimina gran cantidad de material en una superficie abierta.

Se dejan creces de material, 2mm de *Sobremedida en paredes*, y se reduce el *Ancho de corte* a un 45% del diámetro de la herramienta. Y se aplica 1mm de añadido a la *Entrada/Salida de TAV*.

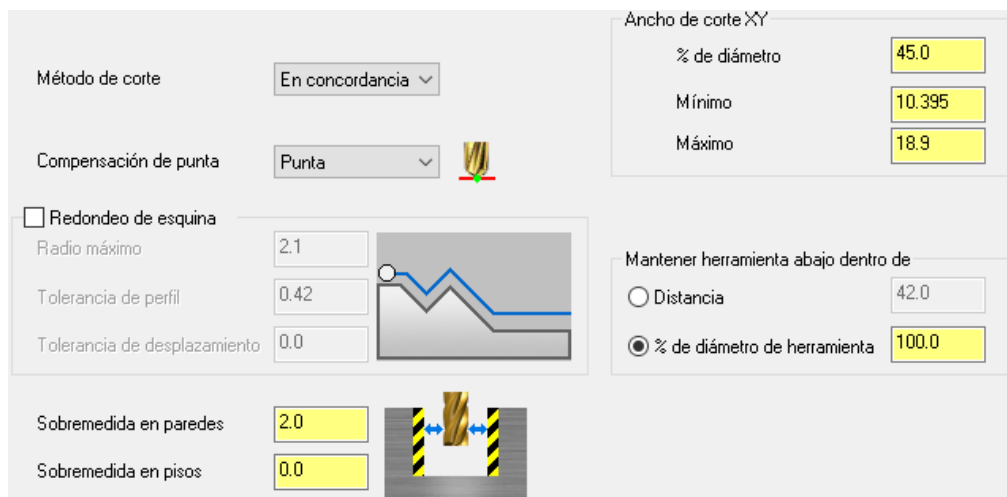


Figura 189 – Parámetros de corte. Caso práctico. Fresado de área 2.

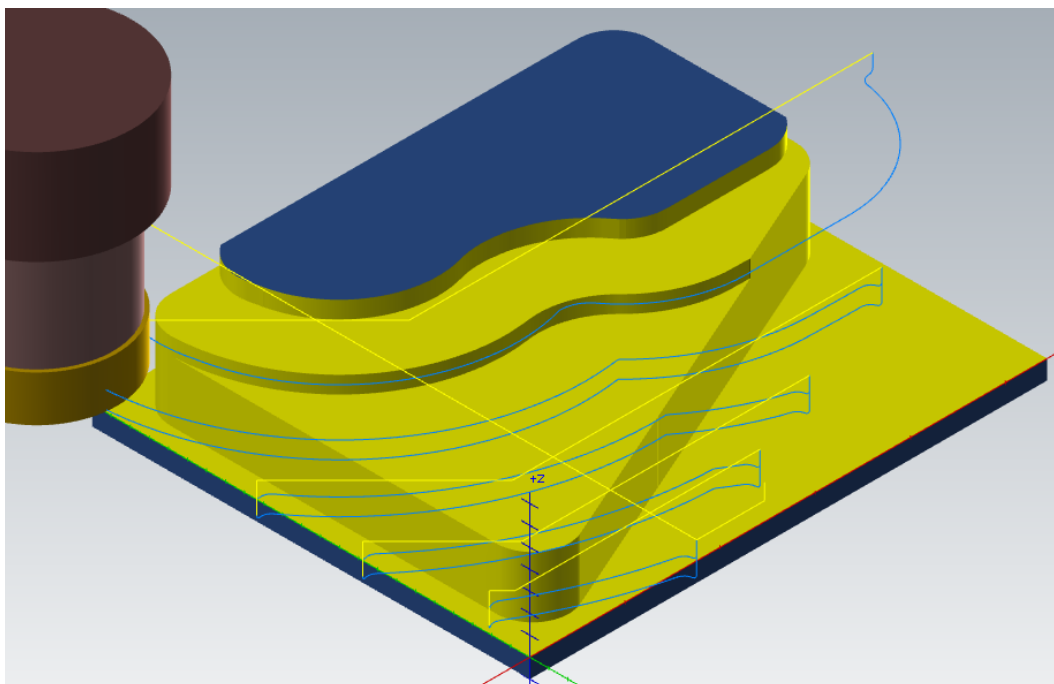


Figura 190 – Detalle segunda pasada de corte. Caso práctico. Fresado de área 2.

En la imagen anterior, se ve el detalle de una pasada intermedia en la segunda pasada en profundidad, en la parte superior ya queda definido el perfil de la

pieza y en el plano de corte se puede observar, como la herramienta va amoldando la trayectoria a la geometría final de la pieza.

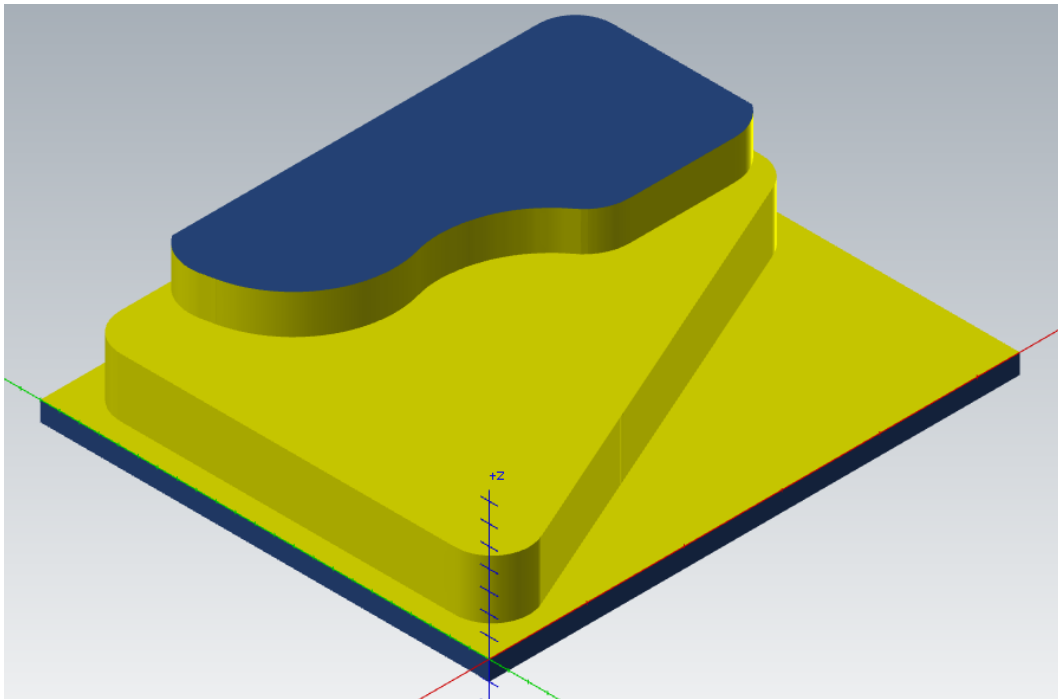


Figura 191 – Pieza una vez terminada la segunda operación de Fresado de área. Caso práctico.
Fresado de área 2

Aprovechando las creces de material dejadas se va a realizar un *Remecanizado* de la operación anterior, con la que se ajustará el material sobrante a la geometría final de la pieza.

Se empleará una fresa plana de 10mm de diámetro para repasar la cara lateral superior de la pieza. Y los parámetros de *Material en bruto* se calcularán basándose en la operación anterior.

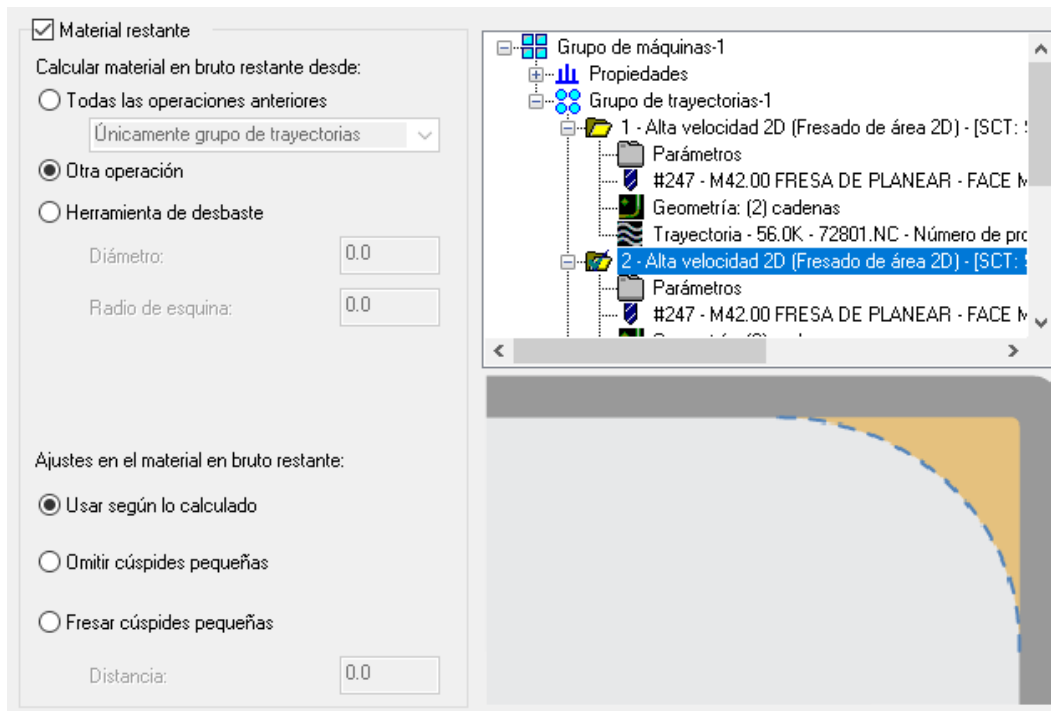


Figura 192 – Material en bruto. Caso práctico. Fresado de área 3.

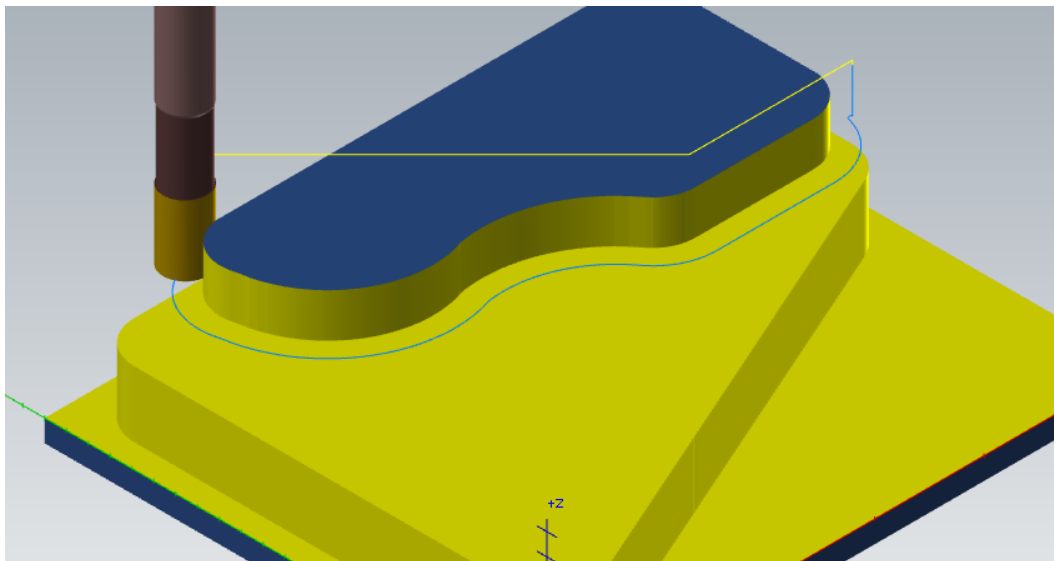


Figura 193 – Detalle salida de la herramienta Remecanizado fresado de área . Caso práctico. Fresado de área 3.

Con esta misma herramienta, se va a realizar el mecanizado interno que tiene la pieza. Hay que tener en cuenta que se va a realizar un desbaste utilizando el *Fresado de área* y, que la herramienta es mayor que algunas de las zonas de paso que posee el área a mecanizar. Lo que producirá zonas sin mecanizar para la posterior operación de acabado con una fresa de diámetro menor.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

En esta operación de mecanizado interno, lo más interesante a mostrar es como parametrizar el apartado de *Transiciones*. Este apartado determina como realizar los saltos dentro de la geometría interna para evitar colisiones o mecanizados indebidos.

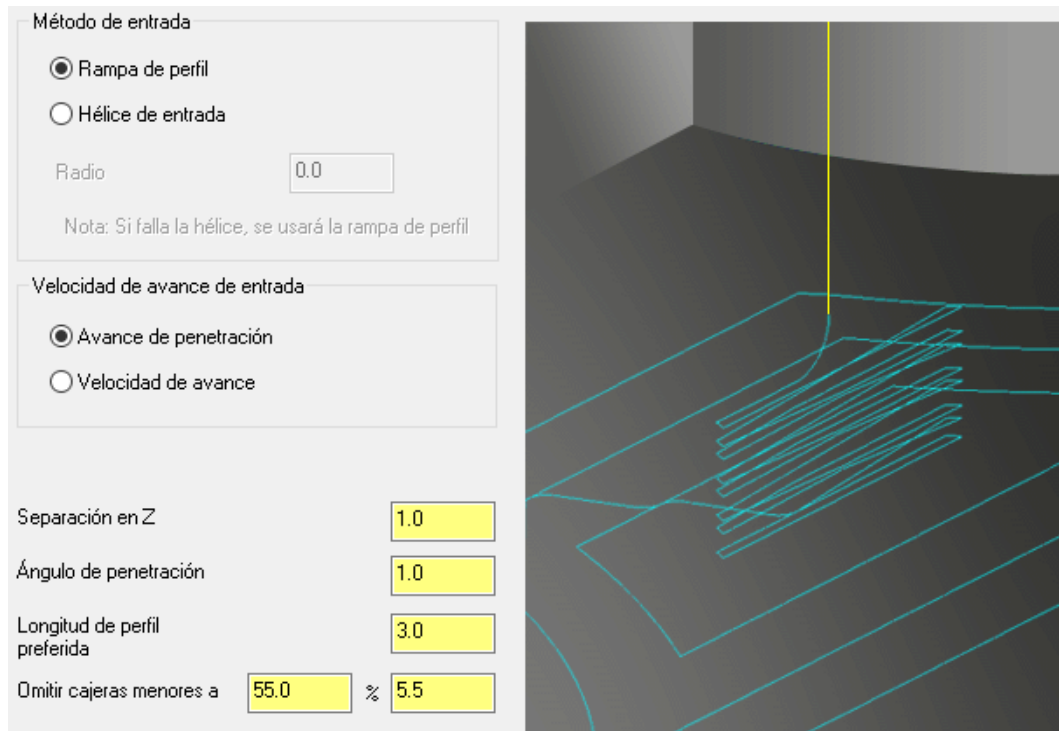


Figura 194 – Transiciones. Caso práctico. Fresado de área 4.

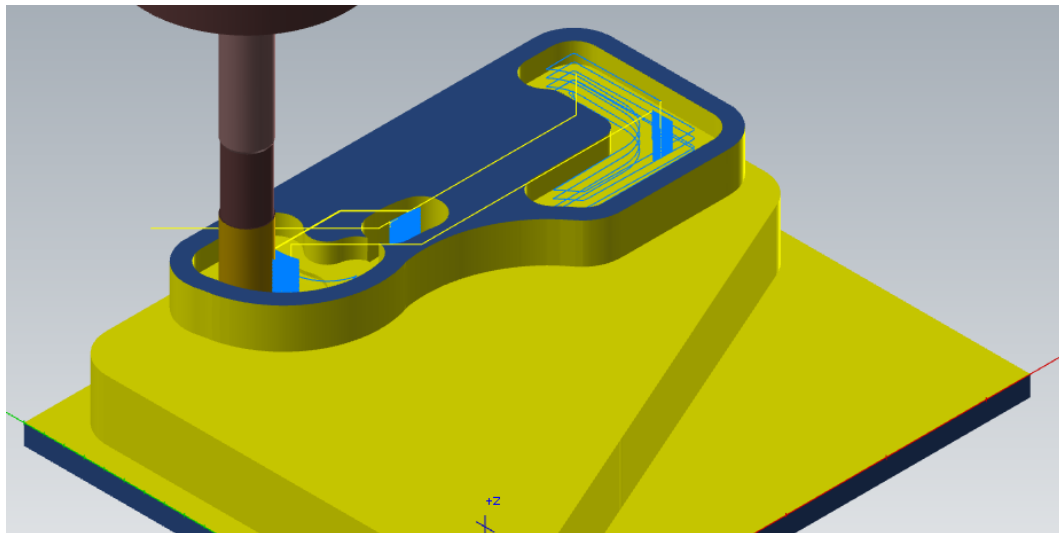


Figura 195 – Detalle durante el mecanizado interno de la cajera con isla. Caso práctico. Fresado de área 4.

En la imagen superior, se observa como la herramienta tiene que saltar entre zonas para poder realizar el mecanizado de desbaste sin problemas de colisiones ni arranques de material no necesarios. Se observa también como

en partes de la cajera no ha mecanizado nada, eso es debido a que la geometría de la herramienta es mayor que la distancia entre paredes en esas superficies de mecanizado.

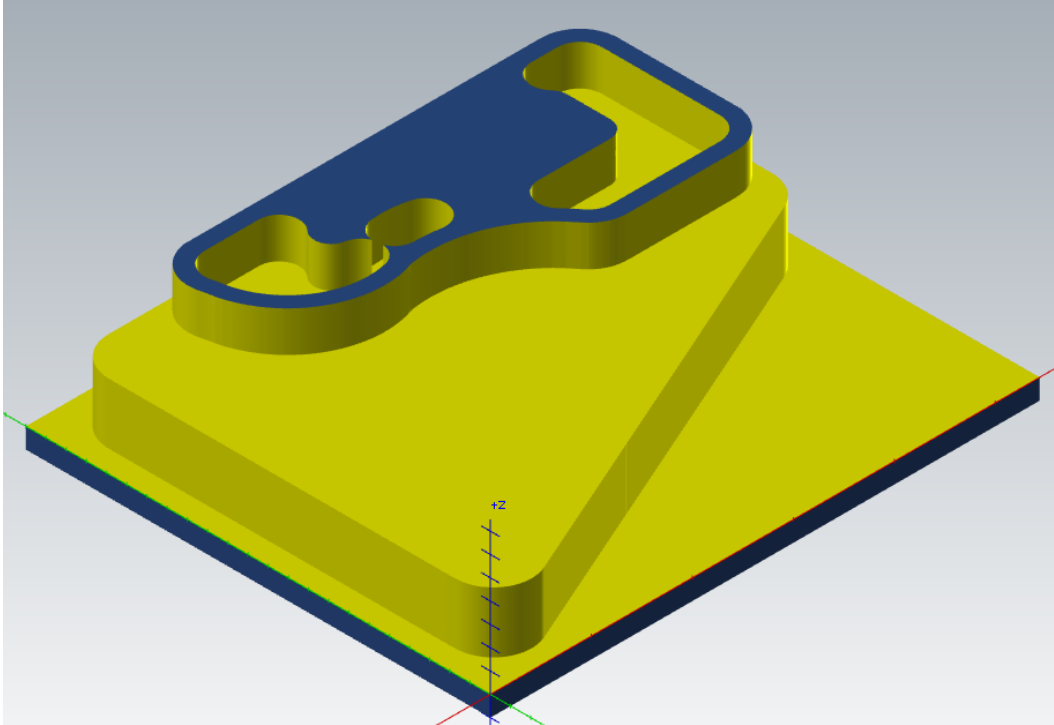


Figura 196 – Fresado interno de área. Caso práctico. Fresado de área 4.

Por último, y tomando de nuevo el apartado de *Material en bruto*, se va a mecanizar el material sobrante de la operación anterior de fresado interno.

Esta vez se va a trabajar dándole los valores de la *Herramienta de desbaste* al programa, y con ello, que genere las trayectorias necesarias para realizar el mecanizado de acabado del fresado interno.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

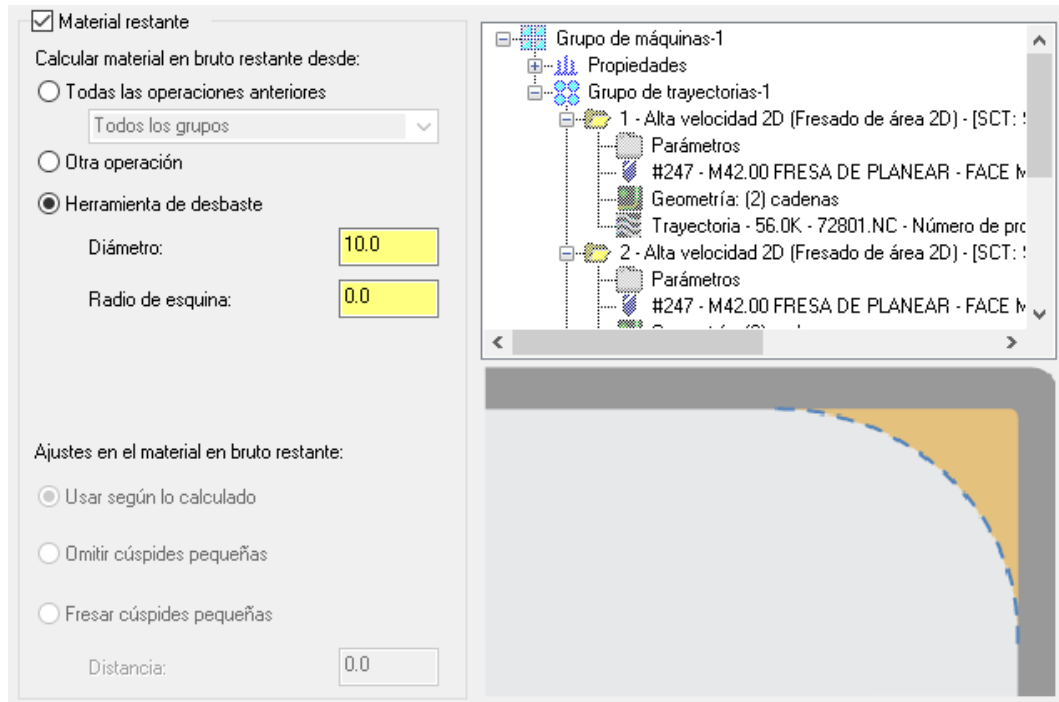


Figura 197 – Material en bruto. Caso práctico. Fresado de área 5.

Se utilizará una fresa plana de 5mm de diámetro. Empleando el 45% de diámetro de la herramienta de *Ancho de corte XY*. Sin dejar material sobrante. Y parametrizando los siguientes valores para el apartado de *Transiciones*.

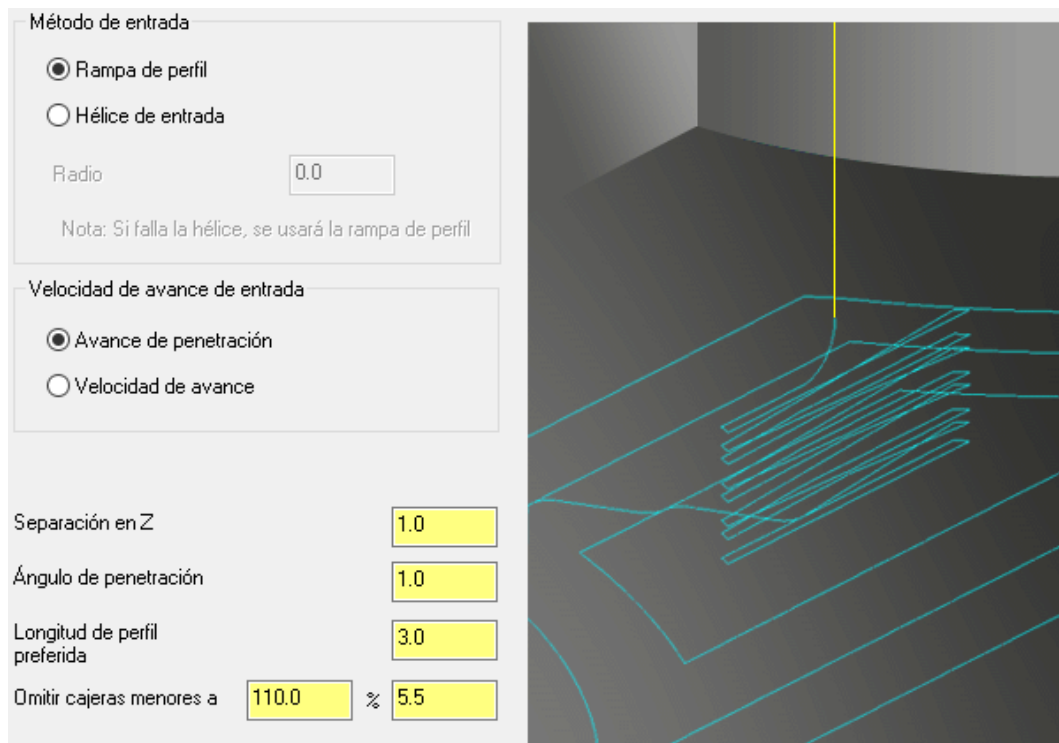


Figura 198 – Transiciones. Caso práctico. Fresado de área 5.

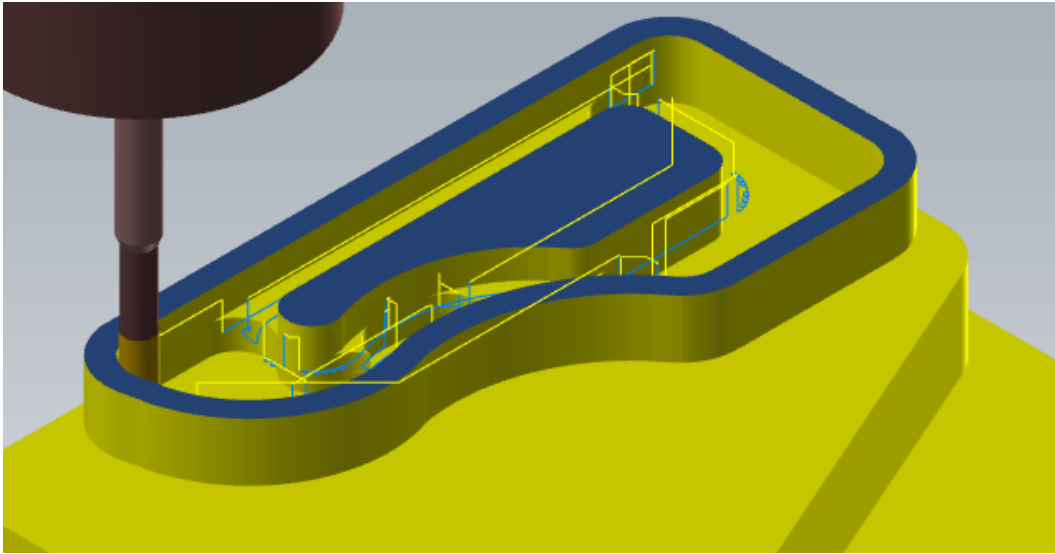


Figura 199 – Detalle primera pasada en profundidad Remecanizado fresado de área. Caso práctico. Fresado de área 5.

En la imagen anterior se observa como con esta herramienta se mecaniza toda la superficie de la caja que había quedado con restos de material en bruto.

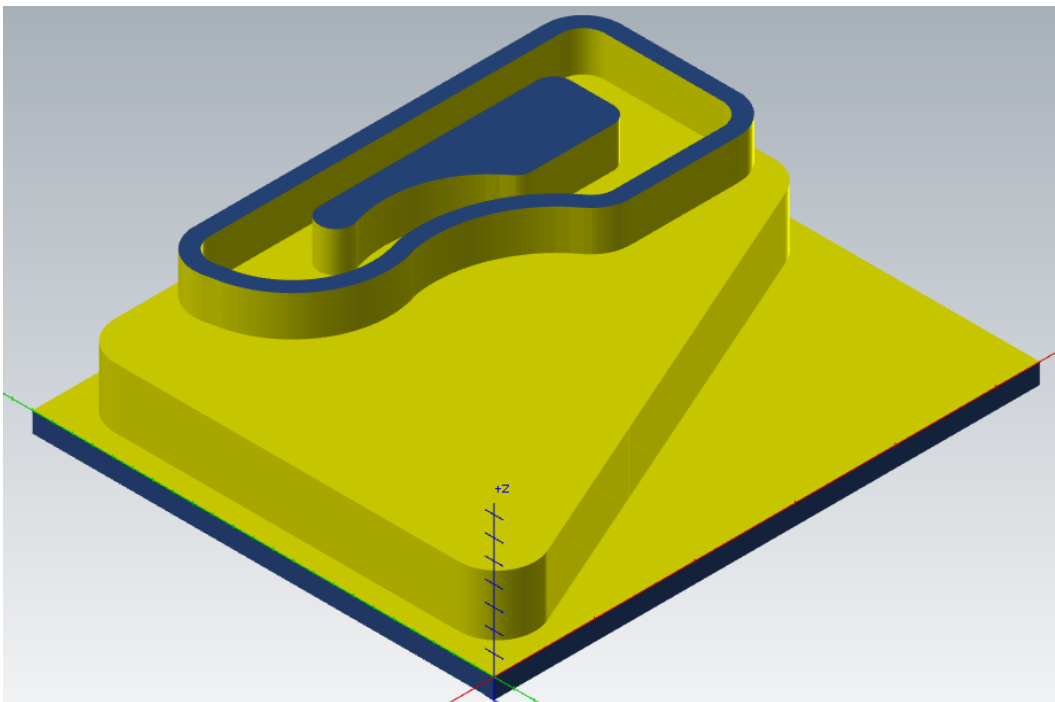


Figura 200 – Pieza final. Caso práctico. Fresado de área 5.

8.6.4. FRESADO ACANALADO

El *Fresado acanalado* es una operación especial que se puede ubicar dentro de las operaciones de mecanizado de alta velocidad, ya que, el movimiento que genera la trayectoria de la herramienta se basa en el movimiento dinámico de la herramienta a lo largo del acanalado seleccionado mediante dos cadenas abiertas.

En esta operación es común utilizar la opción de microelevación para poder eliminar virutas en el plano de corte y refrigerar la herramienta en el movimiento de regreso.

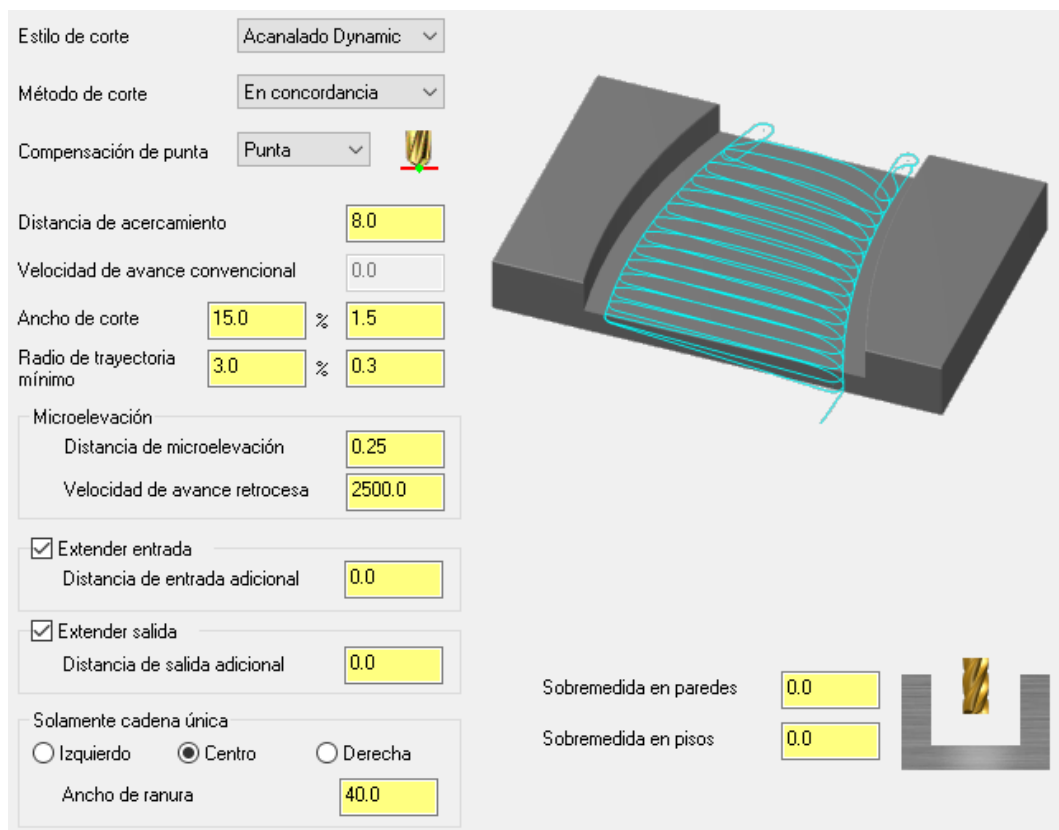




Figura 201 – Parámetros de corte. Fresado acanalado.

Lo primero que se muestra en la pantalla de *Parámetros de corte* es que *Estilo de corte* queremos utilizar. Mastercam da la opción de utilizar un estilo *Acanalado Dynamic*, que utiliza el movimiento dinámico para mecanizar canales en cadenas abiertas, o en su lugar se puede utilizar el estilo *Acanalado* en el que la herramienta, al igual que en el otro estilo, genera movimientos trocoidales, pero aquí se puede utilizar tanto para cadenas abiertas como cerradas.

Una vez seleccionado el *Estilo de corte*, tenemos que elegir el *Método de corte* que se va a emplear, hay tres opciones disponibles:

- *En concordancia*: el mecanizado se realiza en la dirección opuesta al giro de la herramienta de corte.
- *Convencional*: el mecanizado se realiza en la misma dirección que el giro de la herramienta de corte.
- *Zigzag*: cada nueva pasada de la herramienta de corte se realiza en sentido opuesto a la pasada anterior.

La *Compensación de punta* marca la cantidad de desplazamiento al centro 

o la *punta*  de la herramienta para las herramientas de punta redonda o esférica.

La *Distancia de acercamiento* es el único parámetro de estos *Parámetros de corte* que es exclusivo del *Estilo de corte Acanalado Dynamic*. Esta *Distancia de acercamiento* se añade antes del inicio de la primera pasada en la trayectoria de la herramienta de corte.

Para el *Método de corte* en *Zigzag*, se activa el campo de valor *Velocidad de avance convencional*. Es la velocidad que toma Mastercam cuando realiza el movimiento de vuelta en la trayectoria.

El *Ancho de corte* es la distancia o paso que toman dos pasadas consecutivas de la trayectoria.

El *Radio de trayectoria mínimo* es el radio que toma la trayectoria en los extremos de cada paso de la trayectoria, tanto al inicio como al final de la pasada de corte. Este radio es favorable para poder aumentar la vida de la herramienta, ya que, se desarrolla en las zonas donde la herramienta puede sufrir más, que son a la entrada de material y a la salida de material.

En esta operación es muy importante definir bien los parámetros de *Microelevación*, ya que, son los parámetros que definen el movimiento de regreso en las trayectorias de alta velocidad. Y de forma indirecta, los que pueden hacer que la herramienta tenga una mayor vida. Se definen dos parámetros de *Microelevación*:

- *Distancia de microelevación*: es la distancia que eleva la herramienta del plano de corte en el movimiento de refresco. Esta elevación, aunque es de décimas de milímetro ayuda a la herramienta a evitar calentamientos y evacua posibles virutas en el plano de corte.

- *Velocidad de avance retroceso*: es la velocidad del movimiento de regreso, la modificación de esta velocidad de avance permite reducir los tiempos de mecanizado, ya que, al estar realizando un desplazamiento en vacío, el aumento del desplazamiento a avances en rápido es ventajoso.

Esta operación dispone de la opción de poder configurar los parámetros de entrada y salida de la trayectoria del desbaste y del acabado de manera independiente. Para el desbaste, se puede elegir entre extender la trayectoria de entrada o de salida, o ambas.

Marcando la opción de *Extender entrada*, Mastercam toma el valor asignado en el campo de valor *Distancia de entrada adicional* y lo suma al comienzo de la trayectoria de la herramienta. De forma análoga se realiza un añadido al final de la trayectoria de la herramienta si se activa la opción de *Extender salida* y dándole un valor al campo de *Distancia de salida adicional*.

Esta extensión en la parte inicial o final de la trayectoria es útil para perfiles en los que la geometría, entre los extremos de las cadenas, no es una línea perpendicular a ambas cadenas. Puede ser el caso por ejemplo de canales con una cierta inclinación con respecto a las paredes de la pieza.

Un parámetro que también es importante para trabajar con canales que solo disponen de una cadena seleccionable es *Solamente cadena única*. Lo que se pretende con este parámetro es situar el canal y definir su *Ancho de ranura*. Para situarlo tenemos la opción de tomar el *Centro* como guía, el lado *Izquierdo* o el lado *Derecho*. Con el *Ancho de ranura*, le decimos a Mastercam de cuanto queremos que sea nuestro canal o ranura.

Por último, en esta operación se permite también dejar creces de material en el mecanizado para posteriores operaciones de acabado. Esto se puede llevar a cabo con los campos de valores *Sobremedida en paredes* y *Sobremedida en pisos*.

Una vez definidos todos los parámetros necesarios en *Parámetros de corte*, y establecidos los datos necesarios en el apartado *Cortes en profundidad*. Lo siguiente será determinar si se quiere realizar una pasada de acabado, para ello hay que activar el apartado de *Pasada de acabado*.

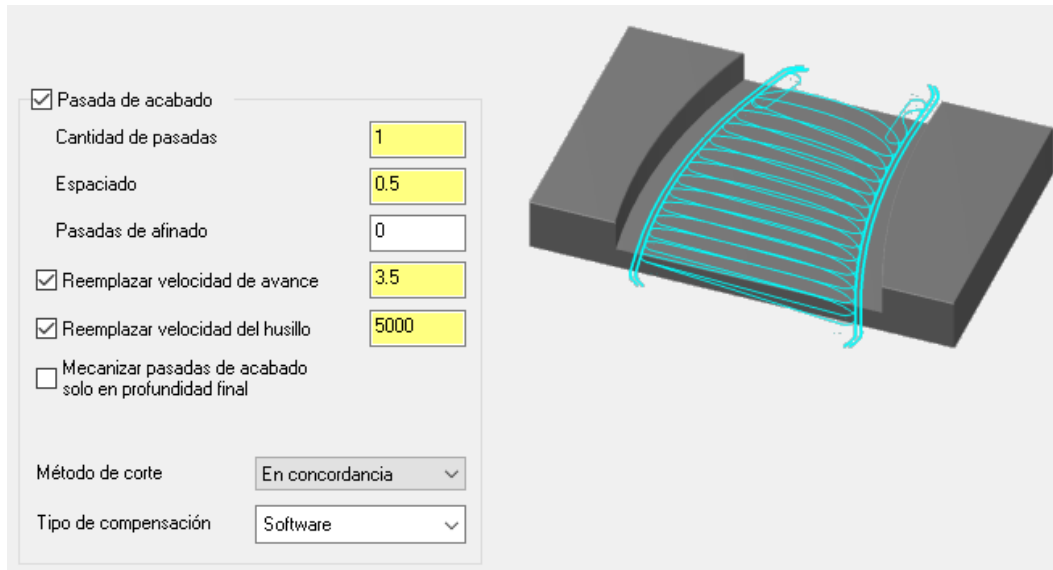


Figura 202 – Pasadas de acabado. Parámetros de corte. Fresado acanalado.

Cuando se activa esta opción la trayectoria de la herramienta realiza el número de pasadas especificado, definidos en los siguientes campos de valor:

- *Cantidad de pasadas*: marca el número de pasadas de acabado que debe realizar la herramienta.
- *Espaciado*: se define como el paso de material que debe arrancar la herramienta.
- *Pasadas de afinado*: es una pasada de acabado opcional que se realiza siguiendo la trayectoria de la última pasada de mecanizado.

Reemplazar velocidad de avance, sustituye la velocidad de avance de la herramienta por la que se introduzca en el campo de valor.

Reemplazar velocidad del husillo, sustituye la velocidad de giro del husillo de máquina por la que se introduzca en el campo de valor.

Con la opción *Mecanizar pasadas de acabado solo en profundidad final* activada, el mecanizado de acabado se realiza en las pasadas a la profundidad de corte final. Mientras que si esta desactivado lo irá haciendo a cada profundidad de corte.

Por último, tenemos que elegir el *Tipo de compensación* que se va a utilizar en esta operación de contorneado. La compensación es el recalculado de la punta de la herramienta o de su longitud a medida que se produce el mecanizado de la pieza y por tanto se crea un desgaste.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

- *Software*, Mastercam recalcula la trayectoria con la herramienta ya compensada, no se genera control de dicha compensación.
- *Control*, en este caso Mastercam controla el desgaste de la herramienta, pero no traslada la medida del desgaste al control numérico para su compensación.
- *Desgaste*, este método es una mezcla de las dos anteriores, ya que, Mastercam si tiene en cuenta la compensación de la herramienta en la trayectoria, y también controla el desgaste que se produce en la herramienta. La dirección de compensación se realiza en el mismo sentido, tanto en el software como en el control
- *Desgaste invertido*, realiza lo mismo que el tipo anterior, exceptuando la dirección de compensación, que en este caso se produce en sentido contrario entre el software y el control
- *Desactivado*, Mastercam programa la punta de la herramienta directamente sobre la geometría de la cadena seleccionada sin compensar el desgaste.

CASO PRÁCTICO

A continuación, se enuncia un caso práctico mostrando como trabaja la operación de *Fresado acanalado* en tres canales muy parecidos, pero en los que hay alguna modificación geométrica.

Es importante seleccionar dos cadenas abiertas utilizando cadenas parciales en la selección de cadenas, entre las que se realizará el mecanizado del canal.

Los parámetros de mecanizado son idénticos en los tres acanalados. Y el mecanizado va a realizarse con una fresa de 6mm de diámetro y un *Paso máximo de desbaste* de 5mm de profundidad. Una *Distancia de acercamiento* a la cadena de mecanizado de 5mm. Empleando la estrategia de *Acanalado Dynamic*. Y extendiendo el mecanizado a la salida de la trayectoria activando *Extender salida* con 3mm a mayores.

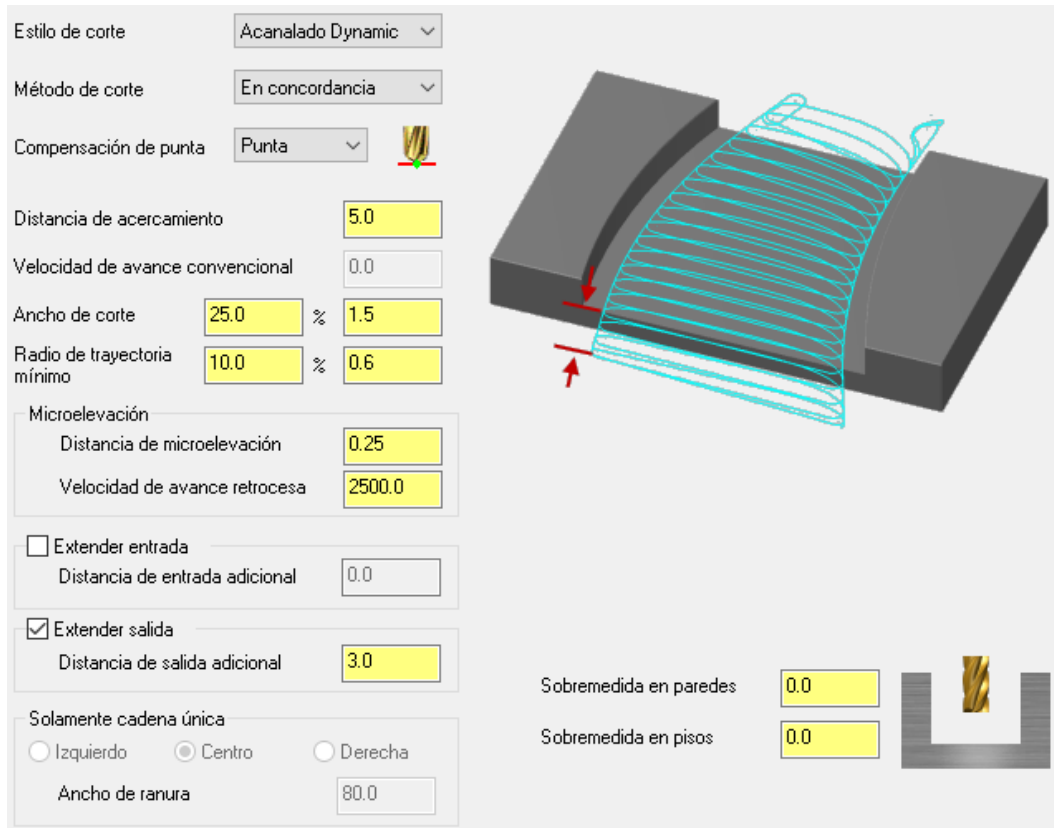


Figura 203 – Parámetros de corte. Caso práctico. Fresado acanalado.

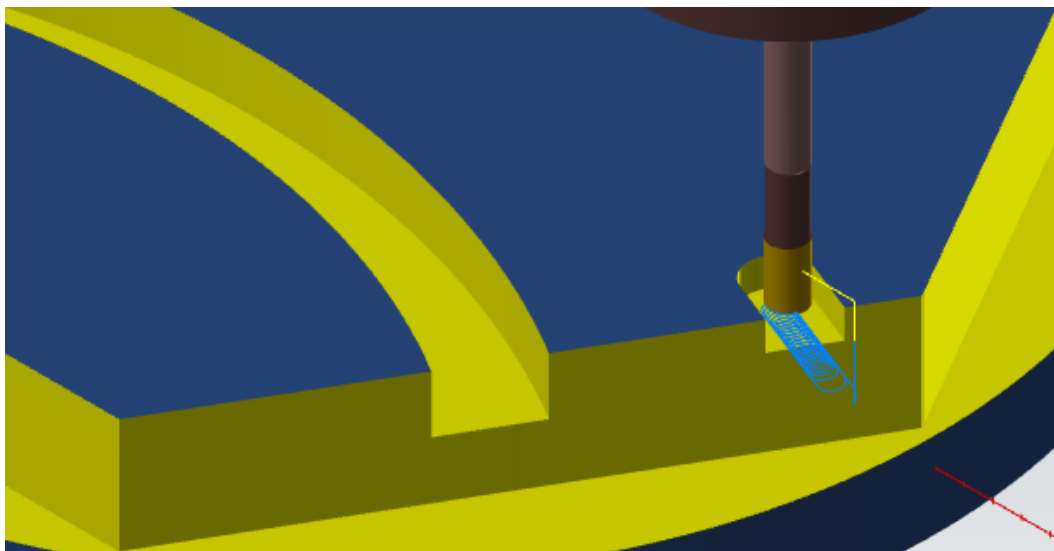


Figura 204 – Detalle inicio segundo canal. Caso práctico. Fresado acanalado.

En la imagen superior, se observa cómo se genera la característica forma redondeada de los fresados dinámicos, debido al movimiento trocoidal, mientras el canal se está mecanizando.

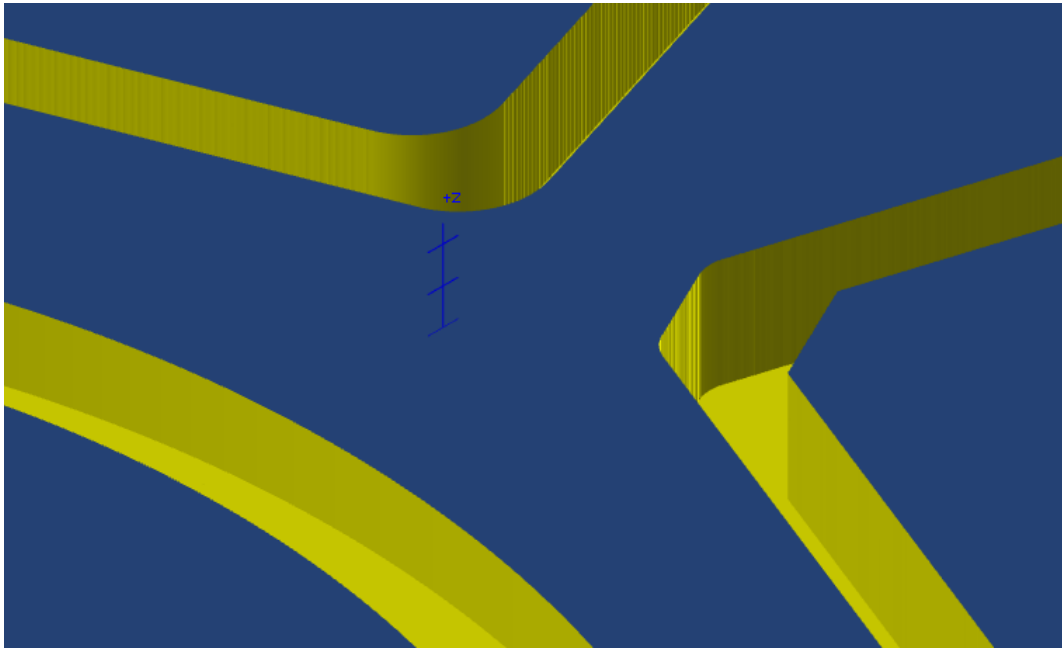


Figura 205 – Detalle superficies de acabado punto central. Caso práctico. Fresado acanalado.

Lo más representativo de esta operación, es ver como utilizando una estrategia de *Acanalado Dynamic* en geometría rectas el acabado superficial deja ver las pasadas de la herramienta en ese movimiento dinámico. Aun así, el acabado superficial es de mayor calidad al ofrecido por la estrategia *Acanalado*.

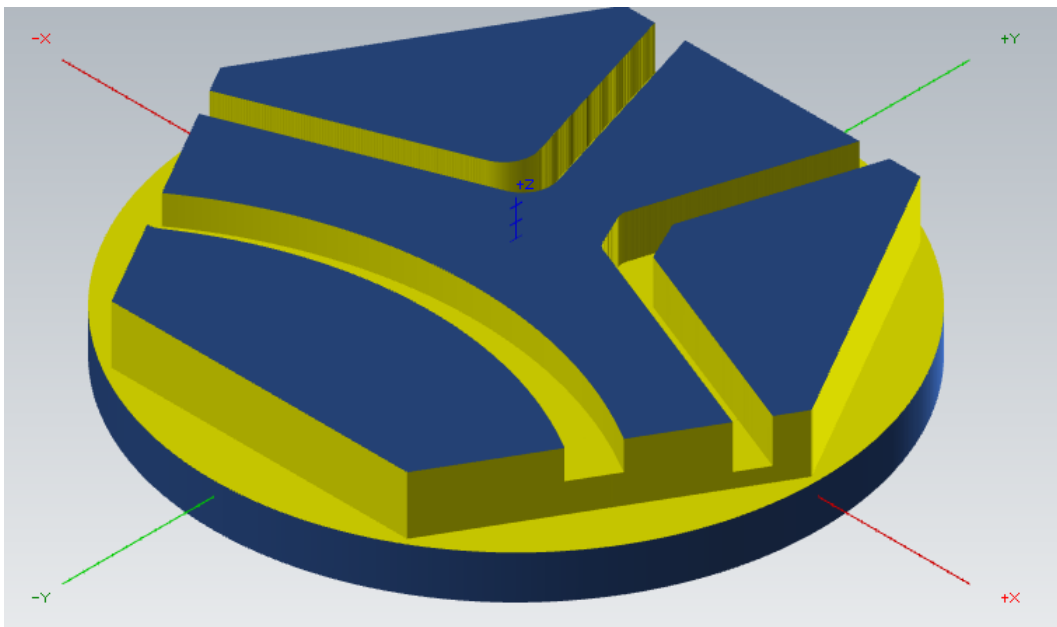


Figura 206 – Pieza final. Caso práctico. Fresado acanalado.

8.6.5. FRESADO DE TRANSICION

El *Fresado de transición* necesita de dos cadenas abiertas, al igual que lo hace un *Fresado acanalado*, o de dos cadenas cerradas. Con ello, se delimita el área a mecanizar y Mastercam genera las trayectorias en función de esa transición entre cadenas.

Es una operación de fresado muy versátil, ya que, dependiendo de los parámetros asignados en los *Parámetros de corte* la trayectoria final para las dos mismas cadenas puede ser muy diferente.

A fin de cuentas, lo que realiza esta operación es un fresado desde una cadena hasta la otra, como una unión lo más eficiente posible, adaptando la trayectoria de la herramienta de corte. Por ejemplo, si se seleccionan dos cadenas que entre ellas son perpendiculares o se cortan en uno de los extremos, Mastercam llegará a generar una trayectoria que define una geometría curva, ya que, lleva una cadena sobre la otra girando sobre los extremos de ambas.

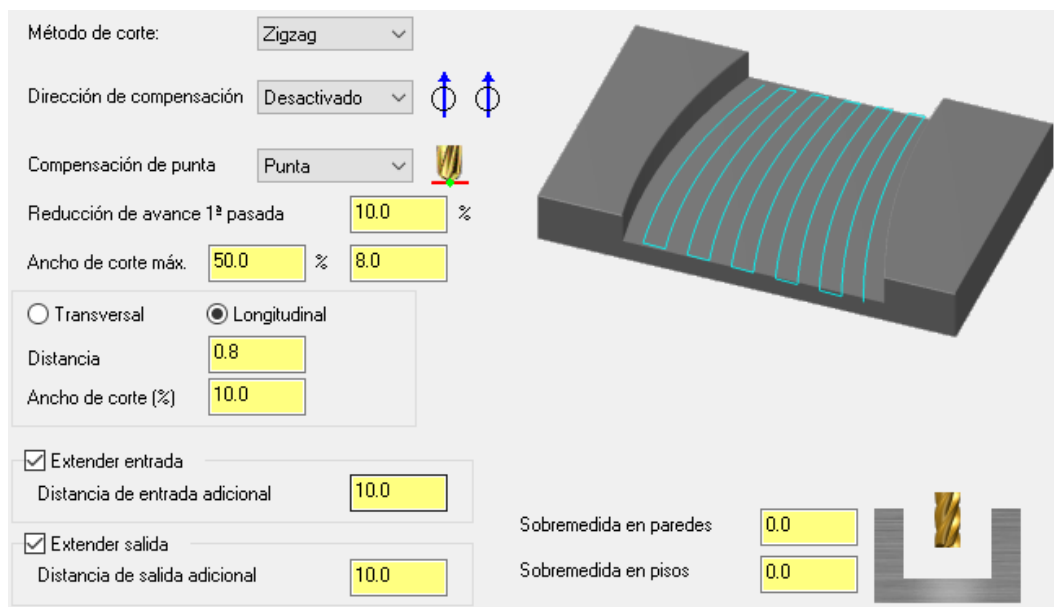


Figura 207 – Parámetros de corte. Fresado de transición.

En esta operación lo primero que seleccionamos es que *Método de corte* queremos utilizar. El *Fresado de transición* dispone de cinco posibles *Métodos de corte* para orientar la dirección de corte:


- **Zigzag:** realiza las pasadas en un movimiento de zigzag cambiando de dirección de corte respecto a la pasada anterior. En el extremo de la trayectoria, el cambio de movimiento se realiza con un pequeño movimiento de enlace de transición hacia la siguiente línea de la trayectoria.

- *Una dirección:* realiza todas las pasadas en la misma dirección. El movimiento de regreso se realiza en rápido y en el plano de retracción para colocarse sobre el siguiente punto inicio en la trayectoria.
- *Espiral:* genera una espiral con un movimiento circular continuo, uniendo las zonas de mecanizado tomadas por las cadenas. Con este método de corte se pueden producir arranque de material no deseado si la geometría de la cadena es compleja.
- *Del centro:* realiza las pasadas desde el centro del área definido por la trayectoria hacia las cadenas seleccionadas. Trabaja con un movimiento en zigzag.
- *Al centro:* realiza las pasadas desde las cadenas hacia el centro del área definido por la trayectoria. Trabaja con un movimiento en una dirección.

Una vez que hemos elegido el *Método de corte*, tenemos que establecer la *Dirección de compensación* con la que va a trabajar la herramienta. En esta operación tenemos la posibilidad de elegir cinco opciones:

- *Desactivado:* se toma el centro de la herramienta como referencia para el desplazamiento.
- *Izquierda:* la herramienta trabaja a la izquierda de las cadenas de selección.
- *Derecha:* la herramienta trabaja a la derecha de las cadenas de selección.
- *Dentro:* la herramienta trabaja siempre por dentro de las cadenas de selección.
- *Fuera:* la herramienta trabaja siempre por fuera de las cadenas de selección.

La *Compensación de punta* marca la cantidad de desplazamiento al centro 

o la *punta*  de la herramienta para las herramientas de punta redonda o esférica.

Con *Reducción de avance 1ª pasada* reducimos la velocidad de entrada de la herramienta en la primera pasada. Este parámetro es útil para aumentar la vida de la herramienta de corte y evitar roturas sobre el material.

El *Ancho de corte* es la distancia o paso que toman dos pasadas consecutivas de la trayectoria.

En cuanto a la dirección de mecanizado, Mastercam ofrece dos posibilidades:

- *Transversal*, en la que la trayectoria generada se crea lo más perpendicular a las cadenas seleccionadas.
- *O Longitudinal*, en la que la trayectoria generada se crea lo más paralela a las cadenas seleccionadas.

En esta última opción, Mastercam nos permite modificar la *Distancia o Ancho de corte (%)* entre puntos de una misma pasada en la trayectoria con los que segregamos una trayectoria en trozos más pequeños, pudiéndose adaptar mejor a los cambios de geometría de las cadenas.

Esta operación dispone de la opción de poder configurar los parámetros de entrada y salida de la trayectoria del desbaste y del acabado de manera independiente. Para el desbaste, podemos elegir entre extender la trayectoria de entrada o de salida, o ambas.

Marcando la opción de *Extender entrada*, Mastercam toma el valor asignado en el campo de valor *Distancia de entrada adicional* y lo suma al comienzo de la trayectoria de la herramienta. De forma análoga se realiza un añadido al final de la trayectoria de la herramienta si se activa la opción de *Extender salida* y se introduce un valor al campo de *Distancia de salida adicional*.

Esta extensión en la parte inicial o final de la trayectoria es útil para perfiles en los que la geometría entre los extremos de las cadenas no es una línea perpendicular a ambas cadenas. Puede ser el caso, por ejemplo, de canales con una cierta inclinación con respecto a las paredes de la pieza.

Por último, en esta operación se permite también dejar creces de material en el mecanizado para posteriores operaciones de acabado. Esto se puede llevar a cabo con los campos de valores *Sobremedida en paredes* y *Sobremedida en pisos*.

Una vez definidos todos los parámetros necesarios en *Parámetros de corte*, y establecidos los datos necesarios en el apartado *Cortes en profundidad*. Lo siguiente será determinar si se quiere realizar una pasada de acabado, para ello tenemos que activar el apartado de *Pasada de acabado*.

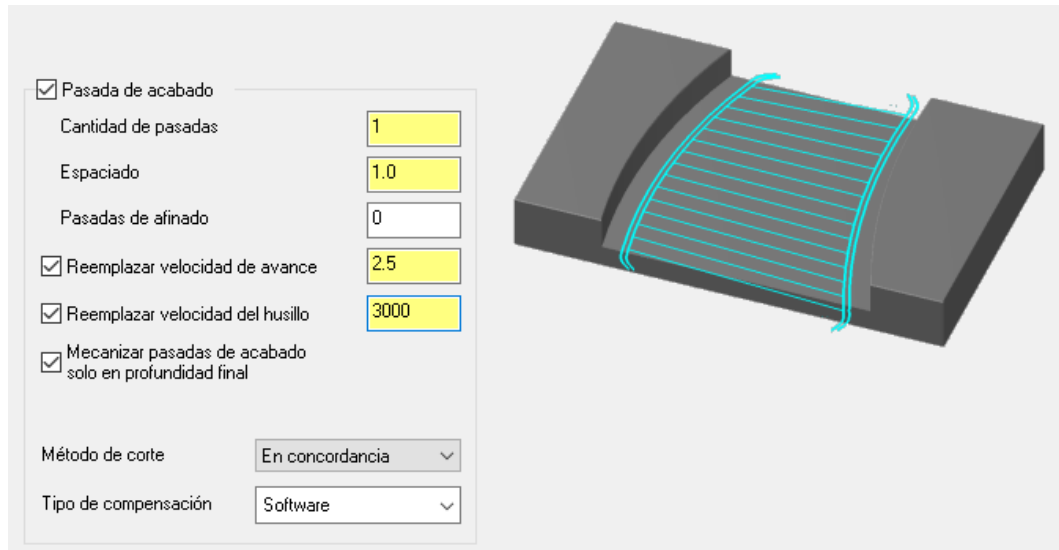


Figura 208 – Pasadas de acabado. Parámetros de corte. Fresado acanalado.

Cuando se activa esta opción la trayectoria de la herramienta realiza el número de pasadas especificado, definidos en los siguientes campos de valor:

- *Cantidad de pasadas*: marca el número de pasadas de acabado que debe realizar la herramienta.
- *Espaciado*: se define como el paso de material que debe arrancar la herramienta.
- *Pasadas de afinado*: es una pasada de acabado opcional que se realiza siguiendo la trayectoria de la última pasada de mecanizado.

Reemplazar velocidad de avance, sustituye la velocidad de avance de la herramienta por la que se introduzca en el campo de valor.

Reemplazar velocidad del husillo, sustituye la velocidad de giro del husillo de máquina por la que se introduzca en el campo de valor.

Con la opción *Mecanizar pasadas de acabado solo en profundidad final* activada, el mecanizado de acabado se realiza en las pasadas a la profundidad de corte final. Mientras que si esta desactivado lo irá haciendo a cada profundidad de corte.

Por último, tenemos que elegir el *Tipo de compensación* que se va a utilizar en esta operación de contorneado. La compensación es el recalculado de la punta de la herramienta o de su longitud a medida que se produce el mecanizado de la pieza y por tanto se crea un desgaste.

- *Software*, Mastercam recalcula la trayectoria con la herramienta ya compensada, no se genera control de dicha compensación.
- *Control*, en este caso Mastercam controla el desgaste de la herramienta, pero no traslada la medida del desgaste al control numérico para su compensación.
- *Desgaste*, este método es una mezcla de las dos anteriores, ya que, Mastercam si tiene en cuenta la compensación de la herramienta en la trayectoria, y también controla el desgaste que se produce en la herramienta. La dirección de compensación se realiza en el mismo sentido, tanto en el software como en el control
- *Desgaste invertido*, realiza lo mismo que el tipo anterior, exceptuando la dirección de compensación, que en este caso se produce en sentido contrario entre el software y el control
- *Desactivado*, Mastercam programa la punta de la herramienta directamente sobre la geometría de la cadena seleccionada sin compensar el desgaste.

CASO PRÁCTICO

A continuación, se enuncia un caso práctico en el que se trabajarán diferentes geometrías para ver cómo se debe parametrizar de manera óptima la operación de *Fresado de transición*. Y como en esta operación la dirección de las cadenas influye de manera directa en el mecanizado final.

Partiendo de la pieza terminada en el caso práctico de *Fresado acanalado*, y utilizando una fresa plana de 10mm de diámetro. Y un *paso máximo de desbaste* de 10mm de profundidad.

El primer ejemplo de *Fresado de transición* tiene como objeto mecanizar una geometría abierta. Estas geometrías son las más indicadas para esta operación, ya que, no van a existir problemas de colisión ni arranque de material indebido.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

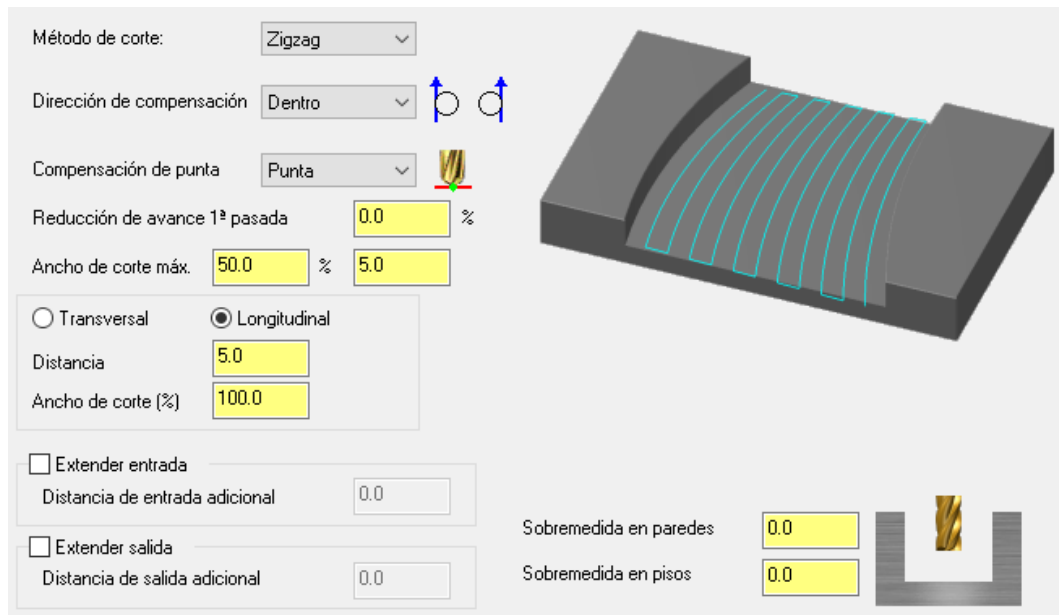


Figura 209 – Parámetros de corte. Caso práctico. Fresado de transición 1.

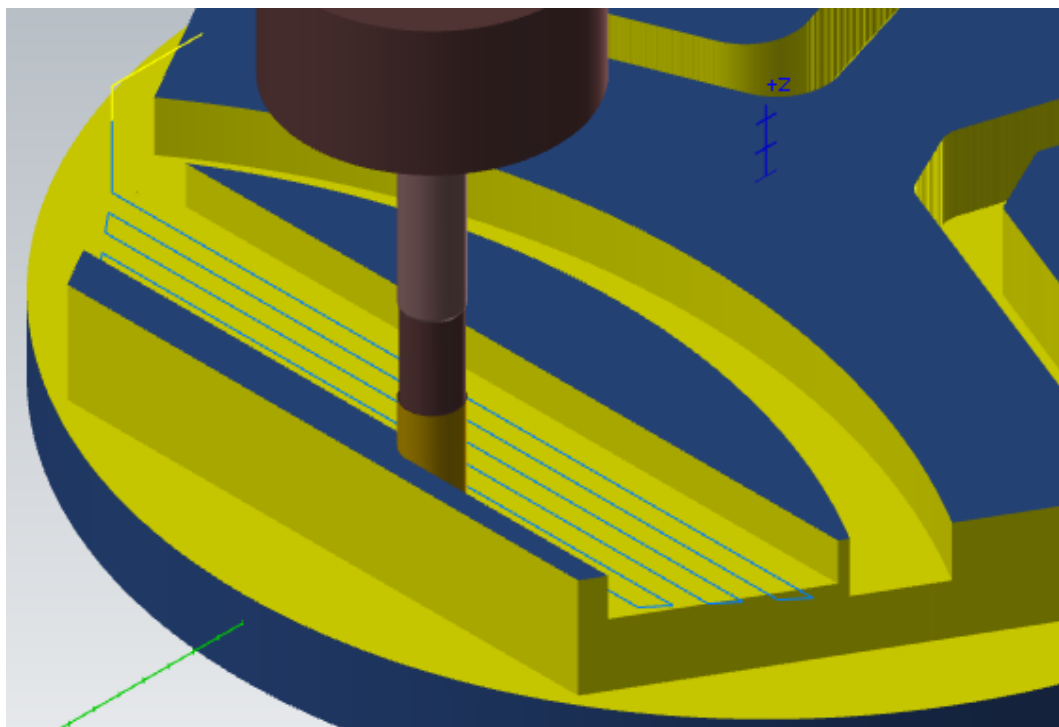


Figura 210 – Detalle punto de cambio en la dirección de mecanizado. Caso práctico. Fresado de transición 1.

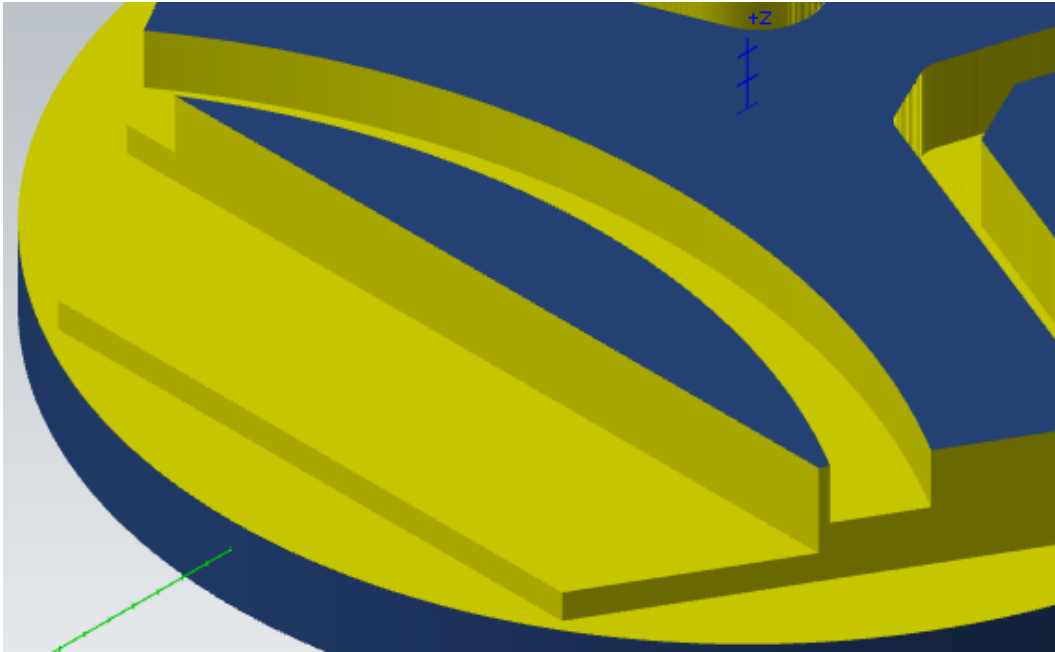


Figura 211 – Superficie final. Caso práctico. Fresado de transición 1.

En el segundo ejemplo, se va a utilizar *Una dirección* como *Método de corte*. En este caso, no existe peligro de colisión al haber seleccionado las cadenas en dirección al exterior del material en bruto. En el siguiente ejemplo se verá como estas direcciones afectan al resultado final de la pieza.

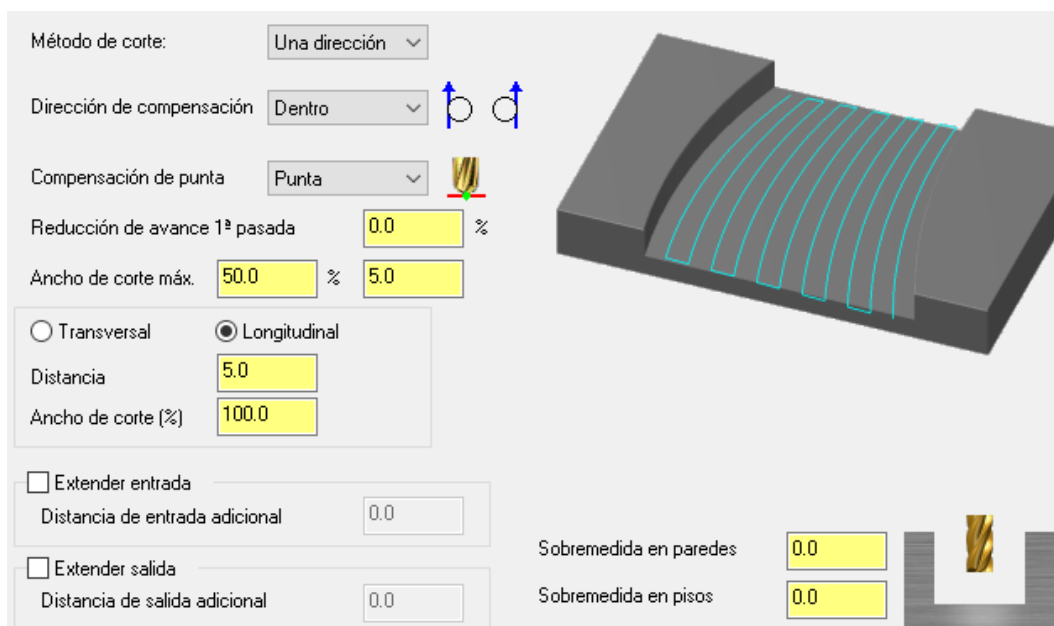


Figura 212 – Parámetros de corte. Caso práctico. Fresado de transición 2.

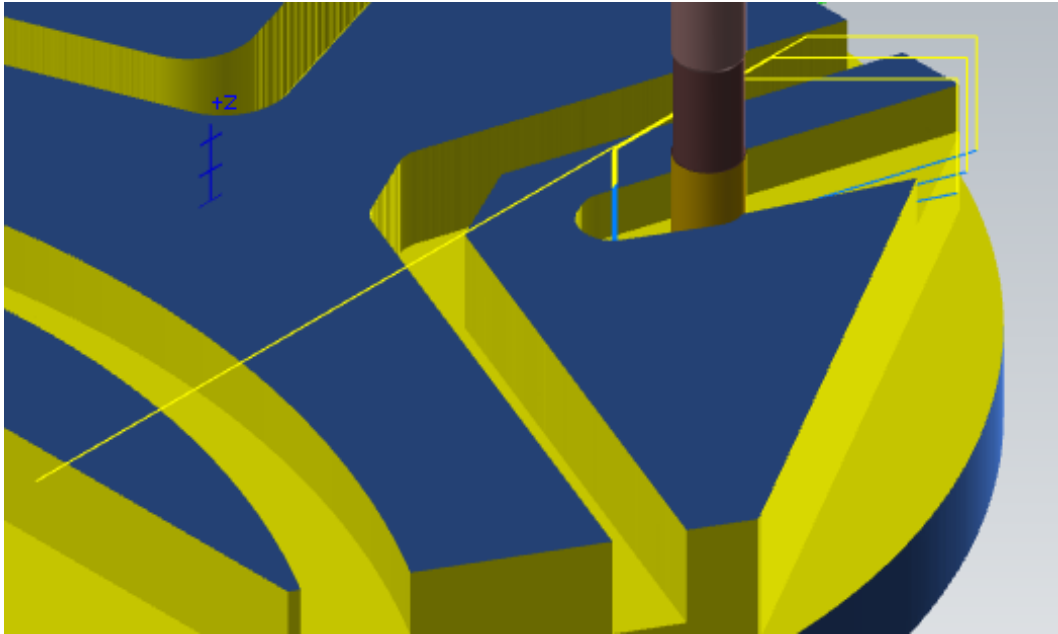


Figura 213 - Detalle mecanizado en una dirección. Caso práctico. Fresado de transición 2.

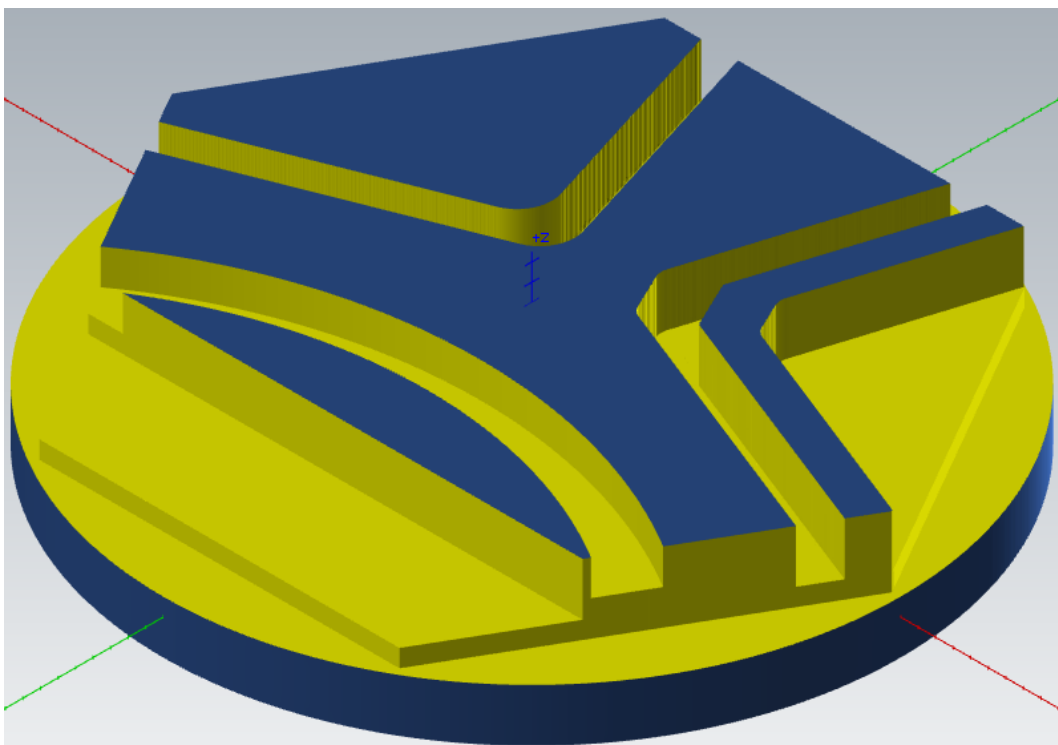


Figura 214 - Superficie final. Caso práctico. Fresado de transición 2.

Para el tercer ejemplo, se van a plantear distintas direcciones para las mismas cadenas de selección. Esto afecta de manera directa al resultado final del mecanizado, lo que hace evidente que una buena estrategia previa de selección es muy importante para el resultado deseado del mecanizado final.

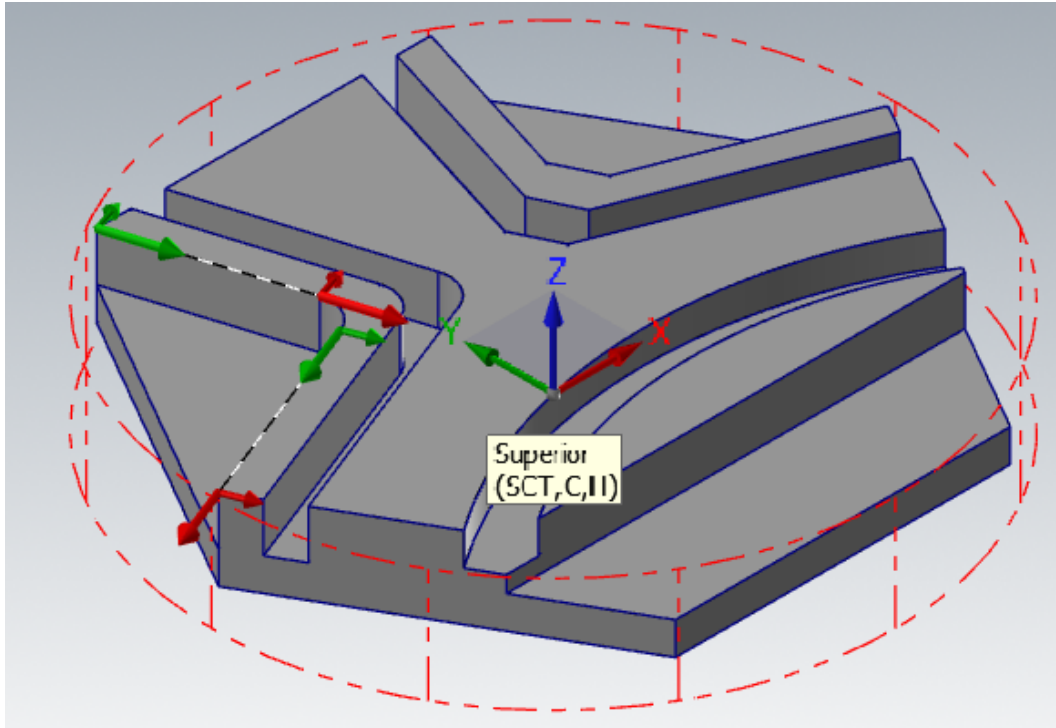


Figura 215 – Selección cadena 1. Caso práctico. Fresado de transición 3.

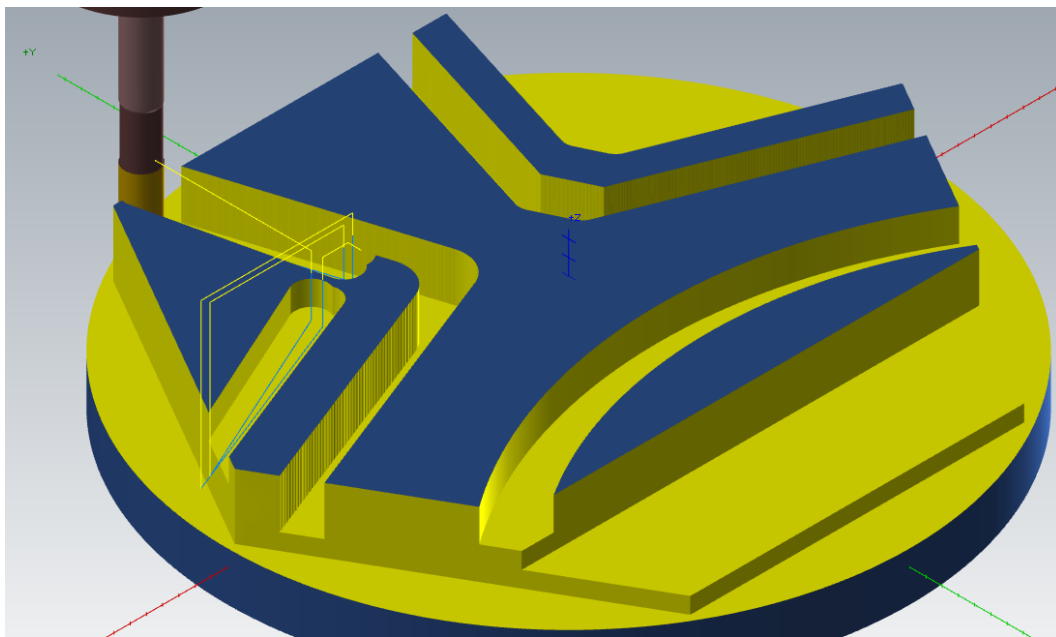


Figura 216 – Detalle mecanizado selección cadena 1. Caso práctico. Fresado de transición 3.

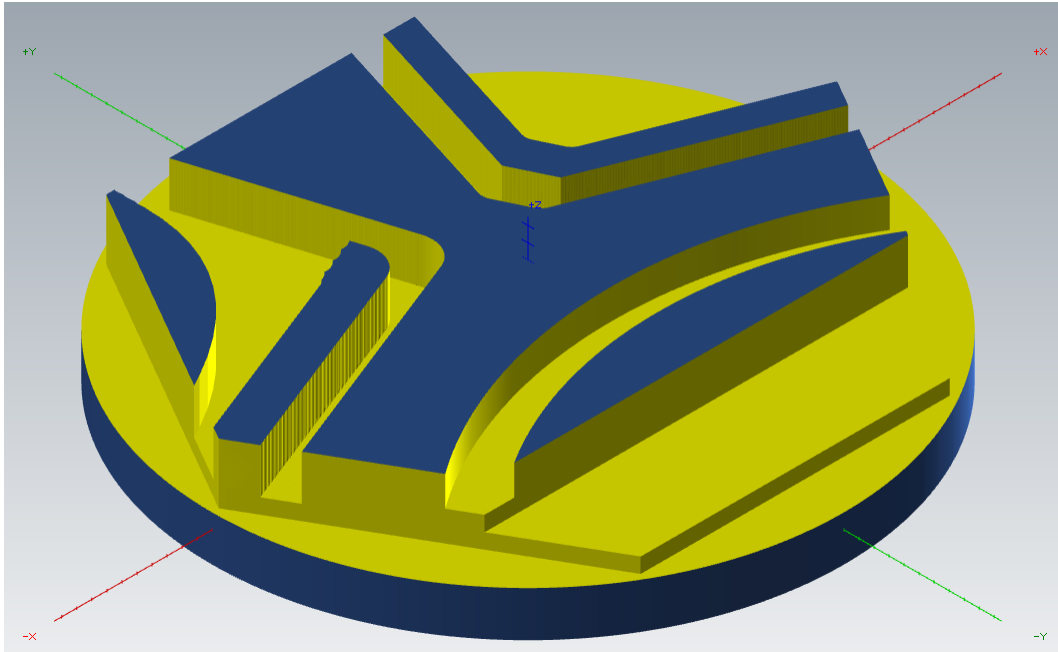


Figura 217 – Superficie final selección cadena 1. Caso práctico. Fresado de transición 3.

En la imagen superior se observa como el mecanizado obtenido es un tanto extraño. Debido a la dirección de las cadenas, el algoritmo que genera el *Fresado de transición* crea las trayectorias de herramienta de inicio a inicio de cadena, provocando que se genere una curva, y se elimine material no deseado.

En el siguiente ejemplo, se toman las cadenas en direcciones enfrentadas. El algoritmo trabaja de inicio a inicio de cadena, por lo tanto, eliminará el material contenido entre las cadenas que si se ajusta al diseño original.

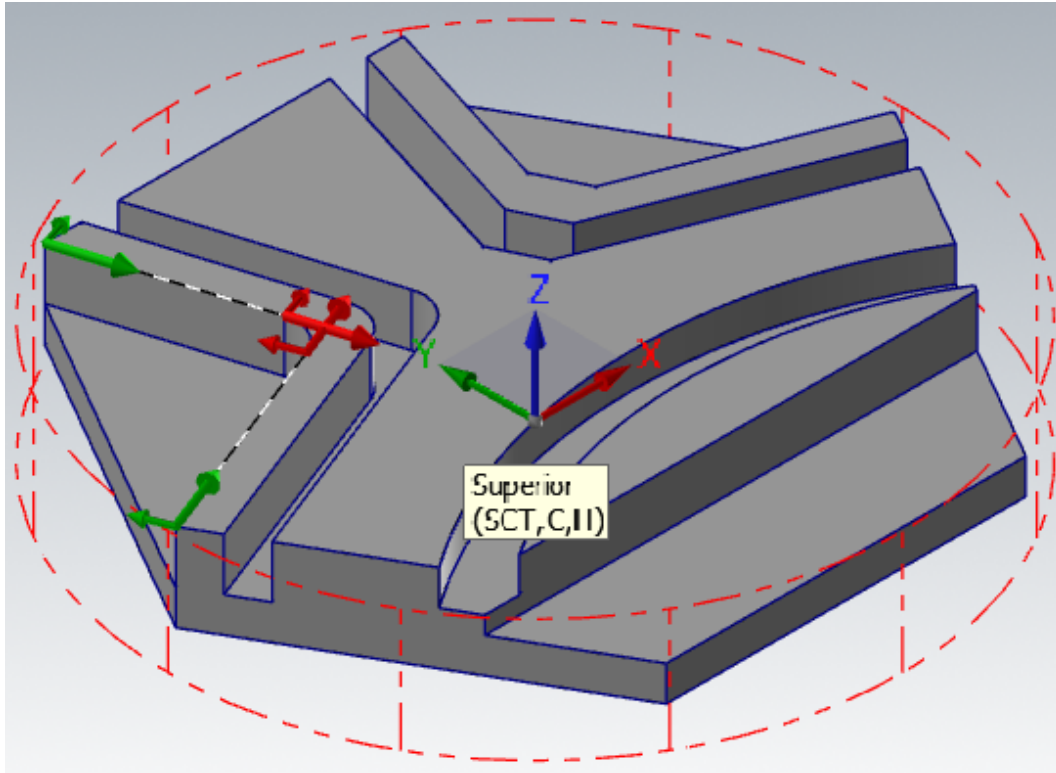


Figura 218 – Selección cadena 2. Caso práctico. Fresado de transición 3.

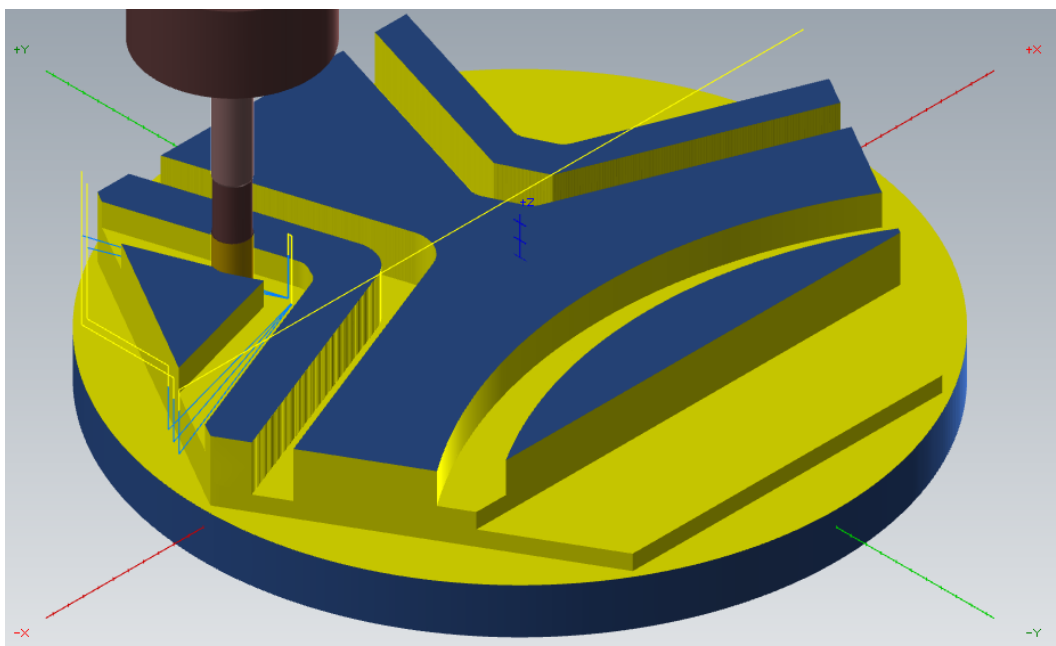


Figura 219 – Detalle mecanizado selección cadena 2. Caso práctico. Fresado de transición 3.

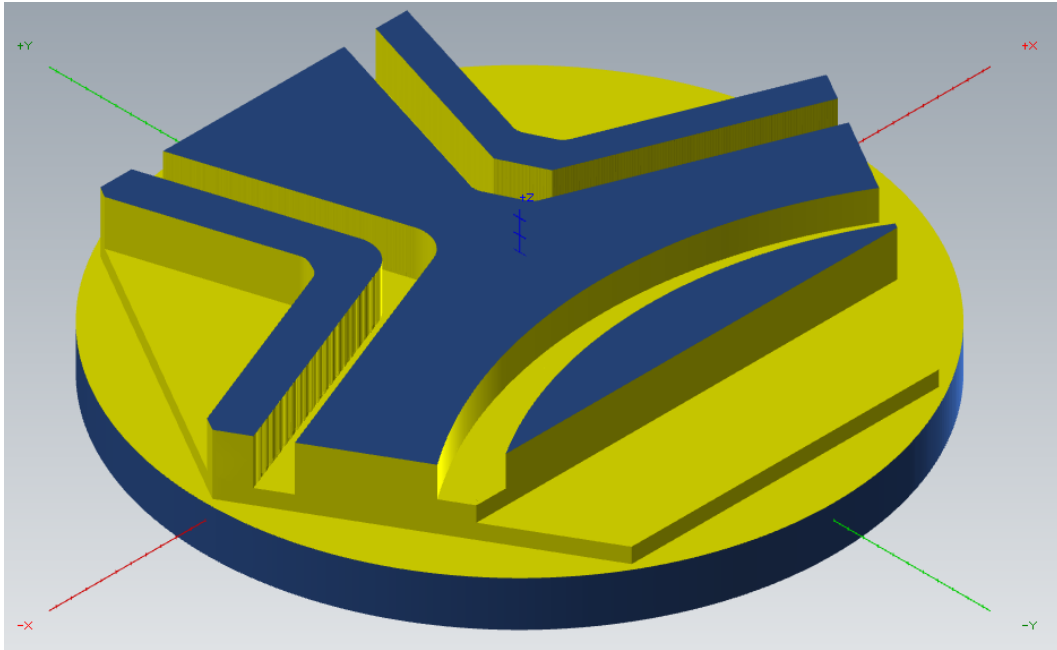


Figura 220 – Superficie final selección cadena 2. Caso práctico. Fresado de transición 3.

Un posible problema de crear áreas de acabado con esta operación es dejar sin mecanizar zonas de la geometría final, ya que, lo que el algoritmo hace es mecanizar la superficie entre dos cadenas seleccionadas. Por tanto, es una operación óptima para desbastar superficies grandes o abiertas y realizar un posterior acabado con un *Contorno* o *Contorno dinámico*. En la imagen superior, se observa como en el final de las trayectorias la herramienta no llega a mecanizar la forma creada en el diseño, y en lugar de crear una zona curva, la herramienta crea una superficie recta para cerrar la zona mecanizada.

Para terminar la pieza debemos realizar una operación de *Contorno* que profile la geometría desbastada por esta última operación de *Fresado de transición*. En la siguiente imagen se observa la pieza ya terminada una vez realizada dicha operación de acabado de contorno.

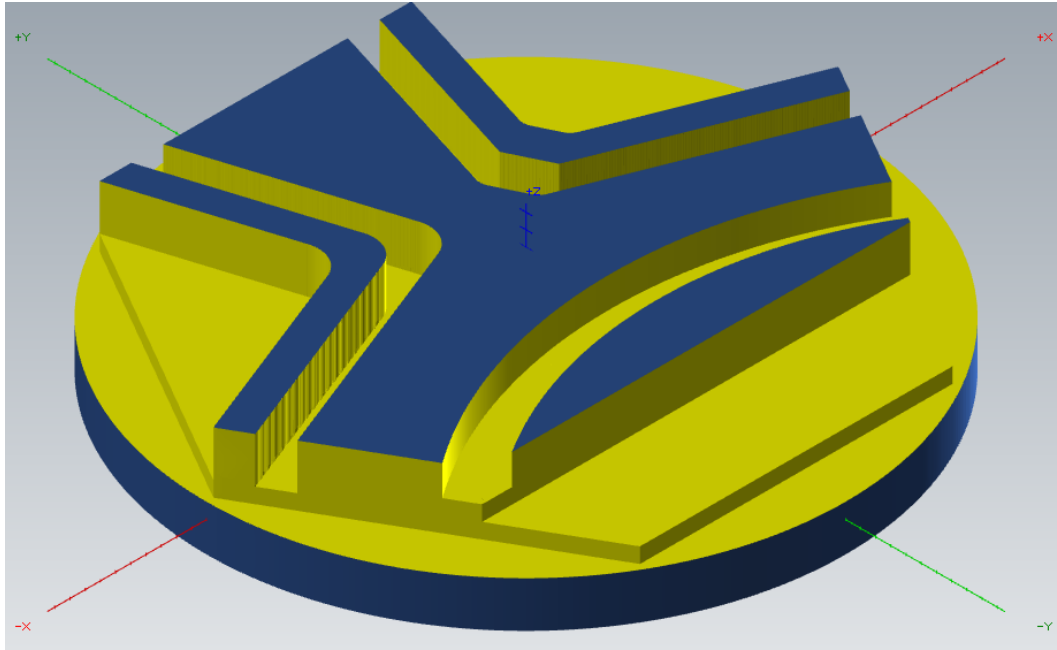


Figura 221 – Pieza final. Caso práctico. Fresado de transición 3.

8.7. FRESA PARA RANURAS EN T

Se puede definir esta operación como un caso característico de la operación de *Cajera*, ya que, para realizar esta operación de *Fresa para ranuras en T* es necesario una cadena cerrada y que dos de los laterales sean rectos y paralelos.

Esta operación, por tanto, es para geometrías muy marcadas y definidas en formas rectangulares en las que pueden variar sus extremos siendo ovalados o rectos.

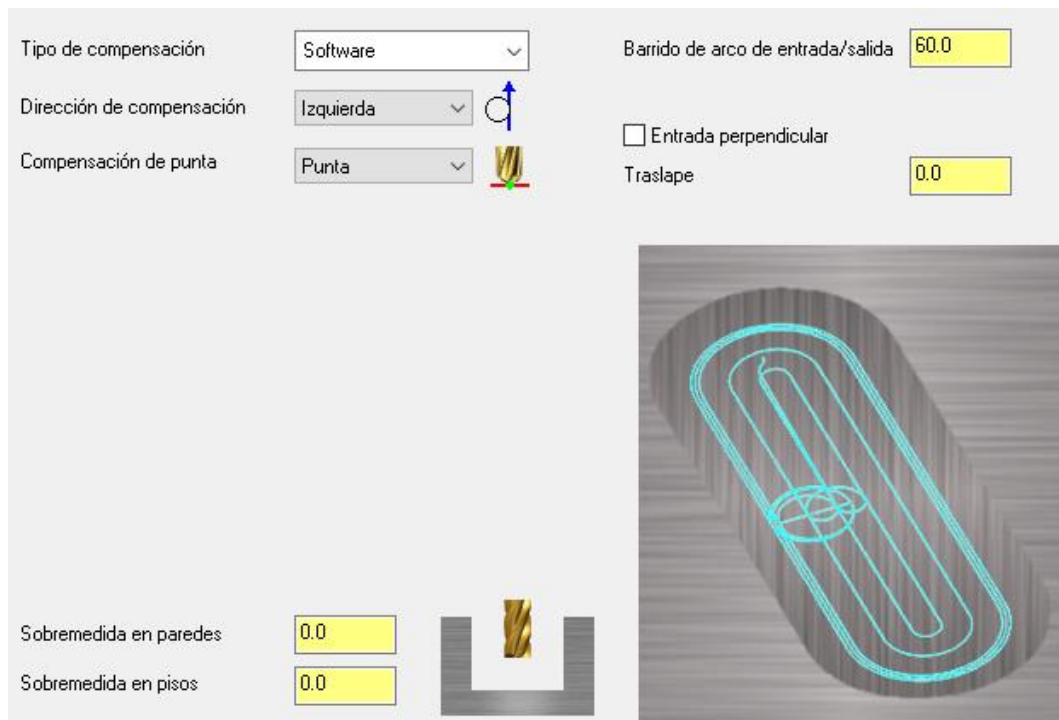






Figura 222 – Parámetros de corte. Fresa para ranuras en T.

Lo primero que tenemos que definir en los *Parámetros de corte* es la *Dirección de compensación*. Como ya se definió en *Contorno*, es importante elegir correctamente la *Dirección de compensación* en función del sentido de la cadena seleccionada para realizar el contorno. Hay que elegir *Derecha*  o *Izquierda*  en función del proceso final deseado.

Después de seleccionar la *Dirección de compensación* en la que se va a mecanizar, lo siguiente es elegir el *Tipo de compensación* que vamos a utilizar para dicho mecanizado. La compensación es el recalculado de la punta de la herramienta o de su longitud a medida que se produce el mecanizado de la pieza y por tanto se crea un desgaste.

- *Software*, Mastercam recalcula la trayectoria con la herramienta ya compensada, no se genera control de dicha compensación.
- *Control*, en este caso Mastercam controla el desgaste de la herramienta, pero no traslada la medida del desgaste al control numérico para su compensación.
- *Desgaste*, este método es una mezcla de las dos anteriores, ya que, Mastercam si tiene en cuenta la compensación de la herramienta en la trayectoria, y también controla el desgaste que se produce en la herramienta. La dirección de compensación se realiza en el mismo sentido, tanto en el software como en el control
- *Desgaste invertido*, realiza lo mismo que el tipo anterior, exceptuando la dirección de compensación, que en este caso se produce en sentido contrario entre el software y el control
- *Desactivado*, Mastercam programa la punta de la herramienta directamente sobre la geometría de la cadena seleccionada sin compensar el desgaste.

La *Compensación de punta* marca la cantidad de desplazamiento al centro 

o la *punta*  de la herramienta para las herramientas de punta redonda o esférica.

El parámetro más característico de esta operación es *Barrido de arco de entrada/salida*. Este parámetro establece el ángulo previo en el barrido de entrada o salida de cada corte en profundidad. Si se le da un valor de 180°, la entrada y salida que produce es una línea recta sobre la misma trayectoria de entrada de la siguiente profundidad de corte.

A continuación, se exponen 6 valores de muestra para ver cómo actúa este parámetros de *Barrido de arco de entrada/salida*.

En el primer caso expuesto, se observa como al llegar al final de la trayectoria la herramienta retoma la posición de entrada directamente, es decir, sube al plano de *Retroceso* sin realizar ninguna trayectoria dentro de la ranura.

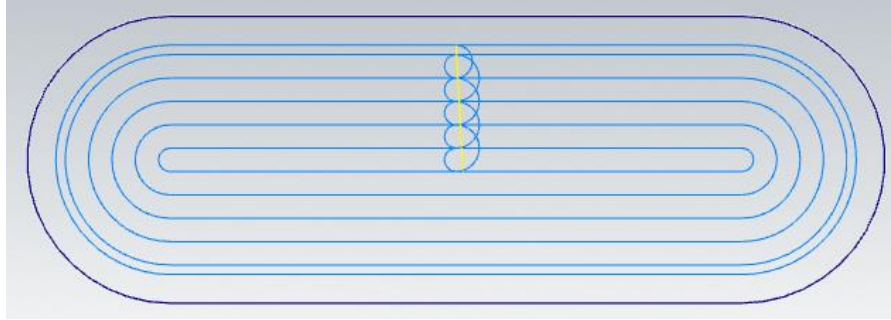


Figura 223 – Barrido de arco de entrada/salida de 0°. Parámetros de corte. Fresa para ranuras en T.

En los siguientes casos, observamos como al llegar a la última pasada de desbaste la herramienta va directamente a la posición de inicio del arco de entrada con los grados de inclinación asignados, y a continuación realiza la pasada de acabado.

Una vez mecanizada la pasada de acabado, la salida se realizará de la misma forma que se ha producido la entrada. La trayectoria creará un arco de salida con los grados de inclinación asignados.

Hay que tener en cuenta también que, en los ejemplos expuestos, se realiza una pasada de acabado, y esto hace que tengamos tanto barrido de entrada como de salida. Si solo se realiza el desbaste, el arco de entrada no aparecería, y solo tendríamos el arco de salida que es el situado a la izquierda de la trayectoria de entrada. El arco de entrada es, por tanto, el arco situado a la derecha de la trayectoria de entrada.

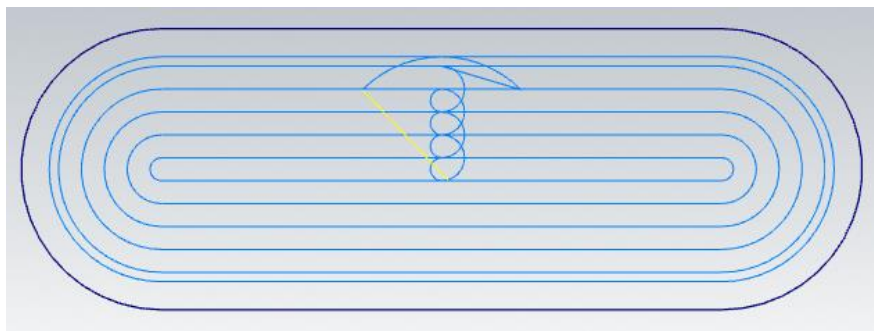


Figura 224 – Barrido de arco de entrada/salida de 45°. Parámetros de corte. Fresa para ranuras en T.

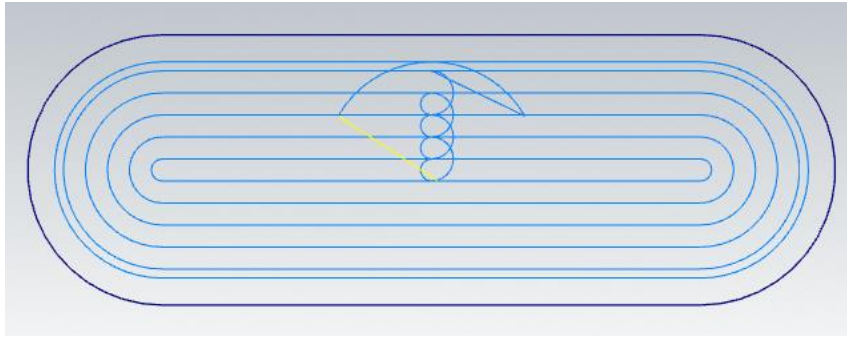


Figura 225 – Barrido de arco de entrada/salida de 60°. Parámetros de corte. Fresa para ranuras en T.

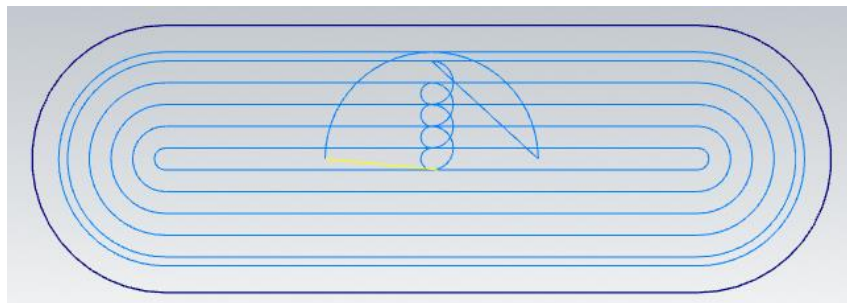


Figura 226 – Barrido de arco de entrada/salida de 90°. Parámetros de corte. Fresa para ranuras en T.

Cuando el grado de barrido supera los 90 grados, la trayectoria de entrada se ajusta para dar espacio a la herramienta y poder realizar ese barrido, reduciéndose la dimensión de la trayectoria de barrido y de trayectoria de entrada.

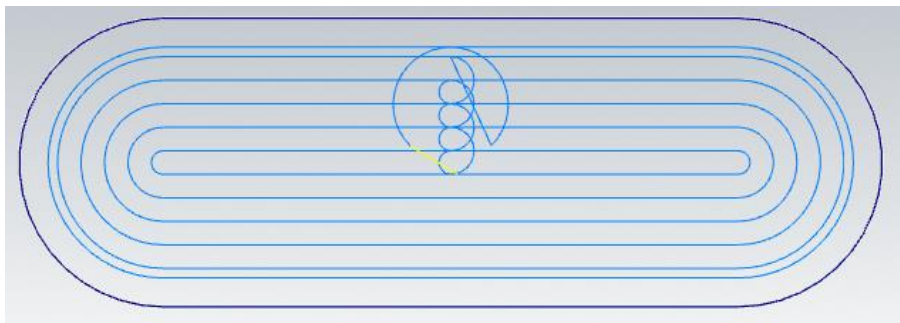


Figura 227 – Barrido de arco de entrada/salida de 135°. Parámetros de corte. Fresa para ranuras en T.

Cuando se producen los 180 grados de barrido, la herramienta realiza una línea recta que se corresponde exactamente con la línea de entrada de la pasada de acabado.

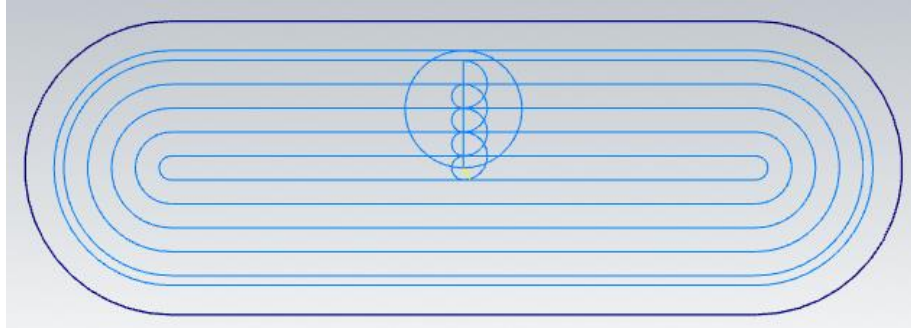


Figura 228 – Barrido de arco de entrada/salida de 180°. Parámetros de corte. Fresa para ranuras en T.

Al activar la casilla de *Entrada perpendicular*, se crea una trayectoria de entrada perpendicular en el primer movimiento de la herramienta y en el movimiento previo a la salida hacia el plano de *Retracción*.

Con *Traslape* podemos establecer cuanto a mayores supera el punto final de la trayectoria la herramienta. Esto es útil para evitar dejar marcas si la zona de entrada y salida coinciden.

Por último, en esta operación se permite también dejar creces de material en el mecanizado para posteriores operaciones de acabado. Esto se puede llevar a cabo con los campos de valores *Sobremedida en paredes* y *Sobremedida en pisos*.

El otro apartado a comentar en esta operación de *Fresa para ranuras en T* es el de *Desbaste/Acabado*.

Con este apartado podemos establecer un ángulo de entrada, que se irá desarrollando a lo largo de la trayectoria de la herramienta hasta llegar a la profundidad de corte.

Para el *Desbaste* se marca un *Ancho de corte* que es función del diámetro de la herramienta. Pudiéndose determinar como porcentaje del diámetro, o directamente como un número.

En cuanto a las *Pasadas de acabado*, establecemos el número de pasadas y la distancia dejada por la última pasada de desbaste, para que sea esta pasada de acabado la que la mecanice.

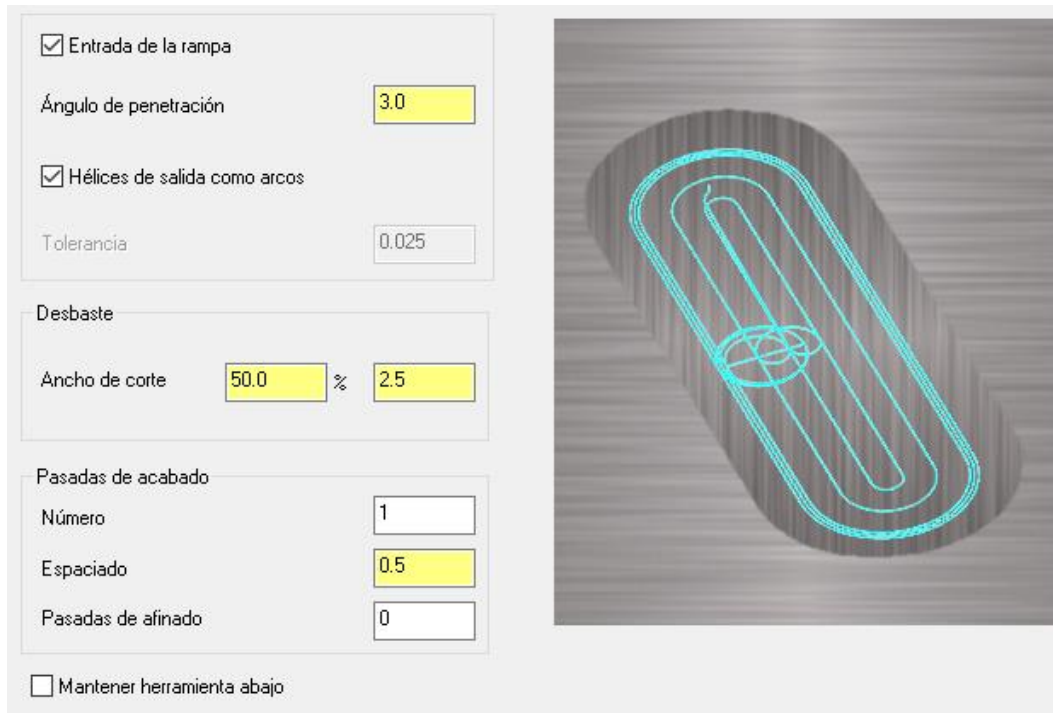


Figura 229 – Desbaste/Acabado. Fresa para ranuras en T.

8.8. CHAFLAN DE MODELO

La operación de *Chaflán de modelo* es completamente idéntica al *Tipo de contorno: Chaflán 2D*, que se realiza en la operación de *Contorno*. Lo único reseñable es que en esta operación es necesario tener un modelo sólido de la pieza, ya no nos sirve solo con la estructura alámbrica. Por tanto, no se verá más que las partes o parámetros que se vean modificados.

Lo primero es recordar que para realizar chaflanes Mastercam necesita trabajar con fresa de chaflán, fresa esférica o fresa tórica. Si no se toma alguna de estas herramientas, Mastercam nos muestra un aviso indicando que la herramienta seleccionada es errónea.

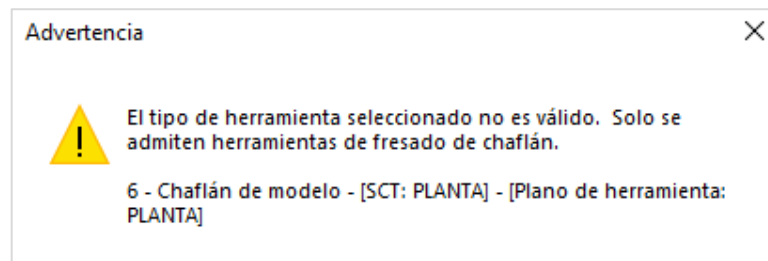


Figura 230 – Advertencia tipo de herramienta. Chaflán de modelo.

Los apartados que más se ven modificados en esta operación respecto de lo definido para *Chaflán 2D - Contorno* son, *Entrada/Salida* y *Parámetros de vinculación*.

En cuanto al apartado de *Entrada/Salida*, se ve reducido en número en campos de valor y parámetros, volviéndose más simple y sencilla su configuración.

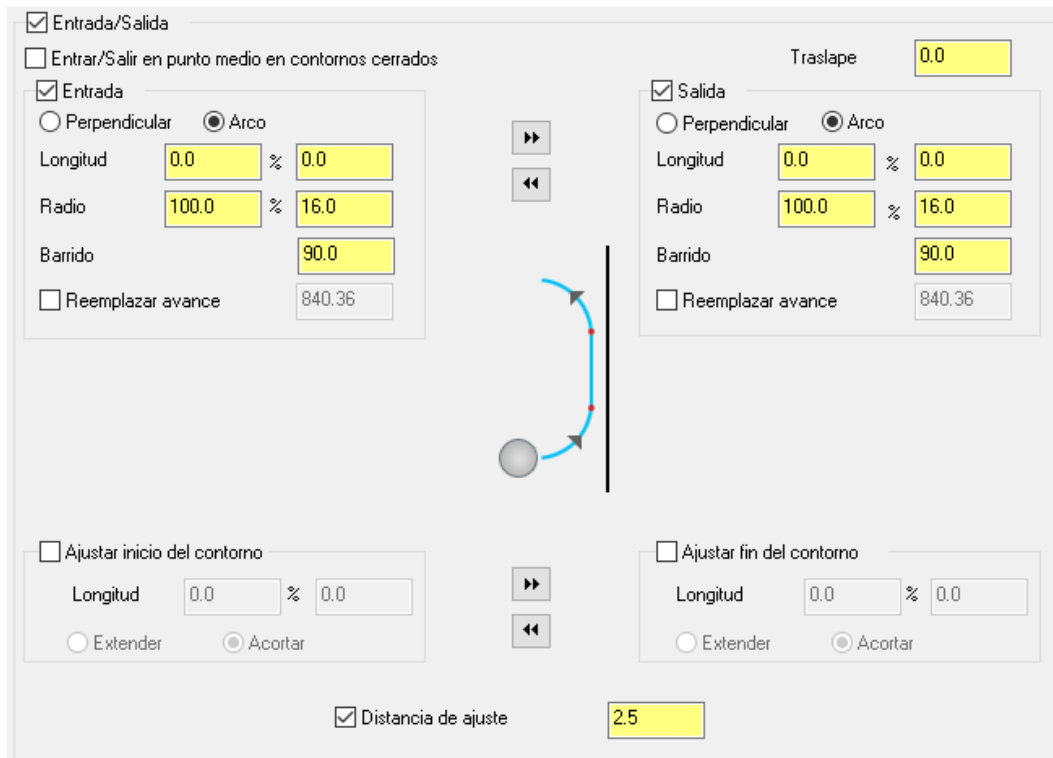


Figura 231 – Entrada/Salida. Parámetros de corte. Chaflán de modelo.

El único parámetro nuevo que se muestra es *Distancia de ajuste*. La función que realiza este parámetro es volver hacia atrás en la trayectoria de la herramienta, para remecanizar perfiles complejos o cambios en la trayectoria y realizar, por tanto, un mejor mecanizado de la geometría de cadena seleccionada. Podemos decidir si trabajar con esta opción o desactivarla.

El otro apartado que se ve modificado es *Parámetros de vinculación*. En este caso, se reduce al mínimo la configuración de los planos de trabajo de la herramienta. Mostrándose solo el campo de valor para los planos de *Separación*, *Retracción* y *Plano de avance*.

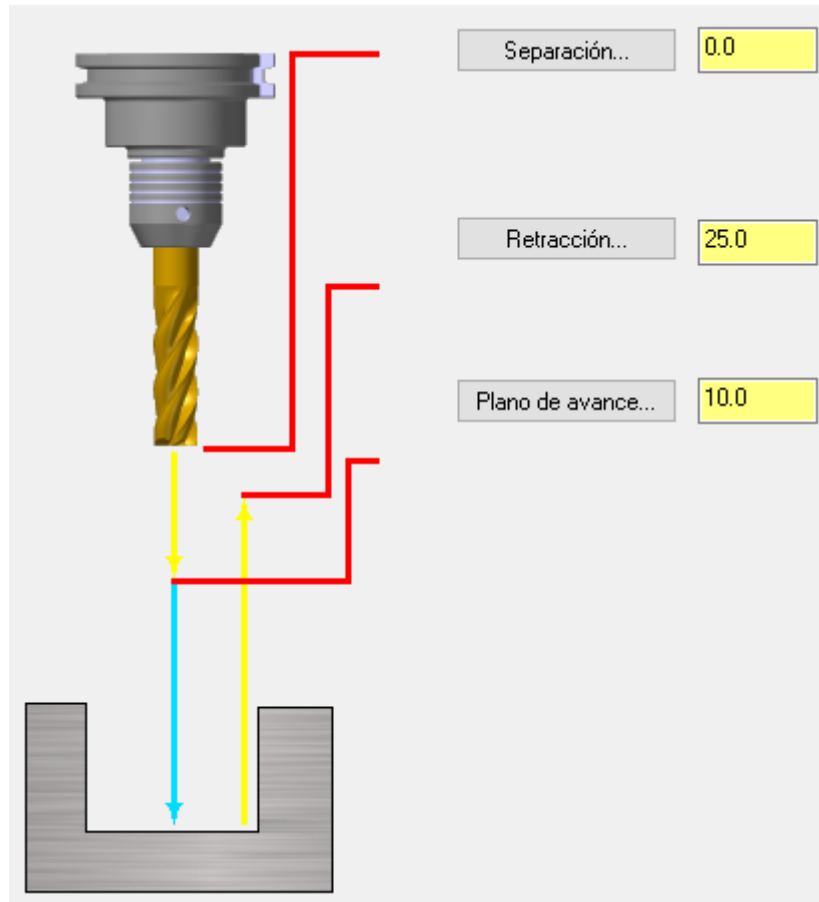


Figura 232 - Parámetros de vinculación. Chaflán de modelo.

CASO PRÁCTICO

A continuación, se enuncia un caso práctico. Este caso, se tomará de nuevo la pieza trabajada en *Contorno dinámico*, *Fresado de Área* y *Fresado de transición*.

Se van a mecanizar en forma de chaflán todos los contornos superiores de la pieza, tanto internos como externos. Y se utilizará una fresa de chaflán de diámetro 10mm y 45°.

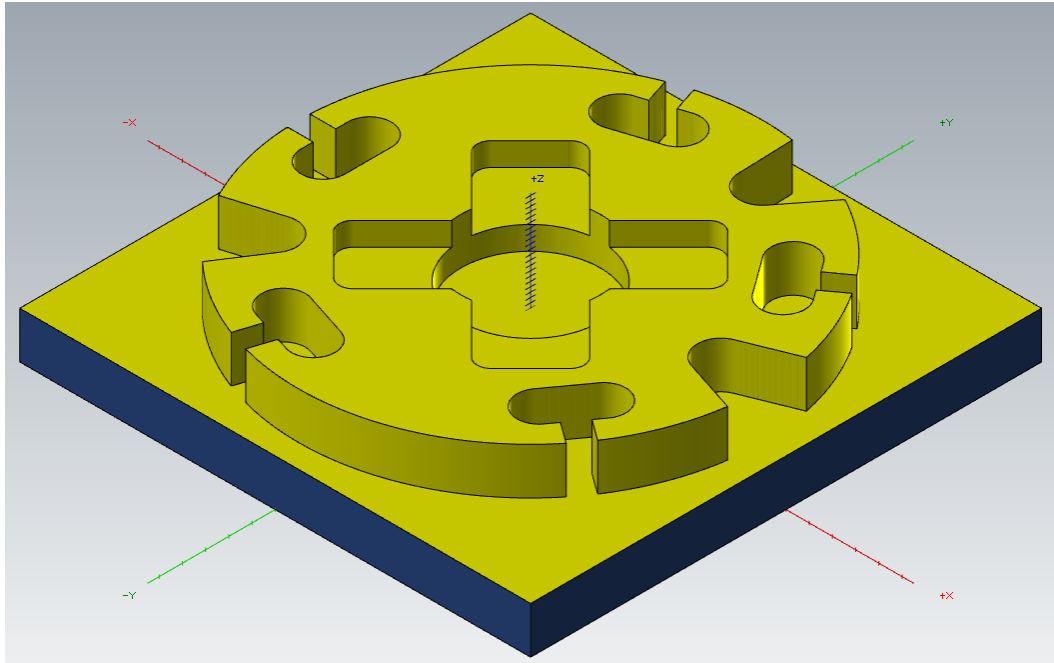


Figura 233 – Pieza de inicio para el mecanizado de Chablán de modelo. Caso práctico.

Los *Parámetros de corte* que se van a emplear son los siguientes:

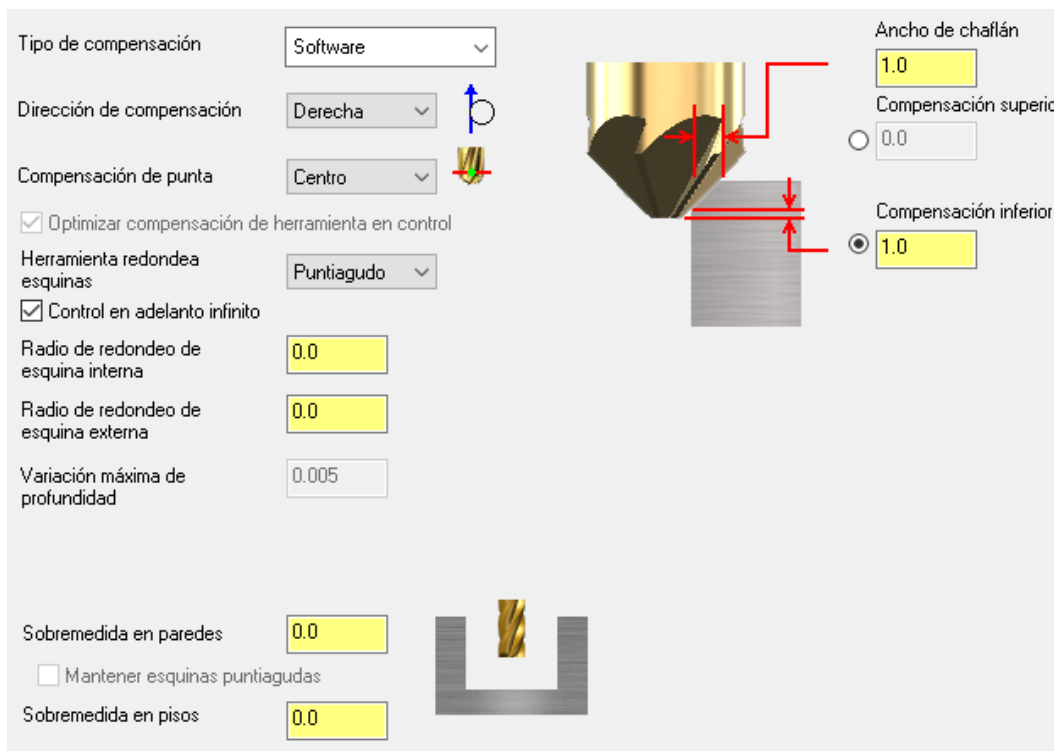


Figura 234 – Parámetros de corte. Caso práctico. Chablán de modelo.

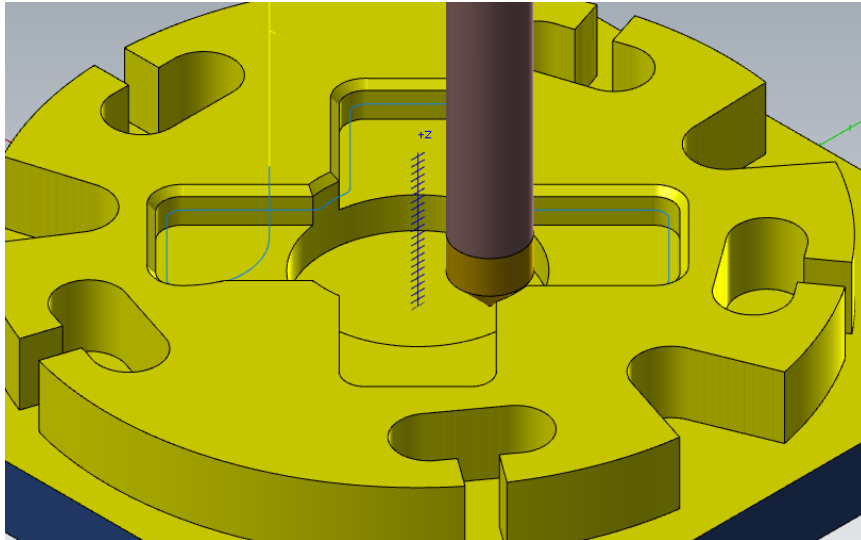


Figura 235 – Detalle de Chaflán de modelo en el contorno interno. Caso práctico.

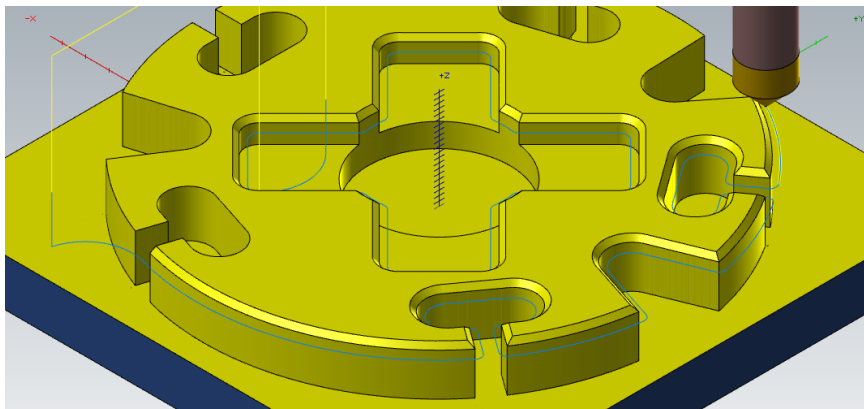


Figura 236 – Detalle de Chaflán de modelo en el contorno externo. Caso práctico.

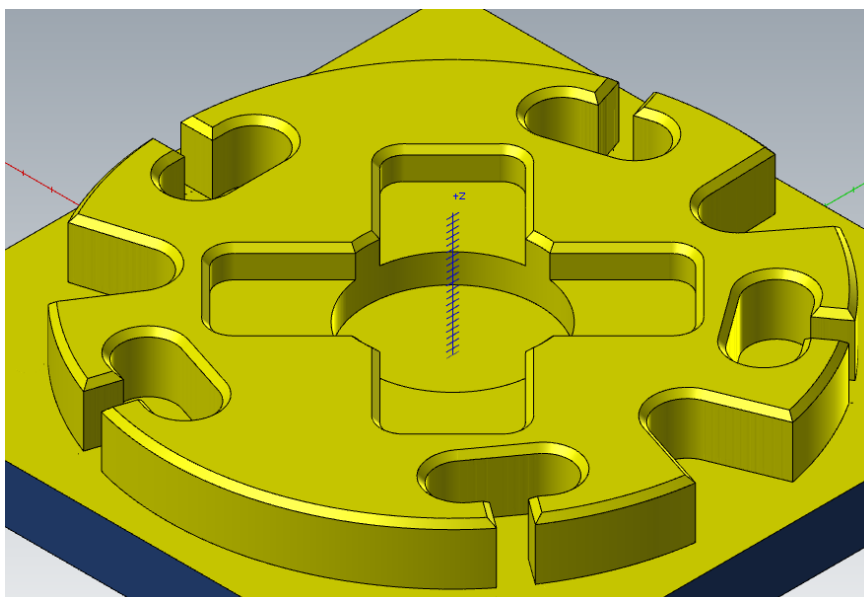


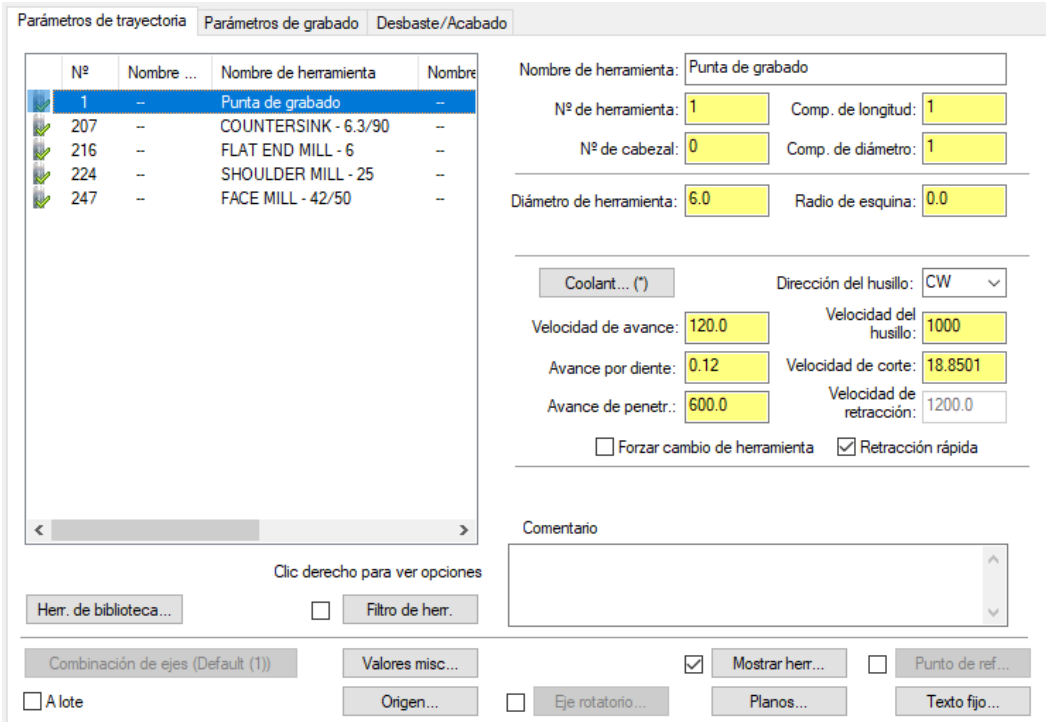
Figura 237 – Resultado mecanizado final. Caso práctico. Chaflán de modelo.

8.9. GRABAR

El *Grabado* es una técnica especial de mecanizado que utiliza cadenas cerradas y herramientas de dimensiones pequeñas para mecanizar perfiles como pueden ser letras o imágenes vectorizadas.

Cuando la cavidad a mecanizar es mucho más grande que la herramienta de *Grabado* es recomendable realizar antes una operación de desbaste con un *Cajeado*, dejando creces de material para el posterior acabado en la operación de *Grabado*. Esto ayudará a aumentar la vida de la herramienta y a mejorar el acabado superficial.

Lo primero que nos solicita esta operación es elegir los *Parámetros de trayectoria*, entre los que se encuentran tanto las velocidades y avances de mecanizado y desplazamiento, como la definición de la herramienta.



Nº	Nombre ...	Nombre de herramienta	Nombre
1	--	Punta de grabado	--
207	--	COUNTERSINK - 6.3/90	--
216	--	FLAT END MILL - 6	--
224	--	SHOULDER MILL - 25	--
247	--	FACE MILL - 42/50	--

Nombre de herramienta: Punta de grabado

Nº de herramienta: 1 Comp. de longitud: 1

Nº de cabezal: 0 Comp. de diámetro: 1

Diámetro de herramienta: 6.0 Radio de esquina: 0.0

Coolant... (*) Dirección del husillo: CW

Velocidad de avance: 120.0 Velocidad del husillo: 1000

Avance por diente: 0.12 Velocidad de corte: 18.8501

Avance de penetr.: 600.0 Velocidad de retracción: 1200.0

Forzar cambio de herramienta Retracción rápida

Comentario

Herr. de biblioteca... Filtro de herr.

Combinación de ejes (Default (1)) Valores misc... Mostrar herr... Punto de ref...

A lote Origen... Eje rotatorio... Planos... Texto fijo...

Figura 238 – Parámetros de trayectoria. Grabado.

Es común en esta operación tener que crear una herramienta con los principales parámetros de diámetro de punta, diámetro externo, ángulo de punta, longitud de corte, etc.

Una vez que hemos definido la herramienta de grabado y las propiedades relativas a velocidad y avance, lo siguiente es pasar a la pestaña de *Parámetros de grabado*.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Esta pestaña es similar en forma a *Parámetros de vinculación*, aunque también se incluyen apartados del mecanizado como pueden ser *Cortes en profundidad*, la *Dirección de mecanizado*, *Remecanizado* de material en bruto e incluso permite *Sobremedida en XY*, para poder perfilar cadenas con ángulos muy cerrados o radios muy pequeños con una herramienta posterior.

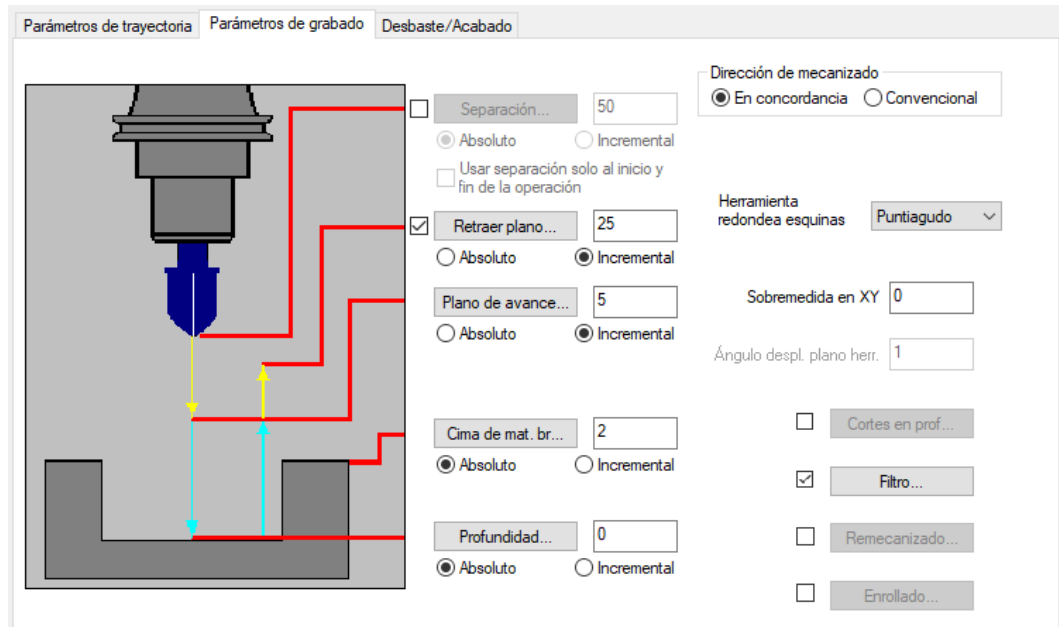


Figura 239 – Parámetros de grabado. Grabado.

En cuanto a la similitud con los *Parámetros de vinculación* en esta pestaña se muestran los planos de *Separación*, *Retraer plano*, *Plano de avance*, *Cima de material en bruto* y *Profundidad*.

Por último, en la pestaña de *Desbaste/Acabado* podemos especificar si se desea realizar una operación de desbaste o directamente realizar el acabado.

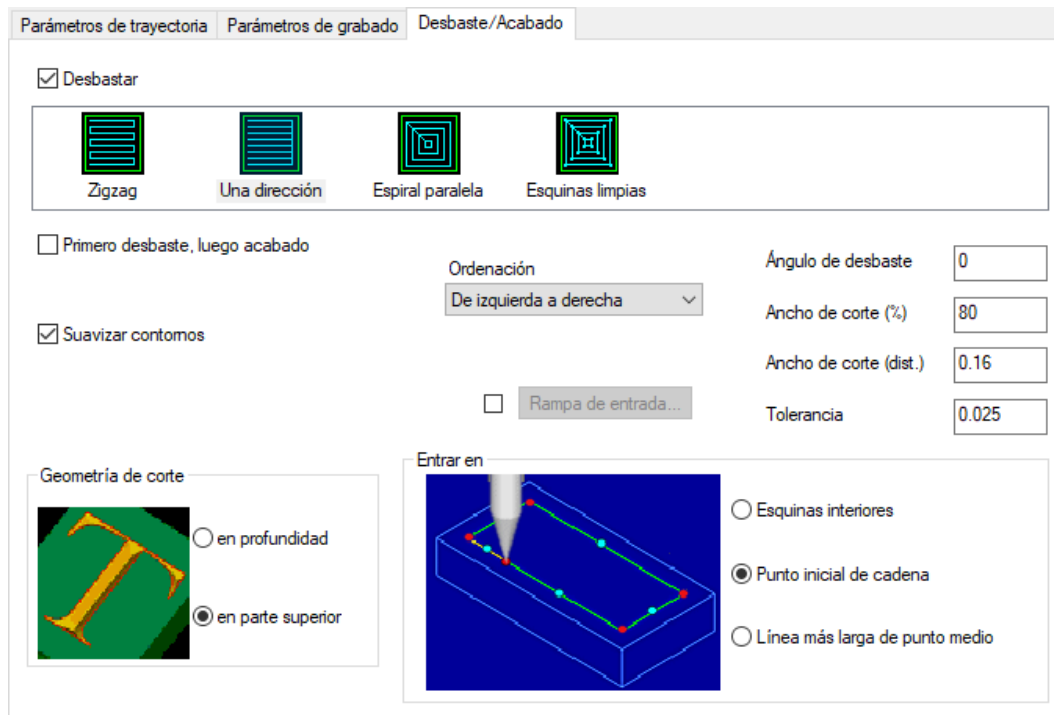


Figura 240 – Desbaste/Acabado. Grabado.

En el *Desbaste* disponemos de cuatro métodos de corte: *Zigzag*, *Una dirección*, *Espiral paralela* o *Esquinas limpias*.

Al activar el *Desbaste*, se muestran los campos de valor de *Ángulo de desbaste*, *Ancho de corte (%)*, *Ancho de corte (dist.)*, además de poder seleccionar si realizar el acabado una vez realizados todos los desbastes, marcando la opción de *Primero desbaste, luego acabado*.

Mastercam nos permite en el *Desbaste* realizar la entrada sobre el material mediante una *Rampa de entrada*, lo que favorece la vida de la herramienta al realizar entradas más suaves, tangentes a la cima del material.

Un parámetro muy importante exclusivo de la operación de *Grabado* es la *Geometría de corte*. Con dos posibles opciones:

- *En profundidad*: define que la geometría a grabar se proyecte en la profundidad marcada en el plano de *Profundidad*. Este método de grabado puede salirse de los límites de la geometría.
- *En parte superior*: define que la geometría a grabar se proyecte en la cima del material, sin importar la profundidad asignada en el plano de *Profundidad*.

Otro parámetros exclusivo de la operación de *Grabado* es *Entrar en* que dispone de las siguientes opciones:

- *Esquinas interiores*: la herramienta realiza la entrada de la trayectoria en la esquina interior más cercana del punto seleccionado en la cadena cerrada.
- *Punto inicial de cadena*: la herramienta realiza la entrada de la trayectoria en el punto seleccionada de la cadena cerrada.
- *Línea más larga de punto medio*: la herramienta realiza la entrada de la trayectoria en el punto medio de la línea más larga que tenga la cadena cerrada seleccionada.

CASO PRÁCTICO

A continuación, se enuncia un caso práctico. Este caso, se tomará una pieza a la que se le ha realizado previamente un *Planeado* con el que limpiar la superficie superior, un *Cajeado* necesario para cumplir las especificaciones finales del diseño y *Chaflán 2D* para matar las esquinas debidas a estas dos operaciones previas.

Todas estas operaciones previas se muestran en el árbol de operaciones, junto con la herramienta empleada para el mecanizado.

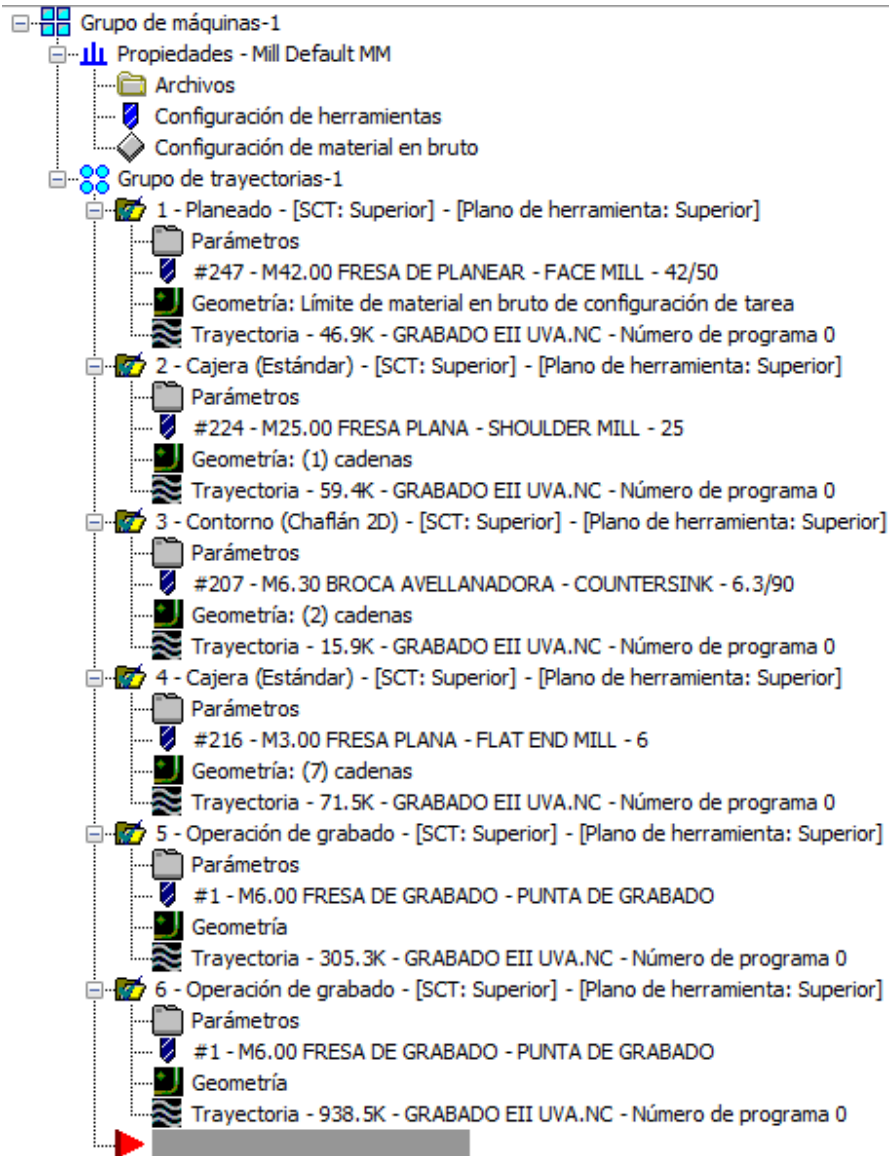


Figura 241 – Árbol de operaciones. Caso práctico. Grabado.

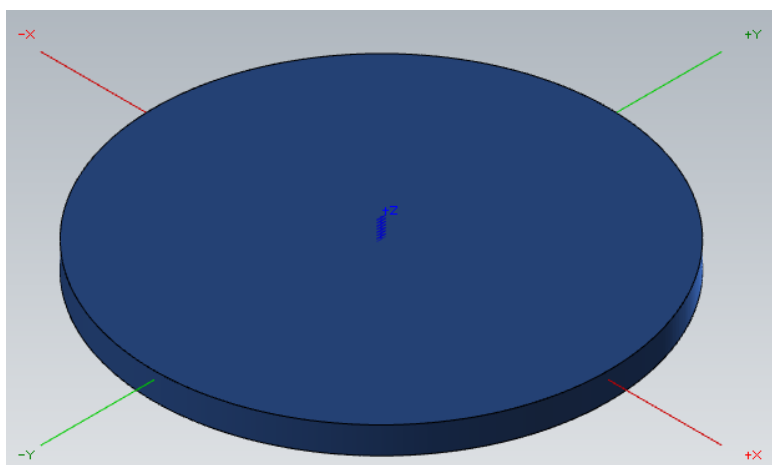


Figura 242 – Material en bruto de partida. Caso práctico. Grabado.

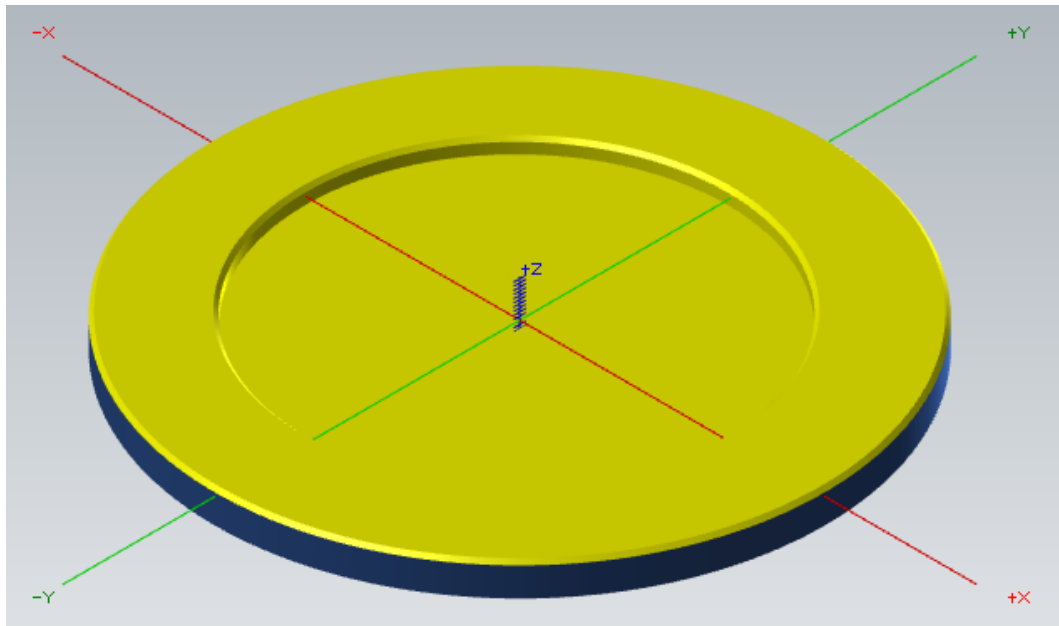


Figura 243 – Pieza mecanizada con las operaciones previas al Grabado. Caso práctico.

La siguiente operación que se va a realizar es un cajeadado previo al grabado de la zona central.

Es común en esta operación de grabado, realizar un desbaste previo para geometrías que son mucho mayores que la geometría de la herramienta. Esto implica una mejora del proceso de grabado al estar la herramientas más descargada de trabajo y, por tanto, un aumento de la vida. Así como una reducción del tiempo de mecanizado del proceso total de la pieza.

En este *Cajeadado* se dejarán 3 mm de *Sobremedida en paredes* para realizar después el grabado de estas cadenas cerradas.

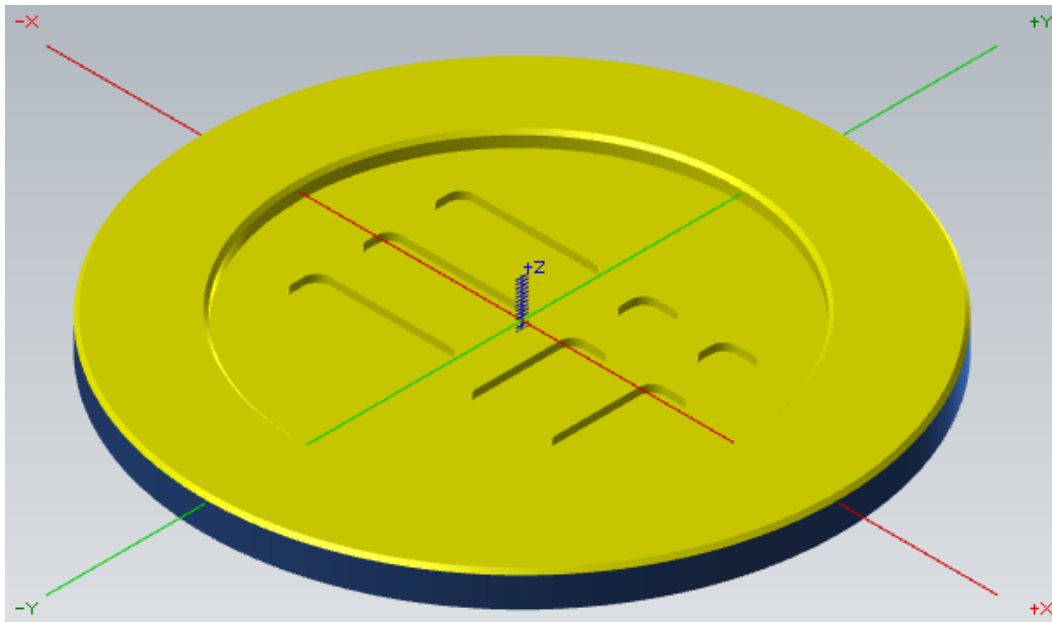


Figura 244 – Pieza tras Cajado de desbaste. Caso práctico. Grabado.

Para las dos operaciones de *Grabado* posteriores, se crea la siguiente herramienta de grabado. Se trata de una fresa en forma de cono, con un *Diámetro de punta* de 0,2mm, un *Diámetro externo* de 6mm. Esta es la dimensión máxima de corte que nos puede ofrecer la herramienta en una pasada en su máxima profundidad de trabajo, teniendo en cuenta que la punta tiene un *Ángulo* de 15°.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Definir Fresa de grabado

Ajuste las propiedades geométricas utilizadas para definir la forma de la herramienta.

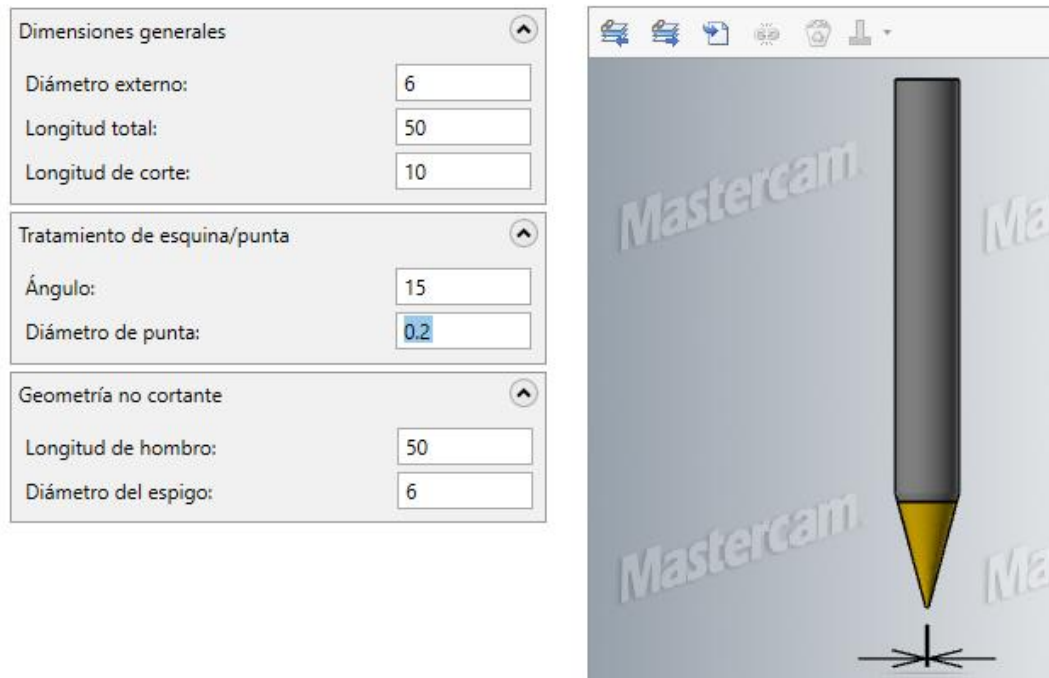


Figura 245 – Geometría de herramienta. Grabado. Caso práctico.

En esta primera operación de *Grabado*, se realizará un *Desbaste* para eliminar los restos de material sobrante dejados por la operación de *Cajeadado* previa.

En este caso la profundidad de grabado es de 2mm. Por seguridad, se determina que el plano *Cima de mat. bruto*. se encuentra en el origen del eje Z. Y que el plano *Profundidad* se encuentre 4mm por debajo del eje Z.

No se dejará *Sobremedida en XY*, ya que, esta operación de *Grabado* no requiere de una posterior.

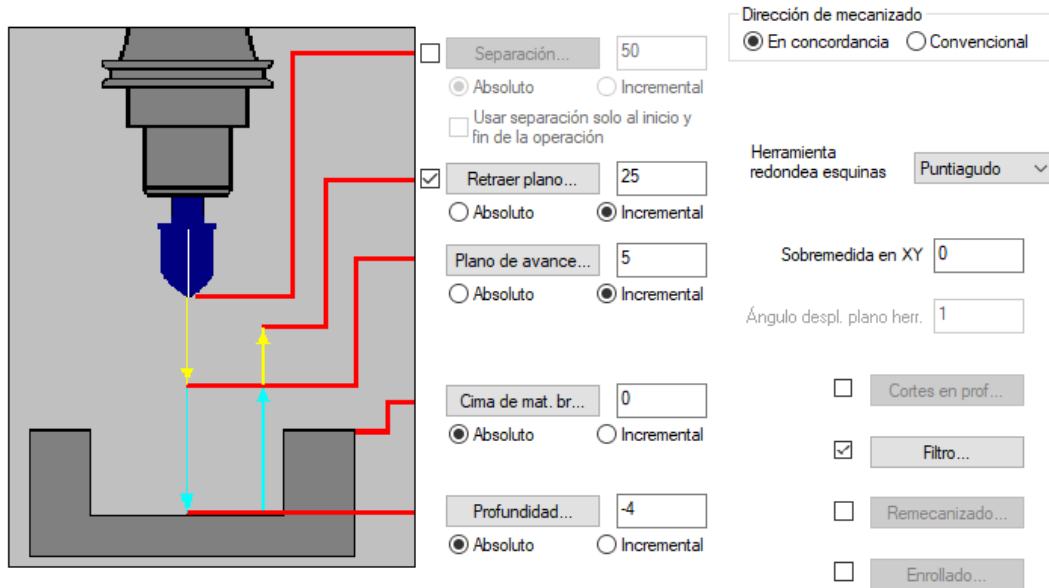


Figura 246 – Parámetros de grabado. Caso práctico. Grabado 1.

En cuanto a los parámetros de corte de *Desbaste* y *Acabado*. Se realiza el desbaste utilizando la estrategia de *Esquinas limpias*. Este método de corte es similar al de espiral paralela, pero añade movimientos de limpieza en las esquinas para eliminar material de manera más eficaz. Y se realizará primero todo el desbaste de la cavidad y posteriormente el acabado de la geometría seleccionada.

Se trabajará con una *Geometría de corte en parte superior*, para preservar los límites reales de la cadena seleccionada.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

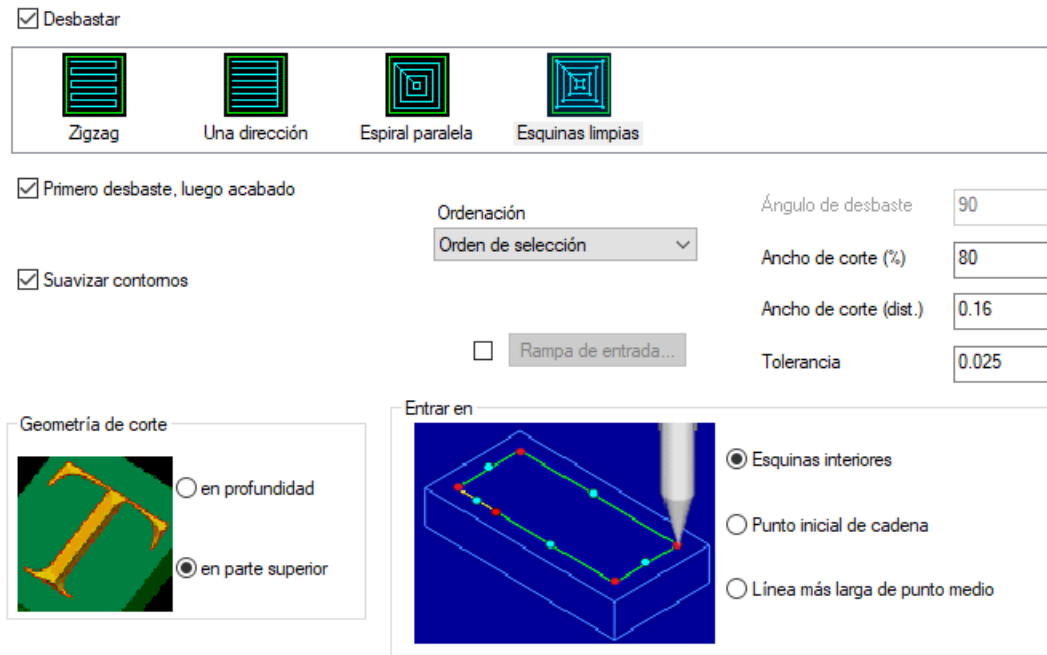


Figura 247 – Parámetros de Desbaste/Acabado. Caso práctico. Grabado 1.

En las siguientes dos imágenes se muestra como el *Desbaste* del Grabado 1 incide en mecanizar las esquinas de manera estricta.

En la segunda imagen mostrada, la herramienta ya ha realizado el *Acabado* siguiendo el perfil de las cadenas cerradas que hemos seleccionado. Se puede ver claramente como esa incidencia en las esquinas ha desaparecido.

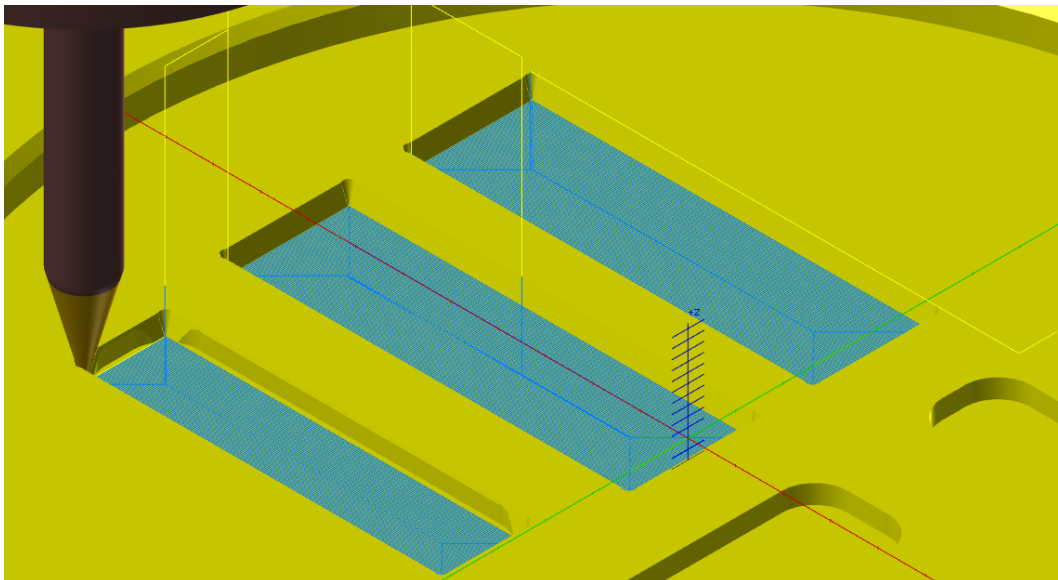


Figura 248 – Detalle del Desbaste durante el mecanizado del Grabado 1. Caso práctico.

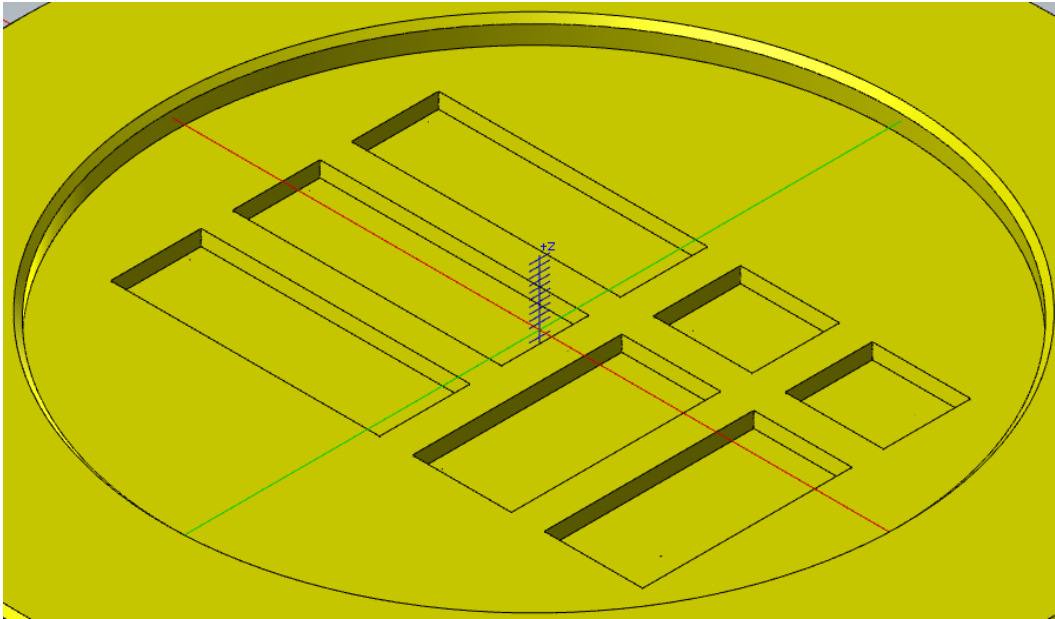


Figura 249 – Detalle de la geometría acabada. Grabado 1. Caso práctico.

Para la segunda operación de *Grabado*, se utilizará la misma herramienta de corte. Esta vez no se realiza ningún desbaste previo con ninguna otra operación ni herramienta. Será directamente la herramienta de corte de *Grabado* la que realice el *Desbaste* y posterior *Acabado*.

En lo referente a los *Parámetros de grabado*, se trabajará directamente sobre el plano de *Cima de mat. bruto*, ya que, en este caso previamente se ha realizado una operación de *Planeado*, siendo seguro tomar el plano de material directamente sobre la cara plana, que está situada 2mm por encima del eje Z. Para la profundidad de corte, vamos a mecanizar a 2mm de profundidad desde el plano de *Cima de mat. bruto*, por tanto, el plano *Profundidad* estará situado por encima del eje Z.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

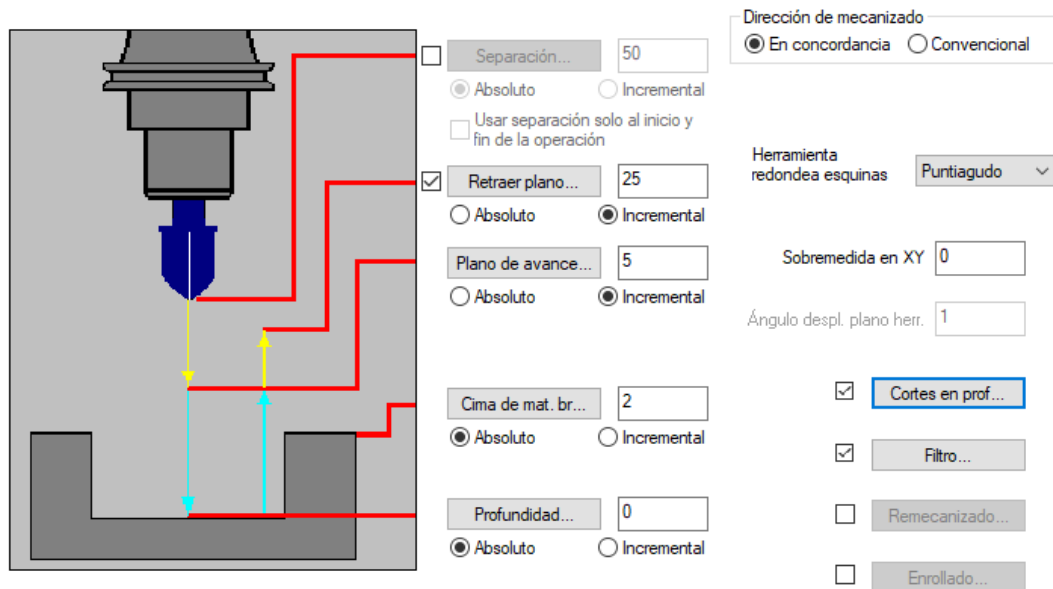


Figura 250 – Parámetros de grabado. Caso práctico. Grabado 2.

Para este Grabado, y debido a la gran longitud de corte que realiza la herramienta, vamos a realizar dos pasadas en profundidad con el mismo incremento de profundidad.

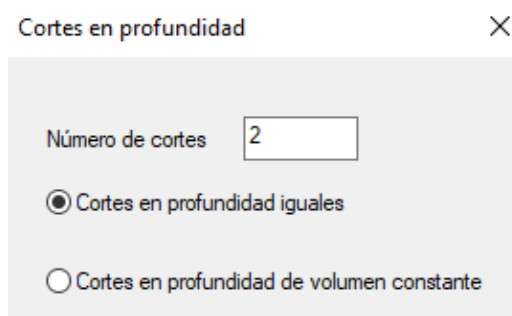


Figura 251 – Cortes en profundidad. Parámetros de grabado. Caso práctico. Grabado 2.

Activamos la opción *Cortes en profundidad*, marcando una estrategia de *Cortes en profundidad iguales* y 2 pasadas de corte.

Los parámetros de corte de *Desbaste* y *Acabado* se mantienen iguales respecto al *Grabado* anterior, salvo la estrategia de *Desbaste* que en este caso se utilizará un método de corte de *Espiral paralela*.

Mastercam realizará por tanto dos pasadas de *Desbaste* de 1mm de profundidad cada una, y una tercera pasada de *Acabado* que perfilará el contorno de las cadenas cerradas seleccionadas.

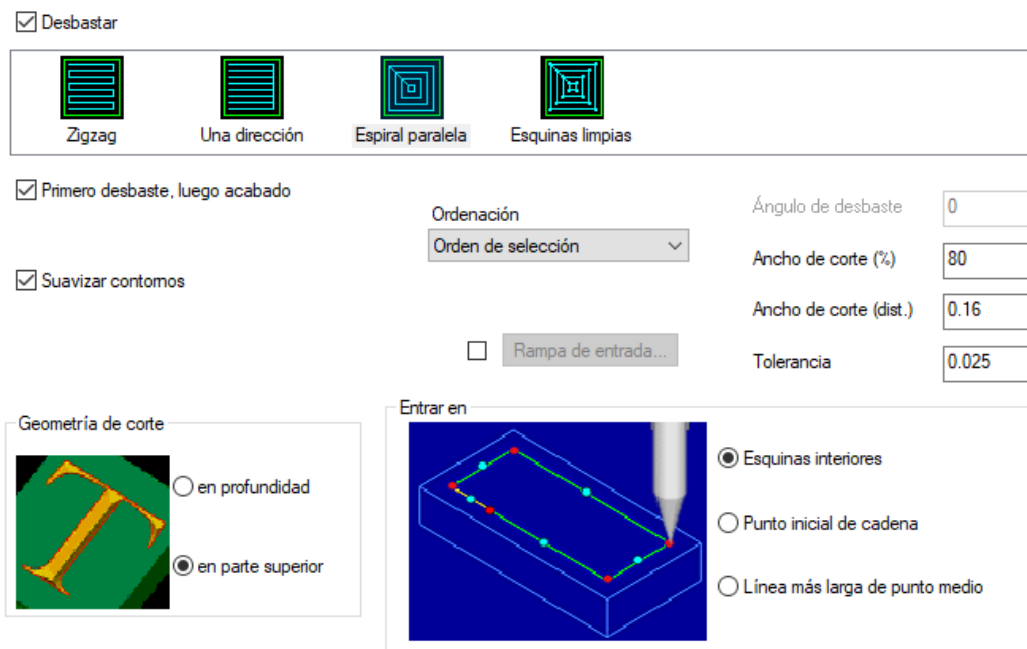


Figura 252 – Desbaste/Acabado. Caso práctico. Grabado 2.

En las siguientes tres imágenes se muestran las fases de mecanizado del segundo *Grabado* realizado. En la primera imagen podemos observar la pieza después de la primera pasada de corte en profundidad de 1mm. En la segunda imagen la pieza ya ha sufrido el segundo desbaste de 1mm. Y, por último, en la tercera imagen se muestra la pieza ya terminada.

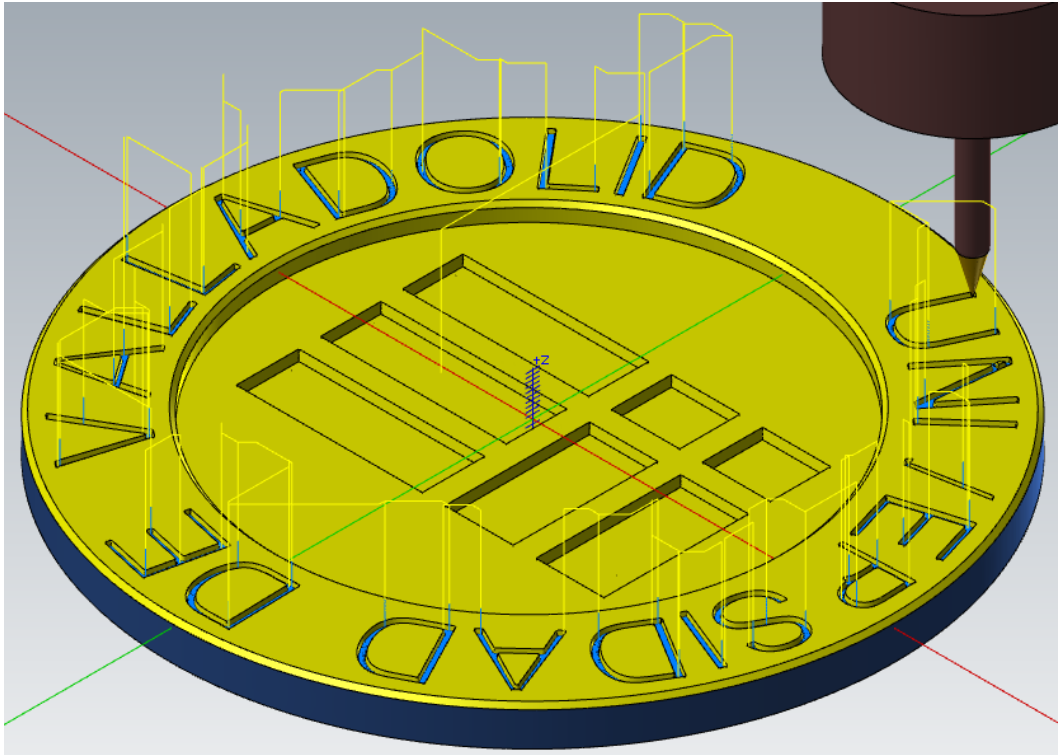


Figura 253 – Detalle de la primera pasada de Corte en profundidad. Caso práctico. Grabado 2.

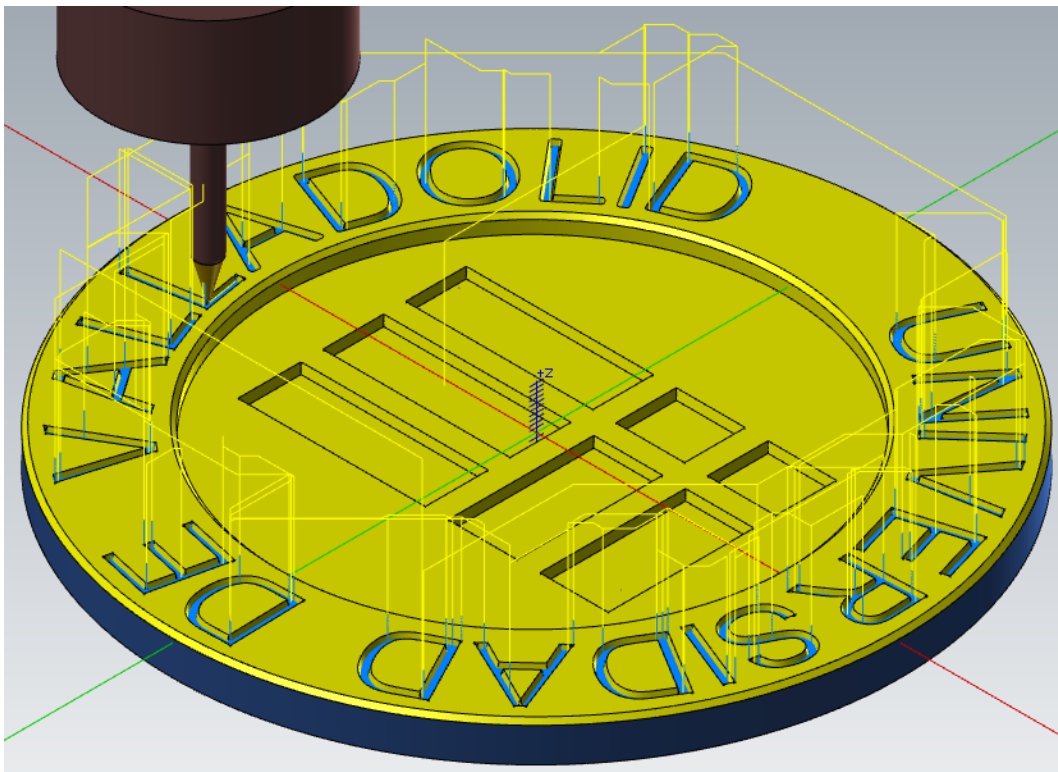


Figura 254 – Detalle de la segunda pasada de Corte en profundidad. Caso práctico. Grabado 2.

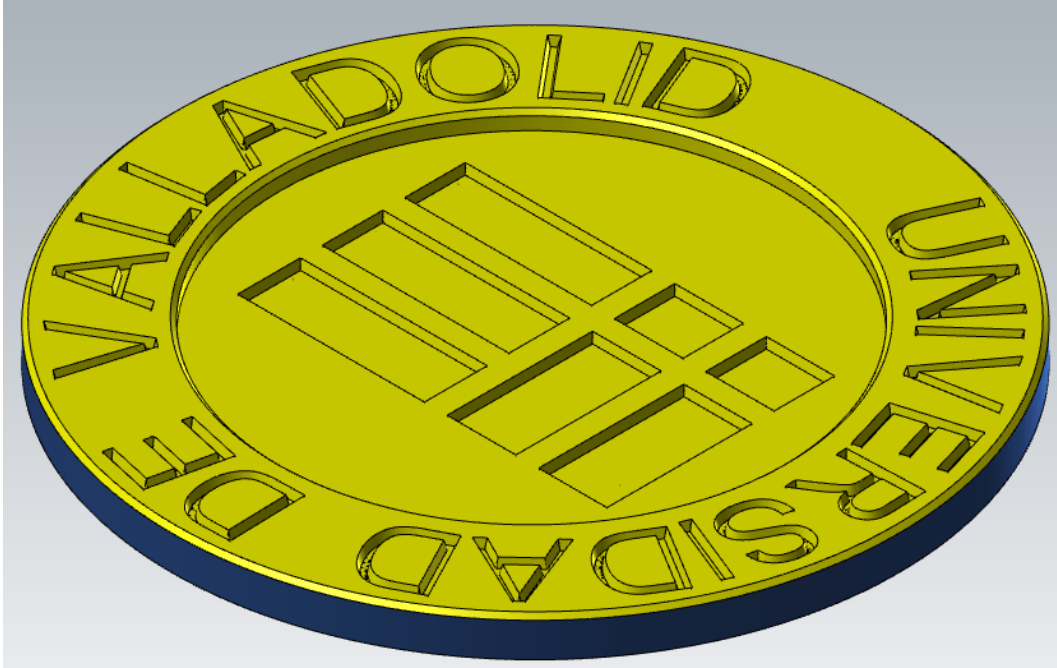


Figura 255 – Pieza final. Caso práctico. Grabado.

8.10. FRESADO DE MBC

Mastercam dispone de dos funciones de trabajo, *Fresado de MBC* y *Taladrado de MBC*, que simplifican al máximo la selección de cadenas. Con estas dos funciones, las operaciones de fresado y taladrado se crearán de forma automática atendiendo a las entidades definidas por el sólido de la pieza final.

Estas funciones solo se pueden emplear en piezas sólidas creadas con programas como SolidWorks o Autodesk Inventor, y a cuyos sólidos se les ha importado las aristas y curvas del sólido en la ventana de carga del programa.

Las operaciones que obtenemos de este proceso automático se agrupan en *Sub-grupos de trayectoria* que están contenidos a su vez por un solo *Grupo de trayectoria*, en el que la primera operación que nos aparece es la propia función y sus parámetros.

El término *MBC* hace referencia a las siglas *Mecanizado Basado en Características*, es decir, el programa toma las entidades de las que está formado el sólido y las herramientas previamente definidas, y genera tantas operaciones de *Planeado*, *Fresado de área* y *Cajera*, como sean necesarias para definir la pieza.

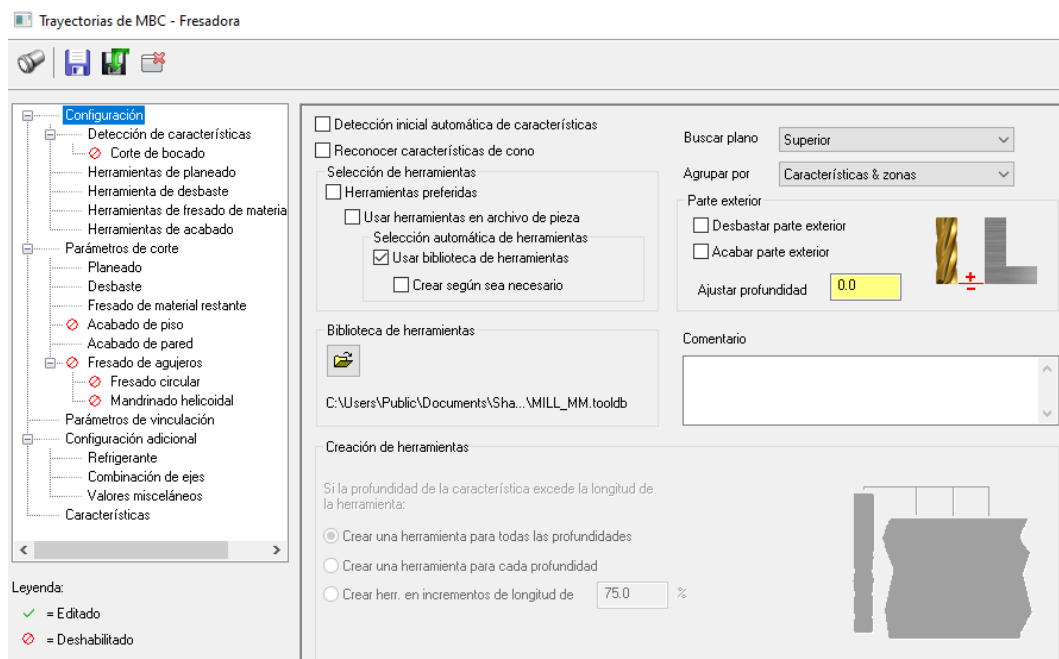


Figura 256 – Configuración. Parámetros. Fresado de MBC.

En el primer apartado, el de *Configuración*, nos muestra cómo queremos seleccionar o crear las herramientas. Pudiendo elegir entre las de biblioteca o archivo pieza, o creando las que sean necesarias según el proceso. Mastercam

nos permite también cargar desde archivo una biblioteca propia o predefinida, haciendo clic en el botón de *Abrir*, y dirigiéndose a la ruta deseada.

En esta pantalla de *Configuración*, determinamos que plano debe buscar Mastercam para tomar como superficie de mecanizado. También podemos establecer como agrupar las operaciones, si por *Características y zonas* o por cambios de herramienta *Minimizando el cambio de herramienta*. Hay que tener especial cuidado para aquellos sólidos con mucha diferencia entre sus características, ya que, para una minimización del cambio de herramienta se pueden generar colisiones o producirse el mecanizado de superficies no deseadas.

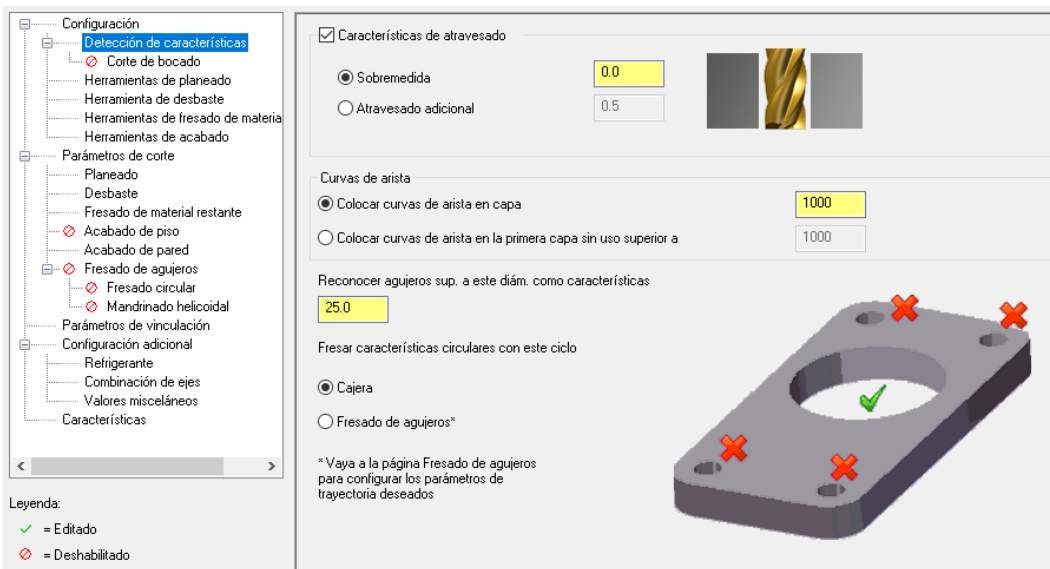


Figura 257 – Detección de características. Parámetros. Fresado de MBC

El primer parámetro dentro del apartado *Configuración*, y posiblemente el más importante, es *Detección de características*. Con la información de estos parámetros Mastercam controla que características son tomadas del modelo sólido como parte del mecanizado.

Podemos definir la altura a la que realizar el mecanizado sobre las superficies del sólido importado, ya sea con una sobremedida dejando material sobrante para un post mecanizado, o atravesando el material y mecanizando más profundo que la propia superficie o altura de diseño.

Otro aspecto importante dentro de *Detección de características* es el *Reconocimiento de agujeros superiores a este diámetro como características*. Mastercam toma los agujeros pasantes mayores que ese diámetro y los mecaniza, el resto de agujeros o perforaciones son excluidos de este bloque. Además, nos permite optimizar el proceso utilizando un ciclo de fresado de agujeros o un ciclo de cajado de la entidad.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Una vez definido que tipo de características del sólido se implementarán en el programa de mecanizado, lo siguiente que necesita esta función es determinar que herramientas utilizar en las operaciones de *Planeado*, *Desbaste*, *Fresado de material restante* y *Acabado de piso* y *Acabado de pared*.

Previamente en *Configuración* se ha establecido como elegir las herramientas, disponiendo de cuatro métodos:

- *Herramientas preferidas*: Busca la herramienta de la lista de herramientas predefinida en cada tipo de operación, seleccionando la primera herramienta lo suficientemente pequeña como para mecanizar la característica.
- *Usar herramientas en archivo de pieza*: Busca la herramienta en el archivo actual de Mastercam un herramienta apropiada.
- *Usar biblioteca de herramientas*: Busca en la biblioteca de herramientas seleccionada las herramientas que son necesarias para el mecanizado.
- *Crear según sea necesario*: Mastercam crea una herramienta con las dimensiones necesarias para mecanizar que se definan.

También podemos gestionar la selección de herramientas haciendo clic derecho dentro de la *Lista de herramientas preferidas*, donde podremos crear una nueva herramienta para ese tipo de operación, editar una ya existente y seleccionar las herramientas del archivo de pieza o la biblioteca.

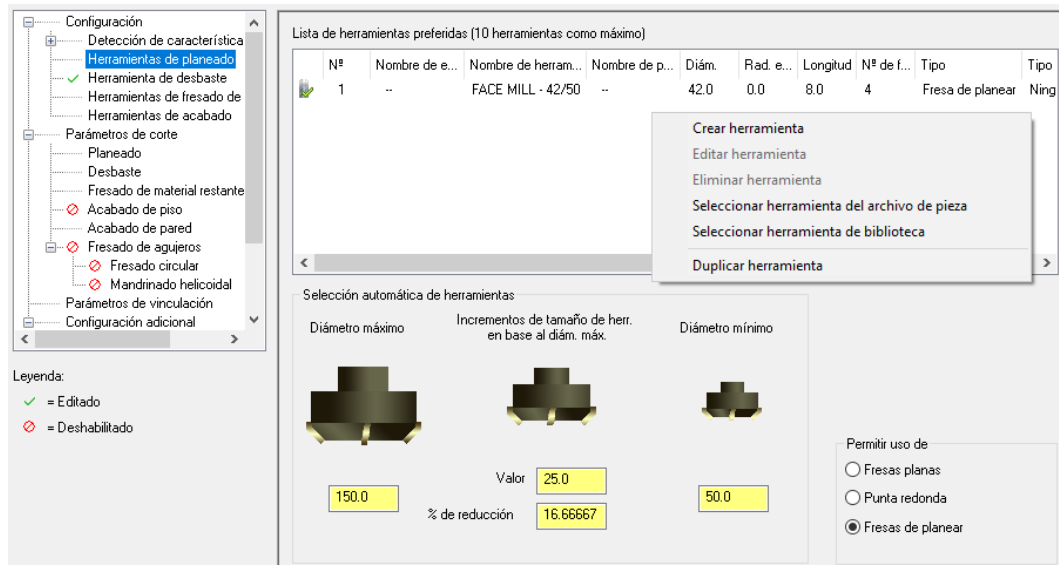


Figura 258 – Herramientas de planeado. Fresado de MBC.

Dentro de la *Selección automática de herramientas* el *Diámetro máximo* limita la creación de herramientas hasta ese valor, no pudiendo superar en ningún caso dicho diámetro.

En cuanto a *Incrementos de tamaño de herramienta en base al diámetro máximo*, Mastercam genera herramientas un 25% más pequeñas que la herramienta de diámetro mayor. Para valores altos de incremento, menor número de herramientas creadas.

Con el valor de *Diámetro mínimo* Mastercam limita la creación de herramientas, no pudiendo crear herramientas con un diámetro menor al establecido.

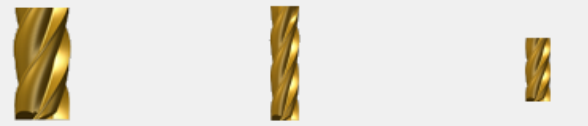
Por último, se puede elegir qué tipo de herramienta de fresado se pretende utilizar. Las opciones son de *Fresas planas*, *Punta redonda* o *Fresas de planear*, como *Herramientas de planeado*. Y de *Fresas planas*, *Punta redonda* o *Bola*, para las *Herramientas de desbaste*, *fresado de material restante* y *acabado*.

Lista de herramientas preferidas (10 herramientas como máximo)

Nº	Nombre de e...	Nombre de herram...	Nombre de p...	Diám.	Rad. e...	Longitud	Nº de f...	Tipo	Tipo c
6	--	SHOULDER MIL...	--	32.0	0.0	15.0	3	Fresa plana	Ningu
7	--	FLAT END MILL ...	--	20.0	0.0	32.0	4	Fresa plana	Ningu

Selección automática de herramientas

Diámetro máximo Incrementos de tamaño de herr. en base al diám. máx. Diámetro mínimo



35.0 Valor 7.0 5.0

 % de reducción 20.0

Permitir uso de

- Fresas planas
- Punta redonda
- Bola

Figura 259 – Herramientas de desbaste. Fresado de MBC.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

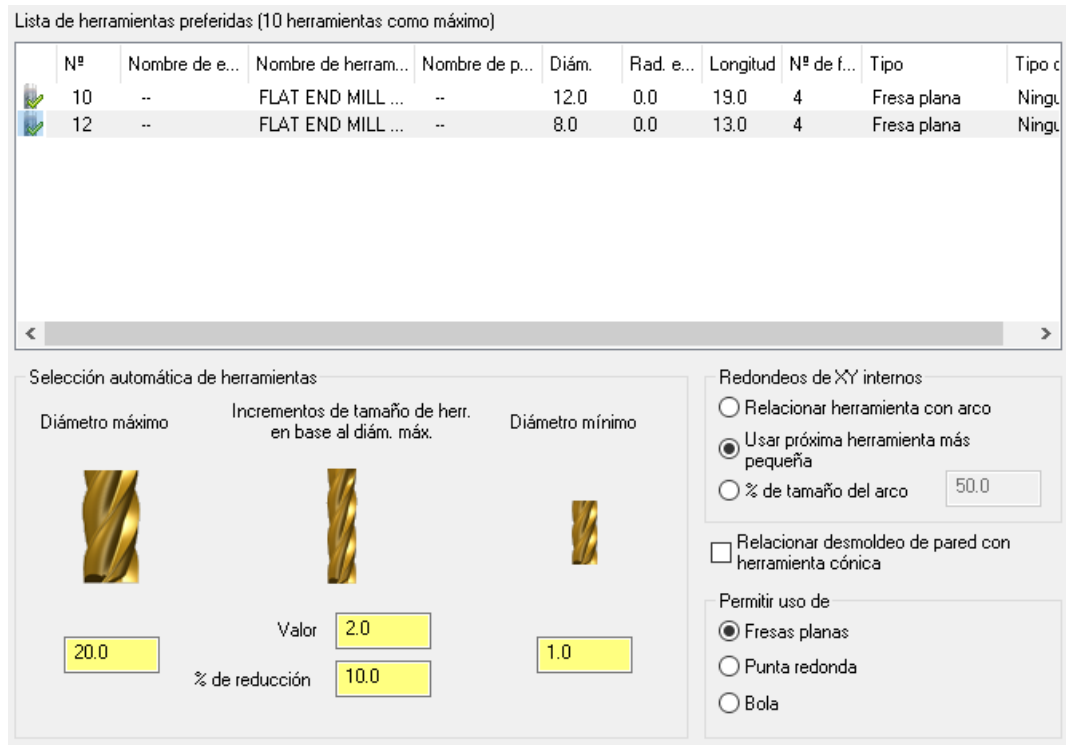


Figura 260 – Herramientas de acabado. Fresado de MBC.

Lo siguiente que se debe determinar son los *Parámetros de corte*, donde se encuentran los parámetros a definir para las operaciones de *Planeado*, *Desbaste*, *Fresado de material restante*, *Acabado de piso* y *Acabado de pared*. Estos parámetros no difieren mucho de lo mostrado en capítulos anteriores para estas mismas operaciones de fresado.

Si habilitamos la operación de *Planeado*, podemos modificar valores y parámetros tales como, *Sobremedida en Z*, *Cortes en profundidad* o *Método de corte*. Y es la primera trayectoria que coloca la función de *Fresado de MBC*, eliminando el material de la parte superior de la pieza.

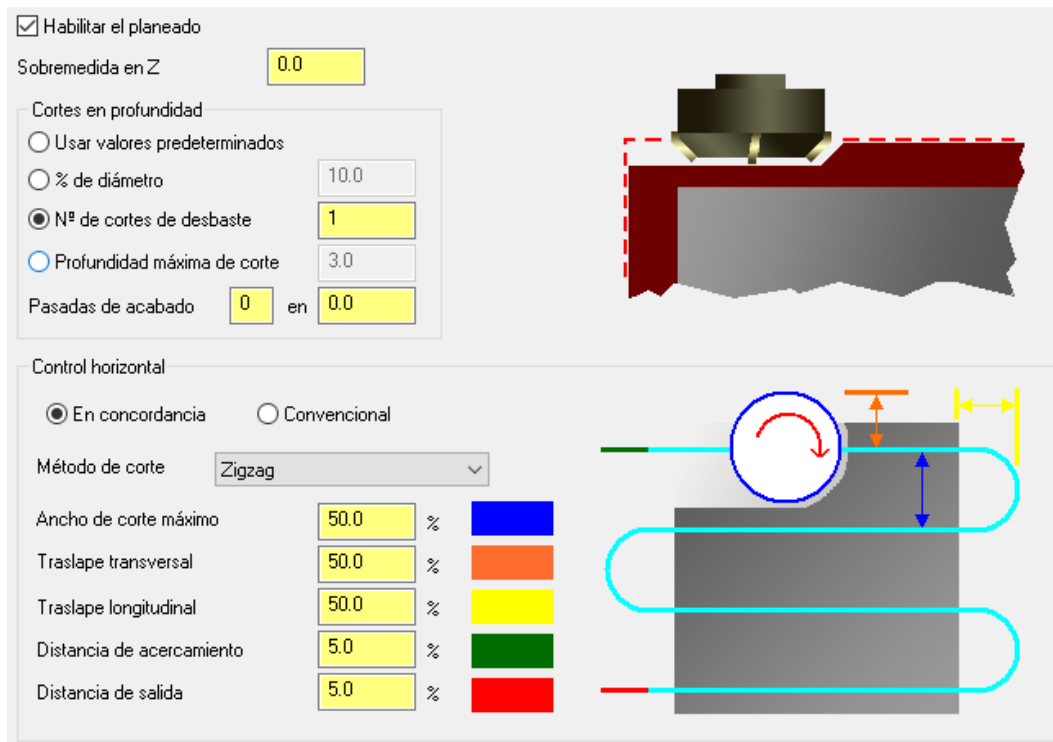


Figura 261 – Planeado. Parámetros de corte. Fresado de MBC.

La siguiente operación que realiza esta función es la de *Desbaste*.

El *Desbaste* es la primera operación, en cada serie de operaciones, por cada zona de mecanizado. Una sola zona de mecanizado puede tener varias operaciones de desbaste, trabajando así con la herramienta de más diámetro capaz de trabajar, a la de menor diámetro.


Mastercam suele utilizar la operación de *Fresado de área* para desbastar la pieza de manera más eficiente. Dejando la operación de *Cajera* para superficies y mecanizados de acabado.

Los parámetros editables de esta operación son el *Método de corte*, *Método de entrada*, *Ancho de corte XY*, *Cortes en profundidad* y *Sobremedida en paredes* y *Sobremedida en pisos*.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D


Habilitar desbaste

Método de corte

En concordancia 

Convencional

Método de entrada

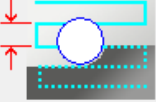
Entrada de la rampa de perfil 

Entrada helicoidal

Generar movimiento de ingreso de arco en 3D

Ancho de corte XY


Usar valores predeterminados

% de diámetro 


% de herr. larga


Cortes en profundidad

Usar valores predeterminados

% de diámetro 

% de herr. larga

Profundidad de corte de pared cónica 

Sobremedida en paredes 

Sobremedida en pisos

Usar valores de herramienta larga cuando la relación de longitud a diámetro es superior a: L/D

Figura 262 – Desbaste. Parámetros de corte. Fresado de MBC.

Para las operaciones de *Fresado de material restante* y *Acabado de piso* la edición de sus parámetros es prácticamente idéntica, y comparten la mayoría todos los parámetros editables. Pudiendo modificar el *Método de corte*, *Ancho de corte XY*, *Cortes en profundidad*, *Sobremedida en paredes* y *Sobremedida en pisos*.

El *Fresado de material restante* elimina el material que ha dejado la operación de desbaste y calcula en función de esta las trayectorias que ha de realizar, dejando el sobrante de material listo para la operación de *Acabado*.

El *Acabado de piso* crea pasadas de acabado a la profundidad de cada característica de cajeados y fresados de área, pero no termina las superficies verticales del sólido.

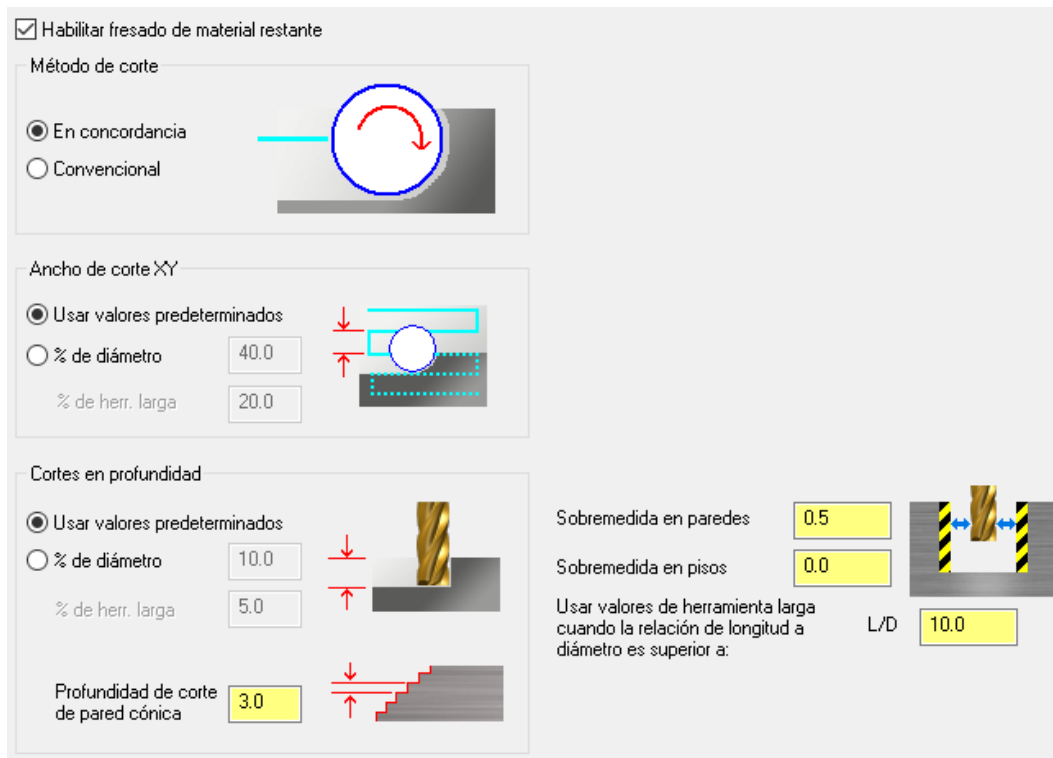


Figura 263 – Fresado de material restante. Parámetros de corte. Fresado de MBC.

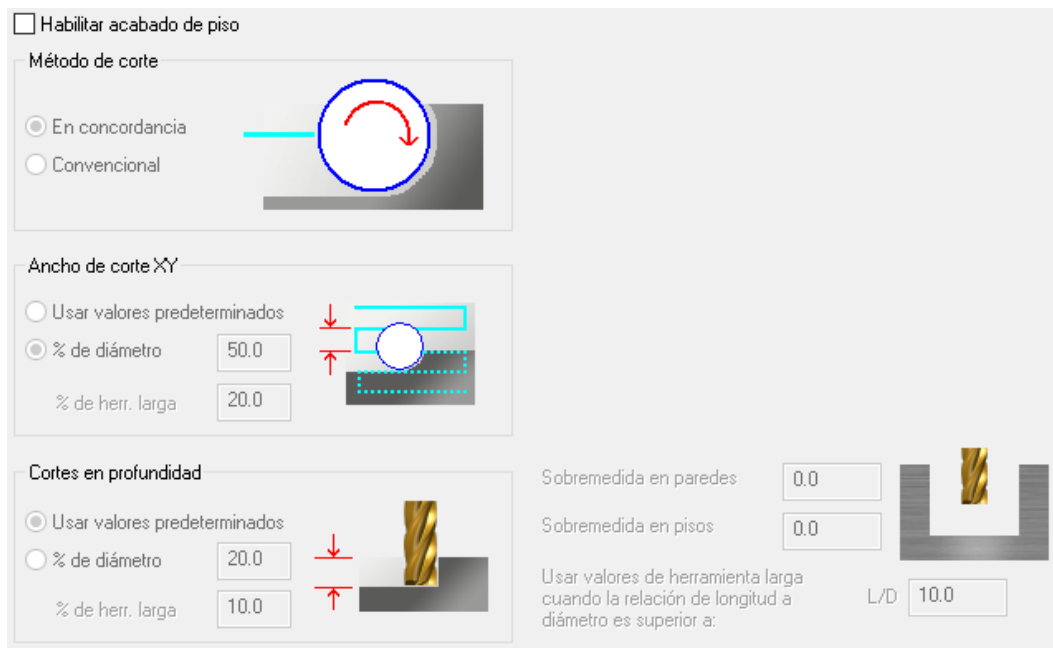


Figura 264 – Acabado de piso. Parámetros de corte. Fresado de MBC.

Por último, esta función de *Fresado de MBC* nos permite parametrizar los valores de la operación de *Fresado de pared*.

Esta operación realiza el acabado de las superficies verticales de cada característica y es la última en realizarse dentro de las zonas de mecanizado.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Si las operaciones de acabado de piso y de pared no se habilitan, Mastercam realiza solo las operaciones de desbaste y de material restante para las superficies de las características.

Habilitar acabado de pared

Pasadas de acabado

Usar valores predeterminados

Porcentaje

Número

Pasadas de afinado

Porcentaje de traslape

Compensación de herramienta

Cortes en profundidad

Usar valores predeterminados

% de diámetro

% de herr. larga

Nº de cortes

Profundidad de corte de pared cónica

Método de corte

En concordancia

Convencional

Movimientos de entrada/salida

Perpendicular

Tangente

Longitud de línea: %

Radio de arco: %

Ángulo de barrido:

Sobremedida en XY

Sobremedida en Z

Usar valores de herramienta larga cuando la relación de longitud a diámetro es superior a: L/D

Figura 265 – Acabado de pared. Parámetros de corte. Fresado de MBC.

Si en el apartado de *Detección de características* se selecciona el *Fresado de agujeros* como método para *Fresar características circulares con este ciclo*, Mastercam nos permite utilizar el apartado de *Fresado de agujeros*, donde podremos determinar los parámetros para el *Fresado circular* y el *Mandrinado*.

No es común el uso de este método, ya que, es más rentable y permite mayor versatilidad trabajar estas características como una *Cajera* en lugar de como un *Fresado de agujero*.

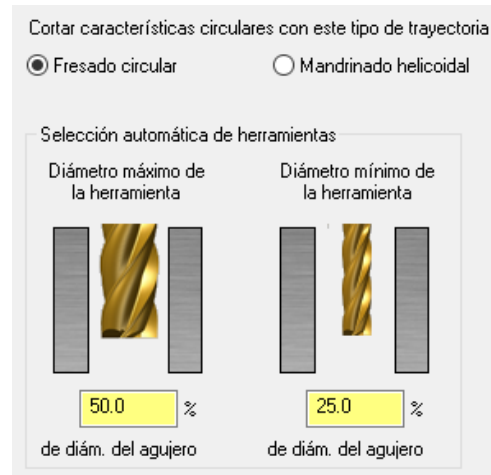


Figura 266 – Selección del tipo de Fresado de agujeros. Parámetros de corte. Fresado de MBC.

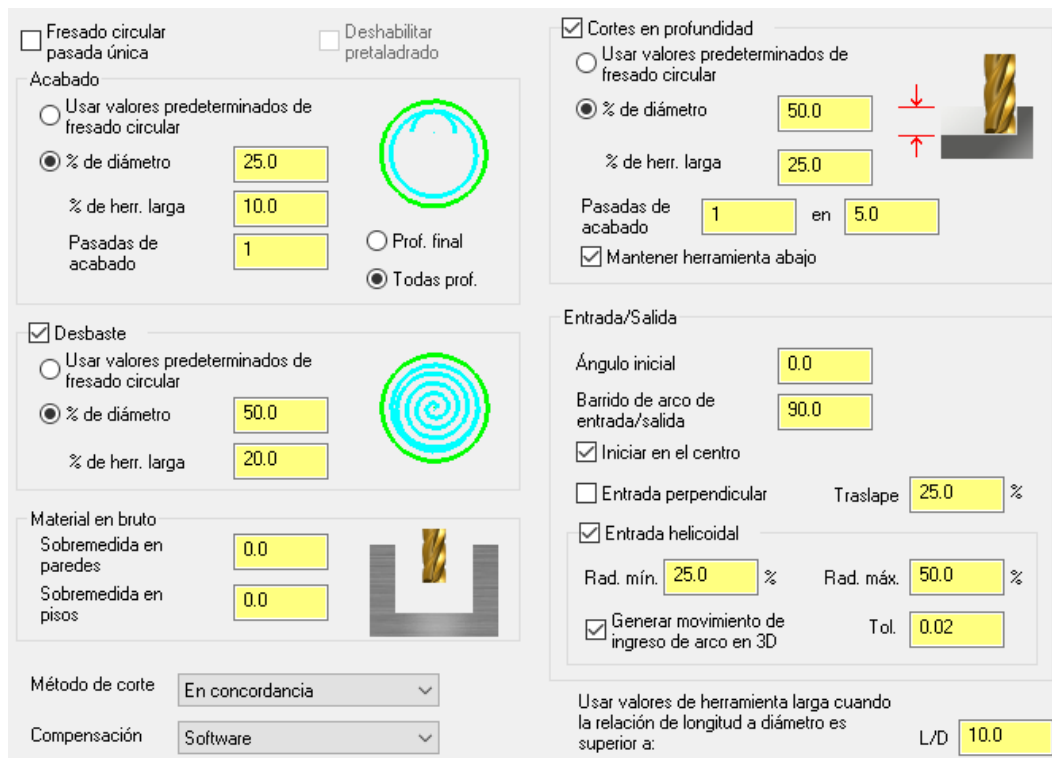


Figura 267 – Fresado circular. Fresado de agujeros. Parámetros de corte. Fresado de MBC.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Deshabilitar pretaladrado

Desbaste

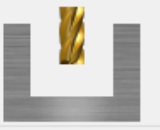
Paso de desbaste	3.0
Cantidad de pasadas de desbaste	1
Ancho de corte de pasadas de desbaste	50.0 %
Ancho de corte de pasadas de desbaste de herramienta larga	20.0 %
Avance en profundidad final	100.0 %

Acabado

Paso de acabado	3.0
Ancho de corte de acabado	10.0 %
Ancho de corte de acabado de herramienta larga	5.0 %
Velocidad de avance	75.0 %
Velocidad del husillo (r. p. m.)	100.0 %

Material en bruto

Sobremedida en paredes	0.0
Sobremedida en pisos	0.0



Entrada/Salida

Ángulo inicial	0.0
Barrido de arco de entrada/salida	90.0
<input checked="" type="checkbox"/> Iniciar en el centro	
<input type="checkbox"/> Entrada perpendicular	Traslape 25.0 %

Generar movimientos de arcos para las hélices

Tolerancia 0.02

Compensación Software

Usar valores de herramienta larga cuando la relación de longitud a diámetro es superior a: L/D 10.0

Figura 268 – Mandrinado helicoidal. Fresado de agujeros. Parámetros de corte. Fresado de MBC.

Una vez finalizada la elección de las herramientas y de los parámetros de corte, al igual que en capítulos anteriores, se tienen que elegir los *Parámetros de vinculación* que sean necesarios.

Para esta función, se toman solo 3 planos de trabajo de forma general, es decir, para todo el conjunto de operaciones. Sin embargo, cada operación dentro de la función puede editarse de forma independiente.

El *Fresado de MBC* calcula la altura de *Separación* y la altura de *Retracción* para las trayectorias que crea. También se especifica un *Plano de avance* que trabaja de forma incremental, tomando como referencia la superficie de la característica a mecanizar.

Dentro de los planos de *Separación* podemos elegir tres métodos de trabajo:

- *Altura de sólido más*: añade una distancia fija sobre el punto más alto del sólido. La subida de la herramienta se realiza de forma incremental.
- *Modelo de material en bruto más*: añade una distancia fija por encima del material en bruto o stock. La subida de la herramienta se realiza de forma incremental.
- *Manual*: podemos determinar la distancia y forma de separación de manera manual, ya sea tomando puntos del sólido o puntos de

mecanizado. El método de cálculo puede ser tanto de forma incremental como en valores absolutos.

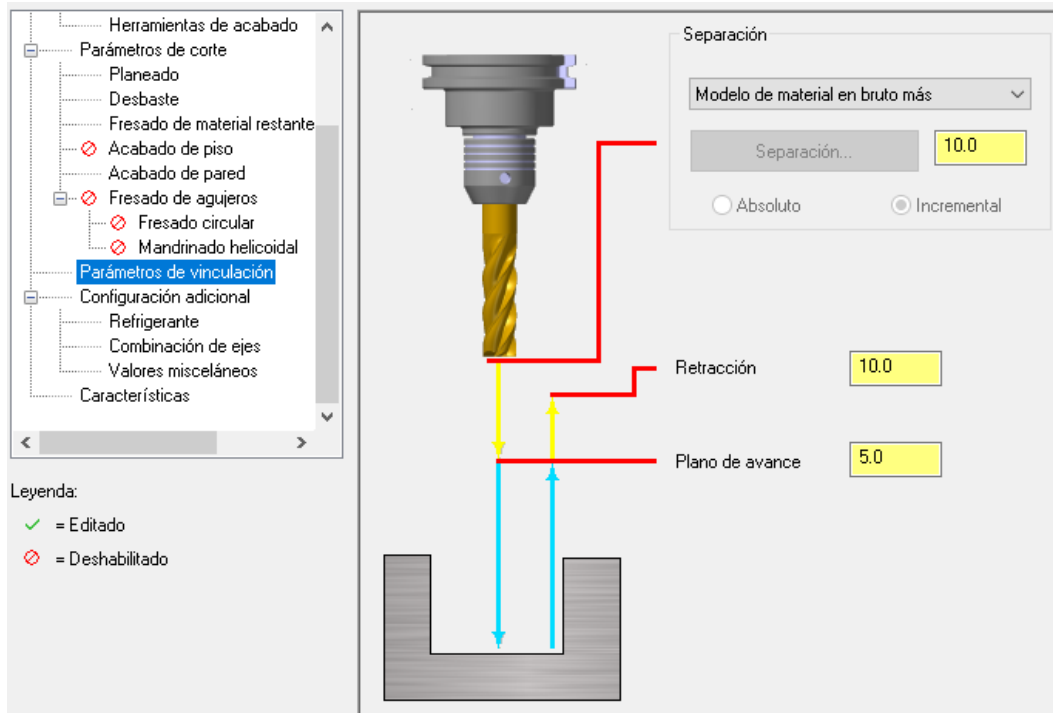



Figura 269 – Parámetros de vinculación. Fresado de MBC.

El último parámetro importante de esta función y que nos muestra a grandes rasgos como se ordenará el mecanizado posterior, es el apartado *Características*.

Para obtener este listado de las partes en las que se va a repartir el mecanizado, hay que pulsar el icono de *Detectar* .

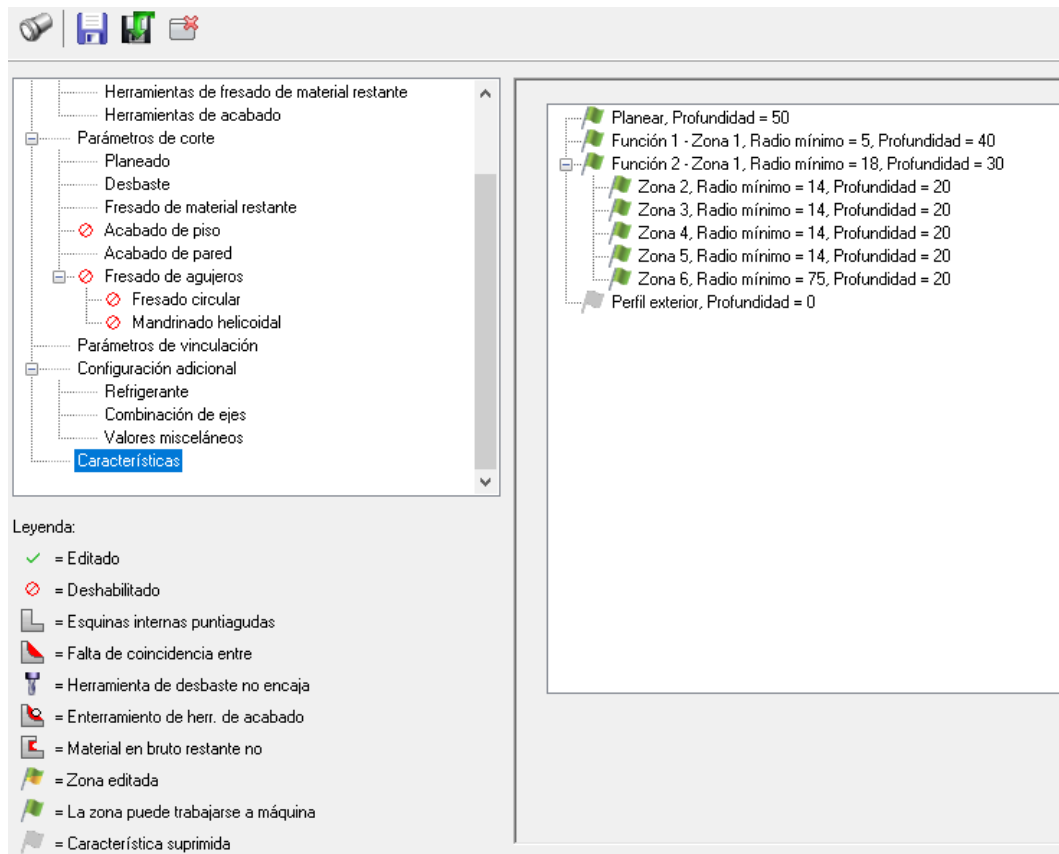


Figura 270 – Características. Fresado de MBC.

CASO PRÁCTICO

El siguiente caso práctico se mostrará de forma reducida, ya que, al ser una función generadora de operaciones en función de las características sería muy tedioso mostrar todo el proceso.

Se verá cómo afecta al árbol de trayectorias utilizar *Agrupar por características* y *zonas* o *Agrupar por minimizar cambio de herramienta*. Se mantendrá el resto de parámetros para la función y las operaciones que describe, y utilizando las mismas herramientas en ambos supuesto.

Primero vamos a enunciar los parámetros y herramientas a utilizar en cada apartado. Se usarán solo cuatro herramientas para reducir el número de operaciones lo máximo posible, y se buscará trabajar con valores predeterminados en la parametrización de las operaciones.

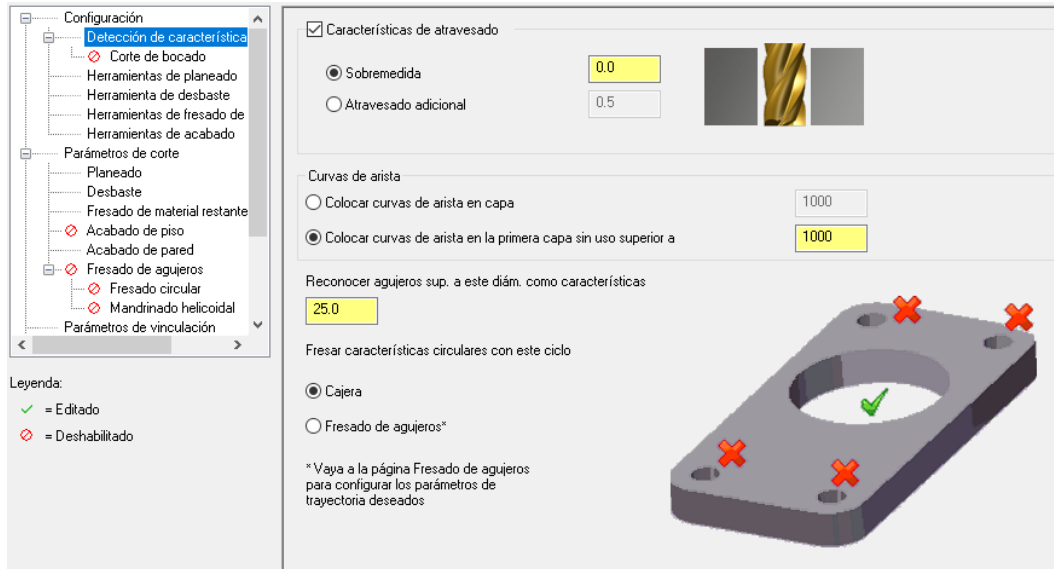


Figura 271 – Detección de característica. Configuración. Parámetros. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.

Se empleará una fresa de planeado de 45 mm de diámetro de corte. Una fresa plana de 20 mm de diámetro para las operaciones de desbaste. Una fresa tórica de 16 mm de diámetro y 2 mm de radio de punta para mecanizar el material restante. Y una fresa plana de 10 mm de diámetro para las operaciones de acabado.

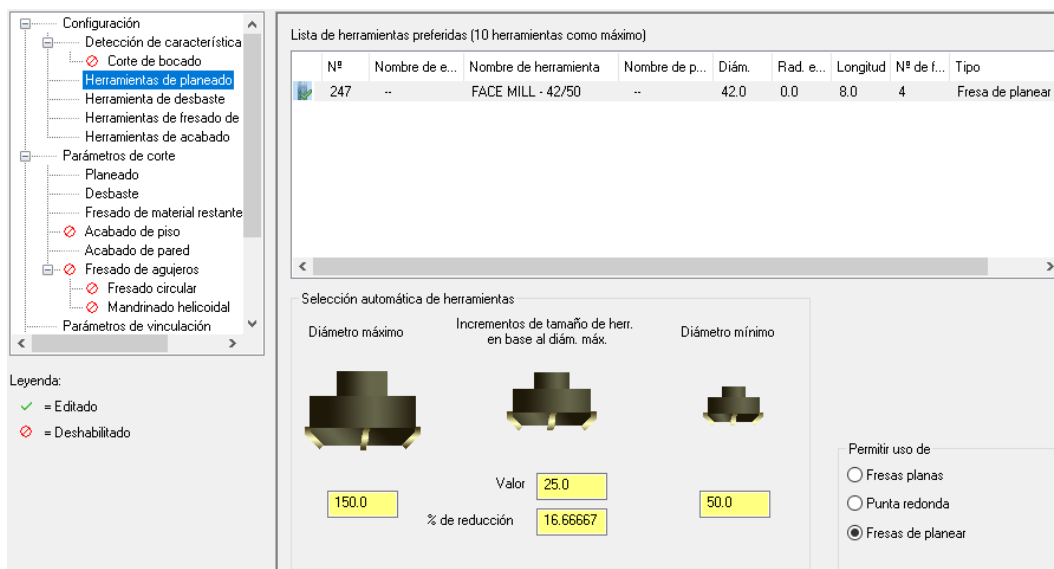


Figura 272 – Herramientas de planeado. Configuración. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

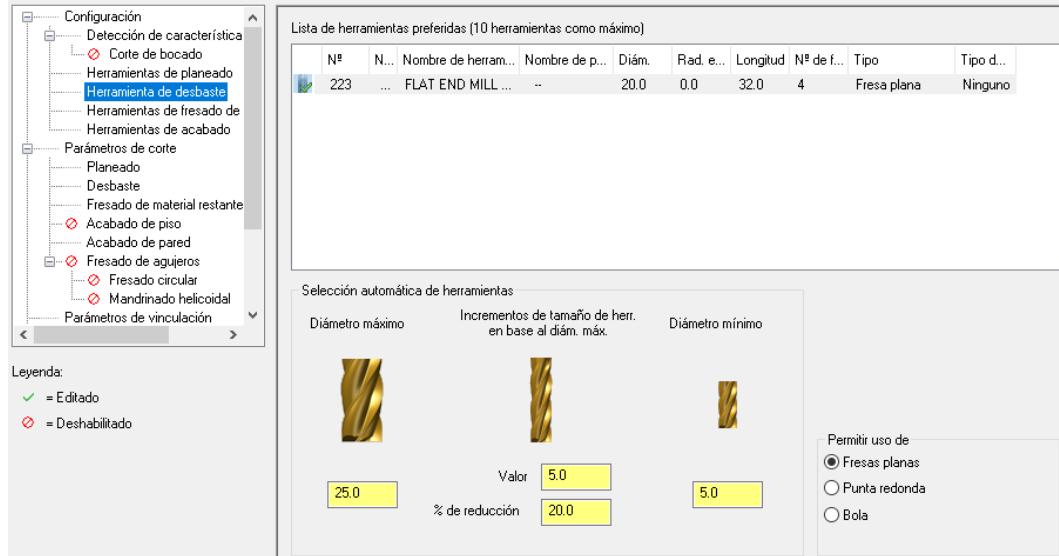


Figura 273 – Herramienta de desbaste. Configuración. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.

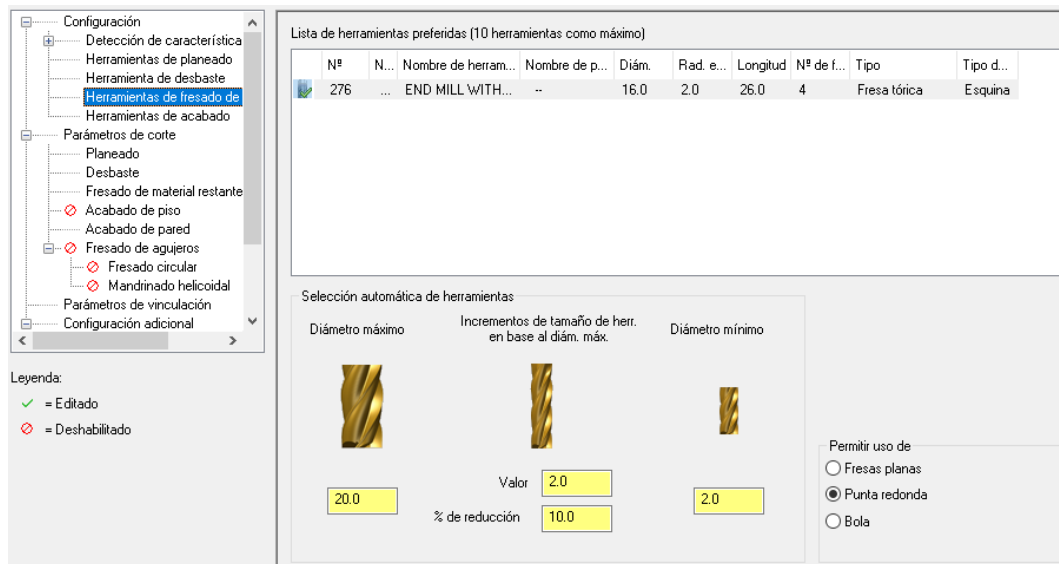


Figura 274 – Herramienta de fresado de material restante. Configuración. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.

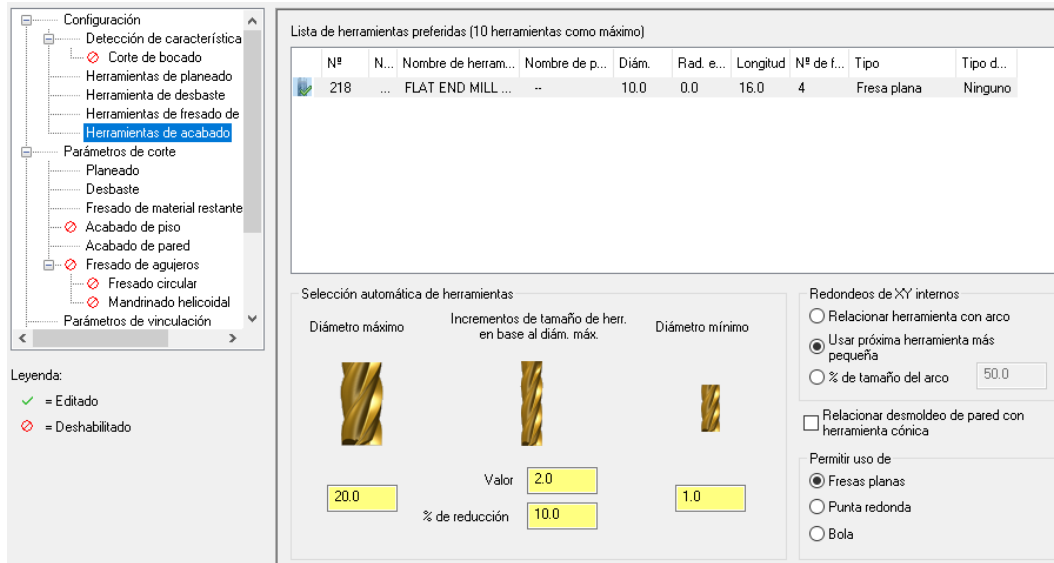


Figura 275 – Herramienta de acabado. Configuración. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.

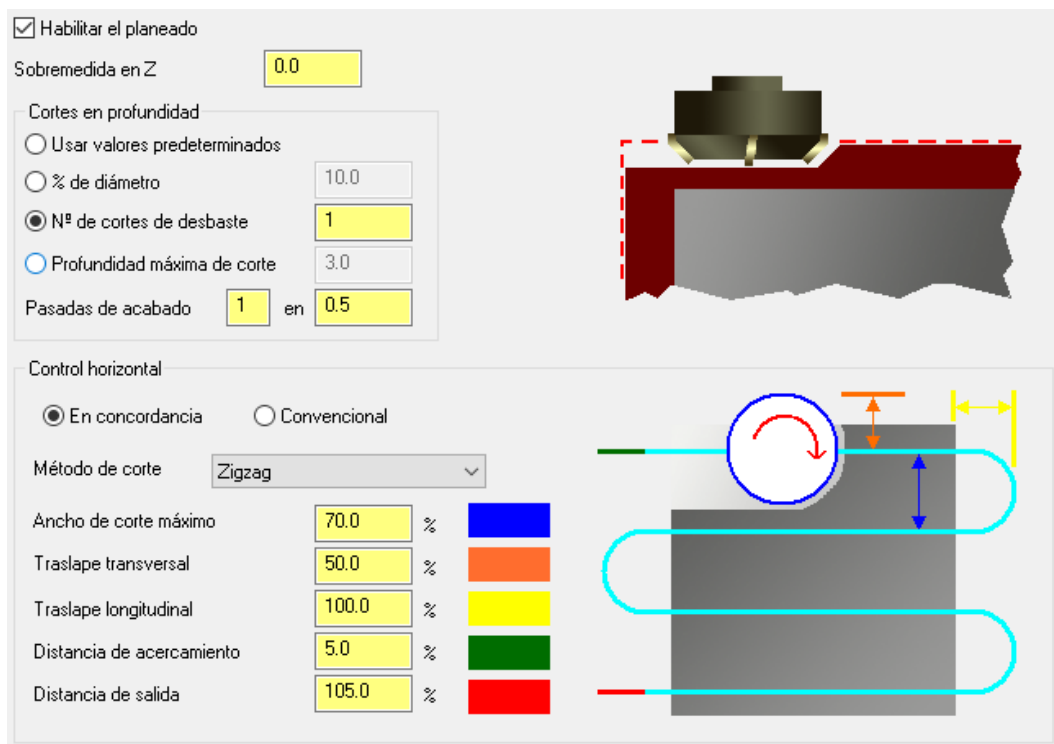


Figura 276 – Parámetros de corte de Planeado. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.


8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Habilitar desbaste

Método de corte

En concordancia

Convencional




Método de entrada

Entrada de la rampa de perfil

Entrada helicoidal

Generar movimiento de ingreso de arco en 3D

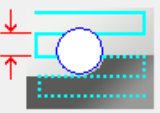


Ancho de corte XY

Usar valores predeterminados

% de diámetro

% de herr. larga



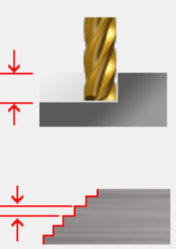
Cortes en profundidad

Usar valores predeterminados

% de diámetro

% de herr. larga

Profundidad de corte de pared cónica



Sobremedida en paredes

Sobremedida en pisos

Usar valores de herramienta larga cuando la relación de longitud a diámetro es superior a:

L/D





Figura 277 – Parámetros de corte de Desbaste. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.

Habilitar fresado de material restante

Método de corte

En concordancia

Convencional

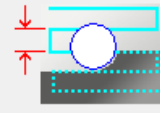


Ancho de corte XY

Usar valores predeterminados

% de diámetro

% de herr. larga



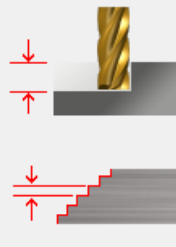
Cortes en profundidad

Usar valores predeterminados

% de diámetro

% de herr. larga

Profundidad de corte de pared cónica



Sobremedida en paredes

Sobremedida en pisos

Usar valores de herramienta larga cuando la relación de longitud a diámetro es superior a:

L/D




Figura 278 – Parámetros de corte de Fresado de material restante. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.

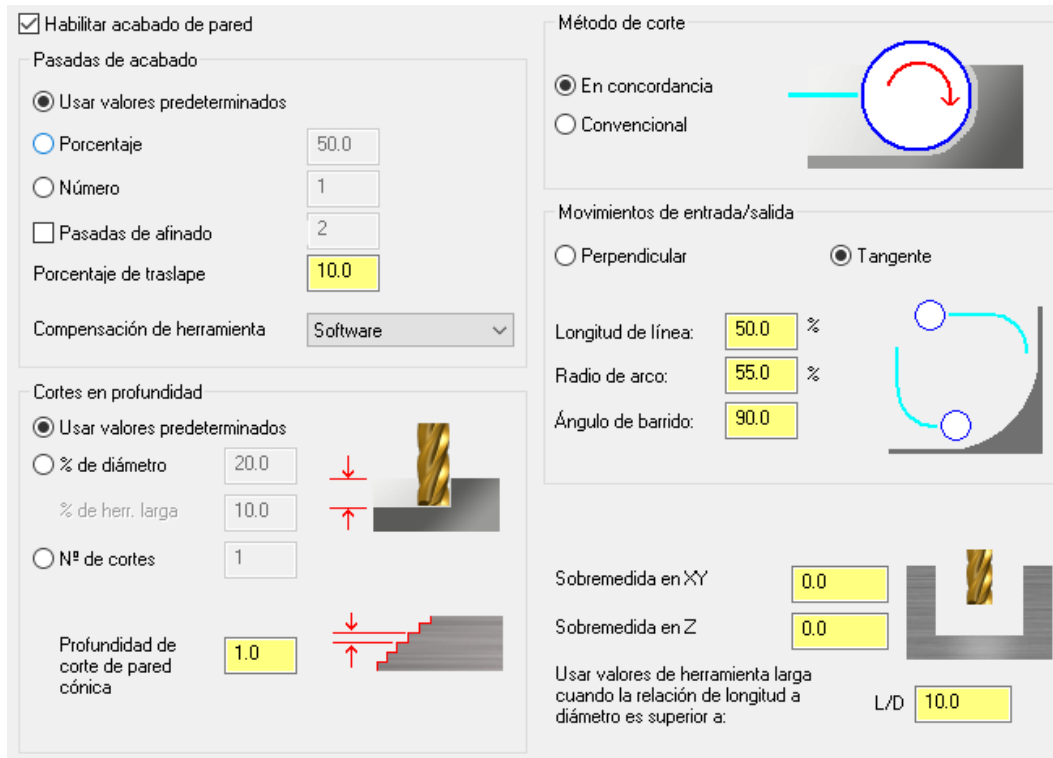


Figura 279 – Parámetros de corte de Acabado de pared. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.

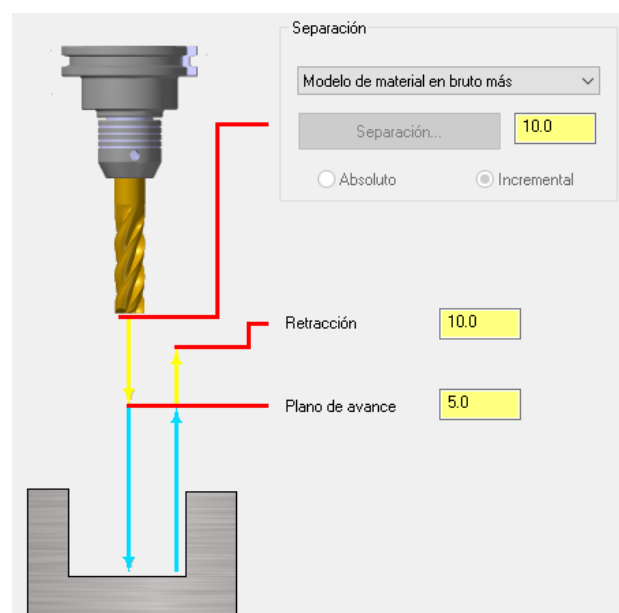


Figura 280 – Parámetros de vinculación. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.

Las características encontradas para ser mecanizadas por la función *Fresado de MBC* son las siguientes.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

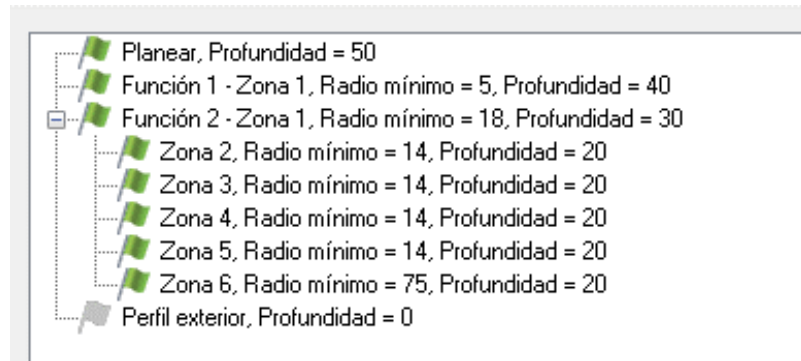


Figura 281 – Lista de Características. Caso práctico. Fresado de MBC 1 y 2.

Una vez definidos todos los parámetros y valores comunes, vamos a definir los parámetros que caracterizan a estos dos casos prácticos. Primero se va a realizar la agrupación de operaciones por *Minimizar cambio de herramienta*, para observar que árbol de trayectorias nos ofrece Mastercam.

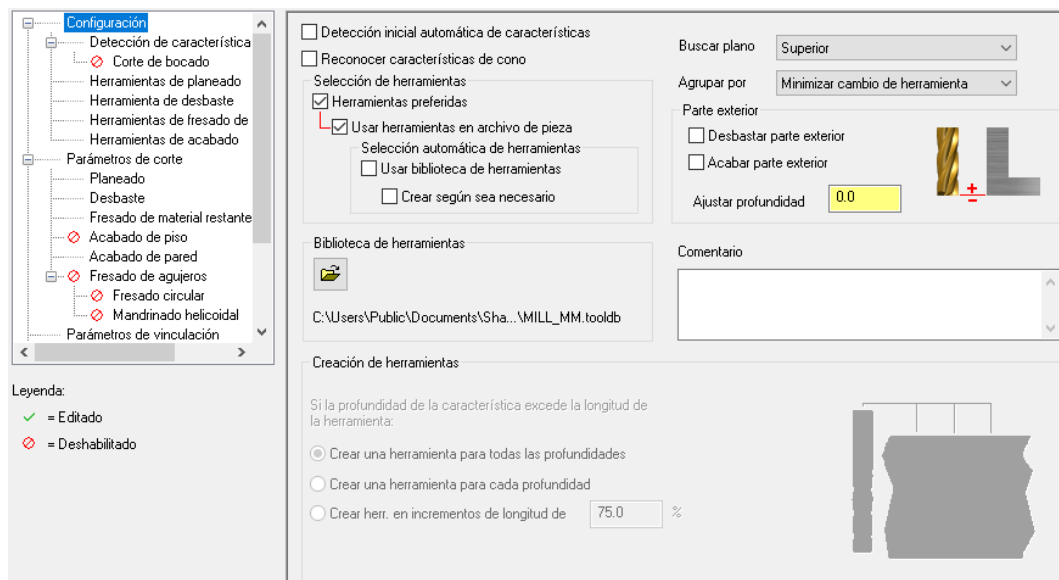


Figura 282 – Configuración, agrupar por minimización de cambio de herramienta. Parámetros. Caso práctico. Fresado de MBC 1.

Observamos como Mastercam crea 4 *grupos de trayectorias* escalonados, de forma que un *grupo de trayectoria* esté encadenado dentro del subgrupo anterior.

En total contabilizamos 22 operaciones de mecanizado agrupadas en función de la herramienta de mecanizado que utilizan, ya que, *Fresado de MBC* que encabeza este *grupo de trayectorias*, no realiza un mecanizado como tal.

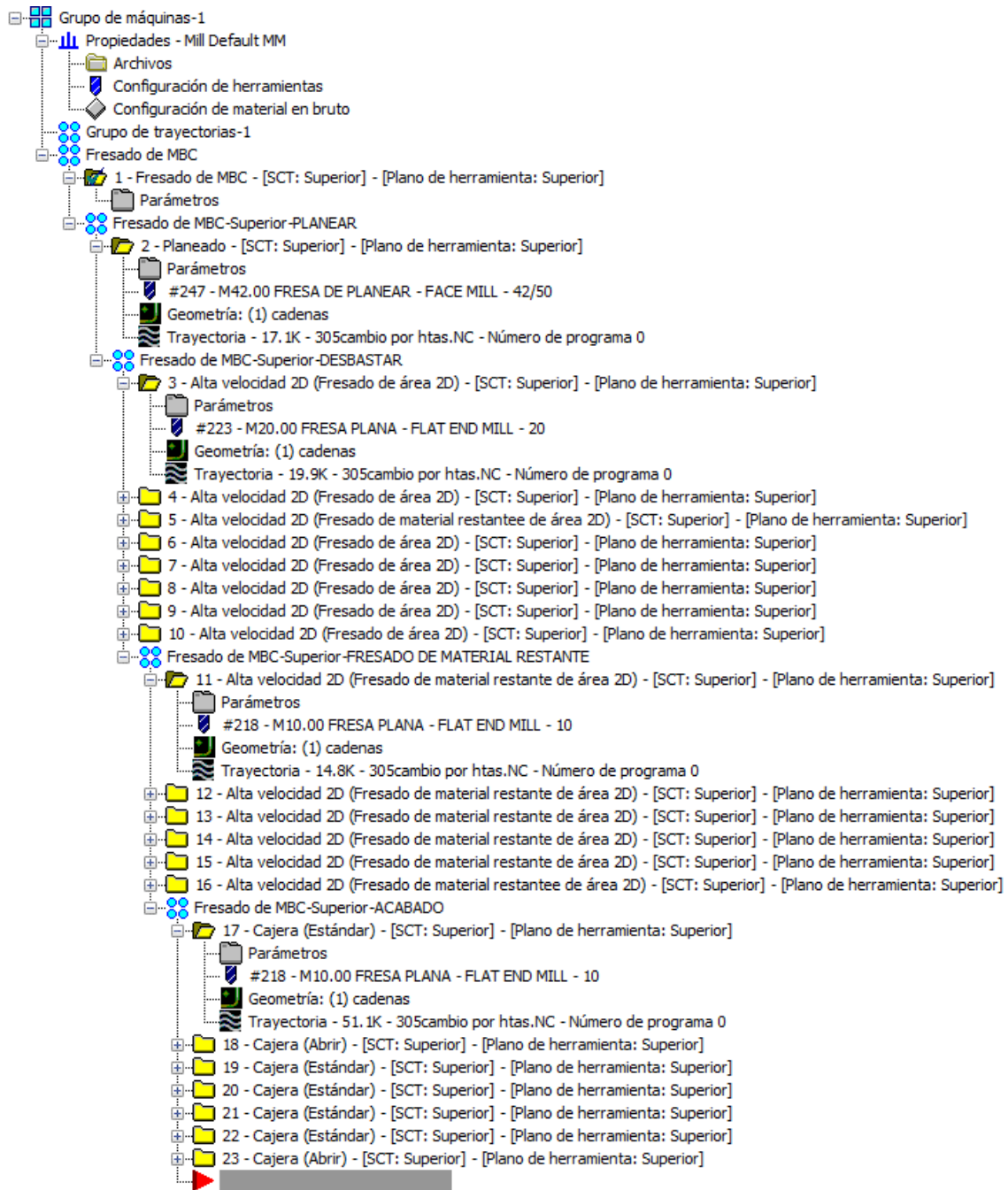


Figura 283 – Árbol de trayectorias para una agrupación por herramientas. Caso práctico. Fresado de MBC 1.

Vamos a mostrar a continuación los cambios de herramienta, el estado de la pieza en el momento del cambio y la información de la *Lista de movimientos*.

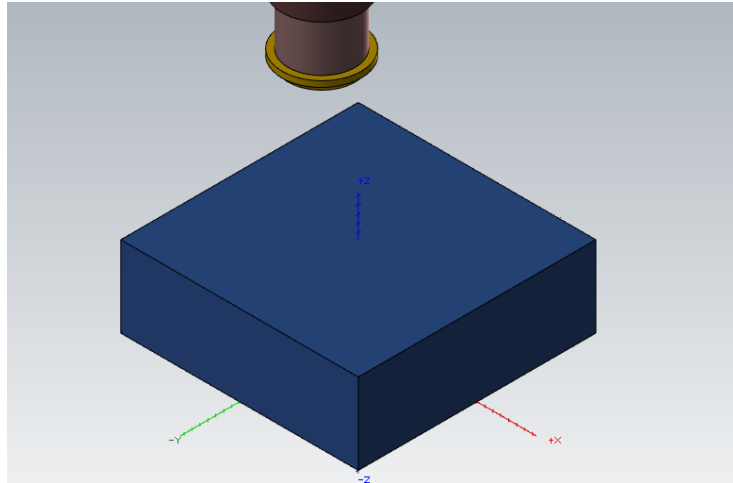


Figura 284 – Material en bruto con Fresa de planear. Caso práctico. Fresado de MBC 1.

Lista de movimientos	
Información de movimientos	
Id. de movimientos	1 de 4641
Tiempo transcurrido	1.00s
Tipo de movimientos	Movimiento lineal rápido
Nombre de operación	Planeado
Número de operación	Id.: 2 (1 de 22)
Número de herramienta	Nº 247 - FACE MILL - 42/50
Orientación de la herramienta	0.000; 0.000; 1.000
Posición de la punta de herrami	-98.100; 74.998; 61.000
Máquina	
Valores de eje	
Información de trayectoria	
Longitud de avance	29021.767
Tiempo de avance	13min 19.30s
X mín./máx.	-140.100 / 96.000
Y mín./máx.	-87.953 / 87.953
Z mín./máx.	20.000 / 61.000
Longitud de avance rápido	9496.916
Tiempo de avance rápido	45.59s
Longitud total	38518.683
Tiempo total	14min 4.88s
Detallado	
Refrigerante	Desactivado
Tipo de compensación	Equipo
Dirección de compensación	Izquierda
Velocidad de avance	12500.000
Código NC	G0
Velocidad del husillo	2342.000

Figura 285 – Lista de movimientos. Fresa de planear. Caso práctico. Fresado de MBC 1.

La sección de *Información de trayectoria*, dentro de la *Lista de movimientos*, nos ofrece el tiempo total que va a tardar en realizar todos los desplazamientos, y el tiempo que finalmente está mecanizando la herramienta. Este valor lo compararemos con el obtenido en el otro método de agrupar las operaciones dentro de esta función, para tener un valor objetivo de cuál podría ser para este caso práctico el método más eficaz.

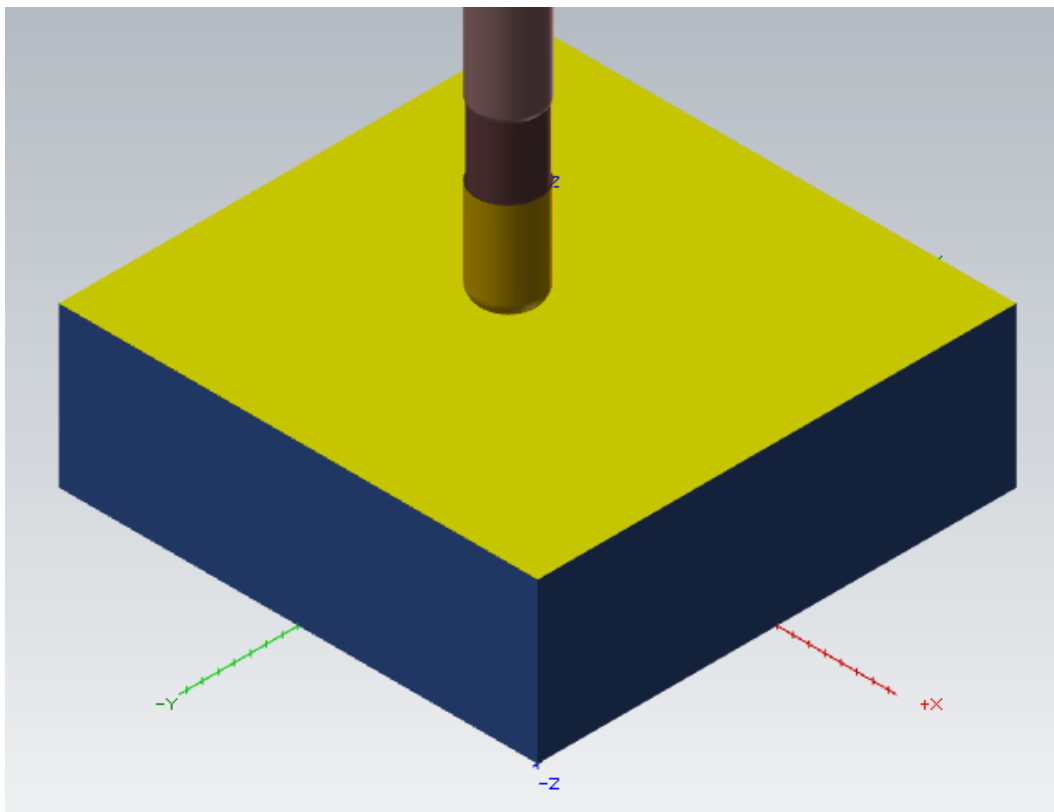


Figura 286 – Fresa de desbaste. Caso práctico. Fresado de MBC 1.

Lista de movimientos	
▲ Información de movimientos	
Id. de movimientos	40 de 4641
Tiempo transcurrido	1min 4.10s
Tipo de movimientos	Movimiento lineal rápido
Nombre de operación	Alta velocidad 2D
Número de operación	Id.: 3 (2 de 22)
Número de herramienta	Nº 223 - FLAT END MILL - 20
Orientación de la herramienta	0.000; 0.000; 1.000
Posición de la punta de herrami	-79.111; -14.009; 61.000
Máquina	
Valores de eje	

Figura 287 – Lista de movimientos. Fresa de desbaste. Caso práctico. Fresado de MBC 1.

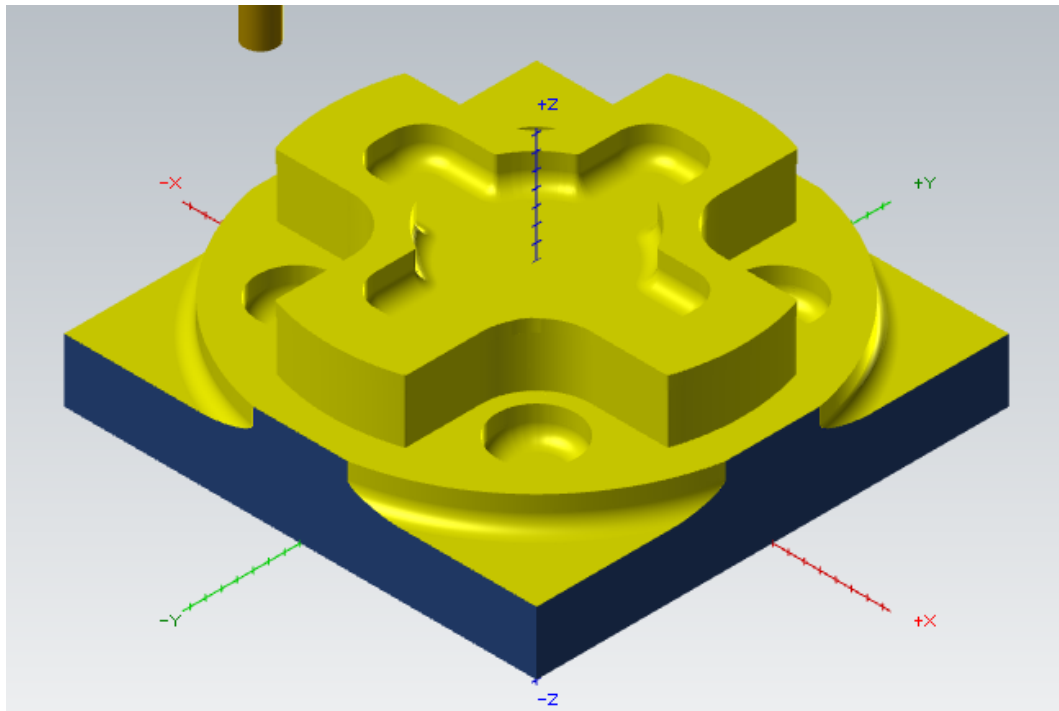


Figura 288 – Fresa de mecanizado de material restante. Caso práctico. Fresado de MBC 1.

Lista de movimientos	
Información de movimientos	
Id. de movimientos	2805 de 4641
Tiempo transcurrido	6min 2.73s
Tipo de movimientos	Movimiento lineal rápido
Nombre de operación	Alta velocidad 2D
Número de operación	Id.: 11 (10 de 22)
Número de herramienta	Nº 276 - END MILL WITH RADIUS
Orientación de la herramienta	0.000; 0.000; 1.000
Posición de la punta de herrami	-67.649; 12.219; 61.000
Máquina	
Valores de eje	

Figura 289 – Lista de movimientos. Fresa de mecanizado de material restante. Caso práctico. Fresado de MBC 1.

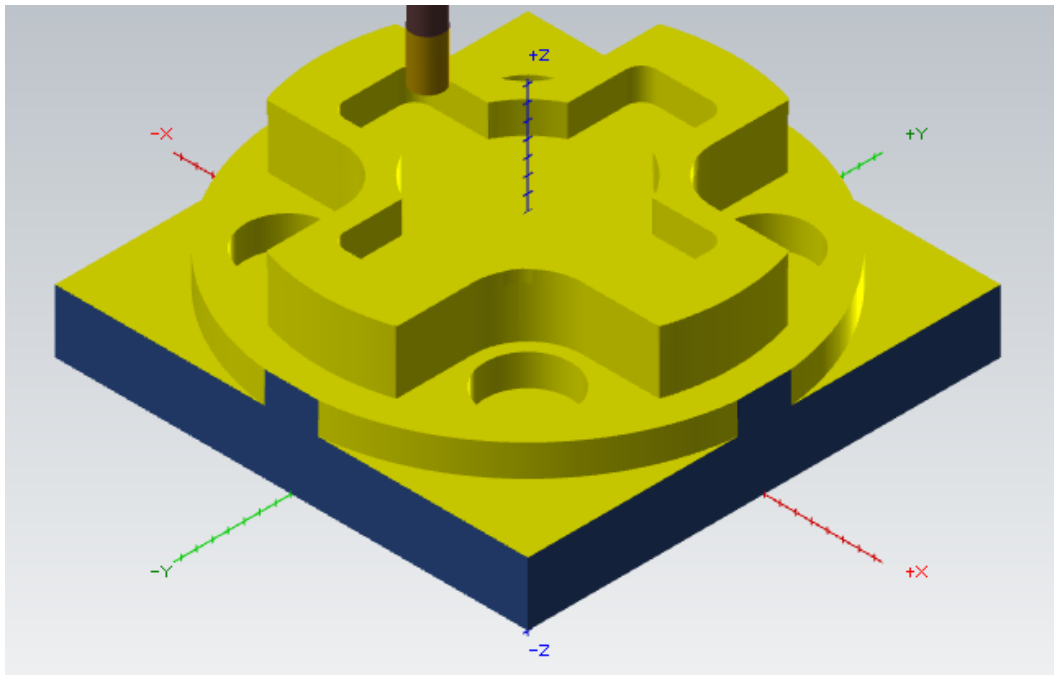


Figura 290 – Fresa de acabado. Caso práctico. Fresado de MBC 1.

Lista de movimientos	
Información de movimientos	
Id. de movimientos	3496 de 4641
Tiempo transcurrido	7min 50.47s
Tipo de movimientos	Movimiento lineal rápido
Nombre de operación	Cajera
Número de operación	Id.: 17 (16 de 22)
Número de herramienta	Nº 218 - FLAT END MILL - 10
Orientación de la herramienta	0.000; 0.000; 1.000
Posición de la punta de herrami	74.392; -1.500; 61.000
Máquina	
Valores de eje	

Figura 291 – Lista de movimientos. Fresado de acabado. Caso práctico. Fresado de MBC 1.

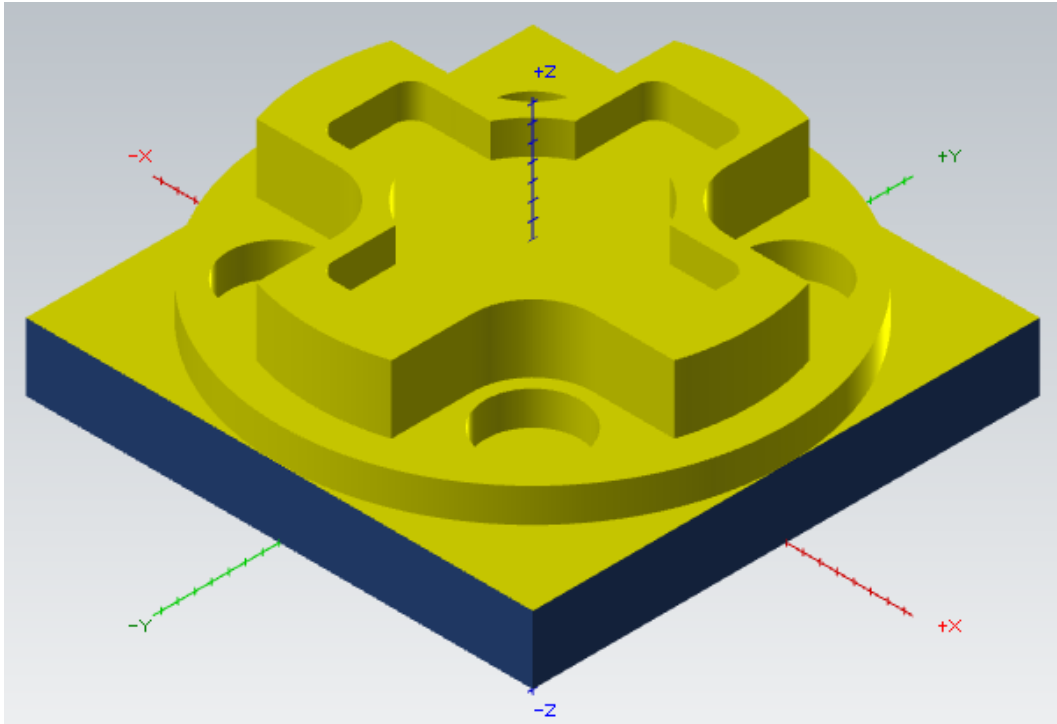


Figura 292 – Pieza final. Caso práctico. Fresado de MBC 1.

Lista de movimientos	
Información de movimientos	
Id. de movimientos	4641 de 4641
Tiempo transcurrido	14min 4.88s
Tipo de movimientos	Movimiento lineal rápido
Nombre de operación	Cajera
Número de operación	Id.: 23 (22 de 22)
Número de herramienta	Nº 218 - FLAT END MILL - 10
Orientación de la herramienta	0.000; 0.000; 1.000
Posición de la punta de herrami	1.902; 80.000; 61.000
Máquina	
Valores de eje	

Figura 293 – Lista de movimientos. Pieza final. Caso práctico. Fresado de MBC 1.

Para el segundo caso práctico, lo único que se va a modificar es la agrupación de las operaciones, trabajando con Agrupar por Características y zonas.

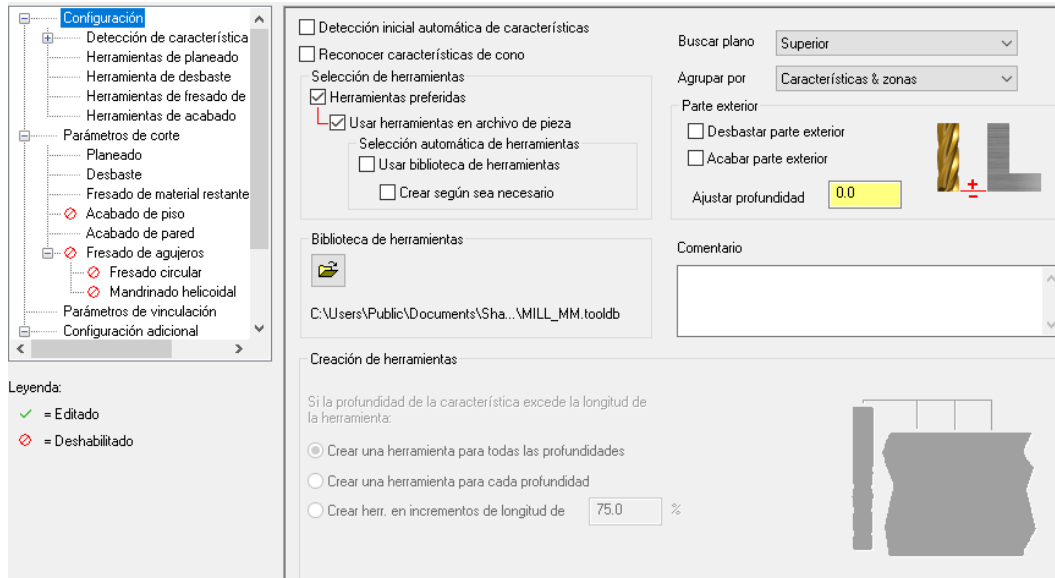


Figura 294 – Configuración. Parámetros. Caso práctico. Fresado de MBC 2.

En este caso práctico observamos como Mastercam crea hasta 8 *grupos de trayectoria* independientes dentro del *grupo de trayectoria* inicial de *Fresado de MBC-Superior*. Se generan hasta 23 operaciones distintas.

Dentro de cada *grupo de trayectoria* se realiza mínimo una operación de *Desbaste*, una de *Fresado de material restante* y una de *Acabado*. Utilizando para ello las herramientas definidas en el *archivo de pieza*.

El resultado de la pieza final será el mismo, y no se caracterizará por una gran diferencia en el tiempo total de mecanizado con el método anterior, ya que, solo realiza una operación más en comparación al anterior.

Información de trayectoria	
Longitud de avance	29166.654
Tiempo de avance	13min 44.90s
X mín./máx.	-140.100 / 96.000
Y mín./máx.	-87.953 / 87.953
Z mín./máx.	20.000 / 61.000
Longitud de avance rápido	9522.606
Tiempo de avance rápido	45.71s
Longitud total	38689.260
Tiempo total	14min 30.61s

Figura 295 – Información de trayectoria. Lista de movimientos. Caso práctico. Fresado de MBC 2.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

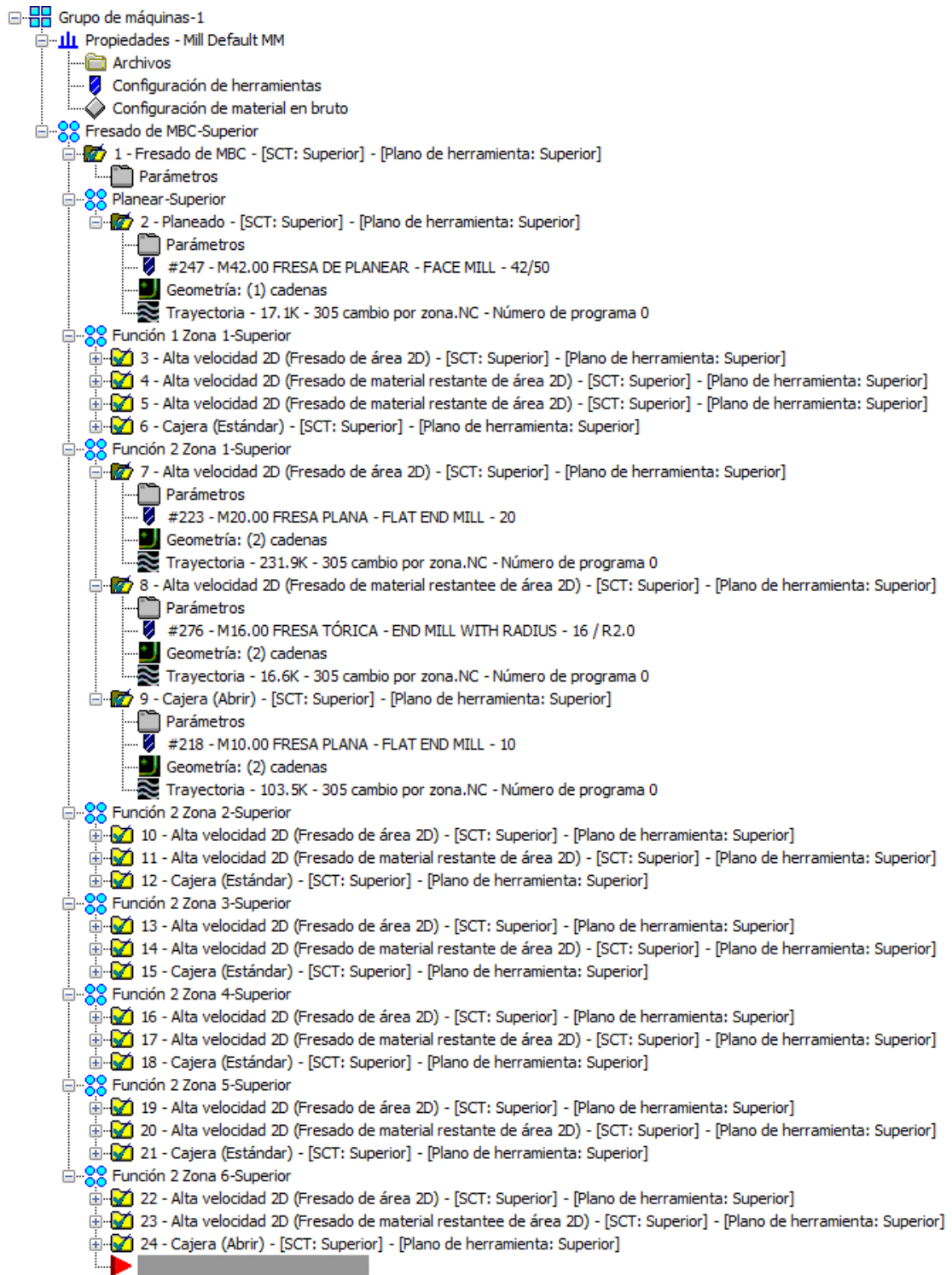


Figura 296 – Árbol de trayectorias para una agrupación Características y zonas. Caso práctico. Fresado de MBC 2.

Por lo tanto, podemos llegar a la conclusión que ambos métodos de agrupación de las operaciones dentro de esta función son igual de óptimas, y el tiempo de mecanizado no será uno de los factores para tener en cuenta a la hora de elegir un método u otro.

8.11. TALADRADO DE MBC

Taladrado de MBC es la función, complementaria junto con *Fresado de MBC*, que nos permite generar un mecanizado tomando un elemento sólido y realizando de forma automática las operaciones necesarias para obtener la pieza final. En este caso se taladran y mecanizan entidades en forma de agujero y cavidades circulares.

Al igual que en la función anterior, el primer apartado a trabajar es *Configuración*.

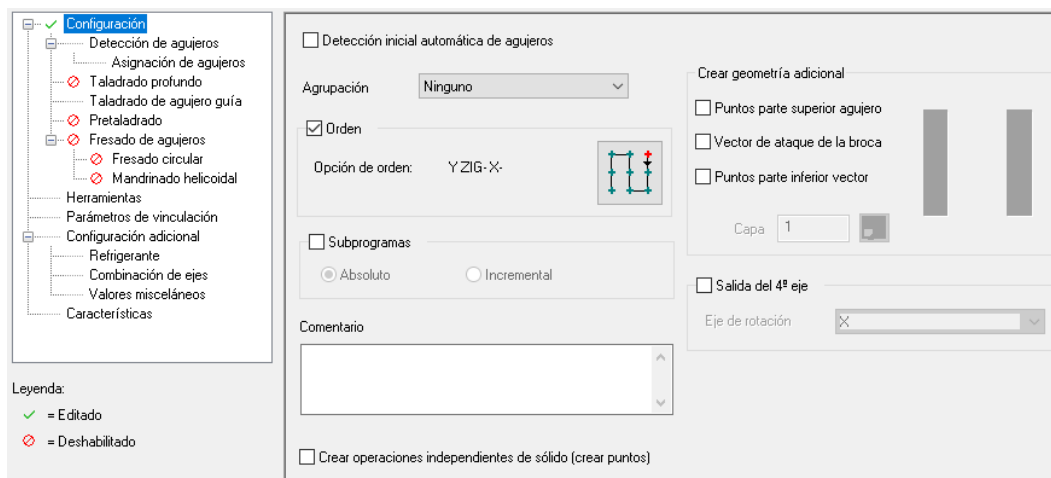


Figura 297 – Configuración. Parámetros. Taladrado de MBC.

En este apartado podemos *agrupar* los ciclos de taladrado que genera Mastercam en función de la *Herramienta*, del *Plano* o dejar las operaciones sin agrupar utilizando la opción *Ninguno*.

Activando la opción de *Orden*, se puede elegir el orden que va a seguir la herramienta dentro de cada operación. Estas trayectorias están tabuladas y trabajan en función de los ejes X e Y que se definan en dicha *Opción de orden*, aunque existe una opción de trabajar *Punto a punto*.

Lo siguiente es parametrizar el apartado *Detección de agujeros*, en este apartado determinamos que tipos de agujeros se quieren tener en cuenta para ser taladrados. Podemos incluir o excluir diferentes tipos de agujeros seleccionando *Incluir agujeros ciegos*, *Incluir chaflanes*, *Incluir agujeros partidos*. *Limitar la búsqueda al plano*, limitando así la búsqueda a un solo plano de la herramienta.

De igual modo que en *Fresado de MBC* se establece una dimensión mínima para considerar esa característica como agujero o cajera, aquí se establece un

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

máximo, que debe coincidir con el parámetro establecido en el fresado, y también un mínimo.

Mastercam genera de forma automática, ciclos de taladrado para los agujeros que se han detectado.

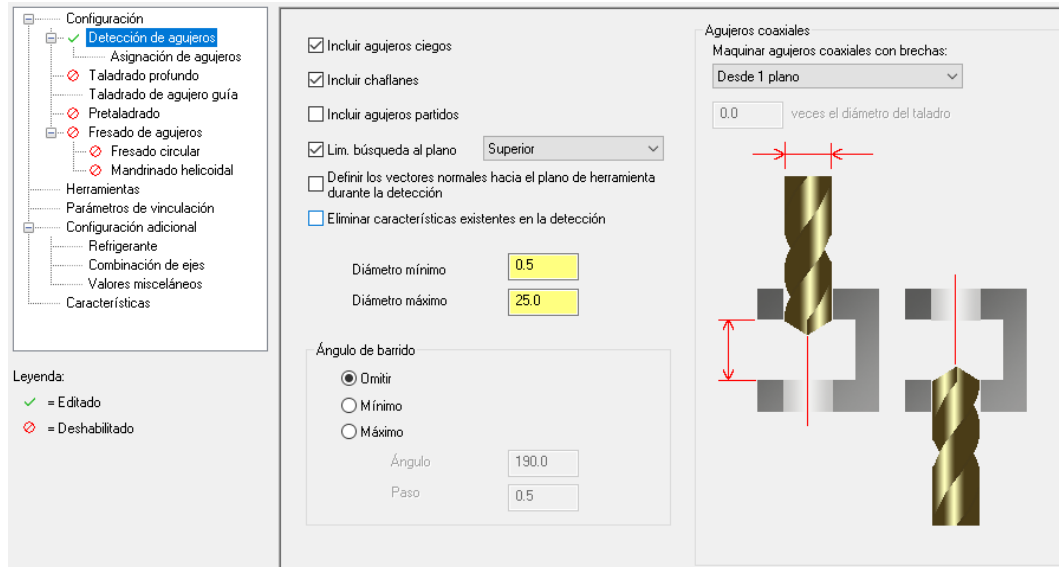


Figura 298 – Detección de agujeros. Parámetros. Taladrado de MBC.

Cuando en un mismo eje se encuentran distintos agujeros, Mastercam nos permite establecer como se quiere trabajar para que esos agujeros sean coaxiales. Esto queda definido por la opción de *Maquinar agujeros coaxiales con brechas*.

Si se toma la opción *Desde 1 plano*, se perforarán todos los agujeros coaxiales desde el plano donde se sitúa el agujero. Si se toma la opción *Desde 1 plano si el hueco es <=*, toma el valor introducido en el campo de valor *veces el diámetro del taladro* y determina si se realizará en una sola operación o en más y, por último, *Desde 2 planos* crea los taladrados desde los respectivos planos de los agujeros.

La primera operación que se debe realizar en un taladrado es un *Taladrado de agujero guía*.

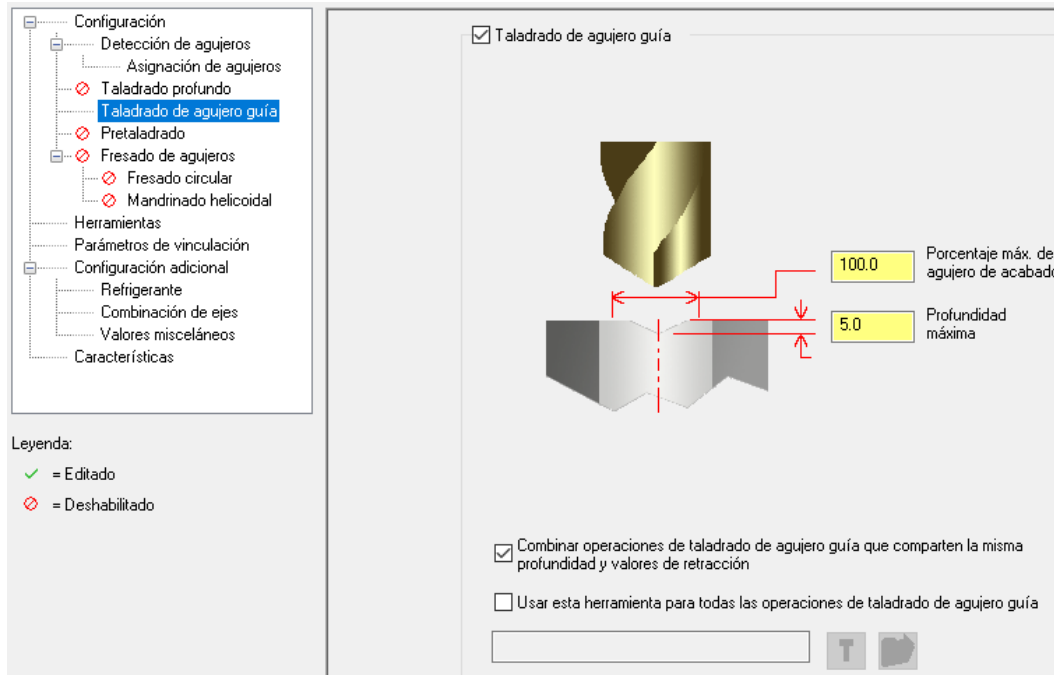


Figura 299 – Taladrado de agujero guía. Parámetros. Taladrado de MBC.

Esta operación puntea el material y marca la zona donde las sucesivas brocas o herramientas realizarán el taladrado o perforado del material. Es aconsejable realizar primero dicho punteado para evitar roturas fortuitas de brocas o desviaciones en las paredes del agujero.

Podemos determinar y modificar el *Porcentaje máx. de agujero de acabado* y la *Profundidad máxima*.

El valor de *Porcentaje máx. de agujero de acabado* establece el diámetro máximo permisible en la perforación, siendo función del diámetro del agujero final.

El valor de *Profundidad máxima* determina la profundidad máxima a la que penetrará la herramienta de punteado.

Ambos valores se pueden anular entre sí, es decir, si el valor de la profundidad provoca que se supere el porcentaje del agujero acabado, Mastercam restringe la profundidad y toma como valor límite el porcentaje.

Si se activa la opción *Combinar operaciones de taladrado de agujero guía que comparten la misma profundidad y valores de retracción*, Mastercam agrupa todos los punteados que se realizan en el mismo plano y a la misma profundidad y crea una sola operación.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Una vez realizado el punteado del agujero, es habitual en agujeros de gran tamaño o de un acabado superficial exigente, realizar un *Pretaladrado* que funciona como un desbaste del agujero, liberando de trabajo a la broca o herramienta que realizará el acabado de la superficie.

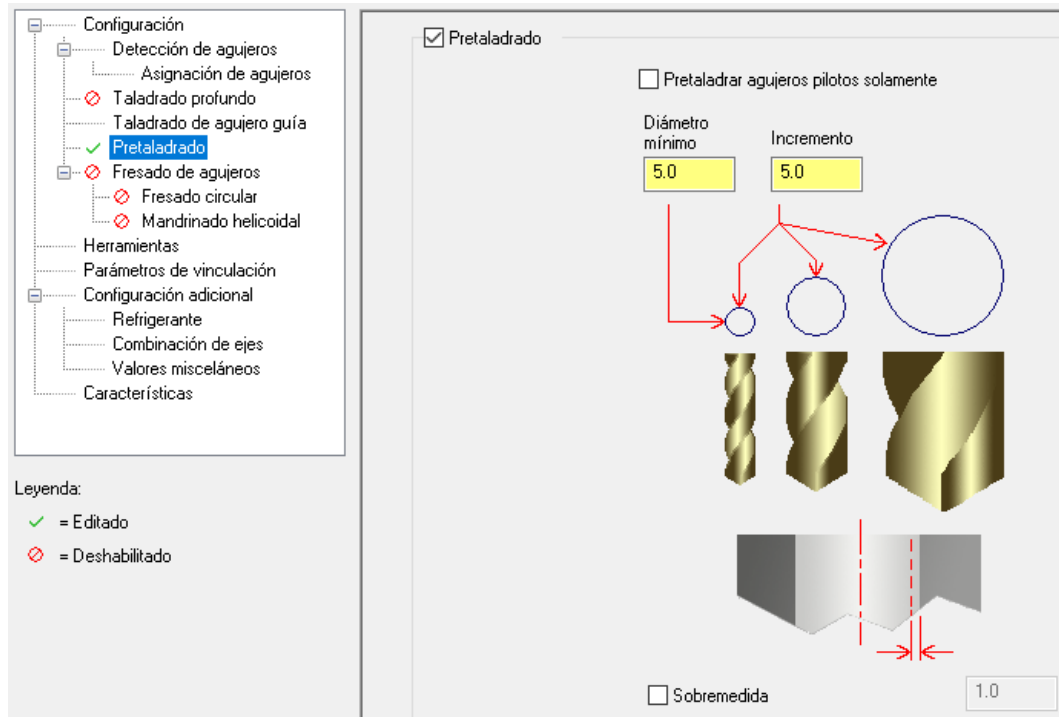


Figura 300 – Pretaladrado. Parámetros. Taladrado de MBC.

Este desbaste del agujero se va realizando de forma escalonada, partiendo de una herramienta de un *Diámetro mínimo* se va aumentando el diámetro de la herramienta mediante un *Incremento*, hasta obtener el agujero final mediante un ciclo de taladrado.

Si es necesario, podemos dejar una *Sobremedida* en las paredes del agujero final a fin de realizar una posterior operación de acabado.

Con esta función, a diferencia de *Fresado de MBC*, se suele realizar el mecanizado de agujeros grandes con operaciones de *Fresado circular* o *Mandrinado helicoidal*. Cuando este apartado tiene activado alguno de los tipos de agujeros que se pueden mecanizar, Mastercam cambia de taladrado a fresado, ya que, estos agujeros suelen requerir fondos planos y son demasiado grandes como para realizarlos con un ciclo de taladrado.

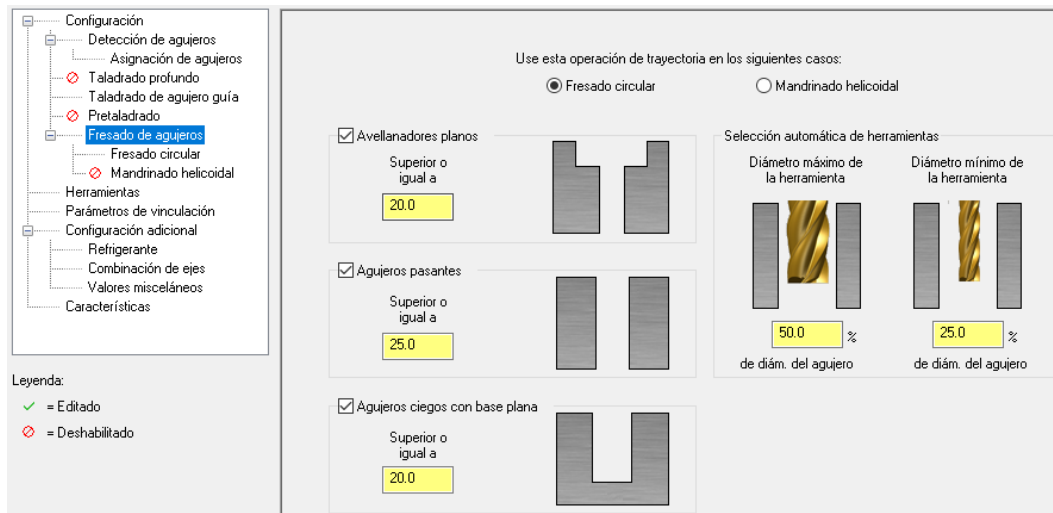


Figura 301 – Fresado de agujeros. Parámetros. Taladrado de MBC.

Los pasos a seguir en este apartado son los siguientes:

- Definir qué tipo de operaciones de trayectoria se van a trabajar, ya sean *Fresados circulares* o *Mandrinados helicoidales*.
- Definir qué tipo de agujeros van a estar incluidos en dichas operaciones. Se pueden incluir *Avellanados planos*, *Agujeros pasantes* o *Agujeros ciegos con base plana*.
- Determinar el diámetro *Superior o igual a* a partir del cual se generará un fresado o mandrinado para ese agujero.
- Especificar la *Selección automática de herramientas*, marcando el porcentaje sobre el diámetro del agujero para el diámetro máximo y mínimo de las herramienta.

El diámetro mínimo tomado por estas operaciones debe ser el diámetro máximo tomado para realizar un ciclo de taladrado.

Si es necesario utilizar la opción de *Fresado circular*, se pueden definir los parámetros de *Desbaste* y *Acabado*, el número de *Cortes en profundidad* en función del diámetro, y la forma en que se realizará la *Entrada* y *Salida* de la herramienta, o *Sobremedidas en paredes* y *Sobremedida en pisos*.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

<input type="checkbox"/> Fresado circular pasada única <input type="checkbox"/> Deshabilitar pretaladrado	<input checked="" type="checkbox"/> Cortes en profundidad <input type="radio"/> Usar valores predeterminados de fresado circular <input checked="" type="radio"/> % de diámetro: <input type="text" value="40.0"/> % de herr. larga: <input type="text" value="10.0"/> Pasadas de acabado: <input type="text" value="1"/> en <input type="text" value="1.0"/> <input checked="" type="checkbox"/> Mantener herramienta abajo
Acabado <input type="radio"/> Usar valores predeterminados de fresado circular <input checked="" type="radio"/> % de diámetro: <input type="text" value="10.0"/> % de herr. larga: <input type="text" value="5.0"/> Pasadas de acabado: <input type="text" value="1"/> <input type="radio"/> Prof. final <input checked="" type="radio"/> Todas prof.	Entrada/Salida Ángulo inicial: <input type="text" value="0.0"/> Barrido de arco de entrada/salida: <input type="text" value="45.0"/> <input checked="" type="checkbox"/> Iniciar en el centro <input type="checkbox"/> Entrada perpendicular Traslape: <input type="text" value="10.0"/> % <input checked="" type="checkbox"/> Entrada helicoidal Rad. mín.: <input type="text" value="25.0"/> % Rad. máx.: <input type="text" value="50.0"/> % <input checked="" type="checkbox"/> Generar movimiento de ingreso de arco en 3D Tol.: <input type="text" value="0.02"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Desbaste <input type="radio"/> Usar valores predeterminados de fresado circular <input checked="" type="radio"/> % de diámetro: <input type="text" value="40.0"/> % de herr. larga: <input type="text" value="20.0"/>	Usar valores de herramienta larga cuando la relación de longitud a diámetro es superior a: L/D <input type="text" value="10.0"/>
Material en bruto Sobremedida en paredes: <input type="text" value="0.0"/> Sobremedida en pisos: <input type="text" value="0.0"/>	
Método de corte: <input type="text" value="En concordancia"/> Compensación: <input type="text" value="Software"/>	

Figura 302 – Fresado circular. Fresado de agujeros. Taladrado de MBC.

Si empleamos la opción de *Mandrinado helicoidal*, se pueden definir los parámetros de *Desbaste* y *Acabado*, y la forma en que se realizará la *Entrada y Salida* de la herramienta, o *Sobremedidas en paredes* y *Sobremedida en pisos*

<input type="checkbox"/> Deshabilitar pretaladrado	Material en bruto Sobremedida en paredes: <input type="text" value="0.0"/> Sobremedida en pisos: <input type="text" value="0.0"/>
Desbaste Paso de desbaste: <input type="text" value="3.0"/> Cantidad de pasadas de desbaste: <input type="text" value="1"/> Ancho de corte de pasadas de desbaste: <input type="text" value="30.0"/> % Ancho de corte de pasadas de desbaste de herramienta larga: <input type="text" value="10.0"/> % Avance en profundidad final: <input type="text" value="100.0"/> %	Entrada/Salida Ángulo inicial: <input type="text" value="0.0"/> Barrido de arco de entrada/salida: <input type="text" value="45.0"/> <input checked="" type="checkbox"/> Iniciar en el centro <input type="checkbox"/> Entrada perpendicular Traslape: <input type="text" value="10.0"/> %
<input checked="" type="checkbox"/> Acabado Paso de acabado: <input type="text" value="2.0"/> Ancho de corte de acabado: <input type="text" value="10.0"/> % Ancho de corte de acabado de herramienta larga: <input type="text" value="5.0"/> % Velocidad de avance: <input type="text" value="125.0"/> % Velocidad del husillo (r. p. m.): <input type="text" value="200.0"/> %	<input checked="" type="checkbox"/> Generar movimientos de arcos para las hélices Tolerancia: <input type="text" value="0.02"/> Compensación: <input type="text" value="Software"/> Usar valores de herramienta larga cuando la relación de longitud a diámetro es superior a: L/D <input type="text" value="10.0"/>

Figura 303 – Mandrinado helicoidal. Fresado de agujeros. Taladrado de MBC.

A diferencia de *Fresado de MBC* en esta función se parametrizan las herramientas y todo lo referida a ellas en la parte final de la función, y se encuentra apartada de forma independiente en *Herramientas* dentro del apartado de *Configuración*.

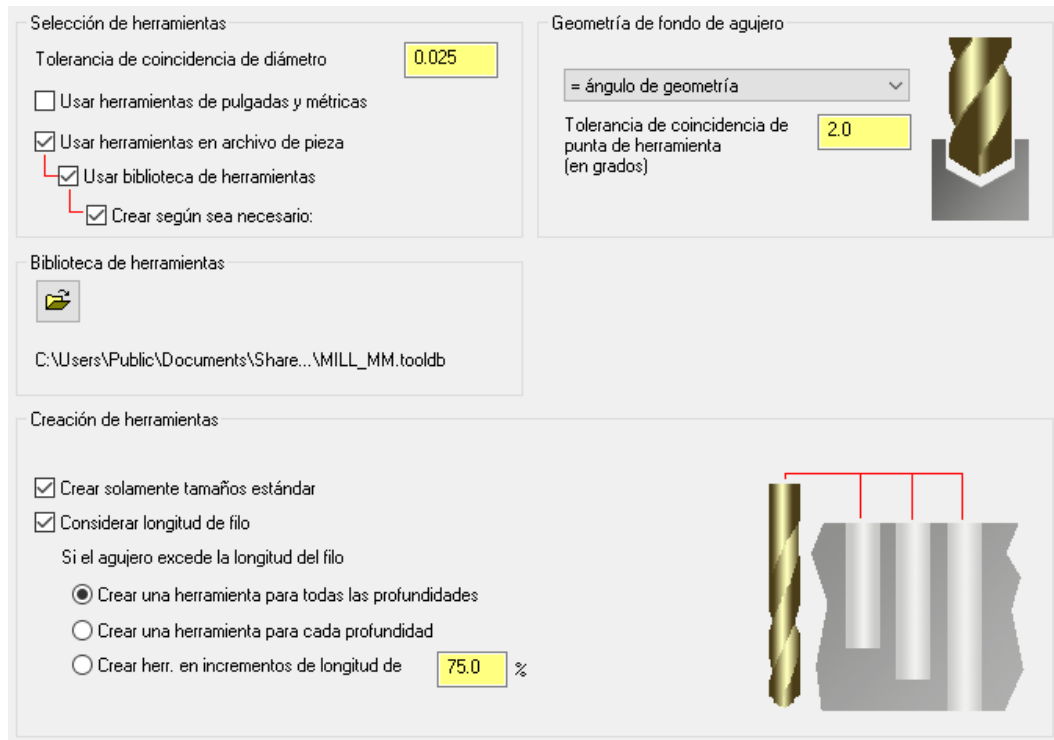


Figura 304 – Herramientas. Configuración. Taladrado de MBC.

Este apartado de *Herramientas* nos muestra cómo queremos seleccionar o crear las herramientas. Ofrece la opción de escoger entre las de biblioteca o archivo pieza, o creando las que sean necesarias según el proceso. Mastercam nos permite también cargar desde archivo una biblioteca propia o predefinida, haciendo clic en el botón de *Abrir*, y dirigiéndose a la ruta deseada.

En esta pantalla determinamos la longitud del filo de la broca o herramienta, pudiendo elegir entre diferentes opciones respecto a que función del agujero va a calcularse dicha longitud o creación de la longitud del filo de la herramienta.

El último apartado a parametrizar es el de *Parámetros de vinculación*, en este apartado se calculan y establecen las alturas de *Separación* y *Retracción* con las que va a trabajar la broca o herramienta.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

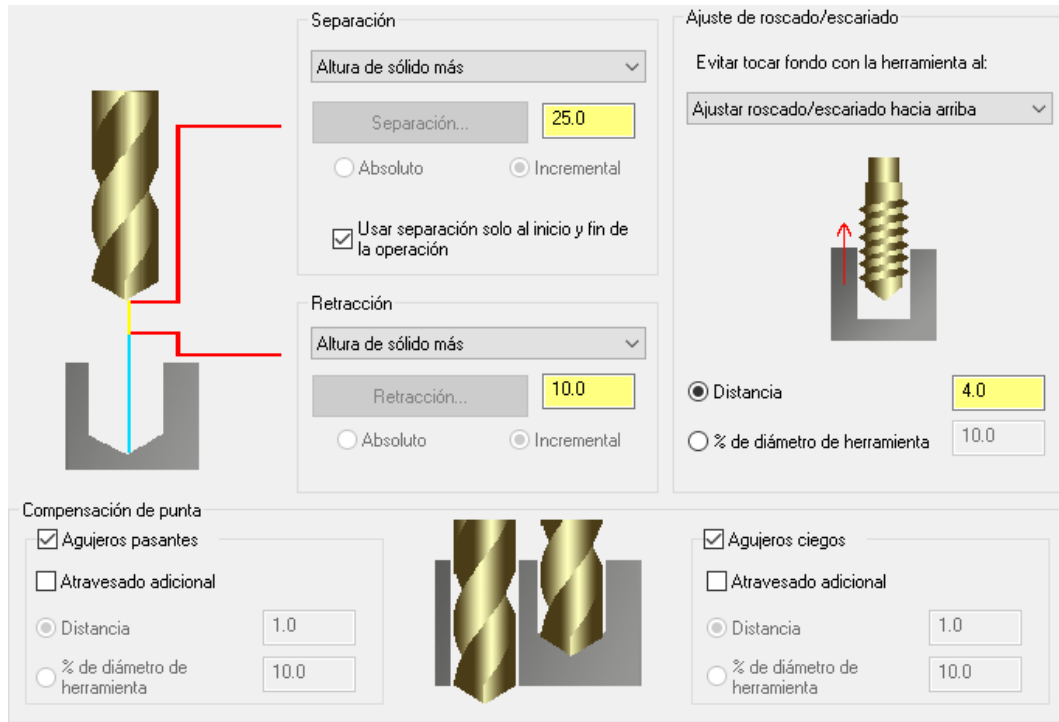



Figura 305 - Parámetros de vinculación. Taladrado de MBC.

También se puede definir la *Compensación de punta* para agujeros pasantes y para agujeros ciegos, sobrepasando el límite de estos últimos.

Con *Ajuste de roscado/escariado* delimitamos la profundidad hasta la que queremos que profundicen dichas herramientas para evitar que toquen el fondo de agujero, lo que podría provocar roturas indeseadas del macho o el escariador utilizado.

Estas dos funciones de *Fresado de MBC* y *Taladrado de MBC* se caracterizan de manera muy sencilla y rápida con el apartado *Características*. Se muestra a grandes rasgos como se ordenará el taladrado de la pieza, que tipo de agujero va a realizar a cada característica y que herramienta empleará.

Para obtener este listado de los taladrados solamente hay que pulsar el icono de *Detectar* .

Configuración

- [-] Detección de agujeros
 - [-] Asignación de agujeros
 - Taladrado profundo
 - Taladrado de agujero guía
 - Fresado de agujeros
 - Fresado circular
 - Mandrinado helicoidal
- [+] Herramientas
 - Parámetros de vinculación
- [-] Configuración adicional
 - Refrigerante
 - Combinación de ejes
 - Valores misceláneos
 - Características**

Leyenda:

- = Editado
- = Deshabilitado
- = Se puede crear agujero
- = Advertencia: comprobar la
- = Agujero definido por SOLIDWORKS
- = Característica suprimida

Mostrar todas las direcciones normales 16 opciones, 0 seleccionadas

Esta...	Tipo de agujero	Diá...	Plano	Z-1	Prof...	V...	Cie...	Herramienta de acabado
	Broca	6.0	Superior	39.5	34.5		X	SLDPRT: TALADRADO, 6.0 diám., 50.0 longitu
	Broca	6.0	Superior	39.5	34.5		X	SLDPRT: TALADRADO, 6.0 diám., 50.0 longitu
	Broca	6.0	Superior	39.5	34.5		X	SLDPRT: TALADRADO, 6.0 diám., 50.0 longitu
	Broca	6.0	Superior	39.5	34.5		X	SLDPRT: TALADRADO, 6.0 diám., 50.0 longitu
	Broca	6.0	Superior	39.5	34.5		X	SLDPRT: TALADRADO, 6.0 diám., 50.0 longitu
	Broca	6.0	Superior	39.5	34.5		X	SLDPRT: TALADRADO, 6.0 diám., 50.0 longitu
	Broca	6.0	Superior	39.5	34.5		X	SLDPRT: TALADRADO, 6.0 diám., 50.0 longitu
	Broca	6.0	Superior	39.5	34.5		X	SLDPRT: TALADRADO, 6.0 diám., 50.0 longitu
	Broca	6.0	Superior	39.5	34.5		X	SLDPRT: TALADRADO, 6.0 diám., 50.0 longitu
	Broca	6.0	Superior	39.5	34.5		X	SLDPRT: TALADRADO, 6.0 diám., 50.0 longitu
	Machuelo D.	6.0	Superior	39.5	34.5		X	SLDPRT: MACHUELO DERECHO, M6x1, 50.0
	Chafán (90.0)	7.0	Superior	40.65	4.15	X		SLDPRT: BROCA AVELLANADORA, 8.3 diám.,
	Chafán (90.0)	7.0	Superior	40.65	4.15	X		SLDPRT: BROCA AVELLANADORA, 8.3 diám.,
	Chafán (90.0)	7.0	Superior	40.65	4.15	X		SLDPRT: BROCA AVELLANADORA, 8.3 diám.,
	Chafán (90.0)	7.0	Superior	40.65	4.15	X		SLDPRT: BROCA AVELLANADORA, 8.3 diám.,
	Chafán (90.0)	7.0	Superior	40.65	4.15	X		SLDPRT: BROCA AVELLANADORA, 8.3 diám.,
	Chafán (90.0)	7.0	Superior	40.65	4.15	X		SLDPRT: BROCA AVELLANADORA, 8.3 diám.,
	Chafán (90.0)	7.0	Superior	40.65	4.15	X		SLDPRT: BROCA AVELLANADORA, 8.3 diám.,
	Chafán (90.0)	7.0	Superior	40.65	4.15	X		SLDPRT: BROCA AVELLANADORA, 8.3 diám.,
	Chafán (90.0)	7.0	Superior	40.65	4.15	X		SLDPRT: BROCA AVELLANADORA, 8.3 diám.,

Seleccionar funciones comunes...
 Seleccionar funciones coaxiales

Figura 306 - Características. Fresado de MBC.

8.12 TRAYECTORIAS CIRCULARES

8.12.1. FRESADO CIRCULAR

Un *Fresado circular* es un caso especial de *Cajera* donde la geometría de la cajera es una circunferencia, de diámetro constante y una cierta profundidad, pero utilizando los parámetros de corte típicos de una operación de *Contorno*.

Se observa que la ventana de parámetros está muy simplificada. Se pueden modificar el *Tipo de compensación*, *Dirección de compensación* y *Compensación de punta*, o dejar material restante para posteriores operaciones con *Sobremedida en paredes* y *Sobremedida en pisos*.




Tipo de compensación	Software	<input type="checkbox"/> Reemplazar diámetro de geometría
Dirección de compensación	Izquierda 	Diámetro de círculo: 0.0
Compensación de punta	Punta 	Ángulo inicial: 90.0
Diám. (para simulación)	12.0	
		Sobremedida en paredes: 0.0
		Sobremedida en pisos: 0.0

Figura 307 – Parámetros de corte. Fresado circular.

En la pestaña de *Desbaste*, se pueden parametrizar el *Ancho de corte* en función de la herramienta. Existe la posibilidad de crear una entrada helicoidal de la herramienta, esto se consigue activando *Entrada helicoidal*, lo que permite que la entrada sea más suave y aumente la vida de la herramienta de corte.

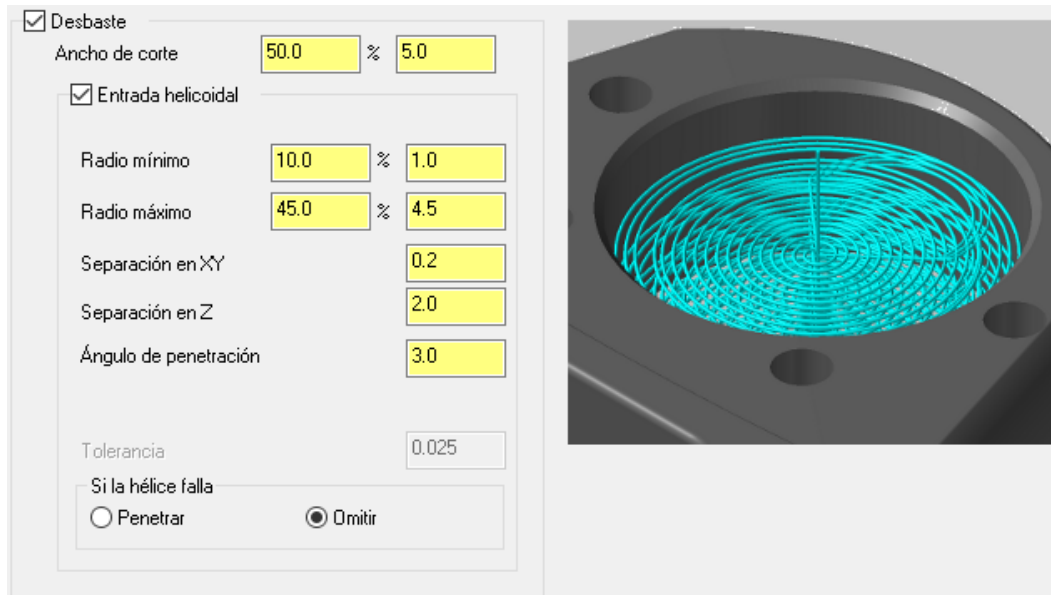


Figura 308 – Desbaste. Fresado circular.

Con la pestaña de *Acabado*, se puede establecer si realizar un *Semiacabado* o un *Acabado*, así como el *Número de pasadas* que queremos realizar y el espesor o *Espaciado* de la pasada.

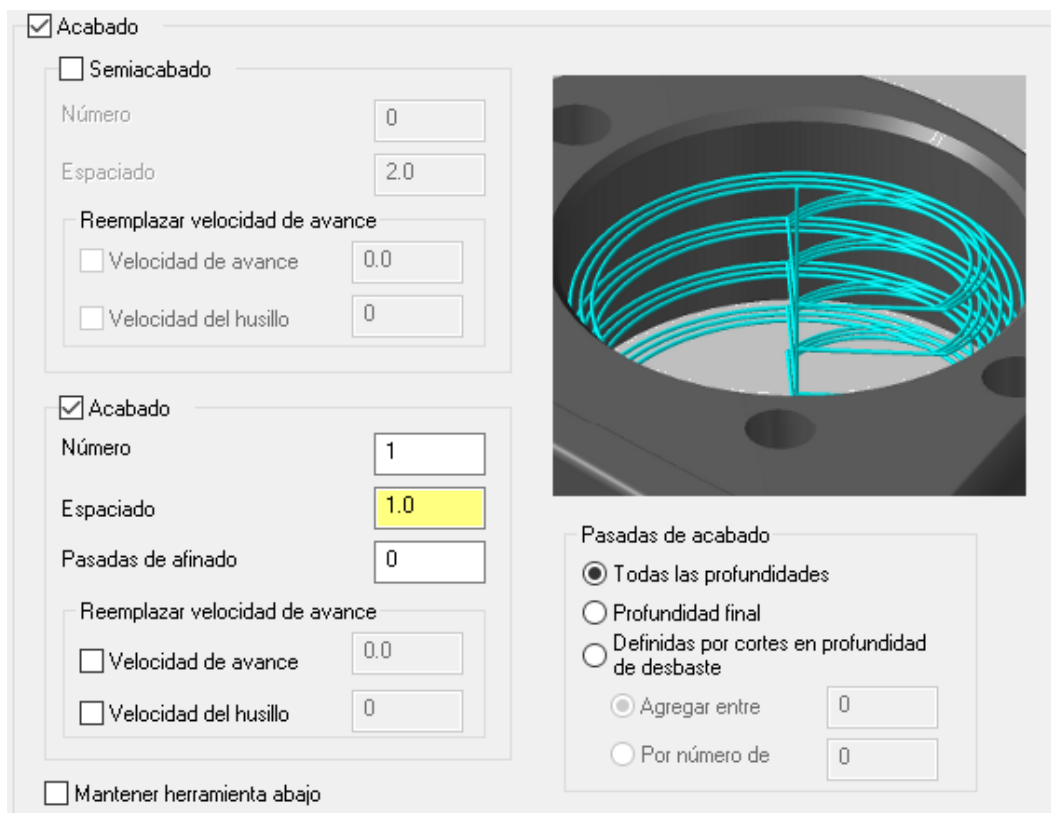


Figura 309 – Acabado. Fresado circular.

8.12.2. FRESADO DE ROSCA

El *Fresado de roscas* es utilizado en Mastercam para realizar roscados de agujeros o ejes de diámetros más grandes que el diámetro de la herramienta, ya que, para diámetros grandes no es tan común disponer de machos y terrajas. Lo que se realiza es un fresado en forma helicoidal que hace las veces de la hélice de la rosca, y utilizando herramientas con el paso adecuado y normalizado podemos llegar a obtener roscas de gran diámetro.

A esta forma de roscado también se la conoce como roscado por interpolación, esto es, con una herramienta mucha más pequeña que el agujero acabado, se descentra la herramienta del centro geométrico del agujero y se genera una vuelta, si dicha vuelta también se desplaza de forma longitudinal entonces crearemos la hélice de una rosca.

En el apartado de *Parámetros de corte* de esta operación, se especifica el *Número de dientes activos* de los que dispone la herramienta, el *Paso de rosca* que tiene dicha herramienta y que se quiere reproducir en el mecanizado, si la rosca es *Rosca interior* o *Rosca exterior*, así como si es un roscado *A derechas* o *A izquierdas*, y la dirección de mecanizado.

También podemos parametrizar otros valores como, por ejemplo, un *Ángulo inicial de rosca*, o si se va a realizar en una superficie cónica se puede especificar el *Ángulo de cono*.

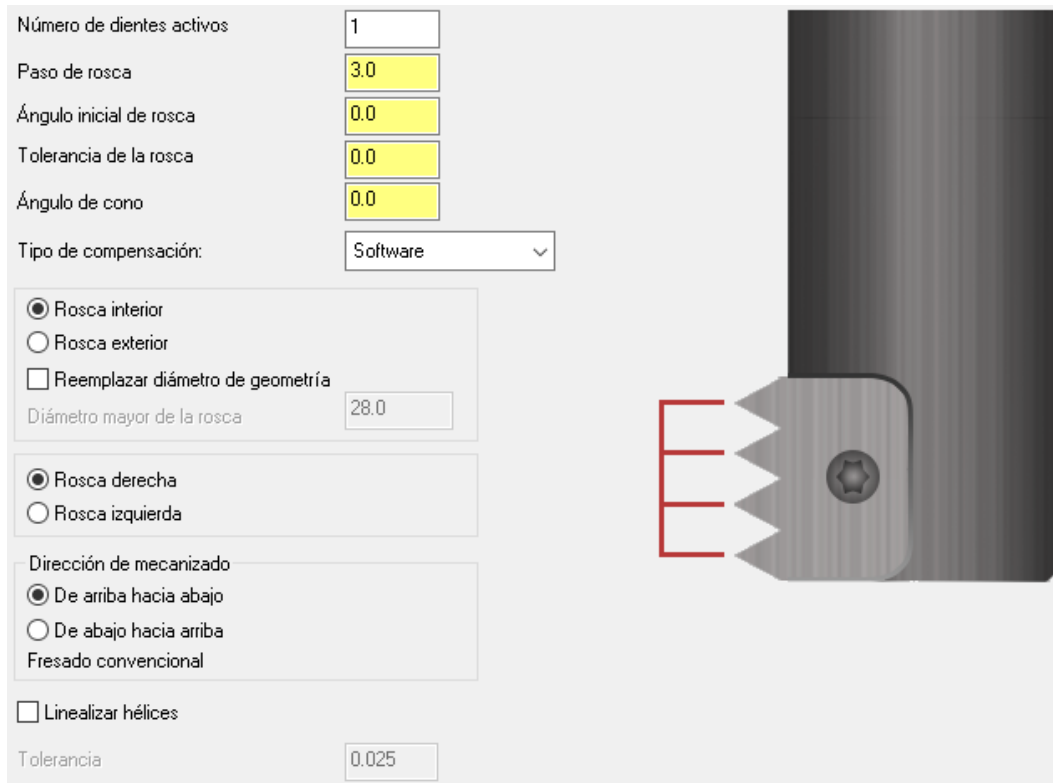


Figura 310 – Parámetros de corte. Fresado de rosca.

8.12.3. TALADRADO AUTOMATICO

Esta operación crea taladros de manera automática siguiendo las indicaciones que se incluyan en los *Parámetros de herramienta* y *Parámetros de vinculación*. Esta operación rara vez es empleada, pues su modificación posterior es complicada y problemática.

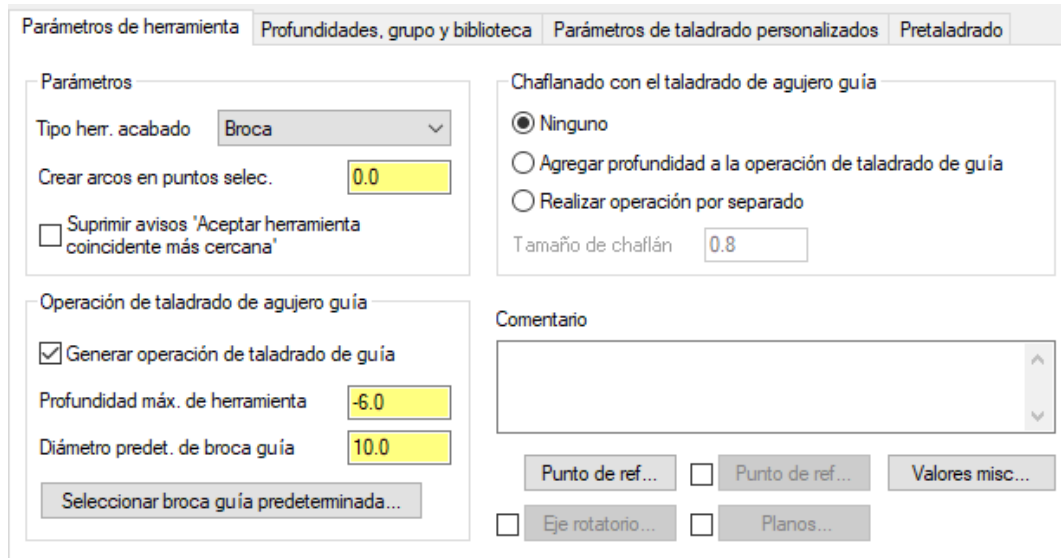


Figura 311 – Parámetros de herramienta. Taladrado automático.

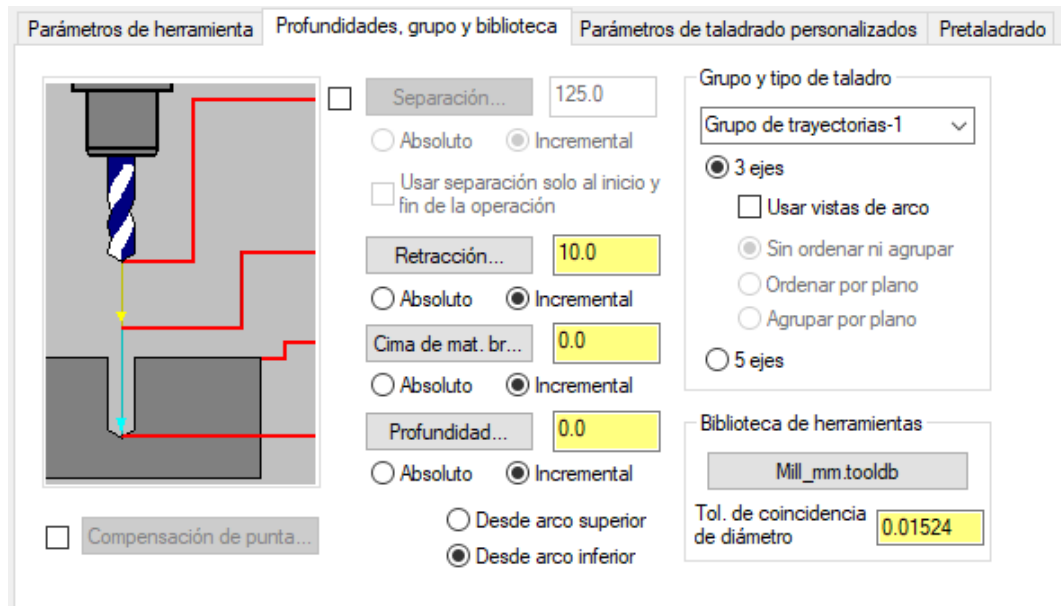


Figura 312 – Profundidades, grupo y biblioteca. Taladrado automático.

8.12.4. TALADRADO AGUJEROS PREVIOS O AGUJERO DE INICIO

Con esta operación Mastercam nos permite puntear agujeros que posteriormente van a taladrarse o mecanizados para introducir la herramienta.

Mastercam toma las trayectorias y geometrías de las operaciones seleccionadas y crea una operación previa de punteo genérica. Podemos además adicionar las dimensiones de diámetro y profundidad iniciales.

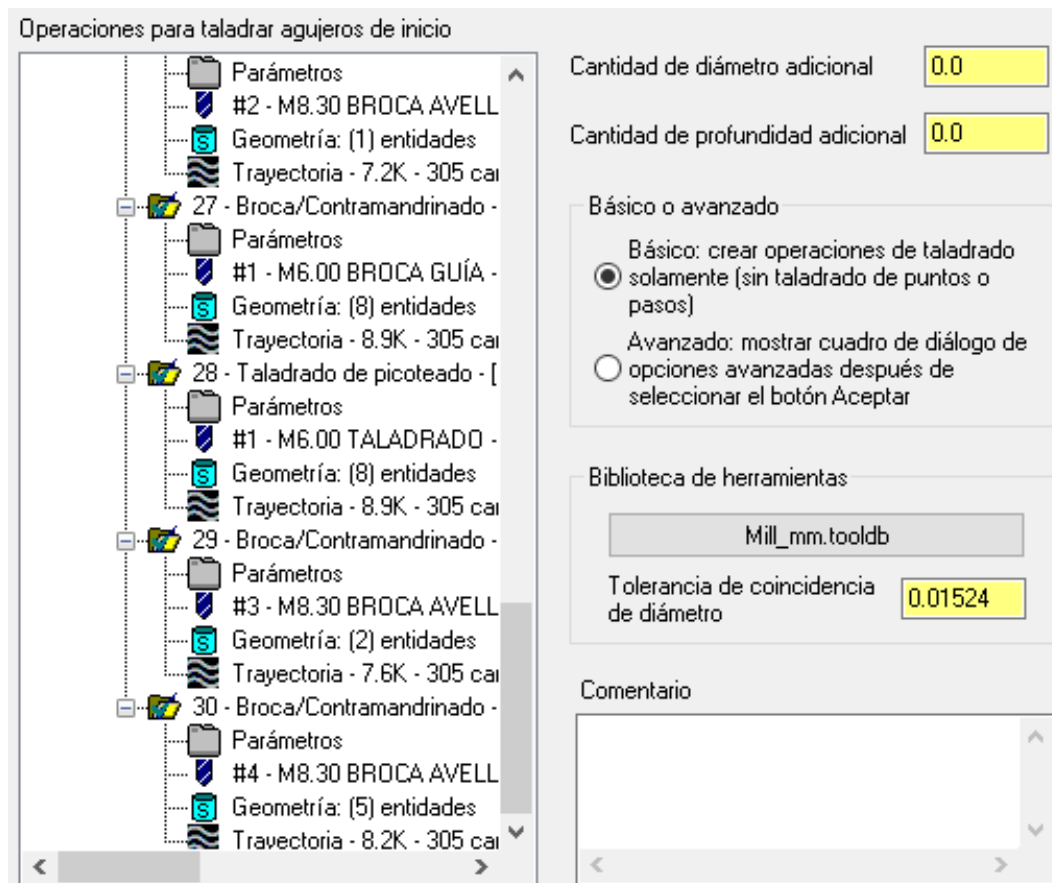


Figura 313 – Taladrado de agujeros previos

8.12.5. MANDRINADO HELICOIDAL

El *Mandrinado helicoidal* es una operación semejante a *Fresado de roscas*, pero en este caso es la propia hélice la que marca el paso de la geometría final, siendo habitual trabajar con herramientas de corte de un solo filo de corte.

Los *Parámetros de corte* están muy simplificados. Se puede modificar el *Tipo de compensación*, *Dirección de compensación* y *Compensación de punta*, o dejar material restante para posteriores operaciones con *Sobremedida en paredes* y *Sobremedida en pisos*. Así como definir si *Iniciar en el centro* la trayectoria y los *Ángulos y barridos de entrada y salida*.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D


Tipo de compensación	Software	<input type="checkbox"/> Reemplazar diámetro de geometría	
Dirección de compensación	Izquierda	Diámetro de círculo	28.0
Compensación de punta	Punta	Ángulo inicial	90.0
Diám. (para simulación)	0.0	Barrido de arco de entrada/salida	180.0
		<input checked="" type="checkbox"/> Iniciar en el centro	
		<input type="checkbox"/> Entrada perpendicular	
		Traslape	0.0
		Sobremedida en paredes	0.0
		Sobremedida en pisos	0.0

Figura 314 – Parámetros de corte. Mandrinado helicoidal.

En la pestaña conjunta de *Desbaste/Acabado* podemos definir el *Paso de desbaste* y *Cantidad de pasadas de desbaste*. El *Método de acabado*, con el que podemos establecer si realizar el mandrinado hacia arriba o hacia abajo, o si realizar círculos y no generar una hélice, generando un mandrinado circular. También podemos establecer, al igual que en el *Desbaste*, el *Paso de acabado* y el *Ancho de corte de acabado*.

Desbaste	
Paso de desbaste	3.0
Cantidad de pasadas de desbaste	1
Ancho de corte de pasadas de desbaste	0.0
Velocidad de avance en profundidad final	30.0 % 15.0
<input checked="" type="checkbox"/> Acabado	
Método de acabado	Hélice hacia abajo
Paso de acabado	2.0
Ancho de corte de acabado	1.0
Velocidad de avance	125.0 % 62.5
Velocidad del husillo (r. p. m.)	200.0 % 7000
<input checked="" type="checkbox"/> Generar movimientos de arcos para las hélices	
Tolerancia	0.025

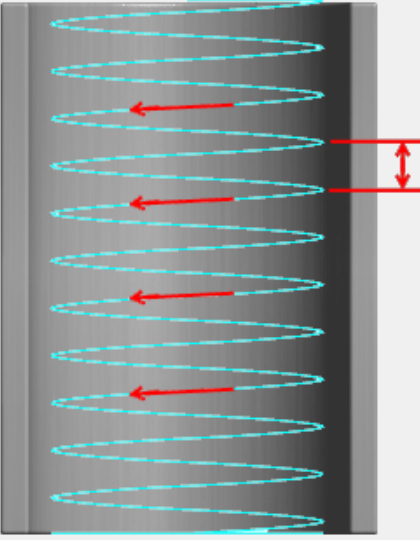


Figura 315 – Desbaste/Acabado. Mandrinado helicoidal.

8.13. TRANSFORMAR

La función *Transformar* nos permite reproducir una operación o conjunto de operaciones ya existentes de forma matricial, ya sea de manera lineal o radial, de forma simétrica o libre de restricciones.

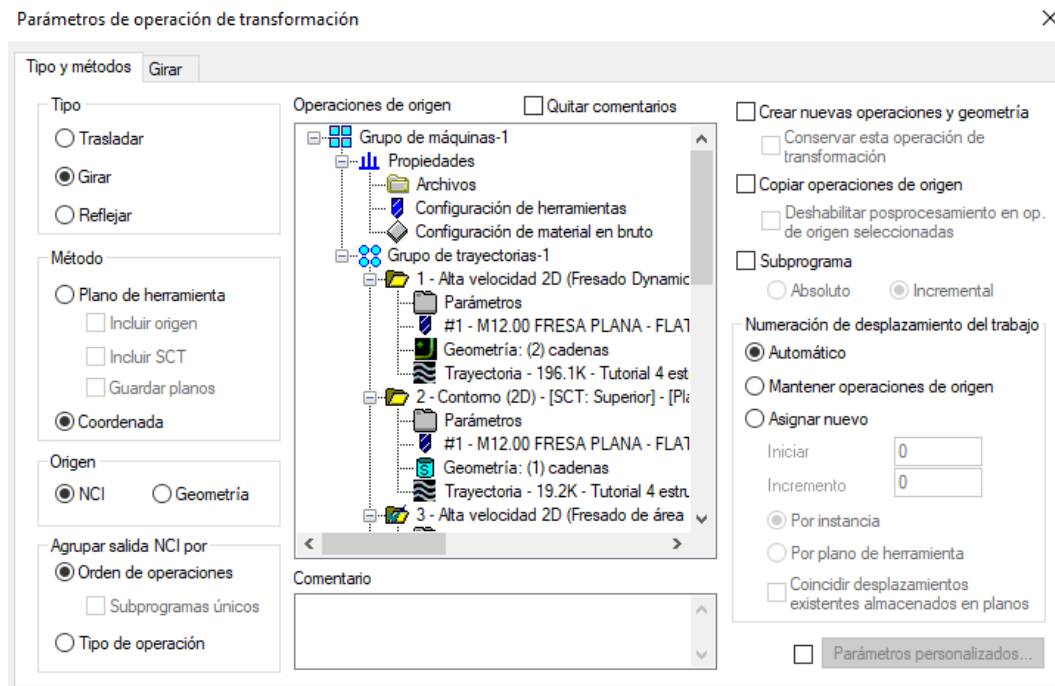


Figura 316 – Tipo y métodos. Parámetros de operación de transformación. Transformar.

Seleccionando las operaciones que queremos copiar, debemos decidir el *Tipo* de transformación que se va a aplicar, tenemos la posibilidad de elegir entre:

- *Trasladar*: desplaza las operaciones a una nueva ubicación. Es un método muy útil para el mecanizado de la misma pieza en múltiples fijaciones en la zona de trabajo, así como para la reproducción de geometrías de acabado que atienden a un espaciado equidistante en una misma dirección.
- *Girar*: rota las operaciones sobre un eje determinado. Es un método muy empleado en piezas cilíndricas o geometrías de acabado que siguen un patrón circular.
- *Reflejar*: crea operaciones simétricas sobre un plano determinado.

Con el *Método*, definimos que se va a emplear para transformar de posición esas operaciones. Si se selecciona *Plano de herramienta*, debemos establecer si se quiere incluir el origen o el sistema de coordenadas de trabajo marcando las opciones *Incluir origen* e *Incluir SCT*. Si lo que se desea es desplazar las operaciones en función de unas coordenadas, se seleccionará *Coordenada*.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Para situar estas operaciones en la nueva ubicación de trabajo, empleamos la pestaña *Girar*. En esta pestaña definimos el número de veces que queremos repetir las operaciones, la cota y el ángulo hasta la que se desplazarán.

Se pueden tomar puntos de referencia propios o referenciar todo al origen de la pieza. También podemos elegir si tomar la distancia entre las copias de operaciones como *Ángulo entre*, que establece el ángulo entre cada copia, o *Barrido total*, que define la distancia desde la primera hasta la última copia.

Parámetros de operación de transformación

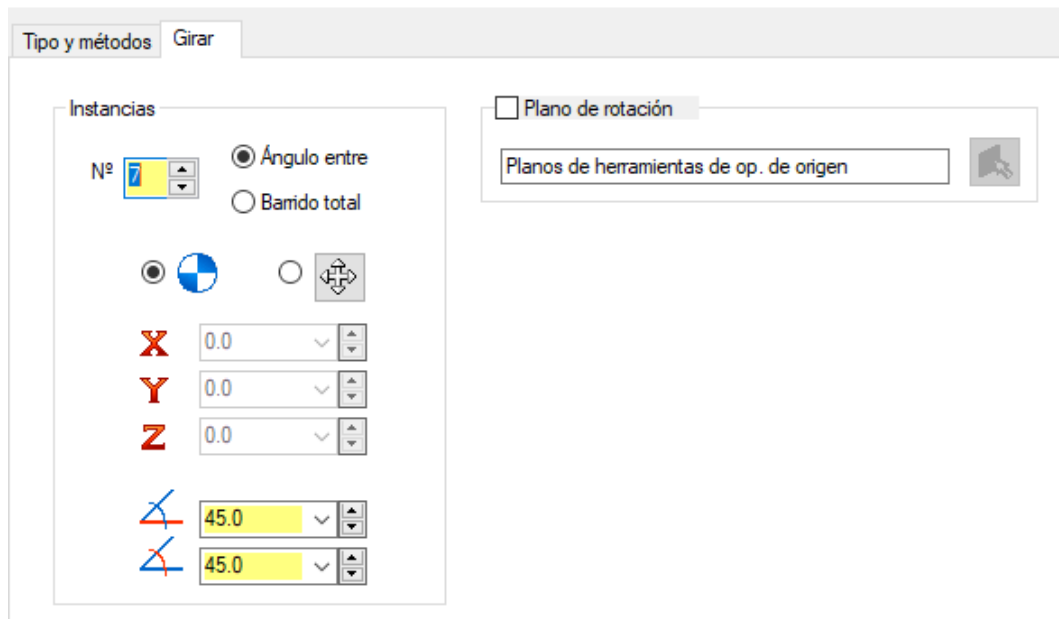


Figura 317 - Girar. Parámetros de operación de transformación. Transformar.

8.14. ENTRADA MANUAL

Esta función de *Entrada manual* nos permite crear bloques de código de control numérico que irán definidos directamente en el código del postprocesado. Esta salida de código se puede realizar *Como comentario* o *Como código*.

Por otra parte, el *Origen de texto* de este código puede ser, de manera directa *Introduciendo texto* en el espacio de trabajo otorgado a tales efectos, o mediante un *Archivo de texto* de forma indirecta.

8.15. PUNTO

La función *Punto* se emplea para establecer puntos de referencia a los que desplazar la herramienta de corte en las entradas y salidas de las trayectorias. Aunque también se pueden realizar desplazamientos libres con la herramienta para posicionarse en cualquier lugar de la pieza.

Podemos establecer qué tipo de movimiento realizar hasta dicho punto, ya sea en rápido o en avance lineal.

8.16. AJUSTAR

La función *Ajustar* nos permite recortar o ajustar partes de las trayectorias de herramienta, de tal forma que, seleccionando los límites en los que se quiere eliminar esa parte de la trayectoria, Mastercam nos omite dichos movimientos de herramienta.

8.17. ESTRUCTURA ALAMBRICA

Las funciones de mecanizado de *Estructura alámbrica* de Mastercam nos permiten generar trayectorias de herramientas empleando solo estructuras alámbricas simples, con las que realmente se crean geometrías que de otra forma serían complejas de dibujar o croquizar.

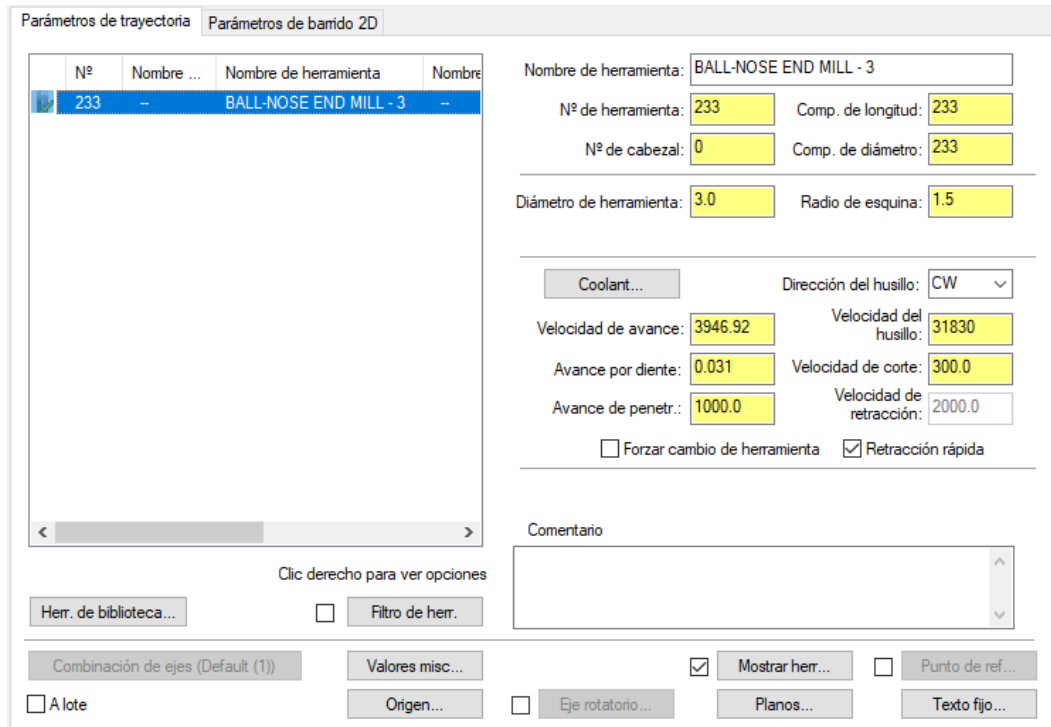
Por ejemplo, para obtener como resultado una semiesfera, con estas funciones resulta un proceso rápido y simple. Pero si quisiéramos realizar este mismo mecanizado con una operación de *Contorno 3D*, la composición previa del dibujo y sus entidades sería muy costosa y complicada.

Estas funciones comparten todas la misma interfaz para los *Parámetros de trayectoria*, por ello, primero se mostrará a grandes rasgos esta pestaña y después se expondrá individualmente cada operación.

El parámetro más importante de esta pestaña es la elección de la herramienta de corte. Al igual que en el resto de operaciones, Mastercam nos permite tomar de *Herramienta de biblioteca* la herramienta utilizada en esta operación y filtrar el tipo de herramienta requerida.

Una vez seleccionada, nos indica los datos más relevantes de dicha herramienta, como pueden ser *Nombre de la herramienta*, *Nº de herramienta* dentro de la biblioteca, *Velocidad de avance*, *velocidad del husillo* y *Velocidad de corte*, así como los *Avance por diente* y *Avance de penetración*.

También se puede modificar el *Sistema de coordenadas de trayectoria* pulsando la opción *Planos*, donde podemos modificar tanto el *Sistema de coordenadas de trabajo*, como el *Plano de herramienta* y *Plano de construcción*.



Nº	Nombre ...	Nombre de herramienta	Nombre
233	--	BALL-NOSE END MILL - 3	--

Nombre de herramienta: BALL-NOSE END MILL - 3

Nº de herramienta: 233 Comp. de longitud: 233

Nº de cabezal: 0 Comp. de diámetro: 233

Diámetro de herramienta: 3.0 Radio de esquina: 1.5

Coolant... Dirección del husillo: CW

Velocidad de avance: 3946.92 Velocidad del husillo: 31830

Avance por diente: 0.031 Velocidad de corte: 300.0

Avance de penetr.: 1000.0 Velocidad de retracción: 2000.0

Forzar cambio de herramienta Retracción rápida

Comentario

Herr. de biblioteca... Filtro de herr.

Combinación de ejes (Default (1)) Valores misc... Mostrar herr... Punto de ref...

A lote Origen... Eje rotatorio... Planos... Texto fijo...

Figura 318 – Parámetros de trayectoria. Estructura alámbrica.

8.17.1. REGLADO

La operación de *Reglado* toma distintas entidades en un mismo plano y genera las trayectorias de forma consecutiva entre entidades, creando con ello una continuidad en el mecanizado de la pieza y una variación en la sección transversal de la pieza.

Los *Parámetros de reglado* o *reglamentados*, nos permiten modificar aspectos del mecanizado como el *Método de corte*, pudiendo elegir entre estrategias de *Zigzag*, *Una dirección*, *Circular* o *Corte de flanco de 5 ejes*. Este último *Método de corte* solo se puede emplear en fresas de 5 ejes.

También podemos definir si activar el *Corte Z constante*, limitando este corte entre un punto *Inicial* y un punto *Final* al que se le aplica un *Paso*, que hace las veces de profundidad de corte.

The image shows a screenshot of the MasterCAM software interface, specifically the 'Parámetros de trayectoria' (Trajectory Parameters) and 'Parámetros reglamentados' (Regulated Parameters) tabs. The 'Método de corte' (Cutting Method) section has 'Zigzag' selected. The 'Distancia de corte transversal' (Transverse Cut Distance) is set to 2.5, 'Sobremedida' (Overcut) is 0.0, and 'Profundidad rápida (abs.)' (Abs. Rapid Depth) is 5.0. The 'Compensación en software' (Software Compensation) is set to 'Izquierda' (Left), 'Compensación de punta' (Tip Compensation) is 'Punta' (Tip), and 'Opción de sincronización' (Synchronization Option) is 'Por entidad' (By Entity). The 'Corte Z constante' (Constant Z Cut) section has 'Desactivado' (Deactivated) selected. The 'Plano de ajustado 1' (Adjustment Plane 1) and 'Plano de ajustado 2' (Adjustment Plane 2) both have 'Ninguno' (None) selected. The 'Protección de raspado' (Scrap Protection) section has 'Desactivado' (Deactivated) selected. There are also options for 'Ajustar la herramienta' (Adjust Tool) and 'Ajustar la trayectoria' (Adjust Trajectory).

Figura 319 – Parámetros de corte. Reglado. Estructura alámbrica.

Con el campo de valor *Distancia de corte transversal*, establecemos la distancia entre los cortes en la dirección transversal de la trayectoria. Cuanto más pequeño este valor, más suave será el acabado de la superficie, dejando surcos más pequeños, pero también el proceso será más largo.

Por último, con las opciones de *Plano de ajustado 1* y *Plano de ajustado 2* evitamos que la herramienta de corte sobrepase las coordenadas del plano seleccionado. Con estos parámetros también se pueden modificar los límites hasta los que se desplaza la trayectoria, pudiendo alargar o acortar la trayectoria de mecanizado efectiva respecto del sistema de coordenadas de la pieza mecanizada.

8.17.2. ROTADO

La operación de *Rotado* toma una entidad continua y un eje de revolución, y genera las trayectorias de herramienta para crear una pieza de revolución de medio cuerpo.

En los *Parámetros de corte* se pueden establecer los planos de movimiento de herramienta, tanto de *Separación*, como de *Retracción* y el *Plano de avance*, y la compensación empleada en la herramienta, pudiendo elegir entre una *Compensación calculada* a *Izquierda*, *Derecha* o *Desactivar* dicha compensación.

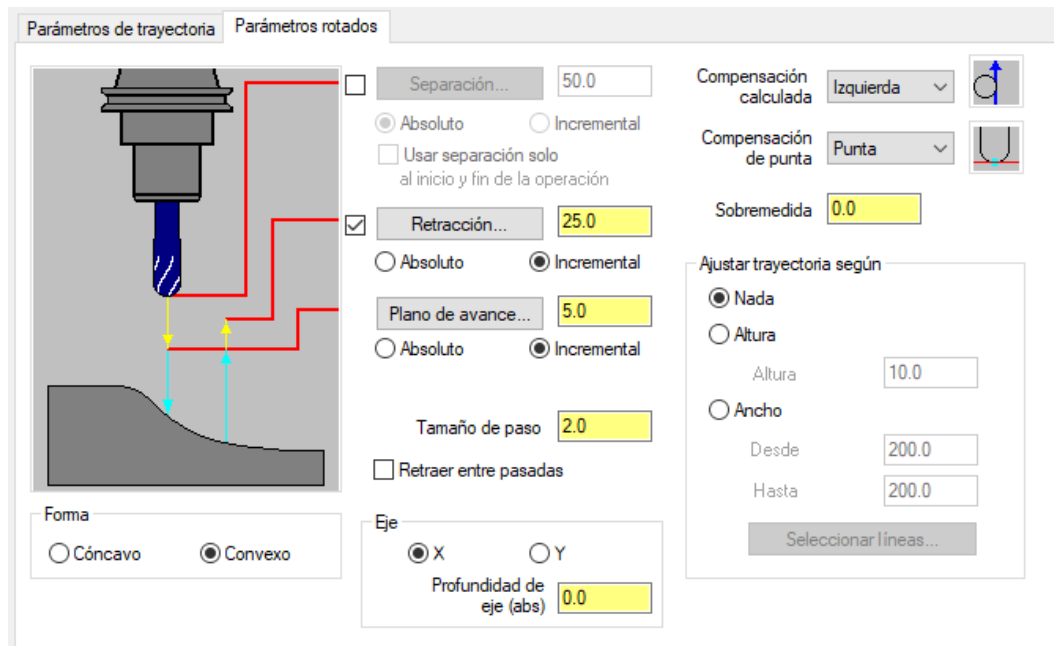


Figura 320 – Parámetros de corte. Rotado. Estructura alámbrica.

Un parámetro muy importante en esta operación es el tipo de *Forma* que queremos obtener como resultado final del mecanizado y la revolución del perfil, esta revolución de medio cuerpo puede tener una forma *Cóncava* o una forma *Convexa*, dependiendo de lo que se seleccione en estos parámetros.

Con *Ajustar trayectoria según*, podemos modificar la trayectoria a una altura determinada con el campo de valor *Altura* o delimitar el *Ancho*, reduciendo el espacio para la trayectoria de la herramienta.

Aunque se marque un eje de revolución en el plano del perfil, Mastercam nos ofrece la posibilidad de modificar la altura de dicho eje, posicionándolo en un plano distinto al del perfil a revolucionar. Esto se consigue modificando los parámetros contenidos en *Eje*, en el campo de valor *Profundidad de eje* en coordenadas absolutas, y el eje a modificar, X o Y.

Al igual que en la operación anterior, con el parámetros de *Tamaño de paso*, marcamos la distancia entre los diferentes pasos de la trayectoria de la herramienta.

8.17.3. BARRIDO 2D

Una operación de *Barrido 2D* necesita de dos perfiles, uno transversal y uno longitudinal, además de un punto donde se corten o inicien ambos perfiles.

8. MASTERCAM. FRESADO 2D

Con el *Barrido 2D* conseguimos generar un perfil plano a lo largo de una línea o recorrido marcado. Este método es muy útil para mecanizar piezas de gran longitud con continuidad en el perfil transversal.

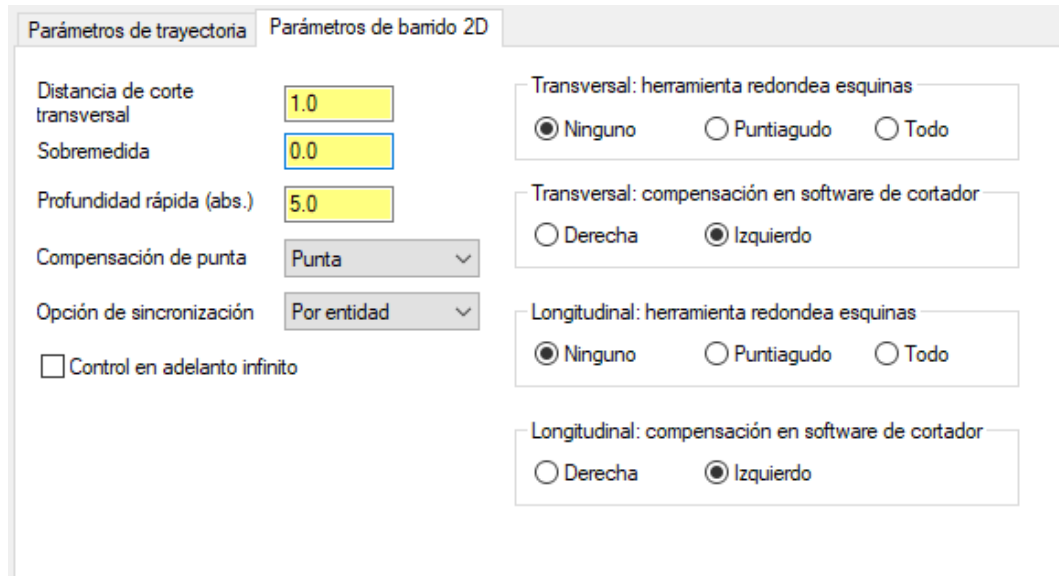


Figura 321 – Parámetros de corte. Barrido 2D. Estructura alámbrica.

En la pestaña de *Parámetros de corte*, se pueden establecer valores para parámetros como *Distancia de corte transversal*, que marca el paso entre trayectorias de herramienta. O *Sobremedida*, que nos permite dejar creces de material para posteriores pasadas de acabado.

Otra parámetro que podemos seleccionar en esta pestaña son las compensaciones de punta para las trayectorias *Longitudinal* y *Transversal*, al igual que la compensación de desgaste de la herramienta.

8.17.4. BARRIDO 3D

Una operación de *Barrido 3D* trabaja de forma muy similar a la operación de *Reglado*.

En este caso, se pueden definir dos perfiles distintos, uno transversal y uno longitudinal, que interactúan entre sí para generar un volumen que no tiene por qué ser constante en su sección transversal.

Parámetros de trayectoria | Parámetros de barrido 3D

Distancia de corte longitudinal: 2.0

Distancia de corte transversal: 2.0

Método de corte: Zigzag

Sobremedida: 0.0

Profundidad rápida (abs.): 5.0

Compensación en software: Izquierda

Compensación de punta: Punta

Opción de sincronización: Ninguno

Dirección de corte

Longitudinal

Transversal

Girar/Trasladar

Girar el contorno transversal

Trasladar contorno transversal

Figura 322 – Parámetros de corte. Barrido 3D. Estructura alámbrica.

En los *Parámetros de corte* establecemos los pasos de trayectoria para las *Distancia de corte longitudinal* y *Distancia de corte transversal*. Al igual que en la operación de *Reglado* podemos elegir el *Método de corte* entre *Zigzag*, *Una dirección*, *Circular* o *5 ejes (zigzag, unidireccional, circular)*.

Es muy interesante en este tipo de operaciones poder elegir entre realizar la trayectoria con una *Dirección de corte longitudinal* o *transversal*.

8.17.5. PARCHE COONS

Una operación de *Parche coons* permite mecanizar los redondeos que se modelizan en la unión de dos caras del sólido, que de no redondearse terminarían en arista viva.

La forma de trabajar es similar al de la operación de *Barrido 3D*. Pero en este caso el perfil que genera la sección transversal estará contenida entre dos entidades longitudinales.

Parámetros de trayectoria	Parámetros de coons
Distancia de corte longitudinal	<input type="text" value="2.5"/>
Distancia de corte transversal	<input type="text" value="2.5"/>
Método de corte	<input type="text" value="Zigzag"/>
Unión	<input type="text" value="Lineal"/>
Sobremedida	<input type="text" value="0.0"/>
Profundidad rápida (abs.)	<input type="text" value="5.0"/>
Compensación en software	<input type="text" value="Izquierda"/>
Compensación de punta	<input type="text" value="Punta"/>
Opción de sincronización	<input type="text" value="Por entidad"/>

Dirección de corte

Longitudinal

Transversal

Figura 323 – Parámetros de corte. Parche de coons. Estructura alámbrica.

En los *Parámetros de corte* establecemos los pasos de trayectoria para las *Distancia de corte longitudinal* y *Distancia de corte transversal*. Se permite elegir el *Método de corte* entre *Zigzag*, *Una dirección*, *Circular* o *Corte de flanco de 5 ejes* (*zigzag*, *unidireccional*, *circular*).

En esta operación también podemos seleccionar la *Dirección de corte* más idónea para nuestro proceso, ya sea, *Longitudinal* o *Transversal*.

Además, dispone de la opción de determinar el tipo de *Unión* entre pasadas de la trayectoria, pudiendo elegir entre *Lineal*, *Parabólica*, *Cúbica* o *Cúbica con coincidencia pendiente*.

8.17.6. RECUBIERTO

Con la operación de *Recubierto*, Mastercam toma las entidades seleccionadas creando una superficie de trabajo que obliga a la herramienta a realizar un seguimiento en ese área delimitada.

Lo interesante de esta operación es que permite realizar procesos semejantes a planeados en 3D.

Parámetros de trayectoria	Parámetros recubierto
Distancia de corte longitudinal	2.5
Distancia de corte transversal	2.5
Método de corte	Zigzag
Sobremedida	0.0
Profundidad rápida (abs.)	5.0
Compensación en software	Izquierda
Compensación de punta	Punta
Opción de sincronización	Ninguno

Dirección de corte

Longitudinal

Transversal

Figura 324 – Parámetros de corte. Recubierto. Estructura alámbrica.

Los *Parámetros de corte* son similares a los de un *Barrido 3D*, pero el resultado final obtenido es una superficie únicamente, a diferencia del *Barrido 3D* que toma dos entidades una transversal y una longitudinal, los *Parámetros de corte de Recubrimiento* dependen de la unión de entidades que formen una cadena cerrada, sin límite entre el número de entidades que conformen dicha cadena.

Podemos seleccionar el *Método de corte* y la *Dirección de corte*. Así como establecer la *Distancia de corte longitudinal* y *Distancia de corte transversal*.

9. CONCLUSIONES

El área de los procesos de mecanizado es una de las áreas de la ingeniería donde, una buena base de las nociones básicas de trabajo y sobre todo la experiencia permiten conseguir mecanizados exitosos desde la primera pieza. En décadas anteriores, para llegar a esos puntos óptimos de experiencia, se necesitaban años de trabajo en la industria de manera directa, lo que permitía poder solventar los problemas que surgían en los procesos de fabricación.

Sin embargo, desde hace apenas un par de décadas, los programas de CAD/CAM se han implementado en la industria, siendo la manera más rentable, segura y fiable para conseguir un perfecto mecanizado a la primera.

La primera conclusión que se podría enunciar es que, como ya hemos visto durante la realización del trabajo, con Mastercam se consiguen crear procesos seguros gracias a la simulación del proceso de mecanizado, encontrando así posibles colisiones de la herramienta con las zonas de trabajo o de amarre. Además, permite optimizar los procesos de mecanizado aumentando la vida de las herramientas de corte y reduciendo los tiempos de mecanizado, lo que influye de manera directa en la disminución de los costes de fabricación.

Por otra parte, Mastercam es un programa que no requiere de la creación del diseño de la pieza final directamente en el programa, permitiendo importar las piezas desde otros programas de CAD, como Autodesk Inventor, CATIA o SolidWorks, entre otros, o de archivos STL o STEP. Por tanto, los costes debidos al diseño de la pieza o definición geométrica dentro del programa se ven reducidos al mínimo.

Otra de las conclusiones a las que llegamos es que, para el ámbito académico, Mastercam nos ejemplariza muy bien cómo trabaja cada operación y las distintas técnicas de fresado que se pueden emplear, ya sean técnicas de fresado convencional, fresados de alto avance, fresados de trayectoria circular, fresado de MBC o fresados por estructura alámbrica.

Las posibles líneas de trabajo futuras podrían ser las siguientes:

La definición mucho más extensa y profunda de *Fresado de MBC* y *Taladrado de MBC*. Ambas operaciones son técnicas de programación de fresado muy potentes, y sería muy interesante ver como interactúa el algoritmo de creación de operaciones ante cambios en la selección de las herramientas o de los parámetros de corte de las fases del mecanizado.

El desarrollo del fresado por estructura alámbrica con sus múltiples operaciones de *Reglado*, *Rotado*, *Barrido 2D*, *Barrido 3D* o *Recubierto*. Este

método de fresado está cerca de las técnicas de Fresado 3D, ya que, las trayectorias de mecanizado se pueden desplazar de manera simultánea en los tres ejes.

Por último, el desarrollo, como se ha hecho con este trabajo de fin de grado, de un manual o guía, o ejemplos guiados para las operaciones de Fresado 3D que posee Mastercam.

10. BIBLIOGRAFÍA

CAPITULO 2

[1] [Figura]. Recuperado de <https://www.lebtorneria.com/historia/>

[2] Paolantonio, S. (2010). *Una máquina centenaria en el bicentenario – Historia de la Astronomía*. [Figura]. Recuperado de <https://historiadelaastronomia.wordpress.com/2010/05/02/una-maquina-centenaria-en-el-bicentenario/>.

[3] Hardinge Groupe, & Bridgeport. (2009). *INSTALLATION, OPERATION, MAINTENANCE, AND PARTS LIST. SERIES I MILLING MACHINES*. (M-450A; M A-0009500-0450). [Figura]. Recuperado de <https://es.hardinge.com/wp-content/uploads/KneeMill-Parts-Older.pdf>

[4] Directorio Forestal Maderero. (2019). *La historia del CNC (control numérico por computadora)*. [Figura]. Recuperado de <https://www.forestmaderero.com/articulos/item/la-historia-del-cnc-control-numericopor-computadora.html>

[5] KISTNER GmbH & Co. KG. (s.f.). [Figura]. Recuperado de https://www.maschinen-kistner.de/machine-market/gruppe/used_milling-machines_used_machine_tools/product/id-2_universal_werkzeugfraes-und-bohrmaschinen_2-universal_tool_milling_and_drilling_machines_maho_mh_600_p.html

[6] Doosan Machine Tools. (2018). *Maquinado de piezas pequeñas en materiales resistentes*. [Figura]. Recuperado de <https://www.metalmecanica.com/temas/Maquinado-de-piezas-pequenas-en-materiales-resistentes+125482>

Porcel Granados, F. M. (2014). Industrias y empresas. *Historia de la fresadora*. Revista N°79. Recuperado de <http://www.industriasyempresas.com.ar/node/2094>

HISTORIA DE LA FRESADORA - deod2107f9. (2008). Recuperado de <https://sites.google.com/site/deod2107f9/historia-de-la-fresadora>

Castillo, A. (2015). Monografías. *Control numérico computacional (CNC)*. Recuperado de <https://www.monografias.com/trabajos106/control-numerico-computacional-cnc/control-numerico-computacional-cnc.shtml#top>

CNC.com. (2015). CNC. *The Benefits of Computer Numerical Control (CNC)*. Recuperado de <https://www.cnc.com/the-benefits-of-computer-numerical-control-cnc/>

CAPITULO 3

CadCamEngineering. (2015). Cad Cam Engineering. *Mastercam Toolpath Manager right-click menú*. Recuperado de <https://cadcamengineering.net/mastercam-toolpath-manager-right-click-menu/>

CAPITULOS 4, 5, 6, 7

Foro web de Mastercam. (s. f.). eMastercam. *Mastercam Forums*. Recuperado de <https://www.emastercam.com/forums/>

Tecnocim. (2015). *Tutoriales Fresa*.

CAPITULO 8

Cablank. (2017). Youtube. *MASTERCAM 2017 FRESADORA HIGH SPEED 2D/HIGH SPEED 2D CNC MILLING*. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=MK_Uzqbk8_E&t=2s&ab_channel=CABLANK

Foro de Máquinas-herramientas. CAM. (s. f.). *CAM (Fabricación Asistida por Ordenador)*. Recuperado de <https://foro.metalaficion.com/index.php?board=35.0>

Foro web de Mastercam. (s. f.). eMastercam. *Mastercam Forums*. Recuperado de <https://www.emastercam.com/forums/>

Garzón, M. (2018, enero). Metalmecánica. *Cómo alcanzar excelentes acabados superficiales durante el mecanizado*. Recuperado de <https://www.metalmecanica.com/temas/Como-alcanzar-excelentes-acabados-superficiales-durante-el-mecanizado+123740>

10. BIBLIOGRAFIA

Gil, Á. (2010, enero 18). 3D CAD Portal. *FRESADO DINAMICO EN MASTERCAM X4 2DHS | ARTICULOS | SECCION ARTICULOS*. 3D Cad Portal. Experimento sobre el maquinado tipo dinámico en Mastercam X4 2DHS . Dynamic Mill Vs Traditional Toolpaths. Recuperado de <https://www.3dcadportal.com/fresado-dinamico-en-mastercam-x4-2dhs.html>

Lendel, M. (2011). *Mill Level 1 Training Tutorial* (Mastercam-CNC Software.Inc. (Ed.)).

Lendel, M. (2018). *Mastercam 2019. MILL ESSENTIALS. Metric-Training Tutorial*. (M.-C. Software.Inc. (Ed.)).

Software.Inc., M.-C. (Ed.). (2018). *NOVEDADES DE MASTERCAM 2019 mayo 2018*.

Software.Inc., M.-C. (Ed.). (2016). *Introducción al fresado dinámico*.

Software.Inc., M.-C. (Ed.). (2009). *FBM Drill. Mastercam X4. Focus Series Tutorials*.

Software.Inc., M.-C. (Ed.). (2016). *Introducción al fresado dinámico*.

Sandvik Coromant. (2020). Sandvik. *¿Qué es un fresado exitoso?* <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/milling/pages/default.aspx>

Tecnocim. (2015). *Tutoriales Fresa Fresado Dynamic*.

Tecnocim. (2015). *Tutoriales Fresa*.