



Universidad de
Oviedo



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ÁREA DE ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**IMPLANTACIÓN DE TEAMCENTER MANUFACTURING Y
PREACTOR EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE BIENES DE
EQUIPO**

Dña. Carmen Covadonga Meneses Gutiérrez

TUTOR ACADÉMICO: D. Raúl Pino Diez

TUTOR EMPRESARIAL: D. Víctor Jesús Martínez Pérez

FECHA: Junio 2021

Índice

1.	Introducción, objetivo y alcance.....	12
2.	Descripción de la organización.....	15
3.	Antecedentes.....	19
3.1.-	Antecedentes históricos.....	19
3.2.-	Antecedentes del entorno	24
4.	Descripción y metodología del sistema	31
4.1.-	TeamCenter Manufacturing	31
4.1.1.-	CAD Bill of Material.....	34
4.1.2.-	Manufacturing Bill of Material	35
4.1.3.-	Bill of Process.....	36
4.2.-	Preactor.....	41
4.3.-	Flujo de información entre herramientas	49
5.	Implantación	52
5.1.-	Pruebas iniciales	52
5.1.1.-	Nombre de los archivos de exportación	63
5.1.2.-	Número de unidades	65
5.1.3.-	Recursos materiales	67
5.1.4.-	Campo “Mandatory part number”	70
5.1.5.-	Campo “Descripción de la rev”	72
5.1.6.-	Campo “Frecuencia”	74
5.1.7.-	Recursos humanos y de maquinaria	75
5.1.8.-	Finalización de tareas	79
5.1.9.-	Procesos anidados.....	80
5.1.10.-	Faltantes en Preactor	81

5.1.11.- Relaciones paralelas y prioridades	83
5.2.- Introducción de las herramientas en el entorno real.....	85
5.3.- Establecimiento de protocolos en TeamCenter Manufacturing	86
5.3.1.- Definición de actividades	87
5.3.2.- Creación de la base de datos.....	102
5.3.3.- Creación de plantillas a nivel de operación	112
5.3.4.- Creación de plantillas a nivel de proceso	121
5.3.5.- Protocolo de exportación.....	133
5.4.- Primer uso real de TeamCenter Manufacturing	138
5.4.1.- Descripción del equipo	138
5.4.2.- Creación de la secuencia de fabricación.....	142
5.5.- Establecimiento de protocolos en Preactor	152
5.5.1.- Importación de datos	152
5.5.2.- Recursos	153
5.5.3.- Planificación	155
5.5.4.- Exportación a ERP	157
5.5.5.- Consultas	158
5.6.- Primer uso real de Preactor	159
5.7.- Adaptación en talleres	160
6. Conclusiones.....	167
7. Planificación temporal	171
8. Presupuesto.....	173
8.1.- Precios Unitarios	176
8.1.1.- Precio unitario mano de obra.....	176
8.1.2.- Precio unitario equipos	176
8.2.- Presupuesto.....	176
8.2.1.- Coste mano de obra	176

8.2.2.- Coste equipos	176
8.2.3.- Coste total.....	176
9. Referencias	177
ANEXO I: Contenido del manual para la empresa	179
ANEXO II: Ejemplo de archivos de exportación de TeamCenter Manufacturing	180
<i>Work order table</i>	181
BOM.....	182
ANEXO III: Distribuciones dimensionales por elemento	183
ANEXO IV: Informe de Preactor de carga de trabajo por máquina.....	185
ANEXO V: Informe de Preactor de carga de trabajo por día.....	187
ANEXO VI: Informe de Preactor de previsión de necesidades de material.....	189

Índice de tablas

Tabla 3.1.- Coste desglosado de TeamCenter Manufacturing.....	25
Tabla 3.2.- Coste desglosado de Preactor.....	25
Tabla 5.1.- Ejemplos de nombramiento de archivos de <i>Work order table</i> en la exportación	63
Tabla 5.2.- Ejemplos de nombramiento de archivos de BOM en la exportación.....	64
Tabla 5.3.- Recursos humanos y de maquinaria utilizados en la empresa, con la cantidad disponible para cada uno.	77
Tabla 5.4.- Índice de contenidos del archivo de Generadores de coste.....	88
Tabla 5.5.- Modificaciones realizadas en las distribuciones de dimensiones de los elementos	105
Tabla 5.6.- Cantidad de familias resultantes por elemento según la base de datos creada	106
Tabla 5.7.- Muestra de la base de datos creada, del elemento “cono”	111
Tabla 5.8.- Clasificación de tubuladuras para la ilustración de un ejemplo.....	117
Tabla 5.9.- Ejemplo de informe de cambios de tiempos previo a la exportación de TeamCenter Manufacturing.....	120
Tabla 5.10.- Clasificación de tubuladuras en la prefabricación del primer equipo introducido	143
Tabla 5.11.- Clasificación de virolas del primer equipo introducido por dimensiones.....	146
Tabla 5.12.- Clasificación de envoltentes del primer equipo introducido por dimensiones	148
Tabla 5.13.- Clasificación de tubuladuras del primer equipo introducido según familias de instalación.....	150

Índice de figuras

Figura 2.1.- Equipo tipo <i>FCC</i> fabricado por la empresa	15
Figura 2.2.- Equipo tipo <i>FCK</i> fabricado por la empresa	16
Figura 2.3.- Equipo tipo <i>Coke Drum</i> fabricado por la empresa	16
Figura 2.4.- Equipos tipo <i>Mooring piles</i> fabricados por la empresa	17
Figura 3.1.- Listado de recursos introducidos en TeamCenter Manufacturing	26
Figura 3.2.- Esquema de la planificación del proyecto completo	29
Figura 4.1.- Entorno de TeamCenter Manufacturing	32
Figura 4.2.- Árbol de contexto de colaboración con el contexto de colaboración de un equipo	33
Figura 4.3.- Ejemplo de CADBOM	34
Figura 4.4.- Campos seleccionados para ser visualizados en CADBOM	35
Figura 4.5.- Ejemplo de MBOM	36
Figura 4.6.- Ejemplo de proceso "Fabricación de virola" en un BOP	37
Figura 4.7.- Campos visualizados en el BOP por elección del usuario	39
Figura 4.8.- Asignación de tiempo a una operación	40
Figura 4.9.- Ejemplo de PERT a nivel de proceso	40
Figura 4.10.- Ejemplo de proceso	41
Figura 4.11.- Ejemplo de PERT a nivel de operación	41
Figura 4.12.- Entorno habitual de la programación en Preactor	43
Figura 4.13.- Ejemplo de visualización de periodo inactivo en Preactor	44
Figura 4.14.- Diferentes conjuntos de datos dentro de Preactor	45
Figura 4.15.- Resalto de la secuencia de un equipo en el entorno de Preactor	46
Figura 4.16.- Pestaña "Editor" de Preactor	46
Figura 4.17.- Listado de actividades no programadas en la pestaña "Editor"	46
Figura 4.18.- Detalle de la línea representativa del inicio de la planificación	47
Figura 4.19.- Opciones de secuenciación ofrecidas por Preactor	48
Figura 4.20.- Esquema del flujo de información deseado entre las herramientas	51
Figura 5.1.- Esquema de las relaciones entre las propiedades del BOP y los campos exportados de <i>Work order table</i>	54

Figura 5.2.- Esquema de las relaciones entre las propiedades del BOP y los campos exportados de BOM.....	55
Figura 5.3.- Equipo planteado para la primera prueba de exportación.....	56
Figura 5.4.- BOP planteado para la primera prueba de exportación	58
Figura 5.5.- PERT del equipo planteado para la primera prueba de exportación.....	59
Figura 5.6.- Ejemplo de BOP planteado para la segunda prueba de exportación	60
Figura 5.7.- Vista global del PERT de un prototipo de BOP complejo	61
Figura 5.8.- Ejemplo de prototipo de BOP complejo creado tras la primera validación de la importación.....	62
Figura 5.9.- Ficheros de exportación nombrados correctamente.....	64
Figura 5.10.- Dotación en los campos pertinentes en el fichero <i>Work order table</i> del sufijo de la unidad de equipo correspondiente en fabricación de varios equipos idénticos	65
Figura 5.11.- Dotación en los campos pertinentes en el fichero BOM del sufijo de la unidad de equipo correspondiente en fabricación de varios equipos idénticos.....	66
Figura 5.12.- Inconveniente con ciertas actividades de distintas unidades de un equipo idéntico	66
Figura 5.13.- Ejemplo de proceso de recepción en TeamCenter Manufacturing	68
Figura 5.14.- Ejemplo de proceso de recepción en Preactor	68
Figura 5.15.- Relaciones perdidas en la importación a Preactor	70
Figura 5.16.- PERT correcto para la conservación de relaciones entre procesos.....	70
Figura 5.17.- Campo “Mandatory part number” incorrectamente exportado.....	71
5.18.- Campo “Mandatory part number” correctamente exportado	71
Figura 5.19.- Recepción de dos bridas idénticas con distinta posición	72
Figura 5.20.- Exportación errónea de bridas en el fichero BOM	72
5.21.- Campo del BOP que posteriormente será el campo “Product” del fichero de exportación	74
Figura 5.22.- Campo “Frecuencia” en la pestaña “Tiempo” de una operación.....	74
Figura 5.23.- Exportación errónea del campo “Estimated time” en el archivo “Work order table”	75
Figura 5.24.- Listado completo de recursos en TeamCenter Manufacturing	76
Figura 5.25.- Asignación de distintas revisiones del mismo plano a diferentes proyectistas	79
Figura 5.26.- Proceso anidado en un BOP.....	81

Figura 5.27.- Relaciones en PERT de TeamCenter Manufacturing para ilustrar un problema de faltantes.....	82
Figura 5.28.- Ejemplo de actividades que se desea que se realicen de manera paralela.....	83
Figura 5.29.- Campo prioridad de una tarea en Preactor.....	84
Figura 5.30.- Ventana de uso de plantillas en TeamCenter Manufacturing.....	87
Figura 5.31.- Modelo 3D de virola.....	89
Figura 5.32.- Modelo 3D de envolverte formada por dos virolas y un fondo.....	89
Figura 5.33.- Envolverte formada por varias virolas y dos fondos.....	90
Figura 5.34.- Fondos.....	91
Figura 5.35.- Modelo 3D de fondo a partir de discos.....	91
Figura 5.36.- Modelo 3D de fondo fabricado a partir de calota y gajos.....	92
Figura 5.37.- Modelo 3D de cono.....	93
Figura 5.38.- Imagen de cono instalado en un equipo.....	93
Figura 5.39.- Modelo 3D de tubuladura.....	94
Figura 5.40.- Varias tubuladuras instaladas en un equipo.....	95
Figura 5.41.- Modelo 3D de faldón.....	96
Figura 5.42.- Equipo con faldón.....	96
Figura 5.43.- Modelo 3D de anillo base.....	97
Figura 5.44.- Modelo 3D de cuna de transporte.....	98
Figura 5.45.- Cuna de transporte instalada en equipo.....	98
Figura 5.46.- Modelo 3D de elementos internos.....	99
Figura 5.47.- Modelo 3D de elementos externos instalados en equipo.....	100
Figura 5.48.- Elementos externos instalados en equipo.....	100
Figura 5.49.- Modelo 3D de plataforma instalada a equipo.....	101
Figura 5.50.- Plataforma y escalera instalada en equipo.....	101
Figura 5.51.- Horno de las instalaciones de la empresa, tamaño 12m x 12,5m x 40m.....	102
Figura 5.52.- Asignación de códigos según “Generadores de coste”.....	104
Figura 5.53.- Asignación de códigos y tiempos a operaciones relacionadas con la fabricación de virolas según distintas familias.....	104
Figura 5.54.- Modelo 3D de tubuladura tipo 1.....	107
Figura 5.55.- Modelo 3D de tubuladura tipo 2.....	107
Figura 5.56.- Modelo 3D de tubuladura tipo 3.....	107
Figura 5.57.- Modelo 3D de la tubuladura tipo 4.....	108

Figura 5.58.- Tubuladura formada por una brida, un tubo y un refuerzo	108
Figura 5.59.- Asignación de código a una operación en la pestaña “Tiempo”	113
Figura 5.60.- Plantilla de fabricación de una familia de virolas según base de datos	114
Figura 5.61.- Diagrama PERT de las operaciones de fabricación de una familia de virolas	114
Figura 5.62.- Plantilla creada del proceso “Inspección Final”	115
Figura 5.63.- Plantillas de fabricación de las familias de conos establecidas en la base de datos.....	115
Figura 5.64.- Procesos de prefabricación de tubuladuras individuales	116
Figura 5.65.- Procesos de instalación de tubuladuras para la ilustración de un ejemplo ..	117
Figura 5.66.- Ejemplo de asignación de frecuencia a una operación de instalación de tubuladuras	117
Figura 5.67.- Secuenciación consecutiva de las fases de creación del equipo, que no se adecúa exactamente a la realidad.....	122
Figura 5.68.- Esquema orientativo de la naturaleza de secuenciación de las fases de creación de un equipo	122
Figura 5.69.- Primeros procesos de la fase de ingeniería en la plantilla	125
Figura 5.70.- Procesos de inicio de fabricación de distintas partes del equipo en la plantilla	126
Figura 5.71.- Miniatura del PERT obtenido con los procesos de ingeniería en la plantilla	127
Figura 5.72.- Procesos sucesores a “Inicio de fabricación de envolvente” en plantilla	129
Figura 5.73.- Ejemplo de convergencia de fases de fabricación en la plantilla	131
Figura 5.74.- Modelo PERT de la fase de trabajos finales de la plantilla	132
Figura 5.75.- Indicación de la fabricación de 2 equipos idénticos a partir del mismo BOP en la ventana de creación del BOP.....	134
Figura 5.76.- Campo “Descripción de la rev” correctamente cumplimentado en el BOP	135
Figura 5.77.- Operaciones en BOP con los recursos correctamente asociados.....	136
Figura 5.78.- Campos “Plano” y “Posición” y recursos humanos y de maquinaria asignados correctamente en el BOP	137
Figura 5.79.- Cuadro de diálogo para la exportación de archivos desde TeamCenter Manufacturing	137
Figura 5.80.- Modelo 3D del equipo <i>HDT Reactor</i> de la primera orden introducida	139

Figura 5.81.- Modelo 3D de detalle de anillos de aislamiento en el <i>HDT Reactor</i>	140
Figura 5.82.- Modelo 3D de internos soldados a equipo.....	141
Figura 5.83.- Modelo 3D de faldón con detalles	141
Figura 5.84.- Procesos de recepción de material en el primer equipo introducido	142
Figura 5.85.- Modelo 3D de tubuladura ejemplo que no se adapta completamente a la plantilla.....	144
Figura 5.86.- Ejemplo de prefabricación de tubuladura que no se adapta completamente a la plantilla.....	144
Figura 5.87.- Procesos de prefabricación en el BOP del primer equipo introducido	145
Figura 5.88.- Procesos de fabricación de virolas en el BOP del primer equipo introducido	147
Figura 5.89.- Procesos de creación de envolventes en el BOP del primer equipo introducido	149
Figura 5.90.- Procesos de instalación de tubuladuras en el BOP del primer equipo introducido.....	150
Figura 5.91.- Instalación de elementos internos y externos a cada tramo en el BOP del primer equipo introducido.....	151
Figura 5.92.- Trabajos finales en el BOP del primer equipo introducido	151
Figura 5.93.- Botón de importación de datos desde los .csv y ERP	152
Figura 5.94.- Botón de importación de datos de avance de producción.....	153
Figura 5.95.- Imagen del fichero .csv de importación de los recursos	153
Figura 5.96.- Orden establecido para la visualización de los recursos de máquina en Preactor	154
Figura 5.97.- Planificación secuenciada hacia delante en Preactor	156
Figura 5.98.- Planificación en Preactor con ingeniería planificada hacia delante y fabricación hacia atrás	157
Figura 5.99.- Botón de exportación al ERP desde Preactor	158
Figura 5.100.- Disposición de procesos de ingeniería y de fabricación de proyectos distintos en Preactor	160
Figura 5.101.- Muestra de antiguos informes de secuencias de fabricación	162
Figura 5.102.- Ejemplo de instalación de tubuladuras en TeamCenter Manufacturing	163
Figura 5.103.- Exportación de un BOP para creación de informes de secuencia de fabricación	164

Figura 5.104.- Ejemplo de proceso ilustrado en el nuevo modelo de informe..... 165
Figura 5.105.- Ejemplo de secuenciación incluida en el nuevo modelo de informe 165
Figura 5.106.- Listado de tareas recibidas en el sistema ERP..... 166

1. Introducción, objetivo y alcance

Durante los últimos años, han surgido los conceptos de “Cuarta revolución industrial”, “Industria 4.0”, y “Ciberindustria”, entre otros. Estos términos hacen referencia a la revolución que se ha observado recientemente de manera global, que busca obtener una empresa más “inteligente” (Universidad de Alcalá, 2019). Este concepto consiste en la implantación e integración de las nuevas tecnologías digitales para conseguir una mejora en la productividad. Como un primer acercamiento, se podría decir que la implantación de la industria 4.0 implica tecnologías como la robótica, la inteligencia artificial, el “Internet of Things”, los sistemas de información en tiempo real, etc. (Deloitte, 2018). Todo ello supone una transformación considerable en la mayoría de los procesos de producción de la industria tradicional, lo que inevitablemente conlleva cierta inversión. Sin embargo, la implantación del concepto industria 4.0 posee numerosos beneficios, como la reducción del tiempo de producción, la obtención de unos mayores niveles de calidad, la disminución de costes, el aumento de la seguridad y de la solidez de los flujos de información, entre otros.

En definitiva, la implantación de este concepto supone una mayor competitividad empresarial. De hecho, hoy en día se observa este cambio de manera contundente en la industria: se estima que en 2019 se instalaron sistemas relacionados con la industria 4.0 por valor de más de 71.700 millones de euros en todo el mundo. Además, se estima que para 2024 este valor alcanzará los 156.600 millones de euros, lo que supone una tasa de crecimiento anual de este mercado del 16% (Atria Innovation, 2020).

Es un área que integra numerosas y diferentes tecnologías, y que además está en constante innovación por su propia naturaleza. Todo ello hace de él un tema altamente amplio. No obstante, en este trabajo se tratan en profundidad sistemas que implican la automatización de procesos, la optimización de los recursos y de tiempos de fabricación, y la creación de flujos de comunicación continuos e inmediatos. Concretamente, se tratarán herramientas relacionadas con la gestión del ciclo de vida del producto.

La gestión del ciclo de vida o *Product Lifecycle Management* (PLM) es un proceso que controla y administra el ciclo de vida completo de un producto, desde su más primera concepción, pasando por su diseño y fabricación y terminando cuando deja de ser útil y es eliminado. Esto hace de PLM tanto un proceso como un concepto. Su objetivo principal es

abarcara toda la información posible sobre todas las fases por las que pasa el producto y para ello hace uso de diferentes herramientas software.

El presente trabajo trata la implantación de herramientas del ámbito PLM en una empresa del ámbito industrial dedicada a la fabricación de bienes de equipo, concretamente en el sector del Oil&Gas. En este caso, las herramientas implantadas serán TeamCenter Manufacturing y Preactor. Ambas son propiedad de la multinacional Siemens (PLM Automation Siemens, 2019) y distribuidas por empresas tecnológicas de menor tamaño. Estas herramientas tendrán la función de realizar la programación integral de la empresa, tanto de la fase de ingeniería como de la fase de fabricación. Se realizará a partir de los *outputs* de los módulos de ingeniería y compras del PLM, los cuales ya están integrados en la compañía.

Este proyecto se realiza en relación con las prácticas en la empresa objeto de este trabajo, de manera que trabajo y prácticas son codependientes. Ya que este proyecto es anterior al comienzo del trabajo, este no abarcará la fase inicial del proyecto, que comprendería la elección y adquisición del software, las primeras tomas de contacto con las empresas distribuidoras y los primeros acuerdos realizados. Sin embargo, estos aspectos serán mencionados en los momentos de desarrollo del proyecto en los que sean de interés.

No obstante, los aspectos que sí abarca este trabajo son la configuración y desarrollo de las herramientas de software mencionadas al entorno y actividad de la empresa y su implantación en la misma. Por ello, el objetivo principal de este estudio es la adecuación de las herramientas TeamCenter Manufacturing y Preactor a la actividad de la empresa. Esta adecuación se realizará dentro de los marcos económicos, de eficiencia y productividad que la propia empresa y su entorno imponen.

Para alcanzar este objetivo principal, se requieren alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- Adquisición de conocimiento de TeamCenter Manufacturing y Preactor de acuerdo con el grado de aplicación con el que se implantará.
- Establecimiento y acuerdo del grado de detalle con el que es conveniente implantar los sistemas para la empresa.
- Configuración de las herramientas de acuerdo con el funcionamiento de la empresa.

- Establecimiento de protocolos que pauten el uso de estas herramientas en la empresa, en vista a perpetuar su uso en el tiempo.
- Implantación de las herramientas en el entorno real tanto de las oficinas como posteriormente de los talleres de fabricación.

2. Descripción de la organización

La empresa en la que se desea implantar los sistemas de TeamCenter Manufacturing y Preactor es una empresa del sector del metal, de la fabricación de bienes de equipo. Concretamente, se especializan en el sector del Oil&Gas.

Esta empresa fue fundada a principio de los años 90 en Asturias. En un primer momento surgió como oficina técnica y comercial, con el objetivo de dar apoyo a los talleres de fabricación locales en su sector. Poco después, en 1997, la empresa decidió abrir su propio taller de fabricación. Desde ese momento no ha parado de crecer, hasta convertirse en una de las empresas más reconocidas y respetadas en diseño, fabricación y suministro de equipos estáticos y modulares en todo el mundo. La empresa se identifica con valores de compromiso con la seguridad, de calidad y competitividad.

Estos equipos suelen ser de grandes dimensiones, siendo esta la especialidad de la empresa y el entorno en el que es competitiva. Los equipos creados comprenden desde unidades *FCC* (Figura 2.1), *FCK* (Figura 2.2), *Coke Drums* (Figura 2.3), *Vacuum Columns*, *Fractionators*, y *Reactors*. hasta cualquier tipo de equipo y tambor dentro de este sector de actividad.



Figura 2.1.- Equipo tipo *FCC* fabricado por la empresa



Figura 2.2.- Equipo tipo *FCK* fabricado por la empresa



Figura 2.3.- Equipo tipo *Coke Drum* fabricado por la empresa

Además, la empresa colabora a menudo en proyectos de energía eólica off-shore, pertenecientes a otras compañías del mismo grupo empresarial. Su participación en este sector se basa en la fabricación de elementos tales como *Mooring piles* (Figura 2.4), componentes para *Jackets* y equipos a presión, entre otros.



Figura 2.4.- Equipos tipo *Mooring piles* fabricados por la empresa

Recientemente se está introduciendo en el mercado emergente del hidrógeno verde, campo en el que, a pesar de estar aún en reciente desarrollo, puede ser competitivo gracias a las competencias profesionales desarrolladas y el *know-how* adquirido a lo largo de las últimas décadas.

La empresa funciona por proyectos, en los que un cliente acuerda con la empresa la fabricación de uno o varios equipos, de manera que cada proyecto es único en la práctica. Por otro lado, debido a su tamaño y función, los equipos creados son de una complejidad considerable en fabricación y transporte. El periodo de tiempo transcurrido entre la recepción de un pedido y su entrega y transporte acostumbra a ser de entre 6 meses y 1 año, por lo que en la fabricación de un equipo se ven involucrados cientos de operaciones y procesos.

Esta empresa posee décadas de trayectoria en el sector y se cimenta sobre principios de colaboración y mejora continua. Es por ello por lo que, en un momento en el que el desarrollo de la tecnología es imparable, no se quiere quedar atrás. Con el objetivo de alcanzar los beneficios ligados a la industria 4.0, la empresa está llevando a cabo su digitalización. Esta digitalización consiste en la implantación de sistemas como los que son objeto de este trabajo. Sin embargo, también posee en desarrollo otros proyectos también propios de “Ciberindustria”, como la sensorización de determinadas máquinas que operan en el taller de la empresa, en relación con el “Internet of Things”.

Además, la empresa hace uso desde hace años de software específico para su sector y actividad. Dentro del entorno de interés de este trabajo, cabe mencionar el uso de AutoCAD, SolidWorks, SolidEdge y SpaceClaim como sistemas CAD y herramientas como ANSYS, COMPRESS, PV Elite o Fingflow como sistemas CAE para el diseño, cálculo y análisis. Por otra parte, la empresa ha desarrollado su propio software ERP específico para su entorno y actividad.

3. Antecedentes

Este capítulo referente a los antecedentes del proyecto se ha querido dividir en dos partes claramente diferenciadas. En primer lugar, se describen los antecedentes históricos de las herramientas a implantar, definiendo previamente su campo de nacimiento y desarrollo.

Después, se ha querido proporcionar un contexto del proyecto en la empresa, ya que este ya existía previamente al inicio de este trabajo, y resulta fundamental conocer el estado inicial del proyecto objeto de este trabajo para comprender el mismo.

3.1.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Como se definió en apartados anteriores, el *Product Lifecycle Management* (PLM) es un proceso que controla y administra el ciclo de vida completo de un producto, desde su nacimiento hasta que este es eliminado, y su objetivo principal es abarcar y almacenar toda la información posible sobre todas las fases por las que pasa el producto o bien creado.

Desde hace varias décadas se hizo evidente la necesidad de herramientas capaces de gestionar el ciclo de vida del producto. En concreto, el concepto nace en Estados Unidos, en la empresa American Motors Corporation en 1985. Esta empresa, ante la gran competencia a la que se enfrentaba en su sector, sumado a sus reducidos presupuestos en comparación con sus competidores (tales como General Motors o Ford) se interesó por buscar una manera de acelerar el proceso de desarrollo de sus productos conectando las diferentes partes involucradas.

Para ello, el primer paso fue la búsqueda de un software de diseño que facilitase la labor de los ingenieros y aumentase su productividad. Encontraron estas utilidades en las aplicaciones CAD, de las que se hablará posteriormente. Después, mejoró las comunicaciones entre los diferentes departamentos. Previamente todo el flujo de información se almacenaba en una base de datos central, lo que suponía una lenta y confusa

identificación de la información. Además, no todas las partes involucradas del proyecto tenían acceso a la misma.

Estas mejoras implementadas por American Motors Corporation fueron altamente efectivas. Tanto es así que cuando posteriormente la empresa Chrysler adquirió American Motors Corporation, extendió el sistema de esta a todo su tejido empresarial, conectando así a todo el personal involucrado en el desarrollo de cada producto. Chrysler redujo sus costes de producción en un 50%, convirtiéndose en la empresa automovilística con los menores costes en este aspecto. Se demostró así que, dada la gran cantidad de información generada en la industria alrededor de cada producto, para alcanzar óptimos de eficiencia se debía primero alcanzar máximos en transparencia, asegurando la disponibilidad de la información para todo el personal involucrado en el proceso completo.

De forma paralela, durante los años 1982 y 1983, la empresa Rockwell International comenzó a usar primeras versiones del PLM para su programa de armamento. A esta primera versión le dieron el nombre de Engineering Data System (EDS) y se basaba en fortalecer la relación entre la información generada y los sistemas de diseño (CAD), es decir, los mismos objetivos que perseguía American Motors Corporation.

Desde entonces, el concepto de PLM se ha extendido progresivamente en la industria y en aquellos sectores en los que la seguridad y el control eran aspectos clave, como el aeroespacial, el militar o el nuclear. Especialmente en la última década, las empresas dedicadas a la industria han adoptado estos estándares y han adquirido servicios de software dedicados a PLM. De hecho, no solo las empresas industriales aprovechan las ventajas que este sistema ofrece, sino también ciertas empresas dedicadas a la prestación de servicios o al desarrollo de software.

Actualmente, la gestión del ciclo de vida es considerada uno de los pilares fundamentales sobre los que se sostiene la estructura tecnológica de la información de una empresa en el sector industrial. Se extiende por cuatro dimensiones principales: concepción, diseño, fabricación y servicio, funcionando tanto como base de datos como también vía de comunicación entre las distintas partes.

Para llegar aún más lejos en esta compartición de la información, una empresa que posea un sistema PLM puede facilitar a diferentes partes interesadas (clientes, proveedores, colaboradores) el acceso a esta información.

Este acceso global a la información generada a lo largo de la vida del producto simplifica y agiliza numerosos trámites y procesos, como el cumplimiento de normativas o la asignación de tareas dentro de un proyecto. En definitiva, la herramienta PLM es considerada como una solución de optimización para casi todos los aspectos existentes en una empresa industrial, convirtiendo así al software dedicado a PLM en un aspecto imprescindible para mejorar la productividad.

Hoy en día, un sistema PLM actual agrupa e integra varias “islas” de información existentes en la empresa (The id Factory, 2019), que anteriormente se encontraban incomunicadas.

Las soluciones CAD (*Computer Aided Design* o Diseño Asistido por Ordenador) y CAE (*Computer Aided Engineering* o Ingeniería Asistida por Ordenador) se utilizan para el diseño y análisis del producto. Sin embargo, hoy día una herramienta CAD no es simplemente un software de diseño, sino que existen sistemas con capacidades específicas para cada tipo de producto, dando lugar a software especializado para diseño mecánico, diseño de plantas, diseño de componentes electrónicos, diseño de tuberías, etc. Lo mismo ocurre con las soluciones CAE, que actualmente poseen capacidades avanzadas como el análisis y simulación de fluidos, análisis térmico, electromagnético, etc.

Después, estos sistemas de diseño e ingeniería son integrados con una solución CAM (*Computer Aided Manufacturing* o Fabricación Asistida por Ordenador). Por otro lado, la información generada es capturada y compartida mediante una solución PDM (*Product Data Management* o Gestión de Datos de Producto), cuya misión es centralizar la información generada alrededor de un producto, hacerla accesible para todos los equipos implicados en el proceso y todo ello de una forma segura que garantice la privacidad de la compañía (The id Factory, 2019).

Todo este sistema además se integra con otros softwares de gestión: las soluciones ERP (*Enterprise Resources Planning* o Planificación de Recursos Empresariales), SCM (*Supply Chain Management* o Gestión de la Cadena de Suministro), APS (*Advanced Planning and Scheduling* o Planificación y Programación Avanzadas de la Producción) y MES (*Manufacturing Execution System* o Sistema de Ejecución de la Fabricación).

La solución ERP planifica los recursos empresariales a través de una arquitectura de software que integra toda la información generada en la empresa. La principal misión del

ERP es automatizar los aspectos productivos de la compañía, ayudando a optimizar resultados de calidad, entrega y coste de material y recursos humanos (Geinfor ERP, 2018). Además, un sistema ERP constituye también una útil herramienta de análisis, ya que permite controlar y comprobar de manera intuitiva y visual el estado de un proyecto, la planificación temporal del mismo, etc.

Por su parte, un sistema MES es un software dedicado al control de la producción, que monitoriza y documenta la gestión de la planta (Engusa, 2018.). Existen software de MES capaces de realizar también análisis económico, simulación y análisis ergonómico, de robots y una larga lista de utilidades que crean una adaptación total de estos sistemas a la empresa que los adopta (Geinfor ERP, 2017).

La solución SCM gestiona procesos de negocio relacionados con la cadena de suministro, desde la planificación del producto hasta su entrega. La utilidad de esta herramienta es gestionar el flujo de información entre proveedores, compradores, almacén, producción y logística.

Por último, el software APS es una herramienta pensada para la toma de decisiones relacionadas con logística y los procesos de fabricación. Esta solución proporciona la mejor solución posible de planificación, basándose en pedidos, demanda, suministro, logística y capacidad.

El sistema o herramienta PLM integra estas soluciones (Blue Smart, 2018). Con ello, las empresas que implanten un sistema de gestión del ciclo de vida esperan obtener los siguientes beneficios generales:

- Reducción del time-to market, es decir, reducción del tiempo transcurrido entre que se concibe un producto y que este producto salga a la venta (Aggylon, 2018). En el caso de la empresa objeto de este trabajo, esta reducción se correspondería con el tiempo entre que se concibe el producto y este es entregado al cliente. Ciertos estudios (Geinfor ERP, 2019) ubican esta reducción en un 40%.
- Toma de decisiones unificadas, basadas en la compartición total de la información ya mencionada (PLM Grupro, 2018).
- Mejora de productividad en la fase de ingeniería de hasta el 25% (Geinfor ERP, 2019).

- Creación de “cultura de innovación” dentro de la empresa. Dada la alta accesibilidad a la información, surgen aportaciones novedosas por parte de quién antes no tenía este acceso.
- Aumento de los ingresos, derivado de los beneficios anteriores, de hasta un 5% (Geinfor ERP, 2019).

Estos beneficios generales son posibles gracias a los siguientes beneficios específicos observados con la implantación de este sistema:

- Existencia de un origen único de la información relacionada con los productos (PLM Grupro, 2019).
- Interacción multidisciplinar (PLM Grupro, 2019).
- Colaboración rápida y segura entre socios (PLM Grupro, 2019).
- Visibilidad total de los flujos de trabajo y de la toma de decisiones.
- Existencia de un origen autorizado de la calidad (The id Factory, 2019).
- Mantenimiento de la trazabilidad en todo el proceso productivo.
- Rápido acceso y adaptación a normativas y regulaciones gubernamentales e internacionales.
- Capacidad de reutilización entre estructuras para diferentes productos (The id Factory, 2019).
- Aporte de conocimiento por parte de la propia herramienta (The id Factory, 2019).
- Disminución de tiempos de reacción de la empresa frente a cambios.
- Minimización de costes logísticos hasta en un 15% (Geinfor ERP, 2017).
- Introducción de datos más rápida y eficaz.
- Reducción de errores de datos entre un 20% y un 30% (Geinfor ERP, 2019).
- Reducción de tiempo dedicado a búsqueda de la información hasta en un 30% (Geinfor ERP, 2019).
- Consolidación de un equipo más eficiente y satisfecho, debido al aumento de tiempo en el que el personal se centra en su área de especialidad. Esto también deriva en un mejor ambiente de trabajo.
- Facilitación de revisiones.

Estos atractivos beneficios son los que han impulsado el crecimiento de estos sistemas en el mundo. Por ello, han surgido empresas dispuestas a suministrar software para cubrir estas necesidades. Una de ellas es Siemens, veterana en este sector con más de 50

años de experiencia. De hecho, el suyo es el sistema PLM más utilizado en el mundo (Engusa, 2018). Es debido a esta veteranía, que es este suministrador de software el escogido por la empresa objeto de este trabajo para su futuro sistema PLM. Sin embargo, es cierto que existen otras opciones como SAP, otro clásico en este mercado o incluso alternativas nacionales como Geinfor, empresa valenciana que cuenta con más de 30 años de experiencia en el sector.

El software de PLM de Siemens recibe el nombre de Teamcenter (PLM Automation Siemens, 2019). Este es capaz de administrar y reutilizar datos y archivos de diseño de multitud de sistemas como CATIA, SolidWorks, Inventor, Autocad o Solid Edge. Así, con este sistema cualquier parte involucrada puede acceder, visualizar y marcar los diseños de piezas, componentes o equipos proporcionados por el departamento de ingeniería.

En el módulo TeamCenter Manufacturing que se pretende implantar se establecen, a partir de los *outputs* de otros módulos, las secuencias de fabricación, los recursos utilizados, los tiempos empleados y los resultados obtenidos en cada proceso. Sin embargo, esta herramienta será definida más adelante con un enfoque más práctico y de uso.

El otro sistema protagonista de este trabajo, también de Siemens es la herramienta Preactor. Esta herramienta, al ser un APS, permite planificar y secuenciar la producción de forma más eficiente. Además, es posible visualizar el plan de producción a corto y a largo plazo, lo que produce una mejora de calidad y de los aprovisionamientos (Nunsys, 2019). Como se verá más adelante en detalle, Preactor permite también replanificar frente a imprevistos como paradas de máquinas, retrasos en las entregas, etc.

3.2.- ANTECEDENTES DEL ENTORNO

En este apartado se describirá la situación del proyecto en el momento de inicio de este trabajo. Como se mencionó anteriormente, la programación que se pretende desarrollar con TeamCenter Manufacturing y Preactor partirá de las salidas de los módulos de ingeniería y compras del PLM, ya instaurados en la compañía.

El coste para la empresa de estas dos herramientas se refleja en la Tabla 3.1 y en la Tabla 3.2. Se ha de tener en cuenta que la implantación de los módulos de ingeniería y compras del PLM es un proyecto ya realizado, cuyo coste total supuso 339.152,60 €. Este coste incluye el valor del software en sí, gastos de consultoría, formación, adquisición de librerías, instalación y configuración. El coste de TeamCenter Manufacturing se desglosa de manera más detallada ya que es una de las herramientas objeto de este trabajo.

Objeto	Coste (€)
Formación	1.200,00
Configuración de la herramienta de acuerdo con las especificaciones de la empresa	2.400,00
Cambios y correcciones	2.400,00
Coste TeamCenter Manufacturing	6.000,00

Tabla 3.1.- Coste desglosado de TeamCenter Manufacturing

Objeto	Coste (€)
Configuración de la herramienta de acuerdo con las especificaciones de la empresa	47.622,54
Cambios y correcciones	3.277,46
Coste Preactor	50.900,00

Tabla 3.2.- Coste desglosado de Preactor

Cabe destacar que existen costes aún no contemplados, relacionados con el mantenimiento, el número de licencias y la formación en Preactor.

Dentro de la empresa, existe un equipo de dos personas encargadas del proyecto, al que la autora de este trabajo se suma. Este equipo trabaja en colaboración constante con las empresas distribuidoras de TeamCenter y Preactor, por lo que están en continua comunicación.

Por un lado, durante diciembre de 2020 el equipo ha realizado unas jornadas con la empresa suministradora de TeamCenter Manufacturing. En estas jornadas, un trabajador de esta muestra al equipo cómo se estructura TeamCenter Manufacturing y su interfaz y cómo introducen los diferentes comandos en un entorno de prueba del programa. Este entorno de prueba será el escenario donde posteriormente se realizarán las configuraciones pertinentes y las pruebas de exportación. Por tanto, para tener una base sobre la que trabajar mientras se utilice este entorno, se realizó una carga de la base de datos de la empresa. Así, desde ese momento se tuvieron disponibles en este entorno los modelos en formato CAD de varios equipos. Además, también se introdujeron ciertos recursos humanos y de maquinaria de los que dispone la empresa (Figura 3.1). La lista representada en la figura no representa la totalidad de los recursos de los que la empresa hace uso, pero se consideraron suficientes para el entorno de prueba.

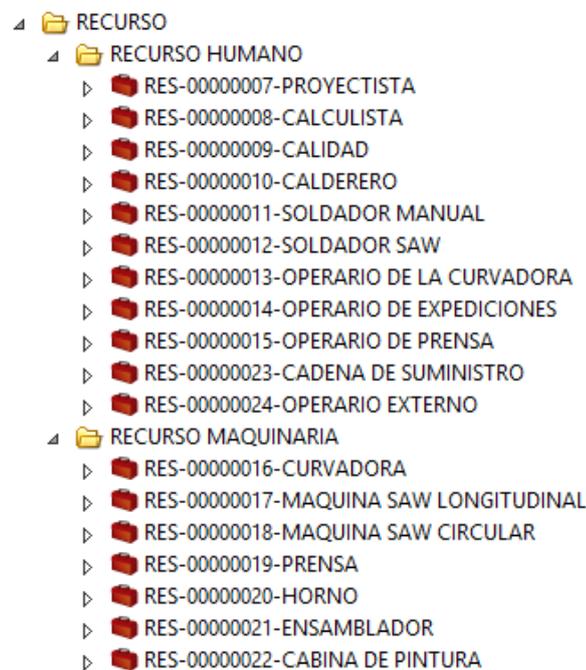


Figura 3.1.- Listado de recursos introducidos en TeamCenter Manufacturing

Durante las jornadas mencionadas y con un objetivo puramente didáctico, el responsable de esta empresa distribuidora y el equipo definieron la fabricación simplificada de un equipo en el programa. Con este primer acercamiento a TeamCenter Manufacturing, fueron surgiendo dudas y cuestiones por resolver.

En primer lugar, para los recursos de material existe cierto problema. No se tiene claro cuándo un material es consumido o cuándo es el objetivo de cierto proceso, ya que a menudo un material se utiliza en un proceso y se va transformando a medida que se le aplican los procesos pertinentes. Esto además cobra especial importancia ya que de cara a la exportación para Preactor es vital la distribución de las llegadas de los distintos materiales involucrados en el proceso completo. Esto hace que sea necesario un acuerdo entre lo exportado desde TeamCenter Manufacturing y lo importado en Preactor. Aunque ambas herramientas son útiles en la planificación de un proceso de fabricación, son herramientas distintas, y lo que puede ser óptimo para la utilización de una herramienta puede no serlo en la utilización de la otra. Este es el mayor problema al que se estaba enfrentando el equipo en el momento de inicio de este trabajo.

En segundo lugar, otra cuestión pendiente de ser resuelta es la definición de los procesos de ingeniería a incluir en TeamCenter Manufacturing: qué nivel de detalle se quiere alcanzar, cómo se relacionan estos procesos de ingeniería con la fabricación, en qué fase de un proyecto se empieza a utilizar TeamCenter Manufacturing, etc.

En definitiva, el equipo lleva poco tiempo familiarizado con TeamCenter Manufacturing y aún necesita tiempo y práctica para manejarlo con soltura y tener la información necesaria para tomar decisiones. Se cuenta con el apoyo de la empresa distribuidora, que solventa las dudas de carácter teórico del programa. Sin embargo, es responsabilidad del equipo conocer, decidir y comunicar qué configuración y qué protocolos se adaptan mejor a su actividad y desarrollo.

Durante esta primera fase del proyecto, se han generado documentos asociados al mismo que se consultarán de forma recurrente en lo restante del proyecto. Estos archivos abarcan lo acordado entre las organizaciones (la empresa objeto de este trabajo y las distribuidoras del software). Por tanto, los aspectos que figuran en estos documentos son los exigibles a nivel económico por la empresa.

Por un lado, se ha creado el archivo “TeamCenter Manufacturing Student Guide” que cubre las utilidades principales que la empresa pretende manejar en TeamCenter Manufacturing. Este documento ha sido creado por la empresa distribuidora del software en colaboración con la empresa objeto de este proyecto.

También se ha creado el documento “Preactor development specification”. Este archivo constituye una primera versión de las especificaciones establecidas para la exportación de ficheros desde TeamCenter Manufacturing con el fin de importarlos posteriormente en Preactor. Esta versión está sujeta a cambios según las necesidades que la empresa identifique a lo largo del proyecto y dichas modificaciones podrían incurrir en un mayor coste, en el caso de ser realizadas. En este archivo, se ha acordado un primer borrador del protocolo de exportación. Este protocolo será particular y específico para la empresa, y se basa en la exportación de archivos .csv desde TeamCenter Manufacturing para su posterior importación en Preactor. Con el fin de facilitar una mejor comprensión al lector, su contenido se detallará a lo largo del capítulo 5, ya que, a pesar de su existencia previa al inicio de este trabajo, posee un carácter excesivamente técnico para este capítulo.

Por otro lado, la situación de Preactor está mucho más atrasada respecto a la de TeamCenter Manufacturing. A pesar de que, como ya se mencionó, el equipo aún está familiarizándose con TeamCenter Manufacturing, de Preactor ni siquiera se conoce la interfaz ni los diferentes comandos. Por el momento, la empresa distribuidora solamente ha comunicado lo que Preactor “necesita” de TeamCenter Manufacturing para poder extraer y utilizar la información pertinente de fabricación de cara a su planificación.

Se tienen planificadas unas jornadas de Preactor con todo el equipo, incluyendo también al equipo informático de la empresa, ya que, aunque este no tendrá la responsabilidad ni el deber de utilizar el programa directamente, debe participar en la configuración y adaptación del programa en la empresa en términos de su campo de trabajo. En estas jornadas se pretende hacer pruebas de importación e impartir también una formación básica al equipo para aprender a utilizar la herramienta. Estas jornadas estarán dirigidas por el responsable correspondiente de la empresa distribuidora del software.

En la Figura 3.2 está reflejado un esquema de la planificación temporal del proyecto completo, en la cual está señalado el momento de incorporación de la autora.

Por otro lado, en el capítulo 7 se muestra una planificación temporal de este trabajo.

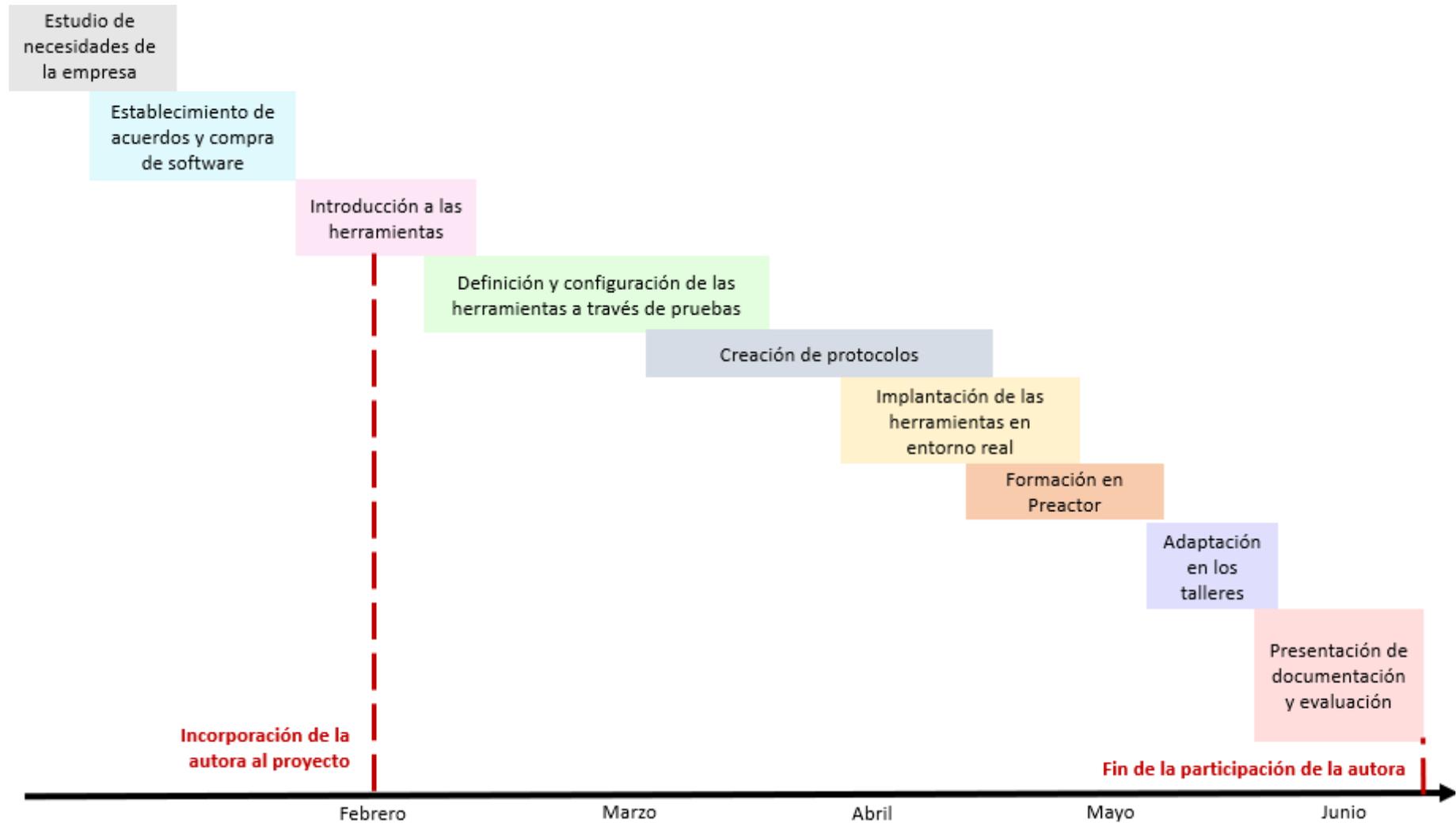


Figura 3.2.- Esquema de la planificación del proyecto completo

En esta planificación se observa que existe una primera etapa en la que se definirá y configurará el uso de las herramientas en la empresa a través de la realización de pruebas en el entorno de prueba mencionado. Una vez se considere que esta configuración está cerrada a cambios, se saldrá del entorno de prueba y se comenzará a utilizar las herramientas en un entorno real para su posterior aplicación en los talleres. También se tiene planificada formación en Preactor para el equipo, ya que aún no se ha recibido. Esta formación estará impartida por la empresa distribuidora del software. Se realizará una evaluación final del proyecto, en la que se juzgue la facilidad de la implantación, la participación de las distintas partes involucradas y las lecciones aprendidas a lo largo del proyecto. Más adelante se realizará una evaluación en profundidad, en la que se juzgue la adecuación de las herramientas a largo plazo y el alcance de los objetivos alcanzados. Sin embargo, al ser una evaluación a largo plazo, será una etapa en la que la autora no participará.

La Figura 3.2 da una primera visión de las tareas del proyecto a realizar en el presente trabajo por la autora, las cuales comprenderán:

- Acercamiento y formación en TeamCenter Manufacturing.
- Acercamiento y formación en Preactor.
- Construcción de modelos para pruebas de exportación e importación.
- Evaluación de pruebas junto al resto del equipo.
- Diseño de protocolos para el uso de las herramientas.
- Modificación de protocolos existentes en la empresa para su adaptación a estos sistemas.
- Comunicación con empresas distribuidoras.
- Aplicación de los sistemas en los primeros equipos en un entorno real, tanto en TeamCenter Manufacturing como en Preactor.
- Documentación del proyecto en forma de manual para la empresa. Este manual tendrá puntos descriptivos en común con el presente trabajo. El índice de este manual se muestra en el Anexo I, y ofrece un acercamiento a su contenido.

4. Descripción y metodología del sistema

En este apartado se definen los conceptos principales de los sistemas a implantar, así como una sencilla guía de su uso desde el enfoque de este trabajo. Esta descripción proporcionará una mejor comprensión posterior del desarrollo de la implantación de los sistemas.

4.1.- TEAMCENTER MANUFACTURING

Tal y como se explicó en apartados anteriores, se hará uso del programa TeamCenter Manufacturing. Este módulo del PLM permite crear la secuencia de fabricación de un equipo, dividiendo este en procesos. Estos procesos, a su vez, estarán compuestos por operaciones que supondrán un tiempo determinado y un determinado uso de recursos. En la Figura 4.1 se observa un entorno habitual de TeamCenter Manufacturing.

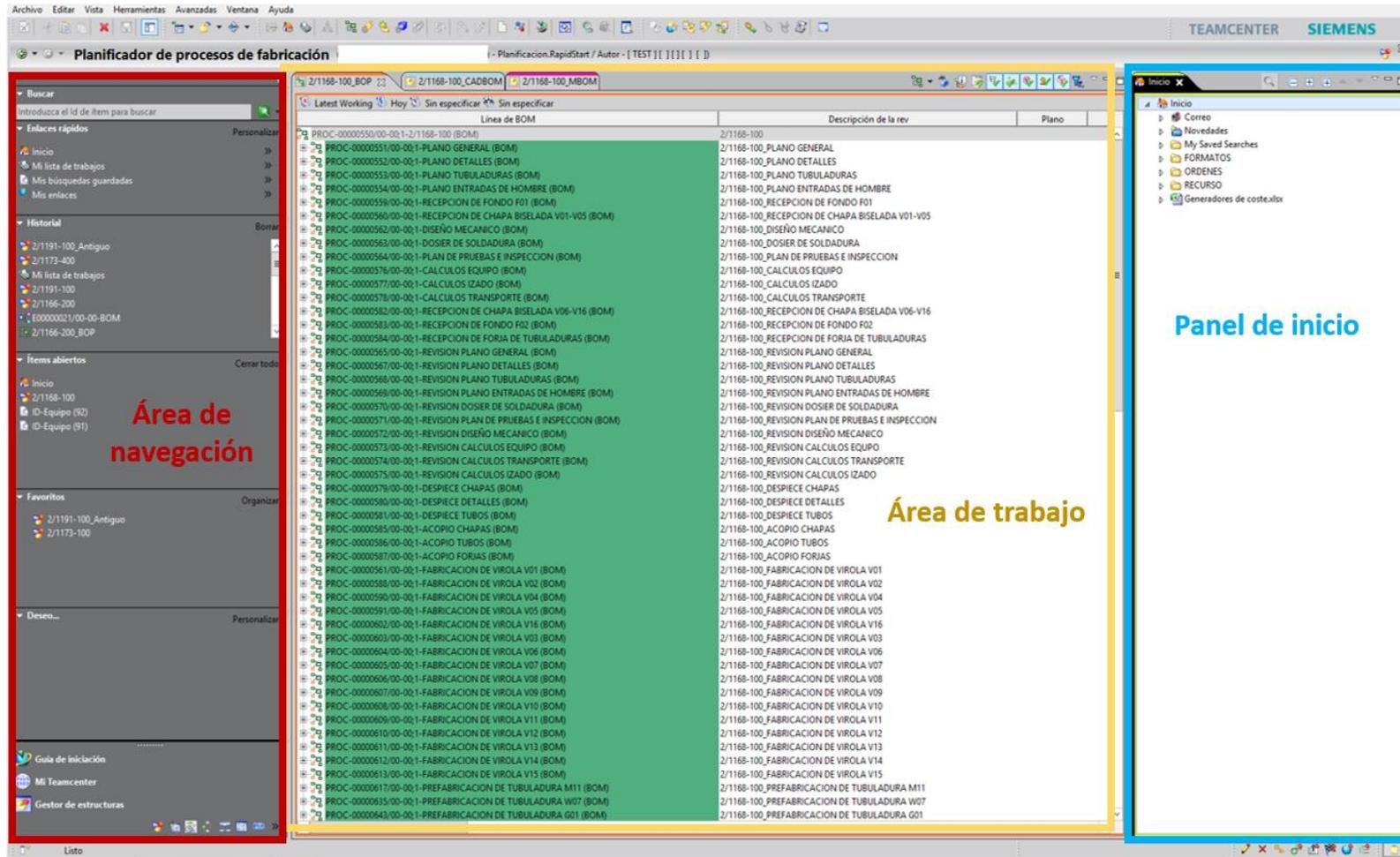


Figura 4.1.- Entorno de TeamCenter Manufacturing

Utilizar esta herramienta para la creación de un equipo supone a su vez crear tres elementos principales en el panel del árbol de contexto de colaboración (Figura 4.2). Estas tres estructuras están estrechamente relacionadas y deben estarlo en un contexto de colaboración concreto en el programa. Este contexto de colaboración ha de ser creado. Dentro de este, el CABOM y el MBOM funcionan como contextos estructurales y el BOP como contexto de procesos.

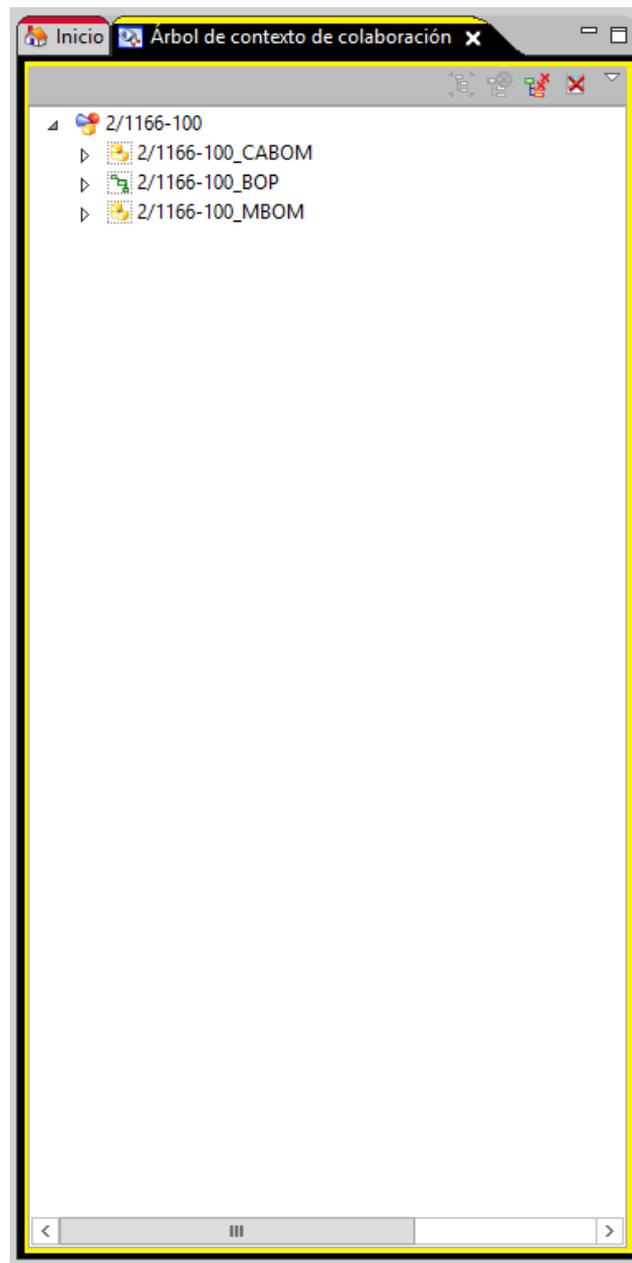


Figura 4.2.- Árbol de contexto de colaboración con el contexto de colaboración de un equipo

4.1.1.- CAD Bill of Material

La estructura CADBOM o CAD Bill of Material de un equipo define el producto y reúne las piezas o componentes que lo forman. Para su creación es necesaria la importación de las piezas pertinentes vía herramienta CAD, que en el caso de la empresa será SolidEdge. Esto resulta especialmente útil ya que gracias a esto es posible apreciar la pieza en un modelo 3D mediante el visualizador que el propio TeamCenter posee. La Figura 4.3 muestra un ejemplo de CADBOM, en el que se observa la cuenta de materiales que constituyen un determinado equipo.

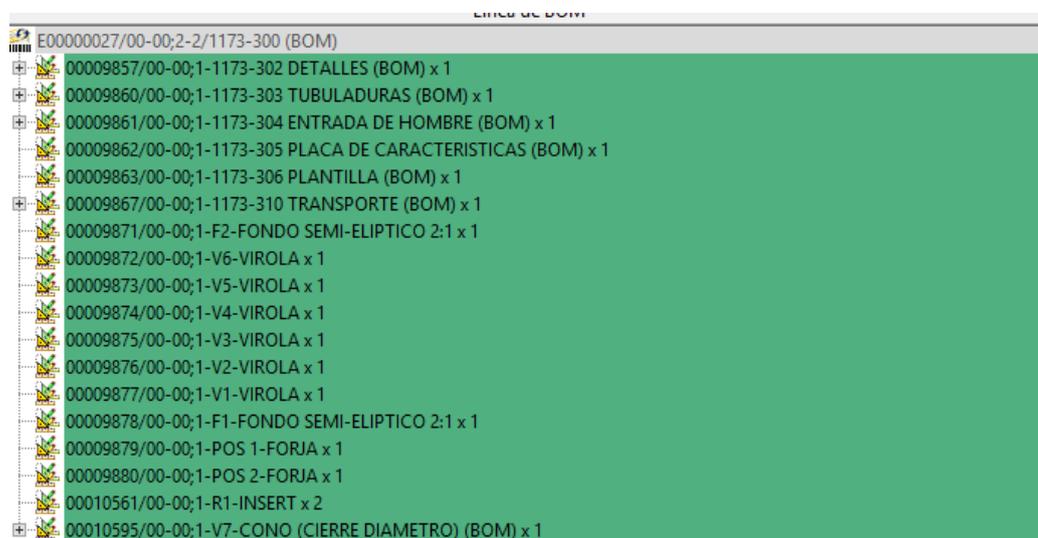


Figura 4.3.- Ejemplo de CADBOM

Cada material tiene asociadas unas determinadas características que se reflejan en los campos que el usuario desee. En la Figura 4.4 se indican los campos deseados en este campo. A continuación, se listan y definen dichos campos:

- Línea de BOM: Nombre del recurso o producto semielaborado en el CADBOM.
- Plano: Plano en el que se encuentra dicho recurso material.
- Posición: Posición que posee ese elemento dentro del plano.
- Id en contexto: Id interno que la herramienta asigna a dicho recurso.
- Cantidad: Número de unidades del elemento.

- Notas: Comentarios o anotaciones realizados acerca del elemento.
- Nombre Castellano: Nombre del elemento en castellano.
- Nombre Inglés: Nombre del elemento en inglés.
- Calidad Material: Material del cual se compone el elemento.
- Peso: Peso del elemento.
- Código Documento: Código del documento asociado al elemento dentro de la empresa.

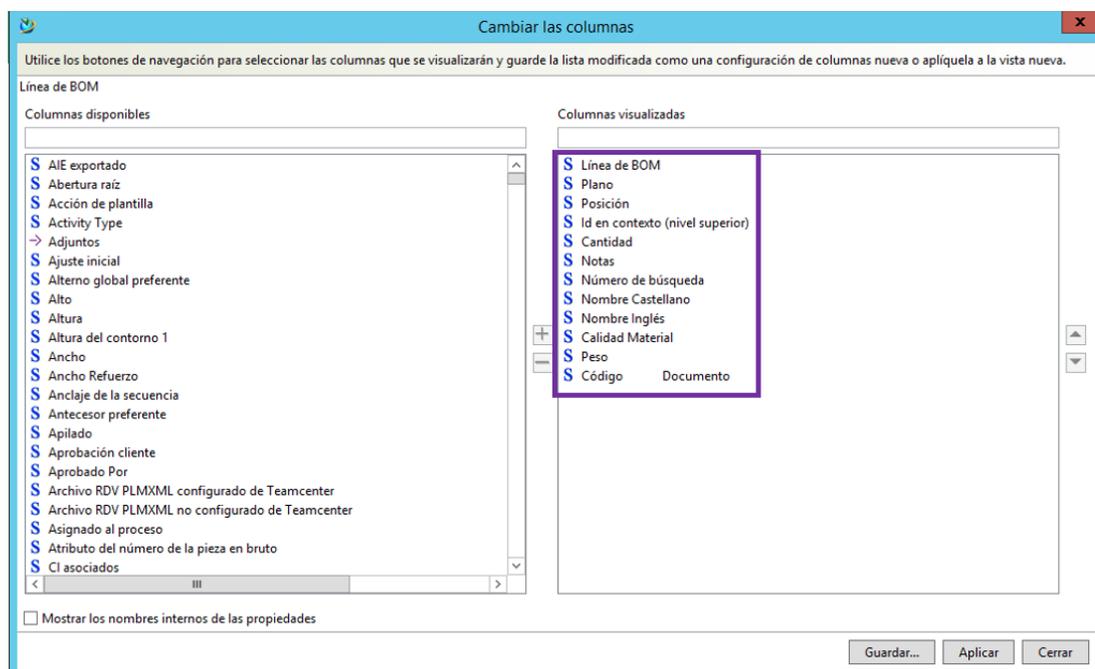


Figura 4.4.- Campos seleccionados para ser visualizados en CAD BOM

4.1.2.- Manufacturing Bill of Material

El elemento Manufacturing Bill of Material o MBOM estructura los ítems, piezas o componentes del CAD BOM de cara a su secuencia de fabricación. Es decir, agrupa las piezas o elementos que constituyen un ensamble, creado a su vez dicho ensamble como un nuevo ítem. Estos ensambles pueden formar a su vez parte de ensambles más complejos. En la Figura 4.5 se observa un ejemplo de MBOM. Se observan numerosos niveles de dependencia entre los ensamblajes, mostrando así cómo la futura secuencia de fabricación creará ensambles constituidos por otros.

La estructura MBOM también posee determinados campos para cada elemento que la constituye, mostrando así las características de los mismos que el usuario desee. En el caso del MBOM, los campos visualizados coinciden con los del CADBOM (Figura 4.4).

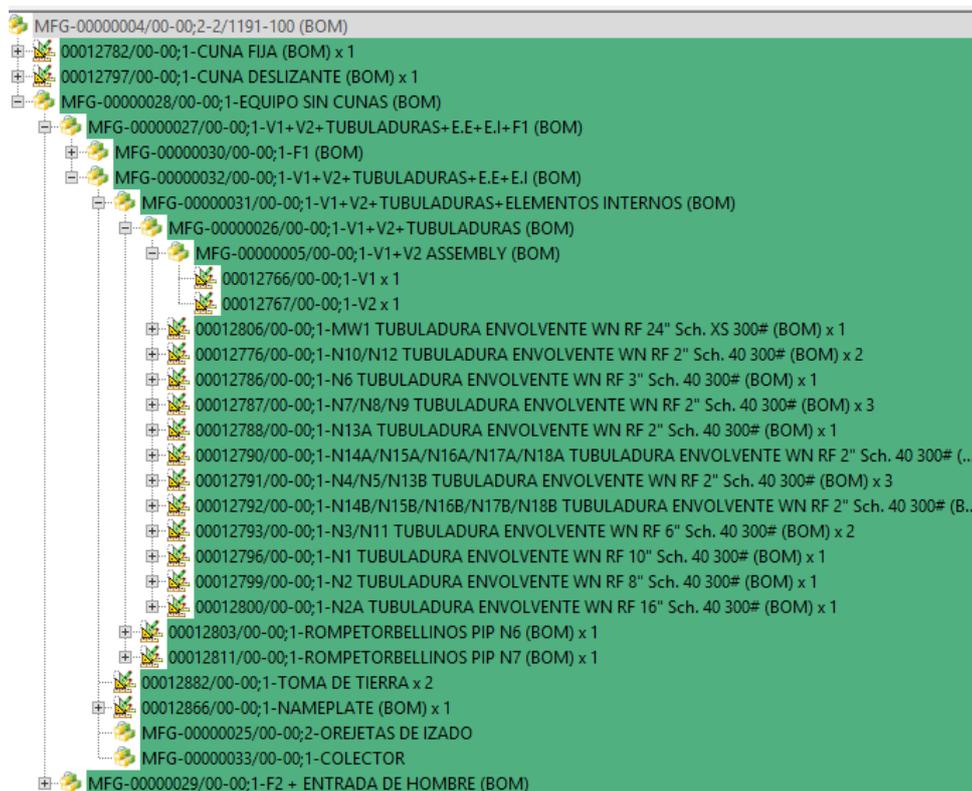


Figura 4.5.- Ejemplo de MBOM

4.1.3.- Bill of Process

A través de un árbol secuenciado de procesos y operaciones, la estructura Bill of Process o BOP define la fabricación del equipo en sí misma. Podría decirse que es la estructura más completa, y de la que nacerá la parte principal de la planificación. Los procesos y operaciones son creados en el BOP, mientras que los ítems y ensamblajes utilizados se extraen del MBOM. En esta estructura a su vez también se indican los recursos humanos y de maquinaria utilizados durante el proceso.

Un ejemplo de BOP es el mostrado en Figura 4.6. En ella se ve un proceso constituido por ocho operaciones distintas. Un BOP puede estar constituido por numerosos procesos, con sus respectivas operaciones.



Figura 4.6.- Ejemplo de proceso "Fabricación de virola" en un BOP

Cada operación cuenta con el recurso o recursos utilizados, ya sean humanos o de maquinaria. También es posible asociar recursos materiales a las operaciones. Dentro de estas, los recursos materiales pueden figurar en calidad de:

- "MEConsumed": cuando ese recurso es necesario para realizar esa operación.
- "MEAssign": cuando ese recurso material es el resultado de realizar esa operación.
- "MEInformation": cuando ese recurso material proporciona información para realizar esa tarea, por ejemplo, el caso de un plano.

Los procesos y operaciones pueden crearse desde cero o bien crearse a partir de una plantilla. Con esta segunda opción se consigue crear un proceso similar a uno previamente creado, con sus respectivas operaciones, recursos y tiempos asociados.

Cada proceso, operación o recurso del BOP tiene asignadas unas determinadas propiedades. Algunas de ellas (las deseadas por el usuario, Figura 4.7) se reflejan en la pantalla del BOP. Se definen las propiedades que más se utilizan en el entorno de este trabajo:

- Línea de BOM: Nombre del ítem que se encuentra en esa línea.

- Descripción de la rev: Es una propiedad que se asocia al proceso y que la define.
- Plano: Indica el plano en el que se encuentra un recurso material.
- Posición: Indica la posición en la que se encuentra o se coloca un recurso material.
- Tiempo asignado: Define el tiempo asignado a ese proceso.
- Tipo de ítem: Indica el calificativo asignado a ese ítem según su categoría.
- Id en contexto: Id interno que la herramienta asigna a un recurso.
- Tipo de ocurrencia: Es una propiedad asociada a los recursos y define la naturaleza del recurso (utilizado, asignado, consumido...).
- Cantidad: Número de unidades del elemento.
- Código Documento: Código del documento asociado al elemento dentro de la empresa.
- Nombre de rev: Define el nombre del ítem, ya sea recurso, operación o proceso.
- Nivel: Indica el nivel del BOP en el que se encuentra esa línea.
- Notas: Comentarios o anotaciones realizados acerca del elemento.
- Número de búsqueda: Esta propiedad es fundamental para el BOP ya que enumera en orden creciente el orden que deben seguir procesos y operaciones para una correcta fabricación.
- Sucesores: Indica los procesos u operaciones que sucederán tras un determinado proceso o actividad.
- Predecesores: Indican los procesos u operaciones que precederán a un proceso u operación.
- Activity type: Designa para cada operación su calificativo según quién la realice. Los calificativos que asignar son “Nombre de la Empresa” (actividad realizada por la empresa), “Client” (actividad realizada por el cliente) o “Subcontracting” (actividad subcontratada a otra empresa).
- Mfg Nombre Castellano: Nombre en castellano de una operación.
- Mfg Nombre Inglés: Nombre en inglés de una operación.
- Id de ítem: Número identificativo que asigna TeamCenter al ítem que se encuentra en esa línea.

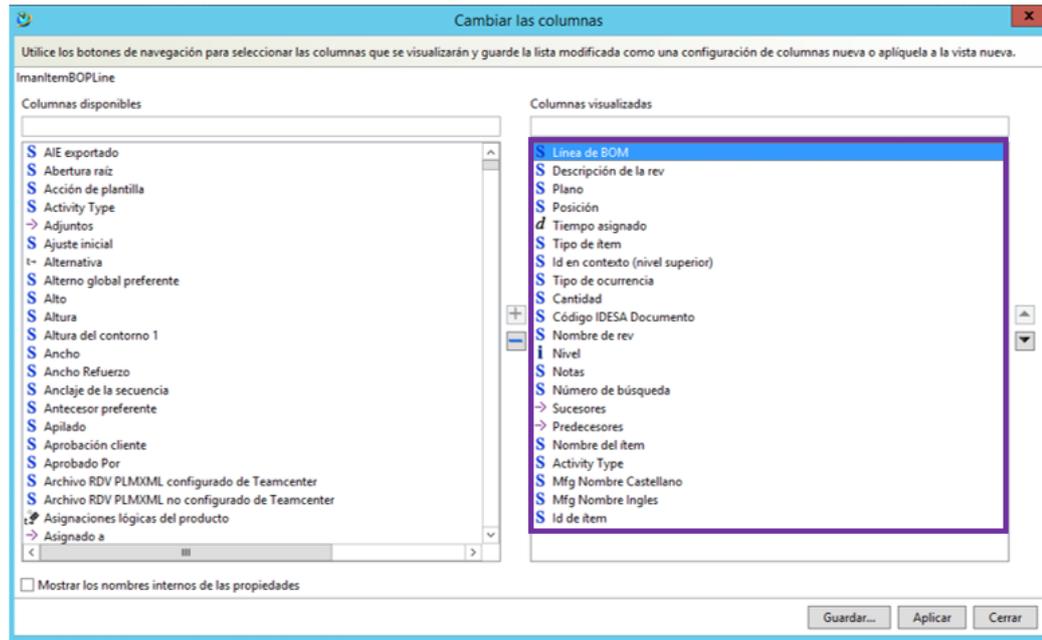


Figura 4.7.- Campos visualizados en el BOP por elección del usuario

Cabe destacar que ciertas propiedades están asociadas a un determinado tipo de ítem (por ejemplo, a un recurso). Si la línea de BOM no está ocupada por un ítem de esa índole, el campo se muestra vacío para esa línea de BOM.

Por otro lado, también se han de asignar tiempos a cada una de las operaciones con la herramienta de tiempo que posee Teamcenter Manufacturing (Figura 4.8). En esta herramienta se asigna un código a la duración de la operación, la duración en sí misma y las veces que se repite dicha operación (frecuencia). Además, también se puede definir de qué categoría será la actividad:

- De valor añadido: Cuando la operación aporta valor añadido al producto. La mayoría de las operaciones pertenecerán a esta categoría.
- De valor no agregado: Cuando no aporta un valor añadido al producto. Por ejemplo, un transporte.
- De valor no agregado pero obligatorio: Cuando no aporta un valor añadido al producto, pero es una operación necesaria para su correcta fabricación. Por ejemplo, la espera planeada para el descenso de la temperatura de un material caliente.

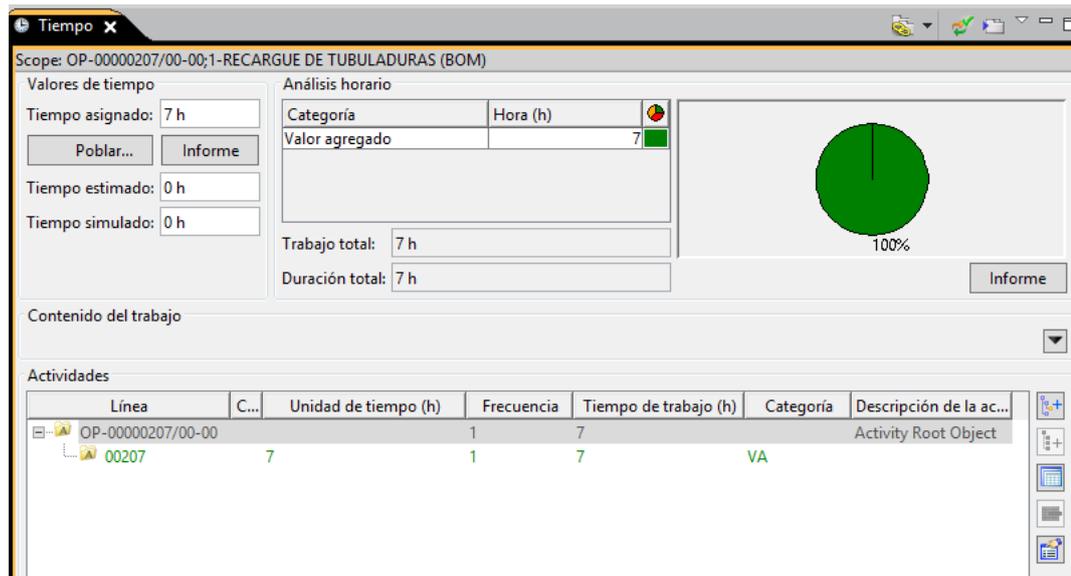


Figura 4.8.- Asignación de tiempo a una operación

Los procesos y operaciones se relacionan en el tiempo mediante un diagrama PERT. TeamCenter Manufacturing posee una herramienta de PERT dentro del BOP (Figura 4.9). Se aprecia que los procesos se secuencian a través de flechas.

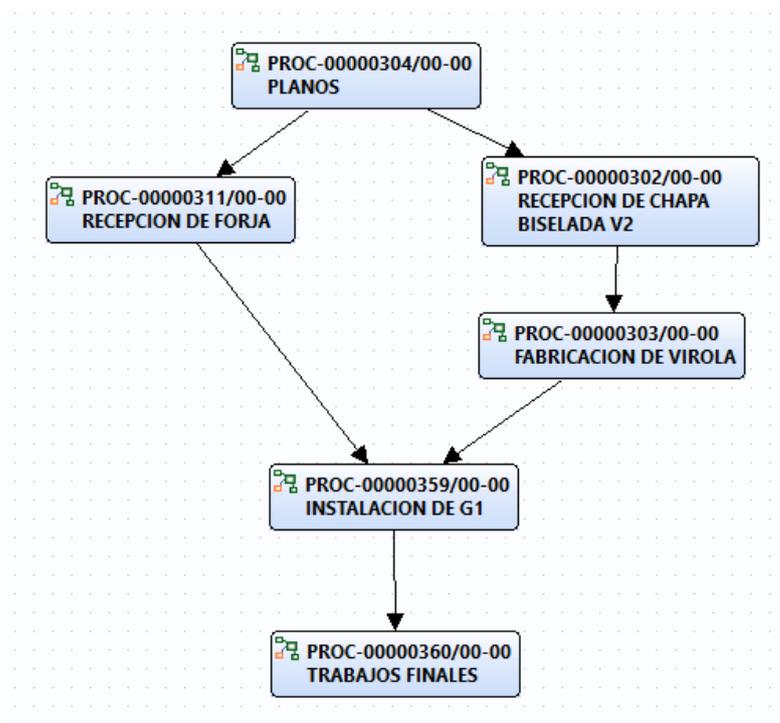


Figura 4.9.- Ejemplo de PERT a nivel de proceso

Además, dentro de los propios procesos, también se establece un PERT para ordenar las operaciones que lo conforman. Así, en el ejemplo de la Figura 4.10, el proceso “Instalación de G1” está compuesto por cuatro operaciones que se secuencian según el PERT de la Figura 4.11.

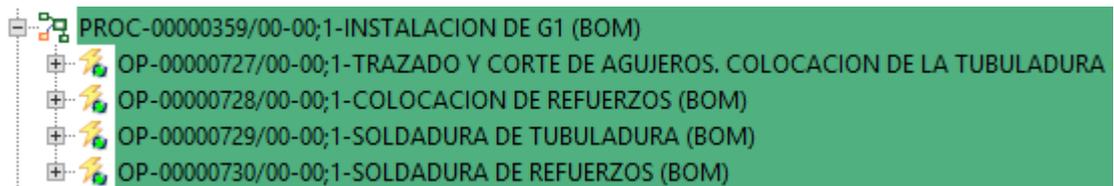


Figura 4.10.- Ejemplo de proceso

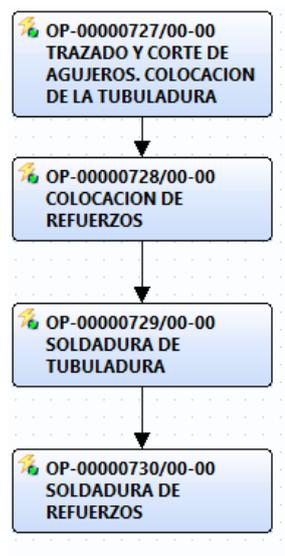


Figura 4.11.- Ejemplo de PERT a nivel de operación

4.2.- PREACTOR

La herramienta Preactor, tal y como se mencionó anteriormente, es una solución software APS que permite realizar programas de producción teniendo en cuenta restricciones

productivas, necesidades de material y órdenes de compra. De esta manera, la programación es integral, ya que se tiene en cuenta todas las variables que intervienen en la misma.

En la Figura 4.12 se aprecia el entorno habitual de la programación en Preactor. Se observa un diagrama de Gantt con una serie de tareas secuenciadas. Los recursos de maquinaria utilizados en cada tarea corresponden con la lista vertical de la izquierda de la figura, mientras que horizontalmente se aprecia el calendario.

La herramienta se nutre de datos externos para funcionar. Estos datos corresponden con la información de fabricación proveniente tanto de TeamCenter Manufacturing como del ERP. Esta cuestión se explicará con más detalle en el siguiente apartado.

Una vez recogida la información, Preactor la secuencia. Para ello, es esencial en primer lugar ejecutar la opción “Agrupar materiales”. Esta opción establece las relaciones entre actividades de acuerdo con sus datos de entrada. Preactor asigna a cada recurso las tareas correspondientes y asigna fechas estimadas de inicio y fin de tarea. Sin embargo, una vez establecida una planificación, es posible modificarla manualmente si así lo desea el usuario. Esto puede ocurrir por condiciones ajenas a Preactor y al entorno de planificación. Las fechas establecidas en Preactor, estimadas por la herramienta o modificadas por el usuario, son confirmadas o corregidas por el ERP o directamente por el propio usuario de manera manual.

Los recursos se organizan según calendarios y restricciones establecidas. El calendario asignado a cada recurso se asigna en el propio Preactor, mientras que las restricciones pueden asignarse en el propio Preactor o recogerse de una fuente externa. Los recursos son un aspecto fundamental para la planificación, ya que su disponibilidad es la que dicta la realización de las tareas, por lo que es clave que Preactor interprete este aspecto correctamente. Además, los recursos pueden cambiar su orden de visualización en el Gantt para que resulte más cómodo para el usuario.

En la propia herramienta es posible indicar distintos estados para los recursos, como paradas por mantenimiento, vacaciones, etc. Esto lógicamente afecta a la planificación y se aprecia visualmente en el Gantt, como se aprecia en la Figura 4.13.

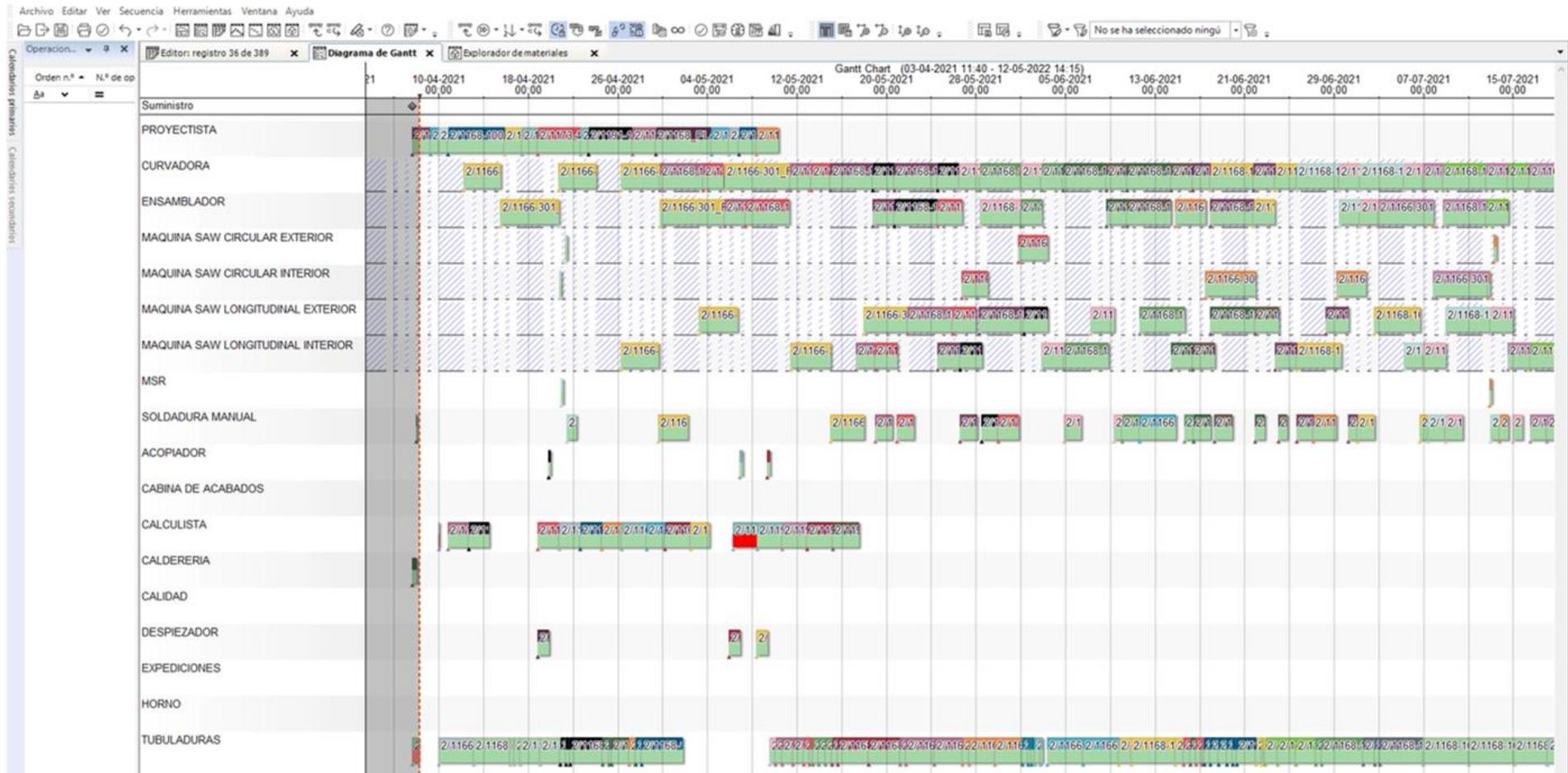


Figura 4.12.- Entorno habitual de la programación en Preactor

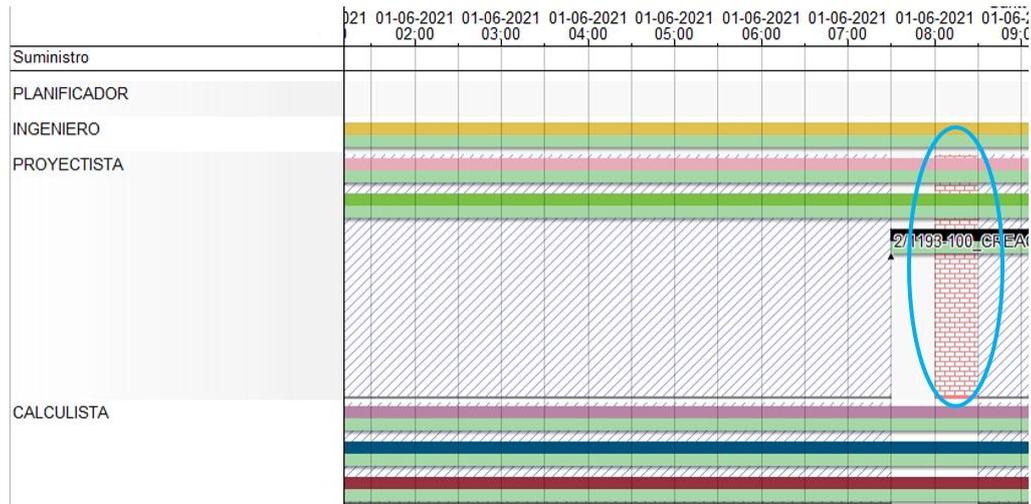


Figura 4.13.- Ejemplo de visualización de periodo inactivo en Preactor

Mientras que en la Figura 4.12 se aprecia la programación de varios equipos simultáneamente, en la Figura 4.15 se ha resaltado la programación de un equipo individualmente. Esta opción resulta especialmente útil para la visualización del usuario. Además, Preactor permite crear diferentes “escenarios” independientes, de manera que es posible poseer dos planificaciones distintas con los mismos datos, modificando ciertas condiciones (número de recursos, modificación manual de fechas, etc.). En la Figura 4.14 se observa la existencia de dos conjuntos: un conjunto “Schedule” que representaría la planificación real y un conjunto “test” utilizado para realizar pruebas con distintas condiciones aplicadas.

Abrir conjunto de datos

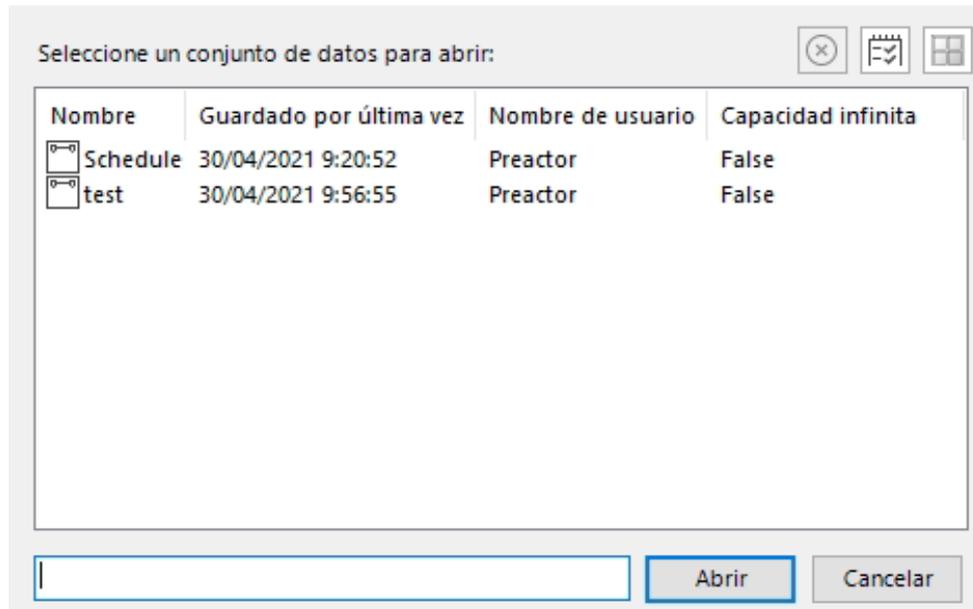


Figura 4.14.- Diferentes conjuntos de datos dentro de Preactor

Esto es especialmente útil para la visualización de la secuencia programada para un equipo de forma independiente al resto. Preactor posee numerosas opciones de visualización establecidas con este fin. La pestaña “Editor” contigua al Gantt abarca la base de datos que sustenta al Gantt. Esto se aprecia en la Figura 4.16. En esta pestaña es posible visualizar, filtrar y ordenar las tareas a realizar, todo ello en forma de lista. Además, también es posible consultar su fecha de inicio. Esta opción es especialmente útil para la consulta de actividades no programadas (Figura 4.17), ya que a menudo errores humanos en la introducción de los datos pueden provocar la pérdida de cierta información que provoca a su vez que esta no se refleje en la programación. En esta pestaña también es posible seleccionar parte de las tareas para su secuenciación, de manera que pueda realizarse su programación sin tener en cuenta las demás tareas de la base de datos. Esta opción es especialmente útil para la realización de pruebas, consultas y simulaciones.

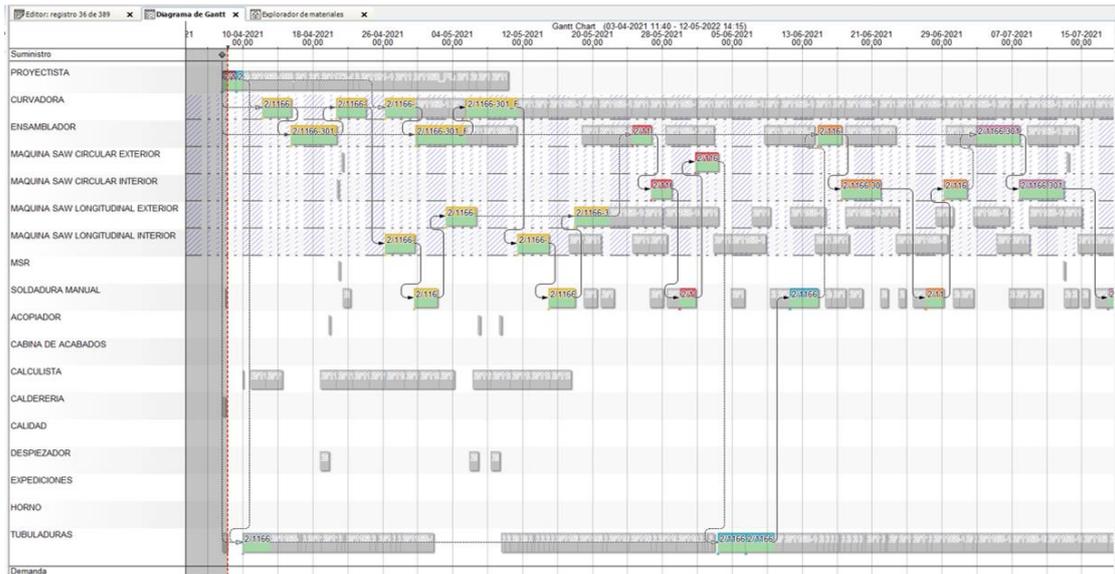


Figura 4.15.- Resalto de la secuencia de un equipo en el entorno de Preactor

Orden n.º	N.º de pieza	Producto	Fecha de vencimiento	Prioridad	Carácter
2/1200-100	2/1200-100_AISLAMIENTO	2/1200-100_AISLAMIENTO	No especificado	10	!
2/1200-100	2/1200-100_CHORREADO Y PINTURA	2/1200-100_CHORREADO Y PINTURA	No especificado	10	!
2/1200-100	2/1200-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE F1-V5 CON V6-FALDON	2/1200-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE F1-V5 CON V6-FALDON	No especificado	10	!
2/1200-100	2/1200-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V6-V9 CON F2-FALDON	2/1200-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V6-V9 CON F2-FALDON	No especificado	10	!
2/1200-100	2/1200-100_EXAMEN DE SOLDADURA POR END	2/1200-100_EXAMEN DE SOLDADURA POR END	No especificado	10	!
2/1200-100	2/1200-100_PLANO ENTRADAS DE HOMBRE RESTO DE REVISIONES	2/1200-100_PLANO ENTRADAS DE HOMBRE RESTO DE REVISIONES	No especificado	10	!
2/1200-100	2/1200-100_PREPARACION PARA TRANSPORTE	2/1200-100_PREPARACION PARA TRANSPORTE	No especificado	10	!
2/1200-100	2/1200-100_PRUEBA HIDRAULICA	2/1200-100_PRUEBA HIDRAULICA	No especificado	10	!
2/1200-100	2/1200-100_TRATAMIENTO TERMICO	2/1200-100_TRATAMIENTO TERMICO	No especificado	10	!
2/1200-100	2/1200-100_CONTROL DIMENSIONAL Y COMPROBACION DE TRAZADOS	2/1200-100_CONTROL DIMENSIONAL Y COMPROBACION DE TRAZADOS	No especificado	10	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA B	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA B	29-04-2021 08:52	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA M	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA M	29-04-2021 08:52	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T1	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T1	29-04-2021 08:52	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T3	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T3	29-04-2021 08:52	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_REUNION DE LANZAMIENTO	2/1200-100_REUNION DE LANZAMIENTO	29-04-2021 08:52	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T1	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T1	29-04-2021 09:52	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T2	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T2	29-04-2021 09:52	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T3	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T3	29-04-2021 10:52	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA B	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA B	29-04-2021 11:22	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA M	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA M	29-04-2021 11:52	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T1	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T1	29-04-2021 12:52	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T3	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T3	29-04-2021 12:52	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T2	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T2	29-04-2021 14:52	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T4	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T4	29-04-2021 14:52	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T2	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T2	29-04-2021 15:52	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T4	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T4	29-04-2021 15:52	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T2	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T2	29-04-2021 18:52	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T4	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA T4	29-04-2021 18:52	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA B	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA B	29-04-2021 19:22	No especificado	!
2/1200-100	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA E1	2/1200-100_PREFABRICACION DE TUBULADURA E1	29-04-2021 20:52	No especificado	!

Figura 4.16.- Pestaña “Editor” de Preactor

N.º de pieza	Producto	Hora de inicio
2/1200-100_AISLAMIENTO	2/1200-100_AISLAMIENTO	No especificado
2/1200-100_CHORREADO Y PINTURA	2/1200-100_CHORREADO Y PINTURA	No especificado
2/1200-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE F1-V5 CON V6-FALDON	2/1200-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE F1-V5 CON V6-FALDON	No especificado

Figura 4.17.- Listado de actividades no programadas en la pestaña “Editor”

La línea roja discontinua que se aprecia en el diagrama de Gantt y cuyo detalle se aprecia en la Figura 4.18 representa la fecha en la que se quiere comenzar a planificar. Esta fecha puede ser pasada o futura y por defecto se coloca en la fecha de realización de la planificación.

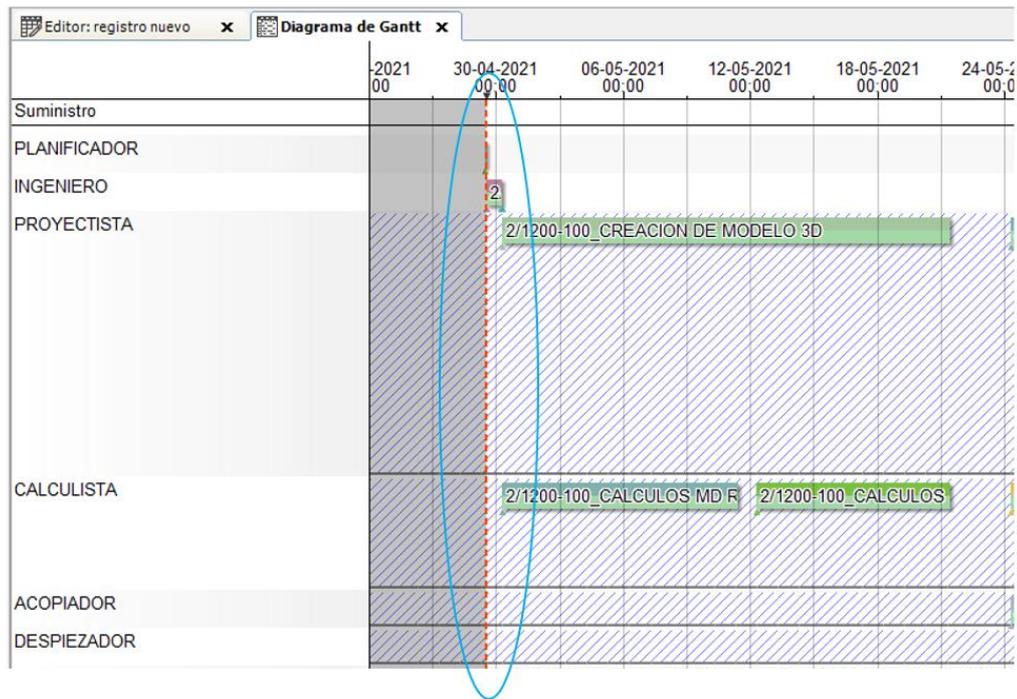


Figura 4.18.- Detalle de la línea representativa del inicio de la planificación

En cuanto a las opciones y criterios de secuenciación, Preactor ofrece diversas opciones (Figura 4.19). A nivel de interés de este trabajo, ofrece las posibilidades de:

- Secuenciar “hacia delante”. Con este criterio, se ordenan las tareas con la prioridad de terminar lo antes posible en el tiempo.
- Secuenciar “hacia atrás”. Al adoptar este criterio, las tareas se realizan lo más tarde posible, de acuerdo con una fecha de entrega del equipo. Este dato al igual que el resto se debe de alimentar desde una fuente externa.
- Quitar operaciones de programación. Esta opción elimina la programación realizada del Gantt.

- Bloquear el historial. Esta opción “protege” las operaciones ya comenzadas si se elimina la programación, de manera que solo se elimina la programación de las operaciones no comenzadas.
- Desactivar las restricciones secundarias. Con esta opción, la herramienta proporciona una planificación sin tener en cuenta los límites de los recursos humanos y de maquinaria establecidos.
- Programar a pesar de faltantes. Esta opción permite realizar una programación a pesar de existan faltantes de material, lo cual será lo frecuente al inicio de un proyecto.

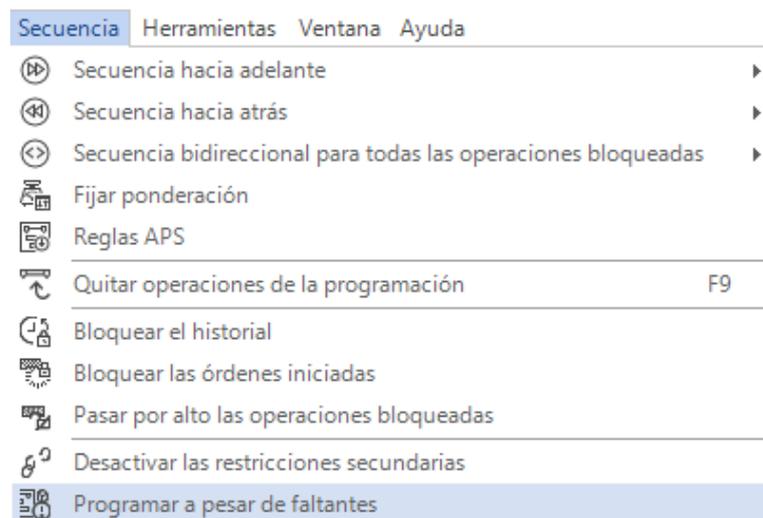


Figura 4.19.- Opciones de secuenciación ofrecidas por Preactor

De la misma manera en la que se pueden bloquear las operaciones ya empezadas, Preactor permite bloquear cualquier otra operación ya planificada y modificar el resto. Esto resultará especialmente interesante para la situación de la empresa a lo largo de este proyecto.

Otra opción atractiva que ofrece Preactor es la creación de informes. Posee numerosos informes prediseñados que abarcan desde el listado de las tareas críticas hasta las cargas de trabajo ordenadas según diferentes criterios o la comparación de diferentes programaciones, tales como las reflejadas en la Figura 4.14. Se han incluido en los anexos de este trabajo algunos ejemplos de informes directamente extraídos de Preactor. Se han

escogido los ejemplos de informes que, tal y como se detallará más adelante, se adecúan más al entorno de este trabajo y al interés de la empresa objeto de este. Entre los ejemplos se encuentran:

- Informe de carga de trabajo por máquina (Anexo IV). En este informe se reflejan las tareas a realizar que se han programado para cada una de las máquinas. Se listan dichas tareas ordenadas por fecha de inicio, y se especifica el nombre de la tarea. En el ejemplo reflejado en el anexo se observa la carga de trabajo de una máquina MSR.
- Informe de carga de trabajo por día (Anexo V). Este informe lista las tareas a realizar ordenadas por día según la planificación de Preactor. Se refleja el nombre de la tarea, el recurso utilizado y la hora de inicio de dicha tarea. En el ejemplo mostrado en el Anexo IV se aprecia que el día señalado se tienen planificadas varias tareas para los recursos “Calculista” y “Proyectista”.
- Informes de previsión de necesidades de material (Anexo VI). Este informe refleja las necesidades de material en el tiempo según la planificación creada. Se aprecia en forma de tabla los materiales a recibir y la cantidad precisada para cada día.

4.3.- FLUJO DE INFORMACIÓN ENTRE HERRAMIENTAS

A partir de los procesos de fabricación establecidos en TeamCenter Manufacturing para un determinado proyecto se desea realizar una planificación de dicho proceso a través de Preactor. TeamCenter Manufacturing proporciona las operaciones a realizar, el orden que han de seguir, la duración de estas y los recursos requeridos para ellas. Preactor, por su parte, es capaz de distribuir estas actividades en un calendario, establecer fechas de llegada del material, visualizar la planificación de varios proyectos al mismo tiempo, proporcionar estimaciones de entrega del equipo, etc.

La comunicación entre ambas herramientas es posible gracias a la creación de ficheros .csv que se exportan de TeamCenter Manufacturing para su posterior importación en Preactor. Estos ficheros contendrán los campos necesarios para reflejar la importación que Preactor precisa para generar una programación consistente, por lo que dichos campos

deberán ser acordados entre todas las partes involucradas: los responsables del proyecto, la empresa distribuidora y el equipo informático de la empresa. Aunque la tarea de este último grupo escapa al alcance de este trabajo, su participación es esencial, ya que serán ellos los que tendrán la responsabilidad de crear el flujo de información entre Preactor y el sistema ERP de la empresa. La comunicación entre estas dos partes se basa en los siguientes pasos:

- Importación de datos a través de los ficheros *.csv* a Preactor.
- Actualización de datos provenientes del ERP de la empresa, tales como fechas reales de inicio y fin de tareas o pedidos recibidos.
- Creación de la secuenciación de las tareas en Preactor de acuerdo con la información recibida desde los ficheros *.csv* y desde el ERP.
- Exportación de datos propios de dicha secuenciación al ERP, tales como tareas o pedidos nuevos a realizar.

A su vez, el sistema ERP es accesible desde el taller de la empresa, lugar en el que tiene lugar la fabricación de los equipos. El sistema ERP muestra la información que recibe de Preactor, y en el taller se introduce en el sistema ERP la información que posteriormente se comunica a Preactor. De esta manera las herramientas componen un flujo de información que se retroalimenta y que se adapta a las necesidades de la empresa. Esto se aprecia en la Figura 4.20. A lo largo del siguiente capítulo se estudiará, concretará e implantará este flujo comunicativo.

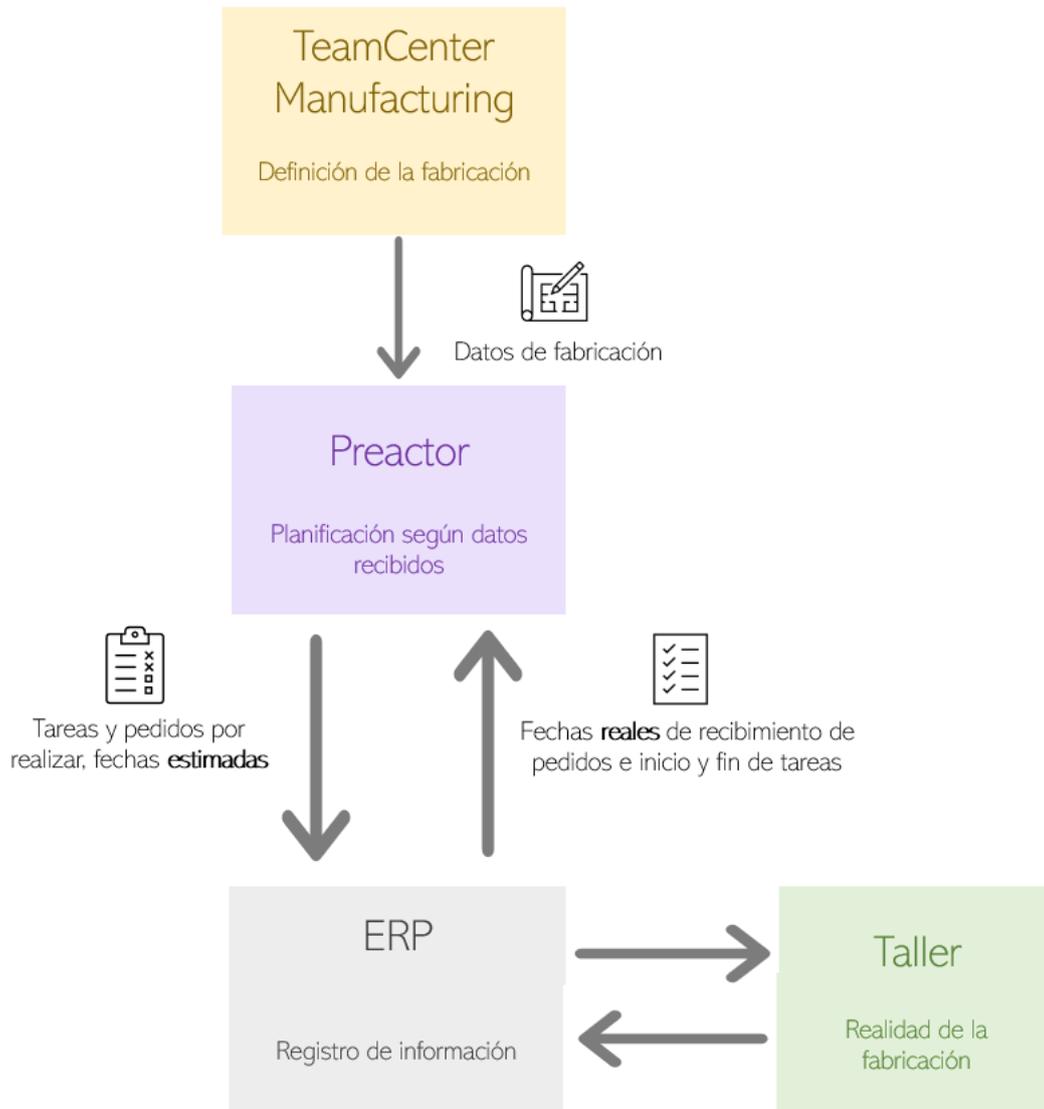


Figura 4.20.- Esquema del flujo de información deseado entre las herramientas

5. Implantación

A lo largo de este capítulo se explicará con amplio detalle la implantación en la organización de las herramientas anteriormente descritas. Esta implantación recoge las pruebas iniciales en entornos de prueba, la creación y establecimiento de protocolos de uso de las herramientas, su introducción a un entorno real a nivel de oficina, el primer uso de los programas y por último su adaptación en los talleres de la empresa.

5.1.- PRUEBAS INICIALES

Una de las actividades esenciales para la implantación de los programas es la realización de pruebas en el entorno establecido para ello. Durante estas pruebas, se retocan ciertos puntos acordados previamente y se identifican errores o incoherencias que se deberán resolver de cara a establecer protocolos y normas para la utilización del programa en el futuro.

Se han realizado pruebas de exportación, en las que se trabaja con TeamCenter Manufacturing, y las referentes a la importación, en las que se trabaja con Preactor. Sin embargo, estas pruebas no se secuencian necesariamente en ese orden. Es decir, no se han realizado en primer lugar todas las pruebas de exportación y seguidamente las de importación. Primero, se comenzaron las pruebas de exportación y tras una primera prueba de exportación, las demás pruebas de exportación y las de importación se realizaron de manera relativamente paralela. En gran parte del proceso un tipo de prueba retroalimentaba a la del tipo contrario, ya que son dos procesos estrechamente relacionados que poseen en común los ficheros .csv mencionados en apartados anteriores.

Por tanto, para la realización de estas pruebas se consideró como punto de partida los primeros modelos de exportación de TeamCenter Manufacturing en ficheros .csv creados previamente al inicio de este trabajo, tal y como se mencionó en el capítulo 3. Concretamente, desde este primer modelo, por cada equipo creado en TeamCenter Manufacturing se exportarán dos ficheros .csv.

El primer archivo será el correspondiente a “Work order table”. Este archivo pretende definir los procesos y operaciones a planificar y poseerá información de los siguientes campos:

- Order number: Corresponde al número de la “orden” a fabricar. En la empresa cada “orden” se corresponde con un proyecto, por lo que podría decirse que este campo se corresponde con el número de proyecto.
- Process name: Nombre del proceso a realizar. Un proceso contendrá una o varias operaciones que lo forman. Un ejemplo de esto podría ser el proceso “Fabricación de Virola”, formado por las operaciones “Curvado”, “Armado”, “Recilindrado”, “Soldadura longitudinal interior”, “Saneado longitudinal” y “Soldadura longitudinal exterior”.
- Product: Nombre del producto. En el caso de la empresa, coincide con el nombre de la orden.
- Process ID & Operation ID: Se corresponde con el número identificativo y único que TeamCenter le ha asignado a ese proceso u operación.
- Predecessors: Este campo indica los procesos que deben preceder a ese proceso concreto.
- Type: En este campo se indica la clasificación que recibe cada operación. Su clasificación se divide en actividades de oficina (Office Activity) o de taller de fabricación (Workshop Activity).
- Mandatory resource: Define el nombre del recurso necesario para realizar esa operación.
- Resource type: Indica la clasificación del recurso utilizado. Los recursos pueden ser de tipo humano (Human Resource) o de tipo Máquina (Machine Resource).
- Quantity: En este campo se indica la cantidad de unidades de recurso que se necesita para realizar esa operación.
- Operation sequence: En este campo se indica un número, que define el orden seguido para realizar los procesos operaciones, de manera que el proceso que posea el menor número será el primero en realizarse.
- ERP time code: En este campo se indica el código de la operación. Este código es necesario a nivel interno en la empresa para un correcto control de los métodos y tiempos en su herramienta ERP.

- Estimated time (h): De acuerdo con el código establecido en el campo ERP time code, se asigna un tiempo estimado a la operación que se indicará en este campo.

Un ejemplo similar a este archivo descrito sería el ilustrado en el Anexo II. En la Figura 5.1 se aprecia un esquema de la construcción de estos parámetros a partir del BOP exportado.

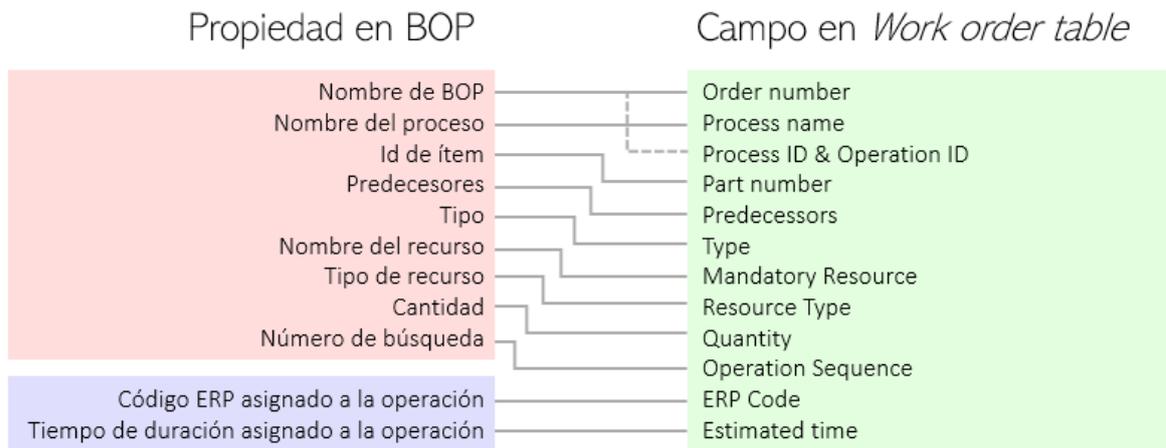


Figura 5.1.- Esquema de las relaciones entre las propiedades del BOP y los campos exportados de *Work order table*

El otro fichero .csv exportado por equipo es el llamado “Bill of Material” (BOM) o Cuenta de materiales, que define los recursos materiales necesarios para realizar la fabricación de ese equipo. Este fichero, esquematizado en la Figura 5.2 y también ilustrado con un ejemplo en el Anexo II, contiene los campos de:

- Process ID & Operation ID: Define el número identificativo que TeamCenter le asigna a ese proceso u operación que necesita de ese recurso del Bill of Material.
- Part number: De nuevo y como ocurría en el archivo anteriormente descrito, este campo es una combinación del número de orden y del nombre del proceso correspondiente.
- Operation name: Indica el nombre de la operación en la que se necesita ese recurso determinado.

- Mandatory part number: Este campo debe ser único, e identifica el recurso material requerido. El contenido de este campo debe contener el nombre del plano y la posición dentro de dicho plano del recurso material.
- Item ID: Número identificativo asignado a ese recurso material. A diferencia del Mandatory part number, este campo no tiene por qué ser único, ya que en el mismo equipo pueden instalarse o utilizarse varias unidades del mismo recurso material idéntico.
- Mandatory Quantity: Indica la cantidad requerida de ese recurso.
- Occurrence type: Define el tipo de uso del recurso en la operación. En este caso, siempre será tipo “MEConsumed”, es decir, siempre será consumido.

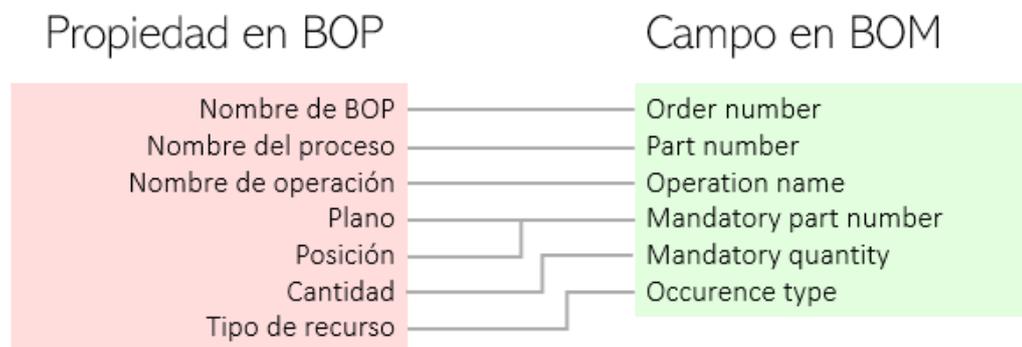


Figura 5.2.- Esquema de las relaciones entre las propiedades del BOP y los campos exportados de BOM

Sin embargo, ya que estos ficheros constituyen solo un primero modelo, el listado de estos campos y su contenido podrá ser modificado a lo largo del desarrollo de este trabajo, según lo exijan las necesidades de la empresa.

Estas pruebas iniciales llevadas a cabo a partir de estos primeros archivos se realizaron coordinadamente con reuniones que tenían como objetivo analizar y evaluar lo obtenido en las mismas, de manera que cada prueba se corresponde con una reunión celebrada. En estas reuniones participarán el equipo de la empresa encargado del proyecto, las empresas distribuidoras del sistema en cada caso y el equipo informático de la empresa en momentos puntuales.

Se llegaron a realizar cinco pruebas de exportación y cinco pruebas de importación, en las que se trataron diferentes temas.

Por otro lado, en las primeras pruebas no se introdujeron los tiempos de duración de las operaciones, ya que aún no se había construido la base de datos de tiempos según operación y dimensiones. En su lugar, se introdujeron tiempos de duración ficticios con la mera intención de comprobar que el tiempo de duración de operación introducido en TeamCenter Manufacturing es luego el tiempo que Preactor importa y con el que planifica.

En primer lugar, se pretendió introducir la fabricación de un equipo de manera completa en TeamCenter Manufacturing. Se escogió un depósito a presión cilíndrico con diámetro de 1300 mm (Figura 5.3). Este depósito contiene 25 tubuladuras y 2 entradas de hombre. Una de ellas está colocada en uno de los fondos, mientras que la otra se coloca en la envoltura del depósito. Además, el depósito cuenta con dos rompetorbellinos como elementos internos, y con su placa de características, dos tomas de tierra, orejetas de izado y un colector como elementos externos. Por último, al equipo se le añaden cunas para su transporte.

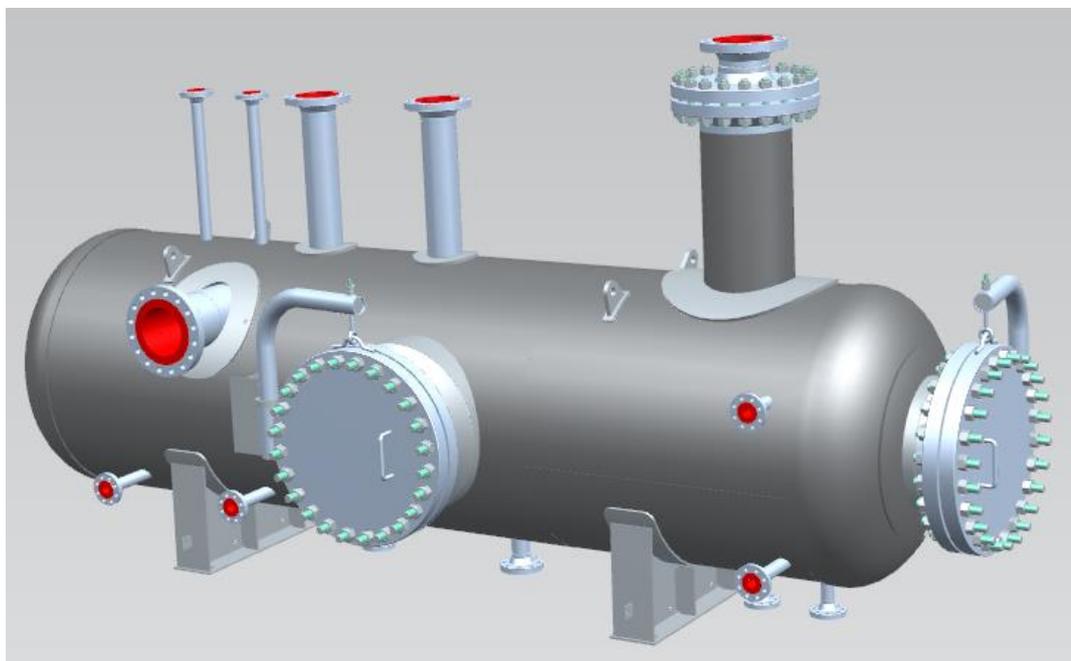


Figura 5.3.- Equipo planteado para la primera prueba de exportación

En la Figura 5.4 se aprecia el BOP creado de este equipo. Cada proceso contiene en su interior las operaciones pertinentes para la fabricación del equipo y los recursos utilizados en ellas.

Línea de BOM	
1	PROC-00000110/00-00;1-2/1191-100 (BOM)
1	PROC-00000173/00-00;1-ACOPPIO CHAPA V1 (BOM)
1	PROC-00000175/00-00;1-ACOPPIO CHAPA V2 (BOM)
1	PROC-00000177/00-00;1-ACOPPIO F1 (BOM)
1	PROC-00000178/00-00;1-ACOPPIO F2 (BOM)
1	PROC-00000180/00-00;1-ACOPPIO TUBOS (BOM)
1	PROC-00000193/00-00;1-DISEÑO MECANICO (BOM)
1	PROC-00000194/00-00;1-PLAN DE PRUEBAS E INSPECCION (BOM)
1	PROC-00000195/00-00;1-DOSIER DE SOLDADURA (BOM)
1	PROC-00000212/00-00;1-ACOPPIO FORJAS (BOM)
1	PROC-00000215/00-00;1-ACOPPIO ELEMENTOS EXTERNOS (BOM)
1	PROC-00000216/00-00;1-ACOPPIO ELEMENTOS INTERNOS (BOM)
1	PROC-00000217/00-00;1-ACOPPIO CUNAS (BOM)
1	PROC-00000181/00-00;1-PLANO GENERAL (BOM)
1	PROC-00000182/00-00;1-PLANO DETALLES (BOM)
1	PROC-00000183/00-00;1-PLANO TUBULADURAS (BOM)
1	PROC-00000184/00-00;1-PLANO ENTRADAS DE HOMBRE (BOM)
1	PROC-00000185/00-00;1-PLANO PLACA DE CARACTERISTICAS (BOM)
1	PROC-00000202/00-00;1-REVISION DE DISEÑO MECANICO (BOM)
1	PROC-00000203/00-00;1-REVISION PLAN DE PRUEBAS E INSPECCION (BOM)
1	PROC-00000204/00-00;1-REVISION DOSIER DE SOLDADURA (BOM)
1	PROC-00000188/00-00;1-REVISION DEL PLANO DETALLES (BOM)
1	PROC-00000189/00-00;1-REVISION DEL PLANO TUBULADURAS (BOM)
1	PROC-00000190/00-00;1-REVISION DEL PLANO ENTRADAS DE HOMBRE (BOM)
1	PROC-00000191/00-00;1-REVISION DEL PLANO PLACA DE CARACTERISTICAS (BOM)
1	PROC-00000205/00-00;1-DESPIECE VIROLAS (BOM)
1	PROC-00000206/00-00;1-DESPIECE FONDOS (BOM)
1	PROC-00000207/00-00;1-DESPIECE TUBULADURAS (BOM)
1	PROC-00000210/00-00;1-DESPIECE ENTRADAS DE HOMBRE (BOM)
1	PROC-00000211/00-00;1-DESPIECE ELEMENTOS INTERNOS (BOM)
1	PROC-00000214/00-00;1-DESPIECE ELEMENTOS EXTERNOS (BOM)
1	PROC-00000221/00-00;1-DESPIECE TRANSPORTE (BOM)
1	PROC-00000196/00-00;1-COMPRA CHAPA (BOM)
1	PROC-00000197/00-00;1-COMPRA FONDO (BOM)
1	PROC-00000198/00-00;1-COMPRA TUBOS (BOM)
1	PROC-00000199/00-00;1-COMPRA CHAPA (BOM)
1	PROC-00000201/00-00;1-COMPRA FONDO (BOM)
1	PROC-00000213/00-00;1-COMPRA FORJAS (BOM)
1	PROC-00000218/00-00;1-COMPRA CUNAS (BOM)
1	PROC-00000219/00-00;1-COMPRA ELEMENTOS INTERNOS (BOM)
1	PROC-00000220/00-00;1-COMPRA ELEMENTOS EXTERNOS (BOM)
1	PROC-00000113/00-00;1-FABRICACION DE VIROLA (BOM)
1	PROC-00000114/00-00;1-FABRICACION DE VIROLA (BOM)
1	PROC-00000116/00-00;1-FABRICACION DE TUBULADURA (BOM) x 2
1	PROC-00000119/00-00;1-FABRICACION DE TUBULADURA (BOM)
1	PROC-00000120/00-00;1-FABRICACION DE TUBULADURA (BOM) x 3
1	PROC-00000121/00-00;1-FABRICACION DE TUBULADURA (BOM)
1	PROC-00000123/00-00;1-FABRICACION DE TUBULADURA (BOM) x 5
1	PROC-00000124/00-00;1-FABRICACION DE TUBULADURA (BOM) x 3
1	PROC-00000125/00-00;1-FABRICACION DE TUBULADURA (BOM) x 5
1	PROC-00000126/00-00;1-FABRICACION DE TUBULADURA (BOM) x 2
1	PROC-00000127/00-00;1-FABRICACION DE TUBULADURA (BOM)
1	PROC-00000128/00-00;1-FABRICACION DE TUBULADURA (BOM)
1	PROC-00000129/00-00;1-FABRICACION DE TUBULADURA (BOM)
1	PROC-00000137/00-00;1-FABRICACION DE ENTRADA DE HOMBRE (BOM)
1	PROC-00000139/00-00;1-FABRICACION DE ENTRADA DE HOMBRE (BOM)
1	PROC-00000139/00-00;1-INSTALACION DE CHAPA DE IMPACTO A F1 (BOM)
1	PROC-00000118/00-00;1-ENSAMBLE Y SOLDADO DE VIROLAS (BOM)
1	PROC-00000160/00-00;1-INSTALACION ENTRADA DE HOMBRE A F2 (BOM)
1	PROC-00000141/00-00;1-INSTALACION DE TUBULADURAS (BOM)
1	PROC-00000143/00-00;1-INSTALACION DE ELEMENTOS INTERNOS (BOM)
1	PROC-00000142/00-00;1-INSTALACION DE ELEMENTOS EXTERNOS (BOM)
1	PROC-00000163/00-00;1-ENSAMBLE Y SOLDADO DE V1-V2-F1 (BOM)
1	PROC-00000164/00-00;1-ENSAMBLE Y SOLDADO DE V1-V2-F1-F2 (BOM)
1	PROC-00000158/00-00;1-INSTALACION DE CUNAS (BOM)
1	PROC-00000165/00-00;1-TRABAJOS FINALES (BOM)

Figura 5.4.- BOP planteado para la primera prueba de exportación

Tal y como se mencionó en apartados anteriores, la secuenciación de todos los procesos y actividades se realizan a través de un PERT. En primera instancia se relacionan todos los procesos enumerados en el BOP de la manera mostrada en la Figura 5.5.

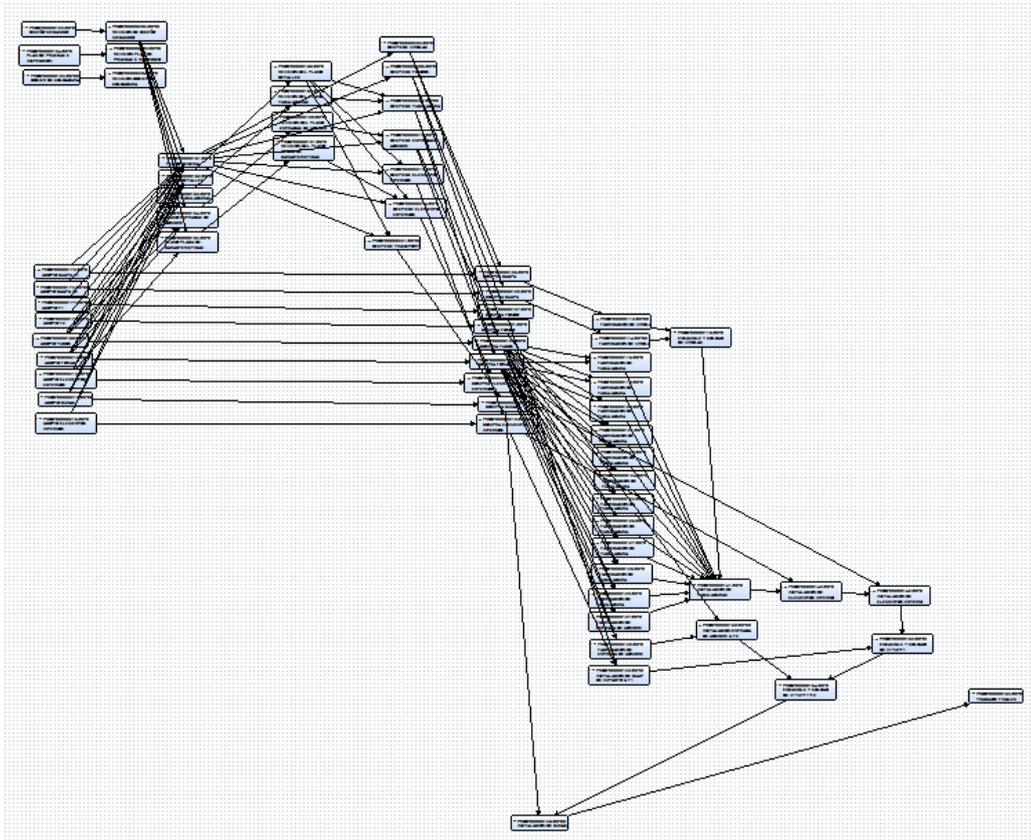


Figura 5.5.- PERT del equipo planteado para la primera prueba de exportación

Se hizo evidente que el PERT resultó excesivamente complejo y que no suponía una ayuda gráfica. Además, hizo muy difícil su revisión y la identificación ágil de problemas. Esto representó un inconveniente, ya que el proceso de fabricación es complejo en sí mismo, y las simplificaciones que pudieran realizarse harían que se perdiese parte de la información que se pretendía reflejar. Se decidió mantener este modelo de PERT, quedando pendiente de una revisión en el futuro.

Se exportó desde TeamCenter los dos archivos .csv de este primer equipo, para su posterior importación en Preactor. Esto es posible gracias a la programación interna y protocolos creados en primera instancia por la empresa distribuidora del software.

Sin embargo, y tal y como se mencionó, el proceso completo es excesivamente complejo como para poder realizar una revisión ágil y efectiva.

Se pretendió entonces realizar pruebas de exportación con procesos más sencillos y además variados. Se elaboraron BOP de cuatro equipos diferentes, con una cantidad manejable de operaciones: entre 15 y 70. Un ejemplo de uno de estos BOP sería el mostrado en la Figura 5.6.

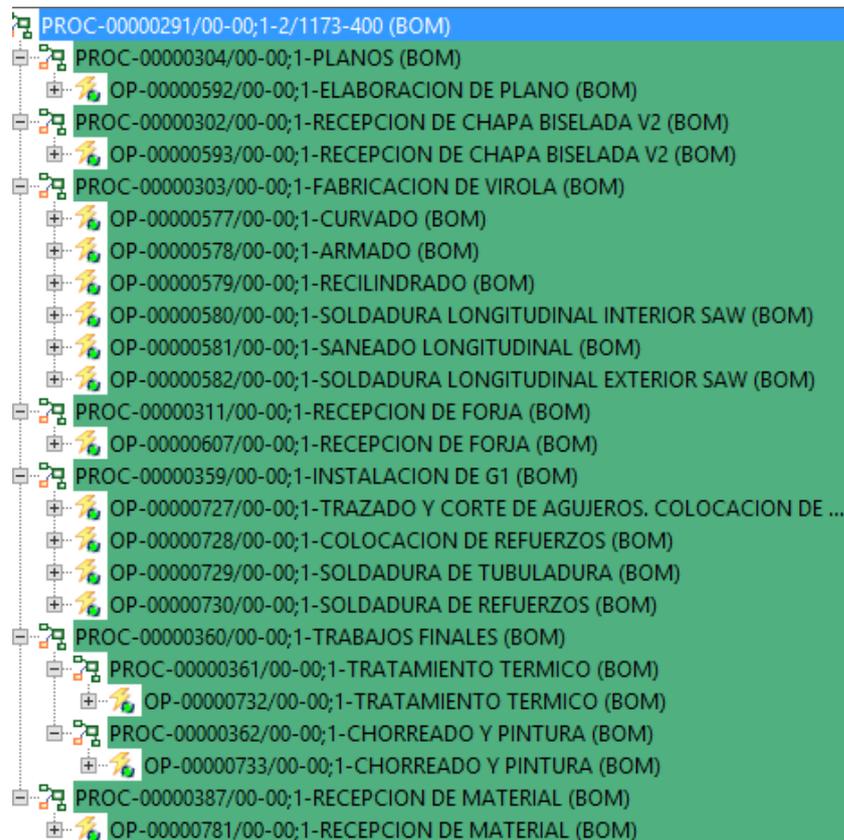


Figura 5.6.- Ejemplo de BOP planteado para la segunda prueba de exportación

Por otro lado, para las primeras pruebas de importación fueron especialmente útiles estos BOP de menor tamaño, ya que permitían apreciar la secuencia de fabricación creada por Preactor con gran facilidad para el equipo.

Una vez se realizaron los cambios y comentarios oportunos y se comprobó que esta importación era exitosa con secuencias sencillas, se crearon nuevos BOP de equipos más complejos, es decir, con una secuencia de fabricación mayor. Se aprecia un ejemplo de esto en Figura 5.8. El diagrama PERT de este proceso se encuentra en Figura 5.7. Se observa que, a pesar de ser un prototipo de BOP, no es un diagrama sencillo y se asume que se debe ser especialmente meticuloso con su creación y con el establecimiento de relaciones. Cabe destacar que, aun siendo este proceso presentado en las figuras considerablemente complejo, no llega a representar la complejidad de un equipo real fabricado por la empresa. Dicha complejidad se abordará con detalle en siguientes apartados.

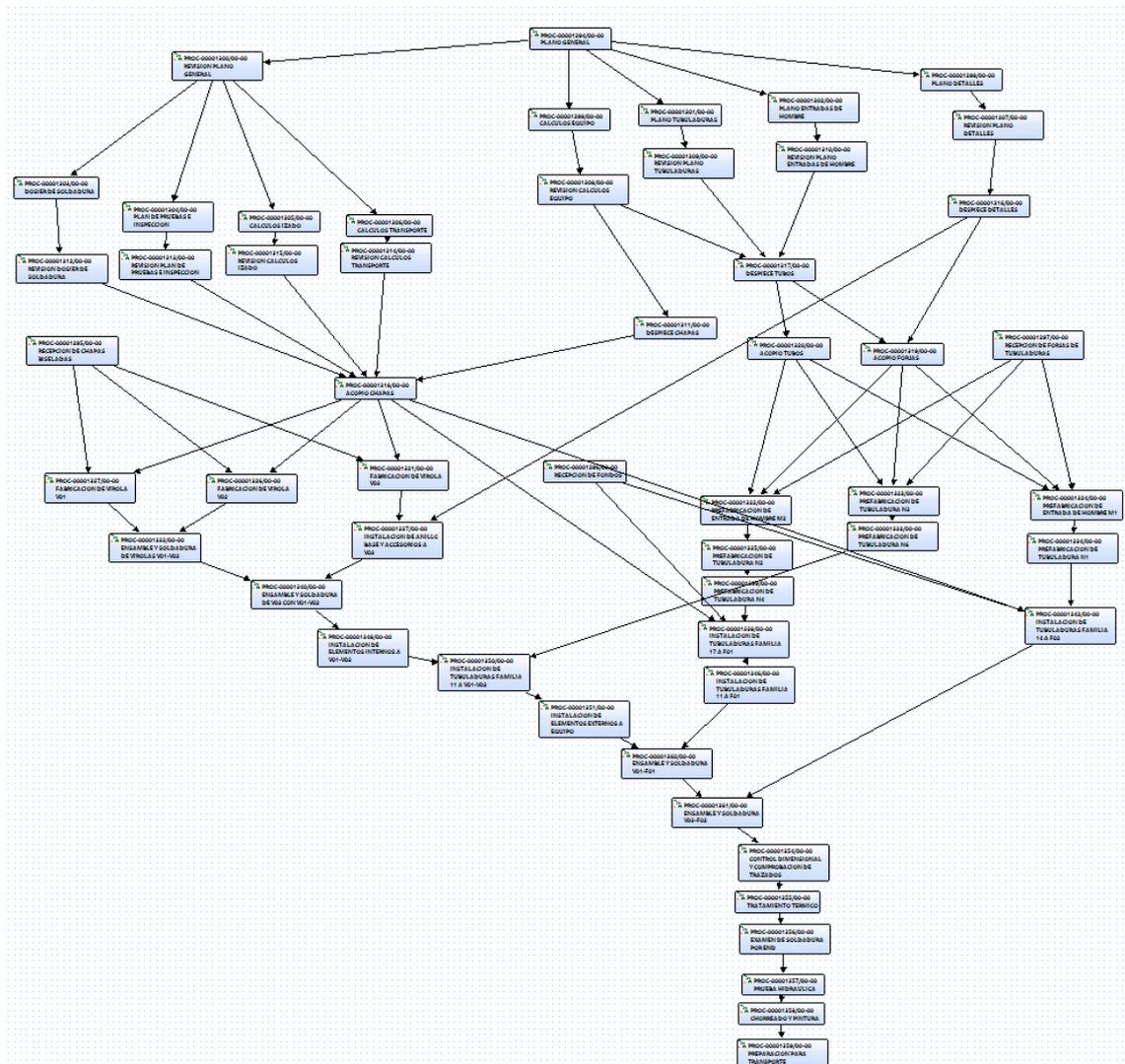


Figura 5.7.- Vista global del PERT de un prototipo de BOP complejo



Figura 5.8.- Ejemplo de prototipo de BOP complejo creado tras la primera validación de la importación

Además, estos BOP diferían en ciertos aspectos del primer BOP creado. Esto es debido a que, dados los inconvenientes surgidos y las observaciones realizadas durante las pruebas de exportación y las primeras de importación, se fueron modificando ciertos aspectos y estableciendo ciertas pautas que definían cómo debería ser la introducción habitual de un equipo y que se vieron reflejadas en estos últimos ejemplos.

En los siguientes subapartados se listan, definen y comentan los aspectos más relevantes que surgieron durante la realización de las pruebas y que contribuyeron a definir los futuros protocolos de creación, exportación, importación y uso de las herramientas.

5.1.1.- Nombre de los archivos de exportación

Un aspecto fundamental de estas pruebas es el acuerdo establecido para nombrar automáticamente los archivos exportados de TeamCenter Manufacturing. La empresa distribuidora debía configurar el protocolo de exportación conforme a este acuerdo.

Se acordó que los ficheros de *Work order table* tendrán un nombre compuesto por el número de orden, el número de equipo, la fecha de exportación del fichero sin separación entre año, mes y día y finalmente de manera opcional, el número de equipo en el caso de que se fabriquen varios equipos idénticos. Esto último solo se aplica a equipos de los cuales se fabrique más de una unidad. En la Tabla 5.1 se reflejan varios ejemplos de este nombramiento de archivos para la *Work order table*.

Orden	Equipo	Fecha de exportación	Número de copia	Nombre del archivo de <i>Work order table</i> resultante
A/BBBB	CCC	12/03/2021	Solo se fabrica una copia	A_BBBB-CCC_20210312
X/YYYY	ZZZ	13/03/2021	1	X/YYYY-ZZZ_20210313_001
X/YYYY	ZZZ	13/03/2021	2	X/YYYY-ZZZ_20210313_002

Tabla 5.1.- Ejemplos de nombres de archivos de *Work order table* exportados

El aspecto de la fecha se introduce con el objetivo de contemplar distintas versiones del mismo fichero. Con esta nomenclatura se asegura que cada fichero de cada equipo sea

único, independientemente de cuántos equipos idénticos del mismo plano de la misma orden se vayan a fabricar. Como bien es sabido, la nomenclatura y la sintaxis es fundamental en cualquier proceso digital o informático. El respeto hacia la sintaxis acordada asegura una correcta lectura de los ficheros y por tanto una exitosa importación.

Para el fichero del archivo de exportación referente a la *Bill of Material* (BOM) se acuerda sencillamente seguir la misma nomenclatura que para el fichero de la *Work order table*, precediéndolo de las siglas “BOM”. Es decir, siguiendo los ejemplos planteados en la Tabla 5.1, sus respectivos archivos BOM corresponderían a los mostrados en la Tabla 5.2.

Orden	Equipo	Fecha de exportación	Número de copia	Nombre del archivo de <i>Work order table</i> resultante
A/BBBB	CCC	12/03/2021	Solo se fabrica una copia	BOM_A_BBBB-CCC_20210312
X/YYYY	ZZZ	13/03/2021	1	BOM_X/YYYY- ZZZ_20210313_001
X/YYYY	ZZZ	13/03/2021	2	BOM_X/YYYY- ZZZ_20210313_002

Tabla 5.2.- Ejemplos de nombres de archivos de BOM exportados

Se comprobó durante las pruebas que el protocolo de exportación nombra los archivos de acuerdo con estas especificaciones (Figura 5.9).

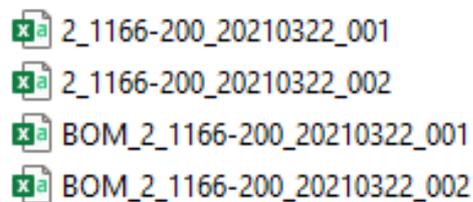


Figura 5.9.- Ficheros de exportación nombrados correctamente

En relación con esto, un aspecto fundamental es la ubicación de estos ficheros. Esta ubicación fue también acordada y aprobada por todos los participantes.

5.1.2.- Número de unidades

Con el objetivo de estudiar con detalle la situación en la que se deseen fabricar varias unidades idénticas del mismo equipo, se exporta un BOP de un equipo del cual se necesitan dos unidades. El objetivo es que, tras indicar el número de unidades deseadas, el protocolo cree los ficheros *.csv* deseados de cada unidad de equipo fabricada. Es decir, si la exportación se realiza correctamente y suponiendo el caso de dos unidades del mismo equipo, nacerán cuatro ficheros *.csv* de la exportación de un único proceso, dos referidos al *Work order table* y dos al BOM. Tal y como se observó en la Figura 5.9, el proceso de nombramiento se realiza correctamente.

Además del nombre de los archivos, también se comprueba la dotación de los campos pertinentes de los sufijos “_001” y “_002” para la primera y la segunda copia, respectivamente (Figura 5.10 y Figura 5.11). Este aspecto es fundamental para diferenciar las tareas de distintas unidades de un mismo equipo en Preactor.

A	B	C	D	E
Order number	Part number	Process nam	Product	Process ID & f
2/1166-200_002	2/1166-200_DESPIECES_002	DESPIECES	2/1166-200	PROC-00000 f
2/1166-200_002	2/1166-200_DESPIECES_002	DESPIECES	2/1166-200	OP-00001117
2/1166-200_002	2/1166-200_DESPIECES_002	DESPIECES	2/1166-200	OP-00001117
2/1166-200_002	2/1166-200_ENSAMBLE Y SOLDADO DE VIROLAS V1 Y V2_002	ENSAMBLE Y	2/1166-200	PROC-00000 f
2/1166-200_002	2/1166-200_ENSAMBLE Y SOLDADO DE VIROLAS V1 Y V2_002	ENSAMBLE Y	2/1166-200	PROC-00000 f
2/1166-200_002	2/1166-200_ENSAMBLE Y SOLDADO DE VIROLAS V1 Y V2_002	ENSAMBLE Y	2/1166-200	OP-00000714
2/1166-200_002	2/1166-200_ENSAMBLE Y SOLDADO DE VIROLAS V1 Y V2_002	ENSAMBLE Y	2/1166-200	OP-00000714
2/1166-200_002	2/1166-200_ENSAMBLE Y SOLDADO DE VIROLAS V1 Y V2_002	ENSAMBLE Y	2/1166-200	OP-00000715
2/1166-200_002	2/1166-200_ENSAMBLE Y SOLDADO DE VIROLAS V1 Y V2_002	ENSAMBLE Y	2/1166-200	OP-00000715
2/1166-200_002	2/1166-200_ENSAMBLE Y SOLDADO DE VIROLAS V1 Y V2_002	ENSAMBLE Y	2/1166-200	OP-00000716
2/1166-200_002	2/1166-200_ENSAMBLE Y SOLDADO DE VIROLAS V1 Y V2_002	ENSAMBLE Y	2/1166-200	OP-00000716
2/1166-200_002	2/1166-200_ENSAMBLE Y SOLDADO DE VIROLAS V1 Y V2_002	ENSAMBLE Y	2/1166-200	OP-00000717
2/1166-200_002	2/1166-200_ENSAMBLE Y SOLDADO DE VIROLAS V1 Y V2_002	ENSAMBLE Y	2/1166-200	OP-00000717

Figura 5.10.- Sufijos añadidos en el fichero *Work order table* relativos al número de unidad

A	B	C	D	E
Process ID & Operation ID	Part number	Operation name	Operation se	Mandatory part number
PROC-0000326	2/1166-200_RECEPCION CHAPA BISELADA V1_001			
OP-00000617	2/1166-200_RECEPCION CHAPA BISELADA V1_001	RECEPCION DE CHAPA BISELADA V1	10	2/1166-200_V1_001
PROC-00000355	2/1166-200_RECEPCION CHAPA BISELADA V2_001			
OP-00000713	2/1166-200_RECEPCION CHAPA BISELADA V2_001	RECEPCION DE CHAPA BISELADA V2	10	2/1166-200_V2_001

Figura 5.11.- Sufijos añadidos en el fichero BOM relativos al número de unidad

A la hora de visualizar la planificación de estos equipos en Preactor, se observa un inconveniente. Tal y como se configura la secuencia de fabricación de estos equipos y su exportación, todas las tareas se multiplican por el número de unidades que se haya indicado. En la fabricación esto resulta cierto, ya que, si el equipo a fabricar posee cierta tubuladura, se deberán prefabricar tantas tubuladuras de este tipo como unidades de dicho equipo se fabriquen. Sin embargo, con las actividades de oficina no ocurre de esta manera. La creación de un modelo 3D, por ejemplo, es una actividad que se realiza una única vez por equipo y dicho modelo 3D sustenta a todas las unidades que se fabriquen de dicho equipo. Por tanto, la situación visualizada en la Figura 5.12 no se adapta a la realidad. En Preactor se representan tantas actividades de creación de modelo 3D como unidades se deseen fabricar y al no ser esta la realidad, se planifica un consumo de recursos en ese periodo erróneo, ya que no se estarían utilizando los servicios de 5 proyectistas, sino de uno solo.

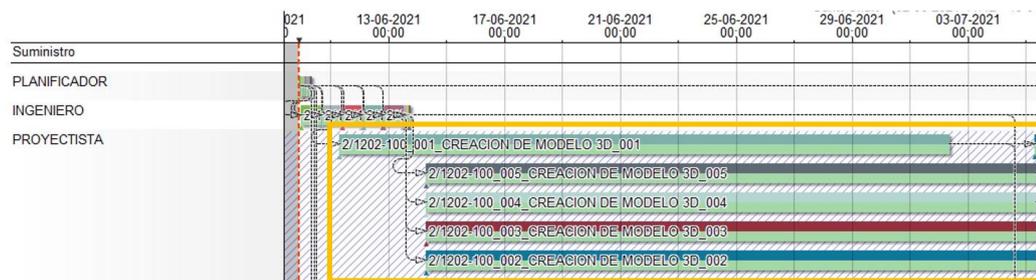


Figura 5.12.- Inconveniente asociados a distintas unidades de un equipo idéntico

Para solventar este inconveniente se propone lo siguiente: la empresa distribuidora configurará internamente la herramienta para que las actividades de oficina de los equipos cuyo nombre acabe en “00X” tengan una duración por defecto de 1 minuto, exceptuando el que acabe en “001”, que tendrá su duración determinada en TeamCenter Manufacturing. Esto provocará que, siguiendo el ejemplo de la Figura 5.12, la creación del modelo 3D de la

primera unidad tenga una duración real (por ejemplo, 8 horas), y esa tarea en las unidades restantes tenga una duración prácticamente nula, de manera que, aunque sí que existan esas tareas, su duración sea despreciable y no afecte a la planificación del consumo de recursos.

5.1.3.- Recursos materiales

Una cuestión que ya suponía un problema desde el inicio de este trabajo es lo relacionado con los recursos materiales. El gran problema del uso de los recursos materiales en las herramientas era la mentalidad con la que se afrontaba el mismo. El pensamiento tradicional del uso de los recursos llevó a pensar que, para seguir una secuencia lógica, se debía introducir en cada proceso qué materiales o productos se involucraban y qué materiales o productos resultaban. Sin embargo, la filosofía seguida debía ser distinta. Se debe introducir los recursos materiales como consumidos en el momento en el que se precisen los mismos, considerando así su entrada al sistema creado y no repitiendo esta introducción cada vez que este material participa en los procesos de fabricación. Además, en los sistemas CAD integrados no se poseen las materias primas (por ejemplo, una chapa) sino la obtención del producto a partir de esas materias primas (por ejemplo, la virola ya fabricada).

Tras plantearlo con la empresa distribuidora de Preactor y pensando en la posterior importación de la información a este programa, se decide prescindir de las operaciones de compra para las pruebas y de ser esto efectivo, también para el uso futuro de las herramientas. Esto se realiza a razón de la compra de material no se debe establecer como una actividad que abarque el periodo comprendido entre el momento de realización del pedido y la recepción del material, ya que en la herramienta se interpretaría como que se estarían consumiendo recursos en ese periodo, lo cual es falso.

En su lugar, y de acuerdo con la mentalidad anteriormente descrita, se decide que se crearán los procesos de “Acopio” y “Recepción de material”. La actividad de “Acopio” se corresponde con el lanzamiento del pedido y constituirá una tarea en Preactor. “Recepción de material” corresponde con la recepción de este. Se asignará a este proceso el recurso humano de un “Operario Externo” y se le asociará el material en cuestión como “MEConsumed”, de manera que ese material sería “consumido” en esa operación (Figura 5.13). Preactor por su lado, es programado por parte de la empresa distribuidora para asumir que todas las operaciones que tengan asociado “Operario Externo” como recurso no sean creadas como tareas, sino que sencillamente se planifiquen como un hito de llegada de un material (Figura 5.14), necesario para tareas sucesoras. El departamento de compras deberá

ser el que actualice esa fecha de recepción de acuerdo con la realidad y alimentar a Preactor con ficha información desde el ERP. Al realizar las pruebas se observa que esta solución es efectiva, por lo que se decide adoptarla.

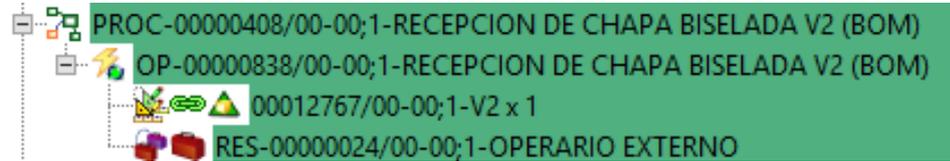


Figura 5.13.- Ejemplo de proceso de recepción en TeamCenter Manufacturing

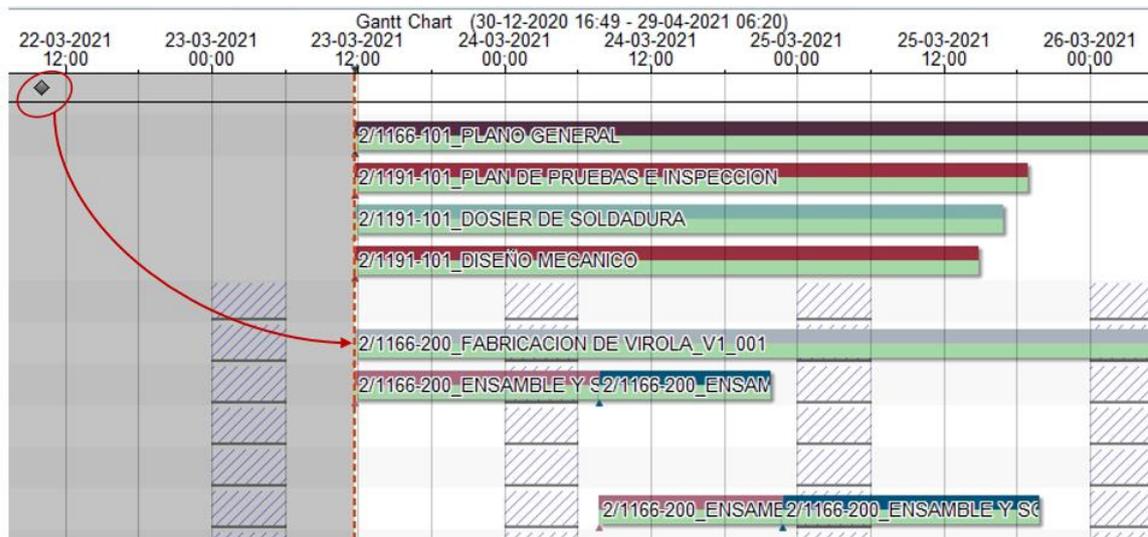


Figura 5.14.- Ejemplo de proceso de recepción en Preactor

Después, otro aspecto tratado respecto a este tema es la posibilidad de agrupar recepciones de materiales, ya que hasta ese momento en cada operación de recepción se estaba asociando un único material. A la empresa le puede interesar agrupar materiales en una recepción en el caso en el que, por ejemplo, varias virolas vayan a ser fabricadas a la vez para ser posteriormente ensambladas, por lo que normalmente se reciben en el mismo pedido. La empresa distribuidora confirmó que es posible, se realiza una prueba, y se considera esta opción como una posibilidad para el caso en el que esto sea oportuno.

Otro aspecto señalado referente a los recursos materiales fue el hecho de que, a la hora de planificar un proyecto, no se tiene toda la información desde el principio. Para

planificar la recepción de un material tal y como se explicó, se precisa su plano y posición. Esta información solo es conocida al principio sobre los elementos principales del equipo. Sin embargo, los planos de los detalles del equipo se demoran más, por lo que hay elementos “menores” de los que, en un primer momento, se desconoce su plano y posición. No obstante, aunque no se haya establecido el plano y posición de, por ejemplo, tubos y bridas, sí que se sabe con certeza que serán adquiridos y posteriormente instalados.

La solución que se propone es comunicar a ambos programas la recepción de un elemento, al que se asignará la numeración de 01. Aunque sobre el programa conste como una unidad, este elemento será el representante de todos los elementos de su clase, de manera que el planificador humano es consciente de que todos los elementos de ese tipo son recibidos en ese momento. Un ejemplo de esto sería el siguiente: Si en un equipo se instalaran 20 bridas, pero en un primer momento se desconoce la posición de todas, se planificará la recepción de una de ellas a la que se le denominará B01 en el programa (aunque luego no posea ese nombre en el plano). El planificador humano será consciente de que esa recepción representa a todas las bridas (desde la B01 hasta la B20) aunque en la pantalla se observe que se recibe solo B01. Esta estrategia es efectiva porque todos los elementos de la misma clase se reciben en el mismo pedido.

Después, se detecta una incoherencia en el proceso. Tal y como se acordó, Preactor percibe todas las operaciones realizadas por “Operario Externo” y las transforma en un hito, ya que representarán la recepción de un material. Sin embargo, no se tuvo en cuenta que con esta transformación se pierden las relaciones de precesión de las actividades de recepción, que usualmente serán los acopios. Es decir, si nos referimos al ejemplo de PERT de TeamCenter Manufacturing de la Figura 5.15, las relaciones indicadas se perderían, perdiendo así el vínculo entre los despieces y la fabricación de las virolas V1 y V2. Por ello, en TeamCenter Manufacturing es necesario crear estas relaciones (las indicadas en la Figura 5.16) y asociar las recepciones solo con su sucesora, para que posteriormente en Preactor representen un hito necesario para la misma (Figura 5.14).

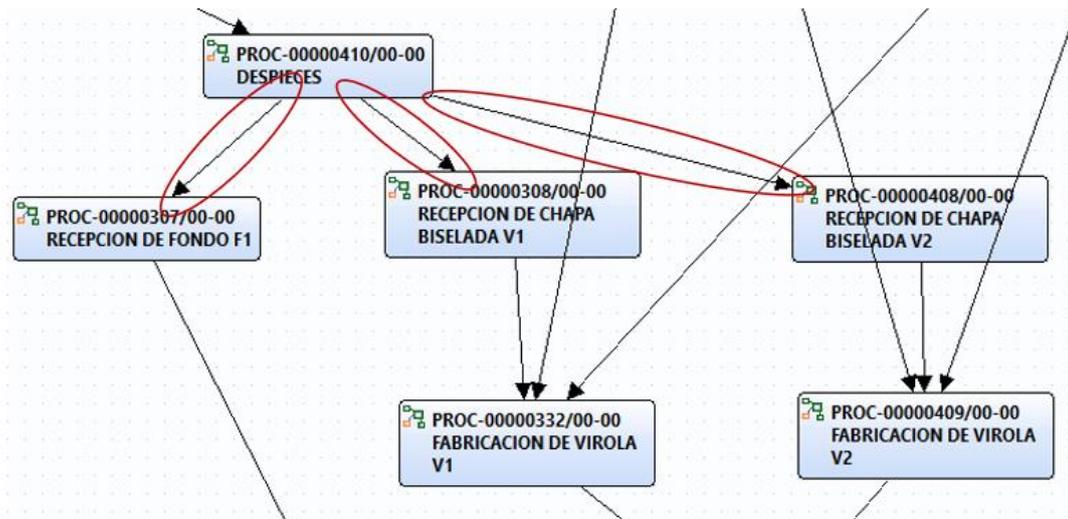


Figura 5.15.- Relaciones perdidas en la importación a Preactor

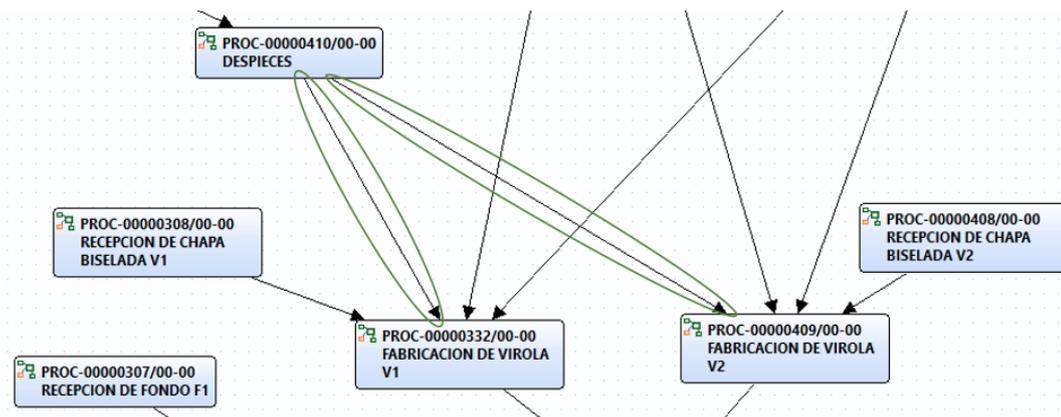


Figura 5.16.- PERT correcto para la conservación de relaciones entre procesos

5.1.4.- Campo “Mandatory part number”

Como se describió anteriormente, el campo “Mandatory part number” es un campo único que identifica un recurso material. La cumplimentación automática de este campo en el protocolo de exportación fue uno de los principales problemas a solventar en las pruebas.

En un primer momento, se observa que en este campo perteneciente al fichero de exportación BOM no se indica un nombre único como se deseaba, formado por el número de orden y la posición del recurso (Figura 5.18), sino que se indica el nombre del recurso en sí, lo cual es erróneo ya que como se mencionó en anteriores apartados, este no tiene por qué ser único (Figura 5.17).

A	B	C	D	E	F
Process ID & Operation ID	Part number	Operation name	Operation sequence	Mandatory part number	Item ID
PROC-0000371	2/1166-301_RECEPCION DE CHAPA V1				
OP-0000738	2/1166-301_RECEPCION DE CHAPA V1	RECEPCION DE CHAPA BISELADA V1	20	VIROLA V1	6887
PROC-0000372	2/1166-301_RECEPCION DE CHAPA V2				
OP-0000739	2/1166-301_RECEPCION DE CHAPA V2	RECEPCION DE CHAPA BISELADA V2	20	VIROLA V2	6886
PROC-0000375	2/1166-301_RECEPCION DE FONDO F1				
OP-0000756	2/1166-301_RECEPCION DE FONDO F1	RECEPCION DE FONDO F1	10	F1 SEMI-ELIPTICO 2:1	6888
PROC-0000376	2/1166-301_RECEPCION DE FONDO F2				
OP-0000757	2/1166-301_RECEPCION DE FONDO F2	RECEPCION DE FONDO F2	10	F2 SEMI-ELIPTICO 2:1	6889
PROC-0000383	2/1166-303_RECEPCION DE TUBOS				
OP-0000772	2/1166-303_RECEPCION DE TUBOS	RECEPCION DE TUBOS	10	TUBO 6" Sch.XS S/B36.10M	C0001171
PROC-0000384	2/1166-304_RECEPCION DE BRIDAS				
OP-0000773	2/1166-304_RECEPCION DE BRIDAS	RECEPCION DE BRIDAS	10	BRIDA WN RF 6" SchXS 150# S/ASME B16.5	C0001451

Figura 5.17.- Campo “Mandatory part number” incorrectamente exportado

A	B	C	D	E	F
Process ID & Operation ID	Part number	Operation name	Operation sequence	Mandatory part number	Item ID
PROC-0000371	2/1166-301_RECEPCION DE CHAPA V1				
OP-0000738	2/1166-301_RECEPCION DE CHAPA V1	RECEPCION DE CHAPA BISELADA V1	20	2/1166-301_V01	6887
PROC-0000372	2/1166-301_RECEPCION DE CHAPA V2				
OP-0000739	2/1166-301_RECEPCION DE CHAPA V2	RECEPCION DE CHAPA BISELADA V2	20	2/1166-301_V02	6886
PROC-0000375	2/1166-301_RECEPCION DE FONDO F1				
OP-0000756	2/1166-301_RECEPCION DE FONDO F1	RECEPCION DE FONDO F1	10	2/1166-301_F01	6888
PROC-0000376	2/1166-301_RECEPCION DE FONDO F2				
OP-0000757	2/1166-301_RECEPCION DE FONDO F2	RECEPCION DE FONDO F2	10	2/1166-301_F02	6889
PROC-0000383	2/1166-303_RECEPCION DE TUBOS				
OP-0000772	2/1166-303_RECEPCION DE TUBOS	RECEPCION DE TUBOS	10	2/1166-303_C01	C0001171
PROC-0000384	2/1166-304_RECEPCION DE BRIDAS				
OP-0000773	2/1166-304_RECEPCION DE BRIDAS	RECEPCION DE BRIDAS	10	2/1166-304_B02	C0001451

5.18.- Campo “Mandatory part number” correctamente exportado

Se comunican los errores a la empresa distribuidora y esta comunica que esta cuestión no está dentro de lo acordado económicamente tal y como se creía, por lo que son cambios que tendrán que realizarse manualmente para cada exportación. Debido a la extrema necesidad de la correcta cumplimentación de este campo, se decide adquirir el flujo de trabajo que exporte automáticamente el nombre correcto al “Mandatory part number”, aunque incurra en un coste mayor.

En primera instancia, tras desarrollar el protocolo solicitado, parece funcionar. Sin embargo, con la realización de varias pruebas, se observa una incoherencia. En el caso de que entre las recepciones de material haya dos ítems idénticos, pero con distinta posición (por ejemplo, dos bridas iguales que se sitúan en distintas partes del equipo, Figura 5.19), el fichero BOM de exportación refleja que son elementos iguales con la misma posición (Figura 5.20), lo cual es erróneo. Este error es subsanado por la empresa distribuidora y tras la realización de pruebas en las que se contemplaba toda la casuística de combinaciones de nombres comerciales, planos y posiciones, se da esta cuestión por superada.



Figura 5.19.- Recepción de dos bridas idénticas con distinta posición

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Process ID &	Part number	Operation name	Operation sequence	Mandatory part number	Item ID	Mandatory C	Occurrence type	
1	PROC-00000	2/1166-101	RECEPCION DE CHAPA BISELADA V1						
2	OP-00000703	2/1166-101	_I RECEPCION DE CHAPA BISELADA V1	10	2/1166-101_V1	6949	1	MEConsumed	
3	PROC-00000	2/1166-101	RECEPCION DE CHAPA BISELADA V2						
4	OP-00000824	2/1166-101	_I RECEPCION DE CHAPA BISELADA V2	10	2/1166-101_V2	6947	1	MEConsumed	
5	PROC-00000	2/1166-101	RECEPCION DE CHAPA BISELADA V3						
6	OP-00000831	2/1166-101	_I RECEPCION DE CHAPA BISELADA V3	10	2/1166-101_V3	6953	1	MEConsumed	
7	PROC-00000	2/1166-103	RECEPCION DE FONDO F1						
8	OP-00000783	2/1166-103	_I RECEPCION DE FONDO F1	10	2/1166-101_F1	6950	1	MEConsumed	
9	OP-00000783	2/1166-103	_I RECEPCION DE FONDO F1	10	2/1166-103_B06	C0002301	2	MEConsumed	
10	PROC-00000	2/1166-103	RECEPCION DE FONDO F2						
11	OP-00000784	2/1166-103	_I RECEPCION DE FONDO F2	10	2/1166-101_F2	6945	1	MEConsumed	
12	PROC-00000	2/1166-103	RECEPCION DE TUBOS						
13	OP-0000061C	2/1166-103	_I RECEPCION DE TUBOS	10	2/1166-103_C06	C0001380	1	MEConsumed	

Figura 5.20.- Exportación errónea de bridas en el fichero BOM

5.1.5.- Campo “Descripción de la rev”

Este campo, perteneciente al BOP de TeamCenter Manufacturing, generó dos problemas principales a lo largo de las pruebas de exportación.

En primer lugar, se observó que después de que el programa comunicara un error de descripción vacía en procesos del segundo nivel del BOP en la exportación y solventarlo; el mensaje de error persistía, imposibilitando la exportación. Al tratarlo con la empresa distribuidora, esta comunicó que es un simple error de actualización del estado del proceso, y se añadió una rutina de actualización interna previa a cada exportación, quedando este error solventado. Más adelante, se decidió modificar la sintaxis de este campo. En un principio se introdujo manualmente en TeamCenter Manufacturing una combinación del número de orden, equipo y nombre del proceso. Sin embargo, más adelante se vio que introducirlo manualmente era innecesario y además engorroso, ya que obligaba al usuario a cambiar manualmente este campo en cada equipo. Por tanto, se decidió sustituirlo

simplemente por el nombre del proceso (ver muestra .csv exportado en Anexo II), y modificar la posterior programación de Preactor para que realizara la combinación con el número de equipo.

El segundo error relacionado con la descripción de los procesos se relaciona con el campo “Product” del fichero Excel de exportación de la *Work order table*. Este campo se rellena directamente con lo escrito en el campo “Descripción de la rev” del proceso del más alto nivel del BOP (Figura 5.21). Por tanto, en el caso de estar vacío, se considera que el programa debería comunicar un error, para que el usuario fuera consciente de que debe rellenar este campo. Sin embargo, la herramienta no lo comunicaba, sino que exportaba el fichero. De esta manera el usuario no sería consciente de este error hasta su importación en Preactor. Se comunica este problema a la empresa distribuidora e implanta la existencia de este error en el flujo de trabajo de la exportación.

De todos modos, este error hace reflexionar al equipo, ya que el campo “Product” es un campo redundante. La información que se está reflejando en este campo coincide con el campo “Order number”. Se decide conservar este campo, pero se plantea la posibilidad de cambiar su uso en el futuro, cuando se implante el uso de los sistemas en la empresa de manera definitiva. Una posibilidad que se plantea es rellenar este campo con la información de “service” del equipo, que no ha sido introducida hasta ahora en ningún campo. El “service” define la función que poseerá ese equipo dentro de la instalación industrial a la que vaya a pertenecer. Dentro del sector del Oil & Gas, esta función puede ser *Separator*, *Isomerization Reactor*, *Regeneration Tower*... Aunque esta información no es indispensable para la planificación, podría ser una manera de aprovechar el campo “Product”. Sin embargo, es algo que se estudiará en el futuro.

Linea de BOM	Descripción de la rev
2/1191-100	2/1191-100
PROC-00000905/00-00-1-2/1191-100 (BOM)	PLANOS
PROC-00000306/00-00-1-PLANOS (BOM)	RECEPCION DE FONDO F1
PROC-00000307/00-00-1-RECEPCION DE FONDO F1 (BOM)	RECEPCION DE CHAPA BISELADA V1
PROC-00000308/00-00-1-RECEPCION DE CHAPA BISELADA V1 (BOM)	ENSAMBLE Y SOLDADO DE V1-V2-F1
PROC-00000310/00-00-1-ENSAMBLE Y SOLDADO DE V1-V2-F1 (BOM)	FABRICACION DE VIROLA V1
PROC-00000332/00-00-1-FABRICACION DE VIROLA V1 (BOM)	RECEPCION DE CHAPA BISELADA V2
PROC-00000408/00-00-1-RECEPCION DE CHAPA BISELADA V2 (BOM)	FABRICACION DE VIROLA V2
PROC-00000409/00-00-1-FABRICACION DE VIROLA V2 (BOM)	DESPIECES
PROC-00000410/00-00-1-DESPIECES (BOM)	ENSAMBLE Y SOLDADO DE VIROLAS V1-V2
PROC-00000411/00-00-1-ENSAMBLE Y SOLDADO DE VIROLAS V1-V2 (BOM)	REVISION DE PLANOS
PROC-00000412/00-00-1-REVISION DE PLANOS (BOM)	DISEÑO MECANICO
PROC-00000413/00-00-1-DISEÑO MECANICO (BOM)	REVISION DE DISEÑO MECANICO
PROC-00000414/00-00-1-REVISION DE DISEÑO MECANICO (BOM)	DOSIER DE SOLDADURA
PROC-00000415/00-00-1-DOSIER DE SOLDADURA (BOM)	REVISION DE DOSIER DE SOLDADURA
PROC-00000416/00-00-1-REVISION DE DOSIER DE SOLDADURA (BOM)	PLAN DE PRUEBAS E INSPECCION
PROC-00000417/00-00-1-PLAN DE PRUEBAS E INSPECCION (BOM)	REVISION DE PLAN DE PRUEBAS E INSPECCION
PROC-00000418/00-00-1-REVISION DE PLAN DE PRUEBAS E INSPECCION (BOM)	PRUEBA HIDRAULICA
PROC-00000363/00-00-1-PRUEBA HIDRAULICA (BOM)	INSPECCION VISUAL DE SOLDADURA
PROC-00000365/00-00-1-INSPECCION VISUAL DE SOLDADURA (BOM)	CONTROL DIMENSIONAL Y COMPROBACION DE TRAZADOS (BOM)
PROC-00000366/00-00-1-CONTROL DIMENSIONAL Y COMPROBACION DE TRAZADOS (BOM)	PREPARACION PARA TRANSPORTE
PROC-00000367/00-00-1-PREPARACION PARA TRANSPORTE (BOM)	

5.21.- Campo del BOP que posteriormente será el campo “Product” del fichero de exportación

5.1.6.- Campo “Frecuencia”

Para contemplar más posibles escenarios y ya teniendo en mente la creación de ciertos protocolos en el uso del programa en un entorno real, se quiso indicar en TeamCenter Manufacturing que una operación se realizaba más de una vez, sin tener que crear varias operaciones idénticas. Siguiendo las indicaciones de la formación que se recibió en su momento, se indica el número 2 en el campo “Frecuencia” de la sección “Tiempo” de determinada operación (Figura 5.22), y en efecto el tiempo asignado a la operación se multiplica por dicho número en esta ventana.

Scope: OP-00000577/00-00-1-CURVADO (BOM)

Linea	C...	Unidad de tiempo (h)	Frecuencia	Tiempo de trabajo (h)	Categoría	Descripción de la ac...
OP-00000577/00-00			1	154		Activity Root Object
00577	77		2	154	VA	

Figura 5.22.- Campo “Frecuencia” en la pestaña “Tiempo” de una operación

No obstante, en la exportación no es esto lo que se refleja, sino que no procesa la información de la frecuencia, exportando la operación como si la frecuencia fuera la unidad (Figura 5.23). Por tanto, se comunica este error a la empresa distribuidora.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Order number	Part number	Process name	Product	Process ID & Predecessor	Type	Mandatory	Resource type	Quantity	Operation sequence	Operation name	ERP time	Estimated time (h)		
2/1173-400	2/1173-401	_CHORREADO Y PINTURA	2/1173-400	PROC-00000	PROC-00000	MEProcess Part								
2/1173-400	2/1173-401	_CHORREADO Y PINTURA	2/1173-400	OP-00000733		Workshop A	CABINA DE A ID4_Machine	1	10	CHORREADO	733	33		
2/1173-400	2/1173-401	_CHORREADO Y PINTURA	2/1173-400	OP-00000733		Workshop A	PINTOR ID4_HumanR	1	10	CHORREADO	733	33		
2/1173-400	2/1173-401	_DESPIECES	2/1173-400	PROC-00000	PROC-00000	MEProcess Part								
2/1173-400	2/1173-401	_DESPIECES	2/1173-400	OP-00001116		Office Activi	PROYECTISTA ID4_HumanR	1	10	ELABORACION	116	16		
2/1173-400	2/1173-401	_DESPIECES	2/1173-400	OP-00001116		Office Activi	PROYECTISTA ID4_Machine	1	10	ELABORACION	116	16		
2/1173-400	2/1173-401	_FABRICACION DE VIROLA	2/1173-400	PROC-00000	PROC-00000	MEProcess Part								
2/1173-400	2/1173-401	_FABRICACION DE VIROLA	2/1173-400	PROC-00000	PROC-00000	MEProcess Part								
2/1173-400	2/1173-401	_FABRICACION DE VIROLA	2/1173-400	OP-00000577		Workshop A	CURVADORA ID4_Machine	1	10	CURVADO	577	77		
2/1173-400	2/1173-401	_FABRICACION DE VIROLA	2/1173-400	OP-00000577		Workshop A	OPERARIO D ID4_HumanR	2	10	CURVADO	577	77		
2/1173-400	2/1173-401	_FABRICACION DE VIROLA	2/1173-400	OP-00000578		Workshop A	CALDERERO ID4_HumanR	1	20	ARMADO	578	78		
2/1173-400	2/1173-401	_FABRICACION DE VIROLA	2/1173-400	OP-00000578		Workshop A	ENSAMBLAD ID4_Machine	1	20	ARMADO	578	78		
2/1173-400	2/1173-401	_FABRICACION DE VIROLA	2/1173-400	OP-00000579		Workshop A	CURVADORA ID4_Machine	1	30	RECLINDRADO	579	79		
2/1173-400	2/1173-401	_FABRICACION DE VIROLA	2/1173-400	OP-00000579		Workshop A	OPERARIO D ID4_HumanR	1	30	RECLINDRADO	579	79		
2/1173-400	2/1173-401	_FABRICACION DE VIROLA	2/1173-400	OP-00000580		Workshop A	MAQUINA S ID4_Machine	1	40	SOLDADURA	580	80		
2/1173-400	2/1173-401	_FABRICACION DE VIROLA	2/1173-400	OP-00000580		Workshop A	SOLDADOR S ID4_HumanR	1	40	SOLDADURA	580	80		
2/1173-400	2/1173-401	_FABRICACION DE VIROLA	2/1173-400	OP-00000581		Workshop A	SOLDADOR S ID4_HumanR	1	50	SANEADO	581	81		
2/1173-400	2/1173-401	_FABRICACION DE VIROLA	2/1173-400	OP-00000581		Workshop A	SOLDADURA ID4_Machine	1	50	SANEADO	581	81		
2/1173-400	2/1173-401	_FABRICACION DE VIROLA	2/1173-400	OP-00000582		Workshop A	MAQUINA S ID4_Machine	1	60	SOLDADURA	582	82		
2/1173-400	2/1173-401	_FABRICACION DE VIROLA	2/1173-400	OP-00000582		Workshop A	SOLDADOR S ID4_HumanR	1	60	SOLDADURA	582	82		
2/1173-400	2/1173-401	_INSTALACION DE G1	2/1173-400	PROC-00000	PROC-00000	MEProcess Part								
2/1173-400	2/1173-401	_INSTALACION DE G1	2/1173-400	PROC-00000	PROC-00000	MEProcess Part								
2/1173-400	2/1173-401	_INSTALACION DE G1	2/1173-400	PROC-00000	PROC-00000	MEProcess Part								

Figura 5.23.- Exportación errónea del campo “Estimated time” en el archivo “Work order table”

En la siguiente prueba el campo “frecuencia” se exporta correctamente. Es decir, en el campo “Estimated time” de la exportación se muestra un tiempo resultado de la multiplicación del tiempo asignado y la frecuencia introducida, por lo que se da esta cuestión como superada.

5.1.7.- Recursos humanos y de maquinaria

Una irregularidad observada previamente a la importación es el nombre dado a los recursos en ambas plataformas. Preactor espera recibir unos recursos con determinados nombres (lista que se proporcionó con anterioridad a la empresa distribuidora). Sin embargo, en TeamCenter Manufacturing se han introducido recursos similares, pero con leves variaciones en la manera de nombrarlos (Figura 3.1). Aunque en primera instancia puede no parecer relevante, una nomenclatura y sintaxis precisa y rigurosa es vital para un correcto funcionamiento de cualquier proceso digital, informático o de cualquier índole en ingeniería. Para asegurar una correcta llegada de los datos exportados, es necesario que los recursos estén nombrados exactamente con los mismos caracteres. Por ello, se corrigió esta

Nombre Machine Resource	Cantidad disponible	Horario	Nombre Human Resource asociado	Cantidad disponible
PRENSA	1	06:00 - 15:00 / 15:00 - 24:00	OPERARIO DE PRENSA	100
CURVADORA NAVE 1	1	06:00 - 15:00 / 15:00 - 24:00	OPERARIO DE LA CURVADORA	2
MAQUINA SAW LONGITUDINAL INTERIOR	4	06:00 - 15:00 / 15:00 - 24:00	SOLDADOR SAW	100
MAQUINA SAW LONGITUDINAL EXTERIOR	4	06:00 - 15:00 / 15:00 - 24:00	SOLDADOR SAW	
MAQUINA SAW CIRCULAR INTERIOR	7	06:00 - 15:00 / 15:00 - 24:00	SOLDADOR SAW	
MSR	1	06:00 - 15:00 / 15:00 - 24:00	OPERARIO MSR	2
MAQUINA SAW CIRCULAR EXTERIOR	6	06:00 - 15:00 / 15:00 - 24:00	SOLDADOR SAW	
MAQUINA SAW RECARGUE BANDA	2	06:00 - 15:00 / 15:00 - 24:00	SOLDADOR SAW	
ENSAMBLADOR	2	06:00 - 15:00 / 15:00 - 24:00	CALDERERO	100
CALDERERIA	100	06:00 - 15:00	CALDERERO	
SOLDADURA MANUAL	100	15:00 - 24:00	SOLDADOR MANUAL	100
EXPEDICIONES	10	06:00 - 15:00 / 15:00 - 24:00	OPERARIO DE EXPEDICIONES	100
TUBULADURAS	10	06:00 - 15:00 / 15:00 - 24:00	OPERARIO TUBULADURAS	100
CALIDAD	4	06:00 - 15:00 / 15:00 - 24:00	CALIDAD	100
POSICIONADOR	1	06:00 - 15:00 / 15:00 - 24:00	CALDERERO	
HORNO	1	06:00 - 15:00 / 15:00 - 24:00	OPERARIO TT	100
CABINA DE ACABADOS	1	06:00 - 15:00 / 15:00 - 24:00	PINTOR	100
CALCULISTA	3	07:30 - 15:15	CALCULISTA	3
PROYECTISTA	7	07:30 - 15:15	PROYECTISTA	7
ACOPIADOR	1	07:30 - 15:15	ACOPIADOR	1
DESPIEZADOR	1	07:30 - 15:15	DESPIEZADOR	1
INGENIERO	1	07:30 - 15:15	INGENIERO	1
PLANIFICADOR	1	07:30 - 15:15	PLANIFICADOR	1

Tabla 5.3.- Recursos humanos y de maquinaria utilizados en la empresa, con la cantidad disponible para cada uno.

A pesar de que la Figura 5.24 corresponde a la vista proporcionada por TeamCenter Manufacturing, en la Tabla 5.3 se puede apreciar esta información de una manera más organizada, asociado a cada máquina el recurso humano correspondiente. Además, se añadieron los horarios de cada máquina, necesarios para la realización de la planificación por parte de Preactor. Los horarios funcionan a nivel de máquina (tal y como se refleja en la Tabla 5.3) y se asume que los horarios de los trabajadores son los que se adaptan a dichos horarios de máquina. Se refleja también en esta Tabla 5.3 el límite de unidades disponibles de cada recurso máquina. Toda esta información es introducida en Preactor. Se observa que la cantidad de trabajadores no llega a limitar jamás la actividad de las máquinas. Teniendo esto en consideración, se decide no establecer un límite dado por los recursos humanos en Preactor. Sin embargo, también se desea que Preactor proporcione información acerca de la cantidad de recursos humanos necesarios, de cara a su planificación, por lo que se establece que Preactor calculará y comunicará este número.

Cabe destacar que ciertos recursos, aunque evidentemente tienen un límite, no llegan a limitar jamás las actividades de la empresa, por lo que se consideran “infinitos” y se estableció un número de unidades disponibles suficientemente grande como para reflejar esa ausencia de limitación por parte de esos recursos.

Se dan operaciones que, a pesar de tener un recurso humano asignado, no tienen un recurso de maquinaria asignado. Al equipo esto le parecía lógico. Es decir, operaciones como, por ejemplo, una inspección visual, no necesitan ninguna máquina para ser realizadas, sino solo un recurso humano. Sin embargo, Preactor es un planificador de producción y necesita un recurso de maquinaria por cada operación realizada. Es por ello por lo que se crearán “recursos de maquinaria virtuales”, con el objetivo de que Preactor acepte las operaciones indicadas. Así, se crearon recursos de maquinaria como “Calculista” que coincide con su recurso humano “Calculista”. Se aprecia esto en la Tabla 5.3.

No obstante, se detecta un inconveniente referente a esta cuestión. Se percibe que, aunque se cuenta con varias unidades del recurso humano “Proyectista”, no todos los proyectistas son iguales en la práctica. Es decir, es importante que el proyectista ocupado de la realización del plano de determinado equipo sea el mismo que se asocie a la revisión con el cliente de dicho plano, ya que es la persona encargada de ese proyecto en ese aspecto, y asociar un proyectista distinto sería ineficiente. Lo mismo ocurre con los calculistas. Sin imponer esta condición, sería posible que Preactor asignase una revisión de un plano a un

proyectista que no hubiera realizado las anteriores revisiones de dicho plano, tal y como ilustra el ejemplo de la Figura 5.25.

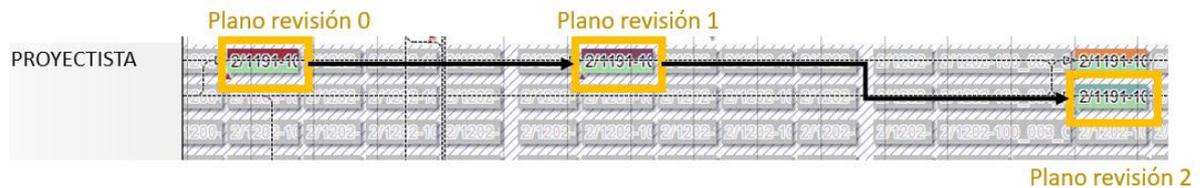


Figura 5.25.- Asignación de distintas revisiones del mismo plano a diferentes proyectistas

Se estudia entonces la posibilidad de diferenciar individualmente ciertos trabajadores de la empresa. Sin embargo, esta opción se descartó por consejo de la empresa distribuidora. La herramienta utilizada está pensada para planificar la producción y está adaptada para ese ámbito. Para ser realmente eficientes, la parte de ingeniería debe simplificarse lo más posible y adaptarse a la herramienta. En la producción en cambio, sí que es la herramienta la que se adapta a la empresa. La solución propuesta para superar este problema fue manipular manualmente la planificación de la parte de ingeniería en la herramienta, y solo en el caso de que surjan inconveniencias del estilo descrito.

5.1.8.- Finalización de tareas

Durante las pruebas de importación, el equipo informático y la empresa distribuidora hablan sobre el campo “Avance” en las tareas. Para la comunicación entre herramientas, se estableció que cada tarea poseerá los campos de “FabIni” y “FabFin”, que reflejarían las fechas de inicio y fin reales de cada tarea y que serían comunicados desde el ERP de la empresa a Preactor. Sin embargo, estos campos no serán rellenados por el planificador, sino por los responsables en el ERP de la empresa (compras, responsables de taller o el departamento correspondiente en cada caso).

Se había planteado también con anterioridad de la posibilidad de la existencia de un tercer campo llamado “Avance” que representara, con un cierto porcentaje, el grado de progreso de esa tarea. Sin embargo, se decide descartar esta posibilidad, ya que no se considera provechosa la información que este campo proporciona. Se confirma también la existencia de un *flag* que determinará cuándo una tarea puede ser borrada del sistema.

Normalmente esto sucederá tres meses después de su finalización, pero es un estándar revisable. Es importante poseer cierto histórico ya que a menudo es necesaria la consulta a operaciones anteriores. En un año, la empresa se mueve entre 40 y 50 equipos entregados y que, por tanto, se fabrican en paralelo, por lo que es fundamental poseer sistemas y estrategias eficaces de gestión de la información.

Una problemática surgida durante las pruebas de importación es la relacionada con la coordinación entre las fechas estimadas por Preactor y las transmitidas por el ERP. Siendo “Start time” la fecha de inicio de la tarea estimada por Preactor y “FabIni” y “FabFin” las fechas reales de inicio y fin de tareas registradas en el ERP, se estudia la configuración para los siguientes casos:

- Que una tarea solo posea “Start time”: En este caso la tarea seguirá la planificación que Preactor le asignó.
- Que una tarea posea “Start time” y “FabIni”: En este caso, el campo “Start time” será reescrito con la información del campo “FabIni” y esta tarea aparecerá iniciada con la fecha real. Su duración será la estimación proporcionada por TeamCenter Manufacturing.
- Que una tarea posea “Start time”, “FabIni” y “FabFin”: En este último caso, la tarea aparecerá iniciada con la fecha de “FabIni” y finalizada con la fecha de “FabFin”, independientemente de la duración estimada desde TeamCenter Manufacturing y del “Start time”

5.1.9.- Procesos anidados

Uno de los últimos errores identificados en las pruebas está relacionado con los procesos anidados en TeamCenter Manufacturing. En el caso de que tengamos el BOP ejemplo de la Figura 5.26, en el que tenemos cuatro procesos anidados al proceso “Trabajos finales”, aunque si se exportaban estos cuatro procesos anidados y sus respectivas operaciones y recursos en el fichero de exportación, no se reflejaba la relación de dependencia entre el “padre” y los “hijos”, de manera que esos cuatro procesos no poseían ninguna predecesora, cuando lo que se pretendía reflejar es que poseían las predecesoras que poseyera “Trabajos finales”.

Este error en el fichero de TeamCenter Manufacturing hizo que Preactor leyera información errónea en una de las pruebas. Esto representó un problema grave, ya que se

pretendía utilizar esta jerarquía de “padres” e “hijos” en la secuencia de fabricación de todos los equipos, dado que esta agrupación facilita el entendimiento y la creación del PERT y por tanto también de la secuencia de fabricación. Se comunicó este error a la empresa distribuidora y expresó que la exportación de esos niveles del BOP no entra dentro de lo acordado económicamente, sino que se estipuló que se exportarían los procesos hasta el nivel inmediatamente anterior. Teniendo esto en consideración, se decidió continuar el proyecto sin procesos anidados. Sin embargo, es una opción que no se descartó retomar en el futuro, lo que supondrá rehacer el acuerdo con la empresa distribuidora e incurrir en un mayor coste.

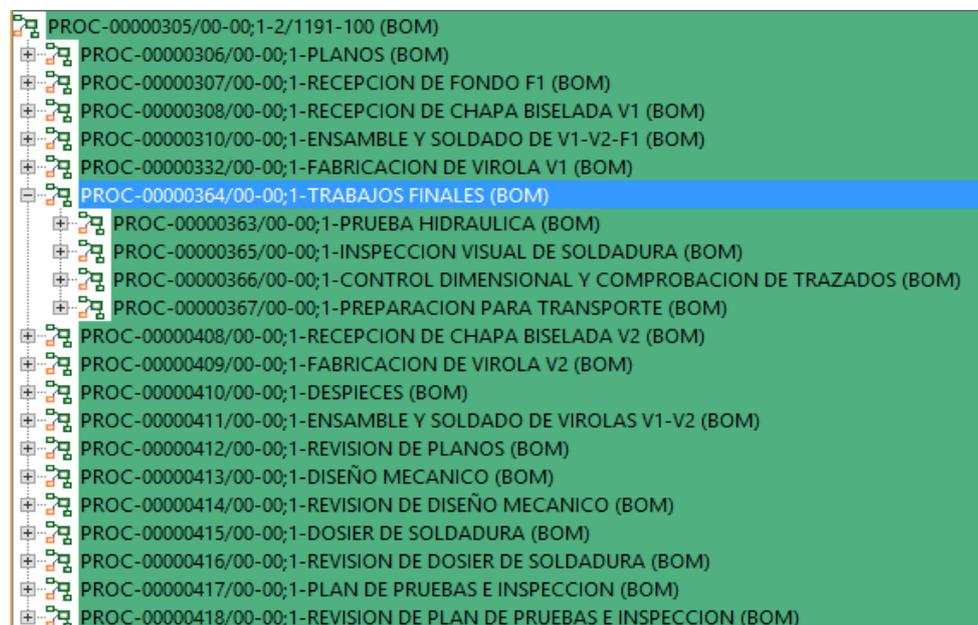


Figura 5.26.- Proceso anidado en un BOP

5.1.10.- Faltantes en Preactor

Dentro de las pruebas de importación, surgió un problema relacionado con las relaciones de sucesión y precesión entre actividades en Preactor.

El problema venía dado por las actividades que poseen dos sucesoras al mismo nivel. En principio, parece lógico pensar que la finalización de una actividad puede dar lugar al inicio de dos actividades distintas. Es el caso del ejemplo de la Figura 5.27, donde la actividad “Plano Internos Soldados Revisión 1” da lugar a “Despiece Internos” y “Plano Internos Soldados Revisión 2”. Esta situación es perfectamente aceptada por TeamCenter

Manufacturing. Sin embargo, al importar este tipo de relaciones en Preactor, se detecta un problema. Dentro de la lógica que utiliza Preactor, una actividad que posea varias sucesoras debe poseer además una cantidad igual al número de sucesoras. Es decir, si posee dos sucesoras, debe constituir una cantidad de dos. En el ejemplo, sin embargo, la actividad “Plano Internos Soldados Revisión 1” posee una cantidad de 1 (ya que se realiza una vez). Esto provoca que Preactor no planifique correctamente, ya que a una de las actividades sucesoras a “Plano Internos Soldados Revisión 1” le falta una unidad de la predecesora, es decir, posee una “faltante”.

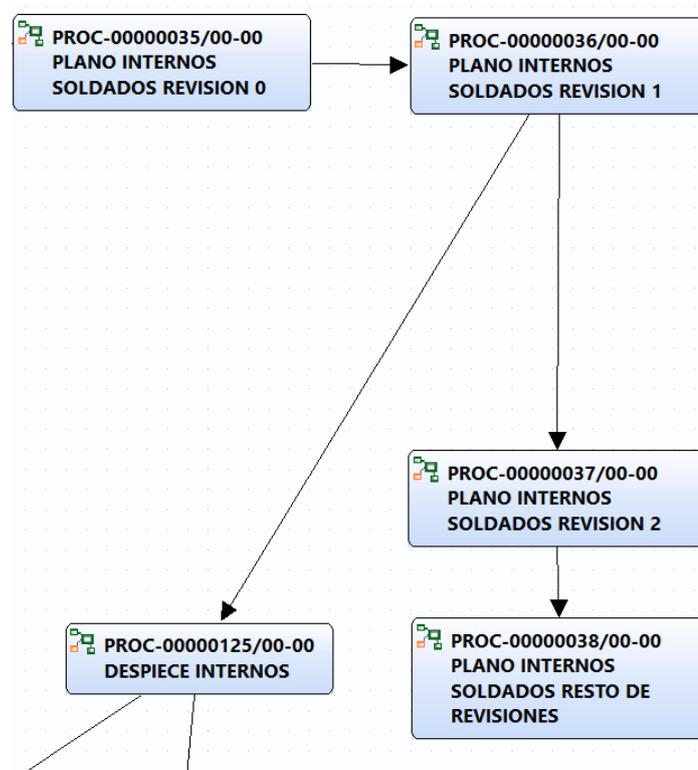


Figura 5.27.- Relaciones en PERT de TeamCenter Manufacturing para ilustrar un problema de faltantes

Para solucionar este problema en Preactor, se decide que Preactor asignará una cantidad automática de 100 unidades a las actividades de oficina y recepción y de 50 unidades a las actividades de taller. Esa diferencia en la cantidad se debe a que en la secuencia de fabricación de los equipos creados por la empresa las relaciones van convergiendo hasta constituir un único “camino”, tal y como se aprecia en la Figura 5.7, por

lo que los procesos de la fase de fabricación poseen menos sucesoras que los de la fase de ingeniería.

Con esta solución, el tiempo asignado no se ve afectado, ya que en Preactor la duración de tareas se asigna por lote y no por unidad. Por tanto, la solución es establecida y aceptada.

5.1.11.- Relaciones paralelas y prioridades

También dentro de las pruebas de importación en Preactor, surgió una cuestión relacionada con actividades paralelas y su prioridad. Hay ciertas actividades, como la elaboración de un plano y los cálculos asociados al mismo, que se desea que se realicen de manera paralela en Preactor. Sin embargo, son actividades que hacen uso de distintos recursos. En el ejemplo de la Figura 5.28, se aprecia que el proceso representativo del plano general y los cálculos de ese equipo se realizan con cierto tiempo de diferencia, ya que los recursos “Proyectista” y “Calculista” pueden tener distintos horarios o distintas ocupaciones en cada momento. Además, otra problemática surgida relacionada con este aspecto es que la herramienta no posee ningún orden de prioridad entre las tareas, por lo que, teniendo dos actividades a realizar como “Plano General Revisión 0 Equipo A” y “Plano Detalles Revisión 0 Equipo B” realizaría indistintamente una y otra, cuando en la realidad de la empresa la primera tiene prioridad sobre la segunda.

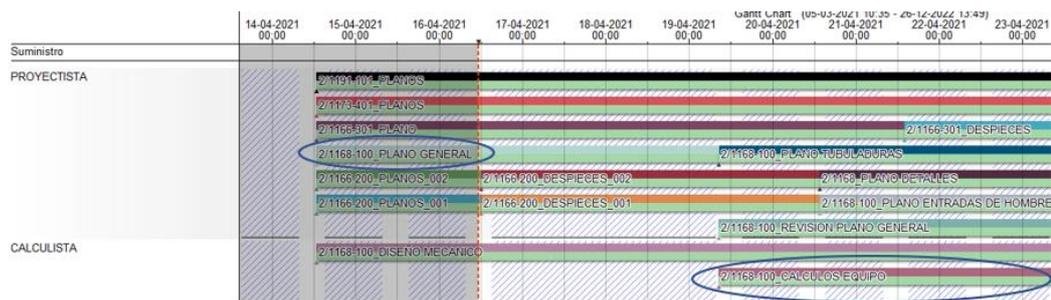


Figura 5.28.- Ejemplo de actividades que se desea que se realicen de manera paralela

Se comunica esto a la empresa distribuidora y esta comunica que se puede solucionar forzando la prioridad de ambas tareas. La herramienta Preactor posee un campo “prioridad” (Figura 5.29). Se decide establecer una prioridad mayor a las tareas deseadas y estas se

realizarán prioritariamente. A su vez, al indicar su prioridad, su realización suele resultar paralela. De no ser así, se forzaría esto manualmente.

Para poseer un protocolo definido acerca de este campo “Prioridad” se decide que la prioridad por defecto de las actividades corresponderá con los tres últimos dígitos de su código asignado en la base de datos, es decir, su “ERP Code” en los archivos de importación para Preactor (Anexo II). Estos tres dígitos se ajustan a la realidad de la prioridad, ya que en las actividades de oficina (que son las problemáticas en este aspecto) los códigos se establecen según dicha importancia, de manera que la revisión 0 del plano general posee “010” como tres últimos dígitos. De esta manera, al poseer el plano de detalles un código OTP020 y el de tubuladuras OTP030, aun estando secuenciados al mismo nivel se planificaría antes el plano de detalles, ya que su prioridad sería 020, mayor que la prioridad del plano de tubuladuras, 030. Esto ocurriría independientemente de a qué proyectos pertenezca cada plano, ya que los códigos poseen información de la naturaleza de la actividad, no del proyecto concreto para el que se realice.

Órdenes

Pertenece a la orden n.º: **PARENT**

Estatus de orden: No especificado

Orden n.º: 2/1196-100_CREACION DE MODELO 3D

Tipo de orden: Orden de trabajos

Consulta de orden

N.º de pieza: 2/1196-100_CREACION DE MODELO 3D

Producto: CREACION DE MODELO 3D

Fecha de inicio más temprana: No especificado

Fecha de vencimiento: No especificado

Prioridad: 5

Cantidad: 100

Beneficio: 0.00

Inicio de la orden: 08-06-2021 07:30

Fin de la orden: 29-06-2021 08:30

Intervalo de fabricación: 21 Días 1:00

Figura 5.29.- Campo prioridad de una tarea en Preactor

5.2.- INTRODUCCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS EN EL ENTORNO REAL

Una vez se dan por superadas las pruebas de exportación e importación se ha de realizar un paso previo al uso de los programas en la empresa: la introducción de estos en el entorno real y el abandono del entorno de prueba.

La primera herramienta que fue introducida fue TeamCenter Manufacturing, debido a que, por la propia naturaleza del proceso, fue la primera herramienta que se comenzó a tratar en las pruebas. Para su introducción, y por motivos informáticos que escapan al alcance de este trabajo, se programaron dos días dedicados a la instalación en la empresa, en los que el equipo informático se encargó de la instalación del software en los equipos correspondientes. Previamente a estos días, se llevó a cabo una colecta de información del entorno de prueba, archivando la información que se consideró oportuna (configuraciones creadas, recursos introducidos, etc.), ya que el abandono del entorno de prueba suponía también su eliminación.

En cuanto a la introducción de Preactor, en primer lugar, se reciben unas jornadas de formación acerca del uso de la herramienta. Después, no surgió la necesidad de pasar de un entorno de prueba a un entorno real, por lo que esta transición resultó más sencilla que con la otra herramienta. Esto es debido a que TeamCenter sí estaba ya implantado en algunas facciones de la empresa, como se describió con anterioridad, por lo que se creó un entorno de pruebas para realizar este periodo de desarrollo sin que afectara a las facciones que ya trabajaban en un entorno real. Preactor por su parte, no ha sido utilizado hasta ahora en la empresa, por lo que no hay información o estructura que sea susceptible de ser dañada o vulnerada en la realización de pruebas.

5.3.- ESTABLECIMIENTO DE PROTOCOLOS EN TEAMCENTER MANUFACTURING

En este apartado se detallarán los protocolos establecidos para el uso de TeamCenter Manufacturing en el entorno real de la empresa. Se establecerá una dinámica de trabajo general a seguir, con el fin de estandarizar el uso de las herramientas en la empresa en la medida de lo posible. Estos protocolos han sido acordados por todas las partes involucradas y deben ser meticulosamente conocidos por parte de los usuarios que utilicen la herramienta de aquí al futuro.

Tal y como se mencionó en apartados anteriores, la fabricación de los equipos supone cientos de operaciones y meses de trabajo. Además, siguiendo los objetivos de eficiencia marcados en el planteamiento de este proyecto, se desean crear ciertos protocolos que faciliten la tarea de los trabajadores al utilizar las herramientas implantadas. Por todo ello, y gracias al acercamiento a los programas que se ha podido experimentar en los periodos de prueba de estos, se plantea el uso de plantillas comunes para la fabricación de todos los equipos. La ventana de uso de plantillas de TeamCenter Manufacturing se aprecia en la Figura 5.30.

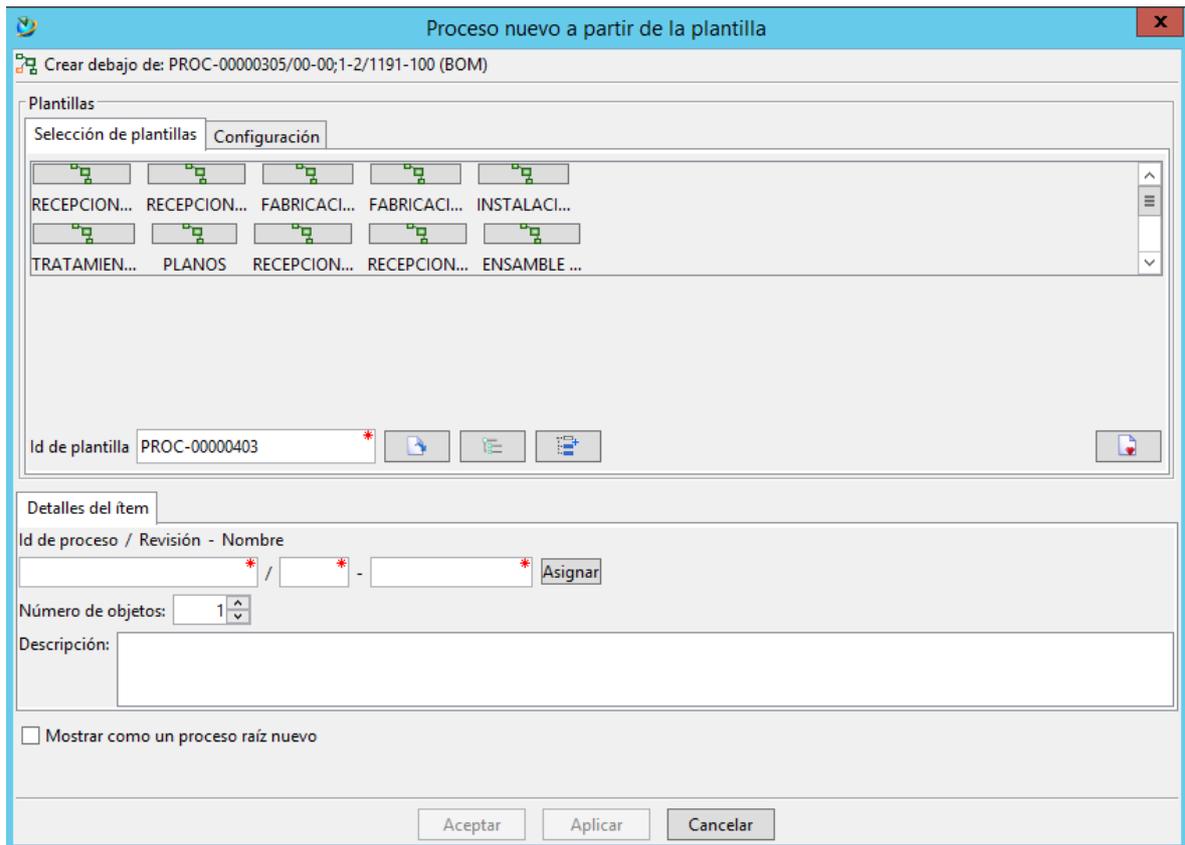


Figura 5.30.- Ventana de uso de plantillas en TeamCenter Manufacturing

Para una correcta adaptación de las plantillas a la realidad, se debe definir y organizar en primer lugar las actividades que se desean abarcar con dichas plantillas. Todo ello se desarrolla a lo largo de los siguientes subapartados.

5.3.1.- Definición de actividades

En primer lugar, para poder adaptar la actividad de la empresa a plantillas en el programa, se debe definir con exactitud qué alcance posee esa actividad. Para ello, se cuenta con un archivo anteriormente generado en la empresa, y que hasta ahora tenía utilidad en el campo de planificación, métodos y tiempos, área de trabajo que, además, se pretende optimizar con la instauración de los sistemas de este trabajo. Este archivo recibe el nombre de “Generadores de coste”. Clasifica y lista las actividades del taller de la empresa, operación por operación, asignándole a cada una un cierto código, con el objetivo de identificar esa operación de manera única.

Este archivo es una base de datos en formato Excel y su índice se resume en la Tabla 5.4, la cual proporciona un acercamiento a su contenido.

Hoja de archivo	Contenido
Virolas	Fabricación de virolas según dimensiones
Envolventes	Ensamblado y soldadura de envolventes según dimensiones
Fondos	Fabricación de fondos según tipo y dimensiones
Conos	Fabricación de conos según dimensiones
Tubuladuras	Prefabricación e instalación de tubuladuras según tipo y dimensiones
Anillo base-Cunado	Prefabricación e instalación de anillo base, de cunas y de elementos de izado: trunnions y orejetas
Elementos internos	Prefabricación e instalación de elementos internos (Soporte Refractario, Ciclones, Bandejas, Distribuidores, Plenum y otros)
Elementos externos	Prefabricación e instalación de elementos externos (Anillos rigidizadores, Anillos de aislamiento, Soporte de Placa de características, Clips Externos y otros)
Trabajos Finales	Trabajos finales aplicados a equipo (Plataformas y Escaleras, Expediciones y otros)
Varios	Trabajos varios (Almacén, Calidad, Movimientos, Oxícorte, Prensa, Reparaciones, Remates, Seguridad, Servicios Generales, Ingeniería y otros)

Tabla 5.4.- Índice de contenidos del archivo de Generadores de coste

Para una mejor comprensión de todas las actividades que serán introducidas y planificadas, se listan y definen a continuación los contenidos que contempla el archivo mencionado, que se resumen en Tabla 5.4 y que por tanto abarca la actividad de la empresa objeto de este trabajo:

- Fabricación de virolas (Figura 5.31). Una virola es un componente cilíndrico de acero. Las virolas fabricadas por la empresa acostumbran a estar entre 1000 mm y 6000 mm de diámetro. Normalmente se corta y bisela la chapa. Después, se curva y se realiza la soldadura longitudinal correspondiente para cerrar el cilindro. Sin embargo, en ocasiones, ya sea por una mayor facilidad en el transporte o en un menor coste en la compra, las virolas se reciben en dos partes. Esto conlleva realizar dos veces ciertas operaciones que en el primer caso solo se realizan una vez.

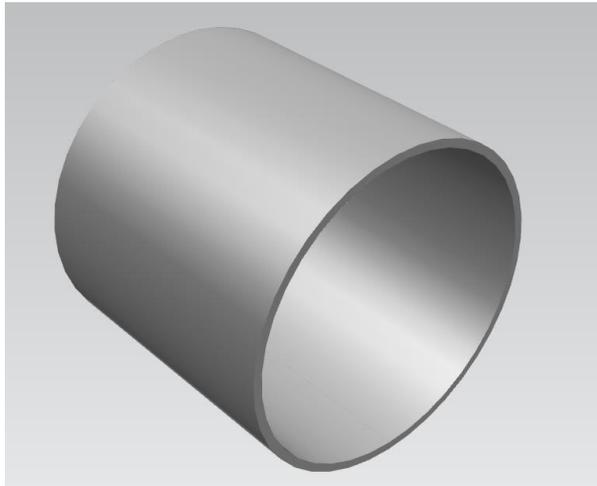


Figura 5.31.- Modelo 3D de virola

- Fabricación de envolventes (Figura 5.32 y Figura 5.32). Las envolventes son el conjunto ensamblado y soldado de varias virolas, o de virolas y fondos. Estos componentes se ensamblan y se les realiza soldaduras circulares.

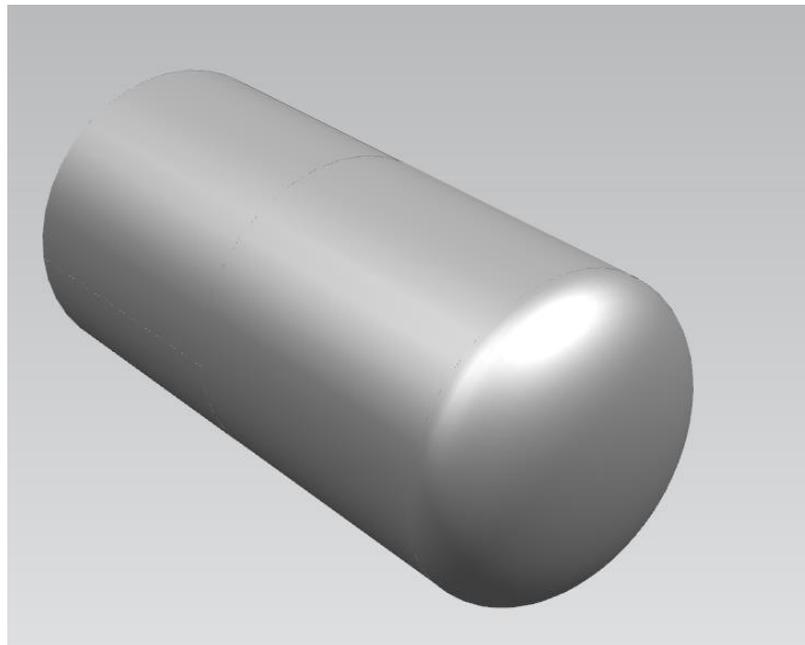


Figura 5.32.- Modelo 3D de envolvente formada por dos virolas y un fondo



Figura 5.33.- Envolverte formada por varias virolas y dos fondos

- Fabricación de fondos (Figura 5.34). Los fondos son componentes usualmente semi-elípticos colocados en los extremos del equipo. Normalmente estos elementos se adquieren ya fabricados y se instalan en la envolverte correspondiente. Sin embargo, en ocasiones sí que es la empresa la que se encarga de crear los fondos. Estos pueden ser fabricados a partir de una calota y unos gajos o pétalos (Figura 5.36) o a partir de discos (Figura 5.35). Las partes que componen el fondo se arman y se les aplica soldadura.



Figura 5.34.- Fondos

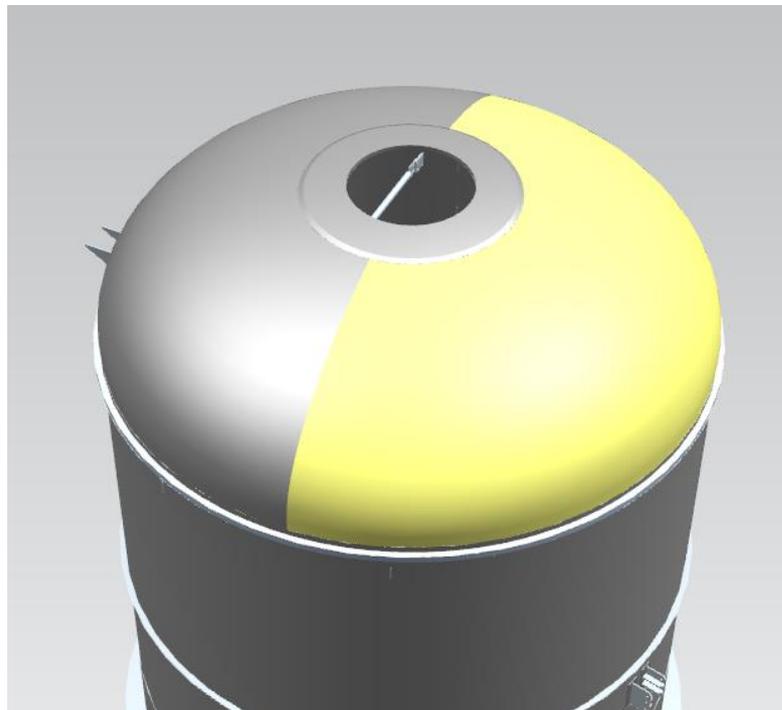


Figura 5.35.- Modelo 3D de fondo a partir de discos

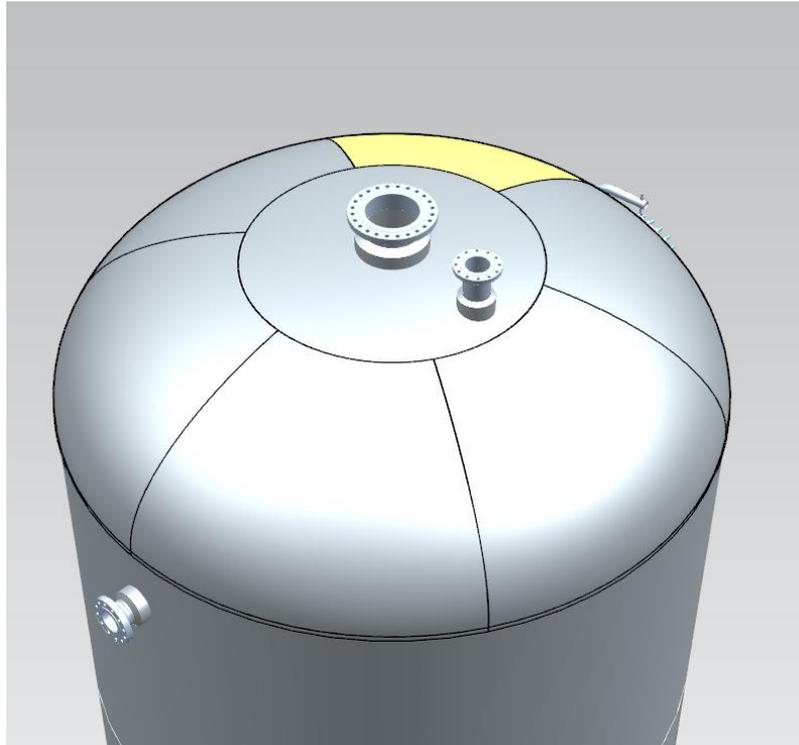


Figura 5.36.- Modelo 3D de fondo fabricado a partir de calota y gajos

- Fabricación de conos (Figura 5.37 y Figura 5.38). Los conos son virolas de forma cónica, utilizadas para conectar dos envolventes de distinta sección o para servir de apoyo a una envolvente con el suelo. Se fabrican a partir de sectores a los que se les aplica un armado y posteriormente una soldadura.



Figura 5.37.- Modelo 3D de cono



Figura 5.38.- Imagen de cono instalado en un equipo

- Prefabricación e instalación de tubuladuras (Figura 5.39 y Figura 5.40). Las tubuladuras son elementos formados por un tubo, una brida y más elementos opcionales. Pueden cumplir diversas funciones para el equipo, como indicador de temperatura, drenaje, entradas de hombre, ventilación, indicador de presión... Su prefabricación consiste en el armado y soldadura de sus componentes, mientras que su instalación se basa en el armado y soldadura de la tubuladura al equipo en cuestión.

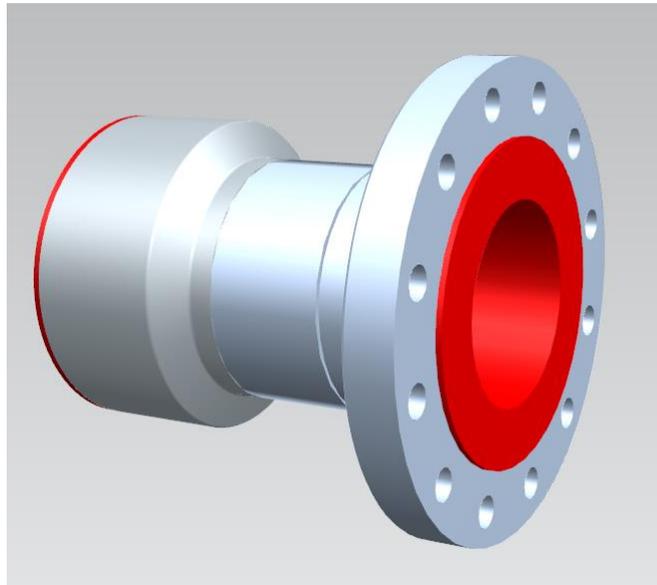


Figura 5.39.- Modelo 3D de tubuladura



Figura 5.40.- Varias tubuladuras instaladas en un equipo

- Prefabricación e instalación de faldones (Figura 5.41 y Figura 5.42). Los faldones son elementos cilíndricos que sirven de soporte para el equipo y que van acompañados de un anillo base (Figura 5.43). Están formados por virolas que se arman y posteriormente se les aplica soldadura.

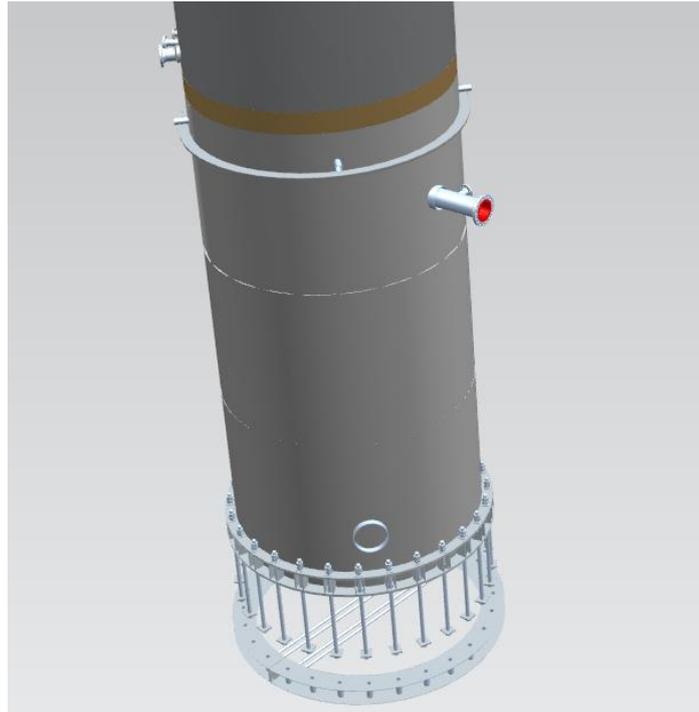


Figura 5.41.- Modelo 3D de faldón



Figura 5.42.- Equipo con faldón

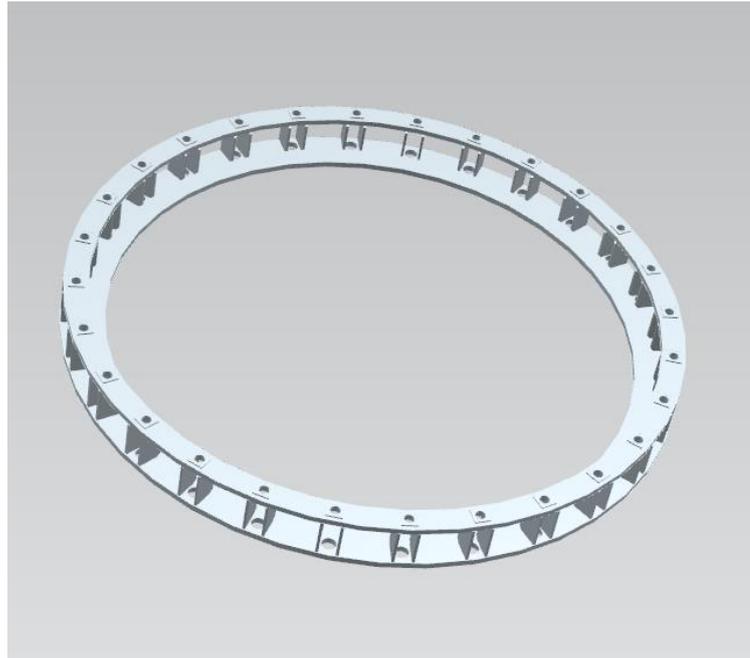


Figura 5.43.- Modelo 3D de anillo base

- Prefabricación e instalación de cunas (Figura 5.44 y Figura 5.45). Son elementos utilizados para el transporte de los equipos. Para su instalación en el equipo, a menudo van acompañadas de unos elementos llamados fajas.

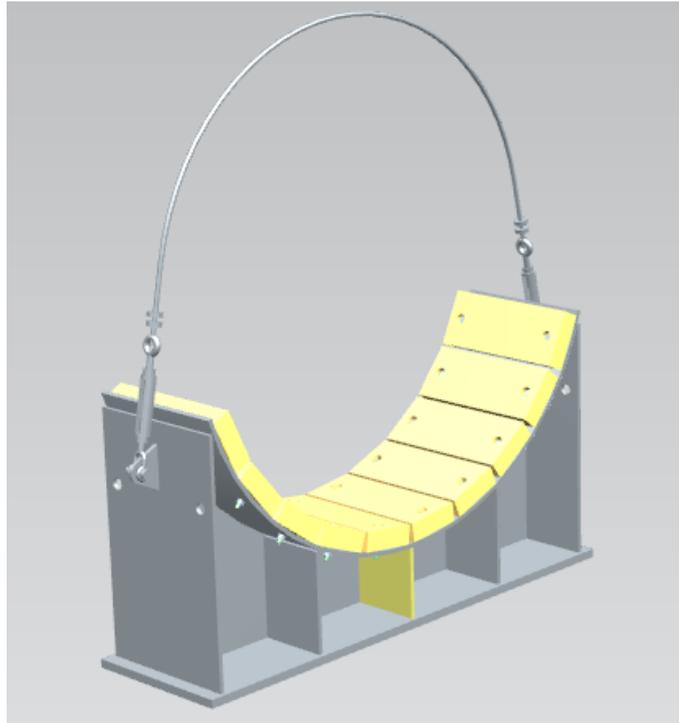


Figura 5.44.- Modelo 3D de cuna de transporte



Figura 5.45.- Cuna de transporte instalada en equipo

- Prefabricación e instalación de elementos internos (Figura 5.46). Normalmente los equipos cuentan con ciertos elementos en su interior que ayudan a cumplir la función específica de ese equipo. Estos elementos pueden ser soportes para bajantes, soportes refractarios, distribuidores... Normalmente no son fabricados por la empresa, sino que esta los recibe y los instala.

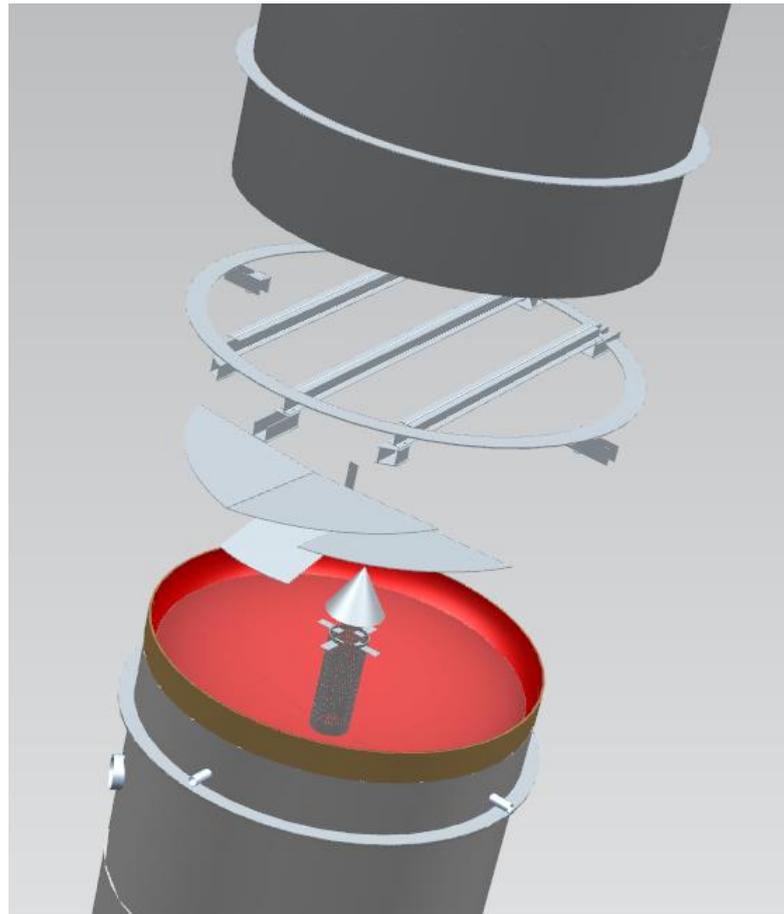


Figura 5.46.- Modelo 3D de elementos internos

- Prefabricación e instalación de elementos externos. Entre los elementos externos que normalmente son instalados en los equipos se encuentran los anillos de aislamiento (Figura 5.47 y Figura 5.48), los anillos rigidizadores, los elementos de izado como orejetas o trunnions (Figura 5.47 y Figura 5.48), el soporte para la placa de características y los clips para la posterior instalación de plataformas y escaleras (Figura 5.49 y Figura 5.50). Normalmente la empresa no se encarga de la fabricación de estos elementos, pero sí de su instalación.

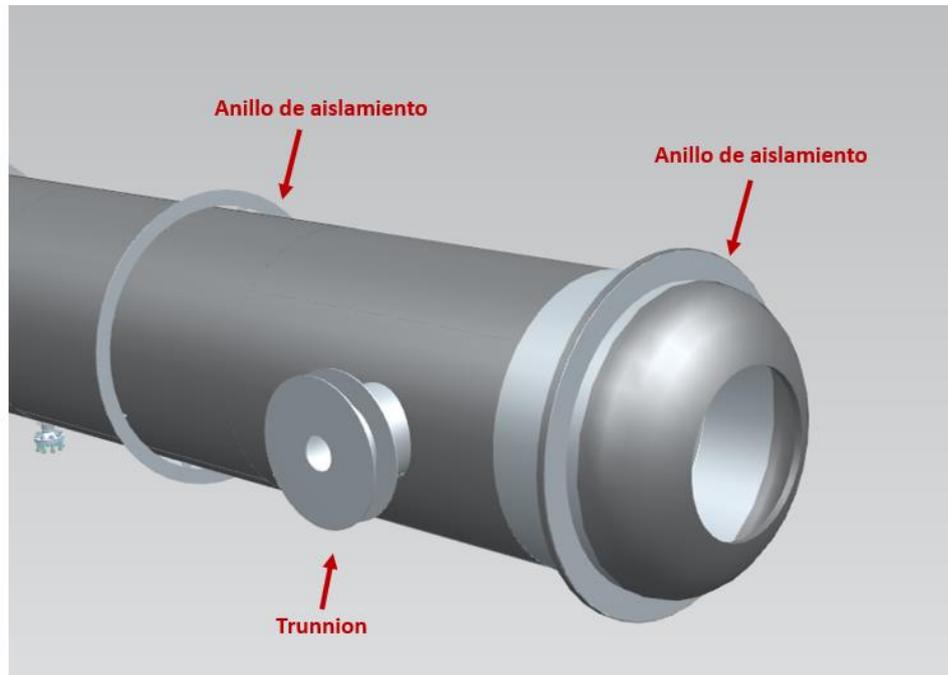


Figura 5.47.- Modelo 3D de elementos externos instalados en equipo



Figura 5.48.- Elementos externos instalados en equipo

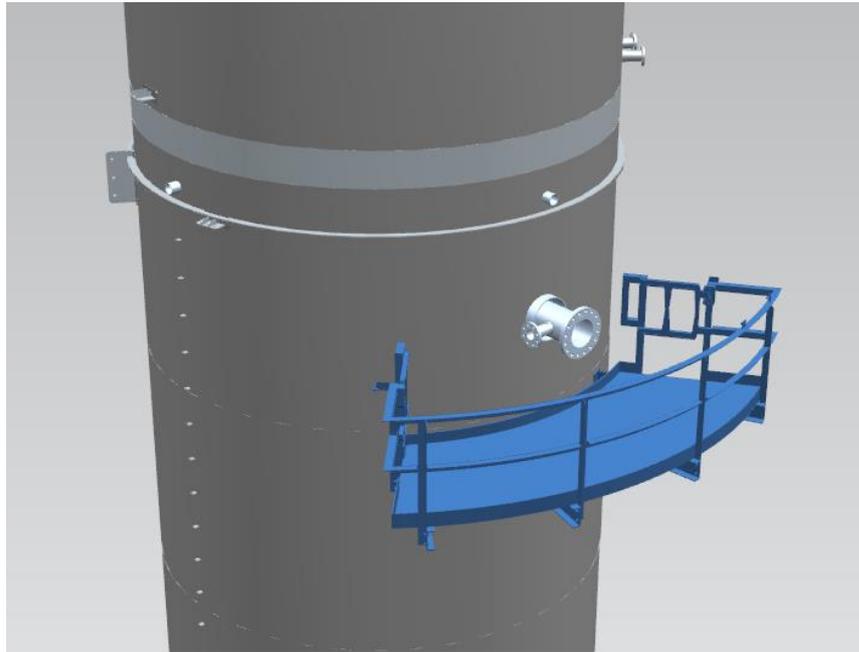


Figura 5.49.- Modelo 3D de plataforma instalada a equipo



Figura 5.50.- Plataforma y escalera instalada en equipo

- Trabajos finales, como limpieza, pintura, tratamiento térmico, etc. En la Figura 5.51 se aprecia el horno existente en las instalaciones de la empresa, donde se realiza el tratamiento térmico, uno de los procesos más usuales.



Figura 5.51.- Horno de las instalaciones de la empresa, tamaño 12m x 12,5m x 40m

- Otras actividades, como inspecciones visuales, reparaciones, actividades de calidad, actividades de seguridad, etc.

Todas las actividades descritas e ilustradas hacen uso de determinados recursos para ser llevadas a cabo. Estos recursos fueron listados en la Tabla 5.3. No obstante, en siguientes subapartados se detallarán lo relacionado con las necesidades de recursos humanos y de maquinaria que requiere cada actividad.

5.3.2.- Creación de la base de datos

Una vez se ha proporcionado esta visión de las actividades que realiza la empresa, y que posteriormente le darán nombre a sus procesos y operaciones, se desea crear, como se mencionó, ciertas plantillas y protocolos en TeamCenter Manufacturing que definan estas actividades en lo referente a tiempos, codificación, recursos y clasificación. Se ha mencionado ya el archivo de “Generadores de coste”, que lista y codifica todas las actividades recientemente descritas.

La codificación de las operaciones de fabricación se basa en la creación de códigos de varios dígitos. Cada dígito hace referencia a una jerarquía de clasificación de ese elemento. El primer dígito hace referencia a la hoja dentro de la base de datos en la que se encuentra la operación, de acuerdo con la Tabla 5.4. El segundo dígito hace referencia a la operación concreta que se realice, y los tres dígitos restantes corresponden a la clasificación del elemento según dimensiones. Siguiendo la muestra de la Figura 5.52, el curvado de virolas de diámetro menor de 2500 mm, ancho menor de 2000 mm y un espesor menor de 40 mm poseería el código “11111”.

A partir del archivo mencionado, se crea una nueva base de datos especialmente para TeamCenter Manufacturing, con el objetivo de servir como fuente de información directa para las plantillas introducidas. Las modificaciones realizadas al archivo de “Generadores de coste” para obtener esta base de datos diseñada para la creación de plantillas se definen a continuación.

En primer lugar, se reestructura el archivo. El archivo “Generadores de coste” posee una estructura por operación, en dónde los códigos asignados a cada operación se distribuyen según operación en primer lugar, y según dimensiones del elemento en segundo lugar. Se aprecia un ejemplo de esto en la Figura 5.52, en el que se asignan códigos a las operaciones de curvado y armado de virolas según diámetro, ancho y espesor de estas. La primera modificación realizada se basó en invertir esta jerarquía, de manera que se estableciera primero la clasificación por dimensiones y después por operación, como se muestra en la Figura 5.53.

FAMILIA	TAREA	DIMENSIONES			CODIGO
1- Virolas	1- Curvado	1- $\phi < 2.500$ mm	1- Ancho < 2.000 mm	1- # < 40 mm	11111
				2- # $40 \div 80$ mm	11112
				3- # > 80 mm	11113
			2- Ancho > 2.000 mm	1- # < 40 mm	11121
				2- # $40 \div 80$ mm	11122
				3- # > 80 mm	11123
		2- $\phi 2.500 \div 5000$ mm	1- Ancho < 2.000 mm	1- # < 40 mm	11211
				2- # $40 \div 80$ mm	11212
				3- # > 80 mm	11213
			2- Ancho > 2.000 mm	1- # < 40 mm	11221
				2- # $40 \div 80$ mm	11222
				3- # > 80 mm	11223
	3- $\phi > 5.000$ mm	1- Ancho < 2.000 mm	1- # < 40 mm	11311	
			2- # $40 \div 80$ mm	11312	
			3- # > 80 mm	11313	
		2- Ancho > 2.000 mm	1- # < 40 mm	11321	
			2- # $40 \div 80$ mm	11322	
			3- # > 80 mm	11323	
	2- Armado	1- $\phi < 5.000$ mm	1- Ancho < 2.000 mm	1- # < 50 mm	12111
				2- # > 50 mm	12112
2- Ancho > 2.000 mm			1- # < 50 mm	12121	
			2- # > 50 mm	12122	
2- $\phi > 5.000$ mm		1- Ancho < 2.000 mm	1- # < 50 mm	12211	
			2- # > 50 mm	12212	
		2- Ancho > 2.000 mm	1- # < 50 mm	12221	
			2- # > 50 mm	12222	

Figura 5.52.- Asignación de códigos según “Generadores de coste”

Familia	Dimensiones	Operacion	Codigo	Tiempo
1	Envolventes $\phi < 2500$ mm, # < 40 mm	ENSAMBLES	21110	4
	Envolventes $\phi < 2500$ mm, # < 40 mm	SOLDADURA CIRCULAR INTERIOR SAW	22111	9,5
	Envolventes $\phi < 2500$ mm, # < 40 mm	SANEADO CIRCULAR MSR	23111	2,5
	Envolventes $\phi < 2500$ mm, # < 40 mm	SOLDADURA CIRCULAR EXTERIOR SAW	24111	6
	Envolventes $\phi < 2500$ mm, # < 40 mm	RESTAURACION DE PLACADO CIRCULAR BANDA/ELECTROESCORIA	25110	2
2	Envolventes $\phi < 2500$ mm, # $40 \div 80$ mm	ENSAMBLES	21120	5
	Envolventes $\phi < 2500$ mm, # $40 \div 80$ mm	SOLDADURA CIRCULAR INTERIOR SAW	22112	19,5
	Envolventes $\phi < 2500$ mm, # $40 \div 80$ mm	SANEADO CIRCULAR MSR	23112	3,5
	Envolventes $\phi < 2500$ mm, # $40 \div 80$ mm	SOLDADURA CIRCULAR EXTERIOR SAW	24112	9,5
	Envolventes $\phi < 2500$ mm, # $40 \div 80$ mm	RESTAURACION DE PLACADO CIRCULAR BANDA/ELECTROESCORIA	25110	2
3	Envolventes $\phi < 2500$ mm, # > 80 mm	ENSAMBLES	21130	6
	Envolventes $\phi < 2500$ mm, # > 80 mm	SOLDADURA CIRCULAR INTERIOR SAW	22113	29,5
	Envolventes $\phi < 2500$ mm, # > 80 mm	SANEADO CIRCULAR MSR	23113	4
	Envolventes $\phi < 2500$ mm, # > 80 mm	SOLDADURA CIRCULAR EXTERIOR SAW	24113	13
	Envolventes $\phi < 2500$ mm, # > 80 mm	RESTAURACION DE PLACADO CIRCULAR BANDA/ELECTROESCORIA	25110	2
4	Envolventes $\phi 2500 \div 5000$ mm, # < 40 mm	ENSAMBLES	21210	10
	Envolventes $\phi 2500 \div 5000$ mm, # < 40 mm	SOLDADURA CIRCULAR INTERIOR SAW	22121	14
	Envolventes $\phi 2500 \div 5000$ mm, # < 40 mm	SANEADO CIRCULAR MSR	23121	4,5
	Envolventes $\phi 2500 \div 5000$ mm, # < 40 mm	SOLDADURA CIRCULAR EXTERIOR SAW	24121	9
	Envolventes $\phi 2500 \div 5000$ mm, # < 40 mm	RESTAURACION DE PLACADO CIRCULAR BANDA/ELECTROESCORIA	25120	3

Figura 5.53.- Asignación de códigos y tiempos a operaciones relacionadas con la fabricación de virolas según distintas familias.

Otra modificación que fue necesaria para realizar la inversión de la jerarquía del archivo consistió en la modificación de la distribución dimensional anteriormente establecida en el archivo de “Generadores de coste”, ya que no existía consistencia en ciertos

aspectos para determinados elementos. Un ejemplo de estas incoherencias es el observado en la Figura 5.52. Se aprecia que, en la dimensión de espesor de virola, el curvado y el armado poseen distintas distribuciones. Para una creación uniforme y coherente de familias de elementos, se realizaron las modificaciones apreciadas en la Tabla 5.5. Estos cambios son a nivel de distribución, pero los códigos permanecen inalterados. Se aceptan estas aproximaciones para obtener consistencia en las distribuciones, pero se contempla ajustar los tiempos asociados a cada código en el futuro si distan mucho del tiempo real que se observe en la operación.

Proceso	Operación	Dimensión modificada	Antigua distribución	Nueva distribución
Fabricación de virola	Armado	Espesor (mm)	<50 >50	<40 >40
Prefabricación de tubuladura	Armado	Diámetro (")	<6	<8
	Soldadura		6 ÷ 18 >18	8 ÷ 18 >18
	Recargue de tubuladuras		<6 6 ÷ 18 >18	<8 8 ÷ 18 >18
Instalación de tubuladuras	Colocación de refuerzos	Diámetro (")	<14	<18
	Soldadura de refuerzos		>14	>18

Tabla 5.5.- Modificaciones realizadas en las distribuciones de dimensiones de los elementos

En el Anexo III se observan las distribuciones dimensionales completas establecidas para cada elemento. Este anexo además facilita la comprensión de las dimensiones usuales de los equipos fabricados por la empresa. Además, se han numerado las familias existentes de elementos según distribución, para poder nombrar con dicho número de familia a la plantilla correspondiente y agrupar los elementos, tal y como se aprecia en la Figura 5.53 para el caso del elemento “Virola”. En la Tabla 5.6 se listan la cantidad de familias resultantes por elemento según los criterios descritos.

Elemento		Número de familias resultantes
Virolas		18
Envolventes		9
Fondos de calota y gajos		8
Fondos de discos		4
Conos		4
Tubuladuras	Prefabricación	36
	Instalación	18
Anillo base		4
Cunas	Prefabricación	2
	Instalación	4

Tabla 5.6.- Cantidad de familias resultantes por elemento según la base de datos creada

Cabe destacar que se realizaron considerables cambios en lo referente a tubuladuras. Hasta ahora en el archivo de “Generadores de coste”, no se distinguían los tipos de tubuladura según los elementos que las conforman. Sin embargo, cada tubuladura consta de distintos elementos que derivan en distintas operaciones para su prefabricación e instalación. Buscando una mayor adecuación a la realidad de la actividad de la empresa, en este proyecto se ha creado una clasificación de tubuladuras en su prefabricación y otra clasificación para su instalación a equipo.

Para su prefabricación, dependiendo de los elementos que la componen se distinguen cuatro tipos de tubuladura:

- Tubuladuras tipo 1: Estas están formadas por un tubo y una brida (Figura 5.54). Cabe destacar que existen tubuladuras formadas por un tubo, una brida y un refuerzo y que también se incluyen en este grupo para la prefabricación, ya que el refuerzo se añade en la instalación de la tubuladura a equipo y no en su prefabricación.

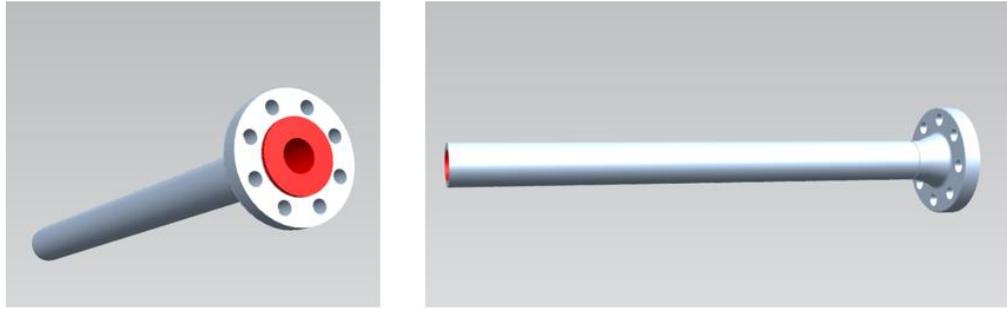


Figura 5.54.- Modelo 3D de tubuladura tipo 1

- Tubuladuras tipo 2: Estarán formadas por un autorrefuerzo y una brida (Figura 5.55).

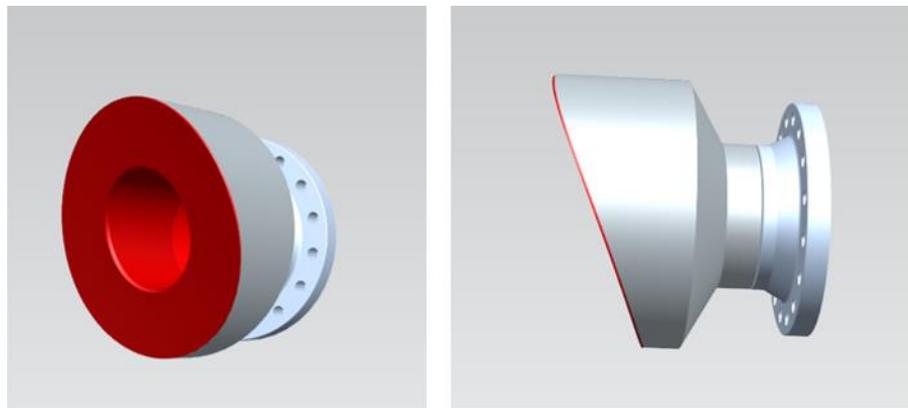


Figura 5.55.- Modelo 3D de tubuladura tipo 2

- Tubuladura tipo 3 (Figura 5.56): Formada por un autorrefuerzo, un tubo y una brida.

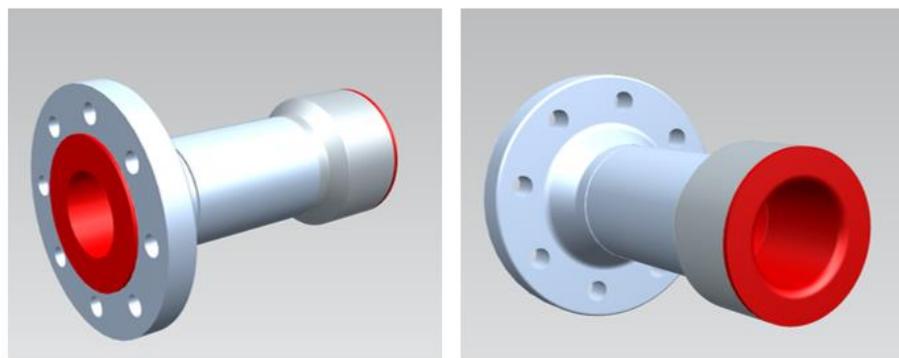


Figura 5.56.- Modelo 3D de tubuladura tipo 3

- Tubuladura tipo 4 (Figura 5.57): Formada por un tubo y una brida. Esta se distingue del tipo 1 en el hecho de que en este caso el tubo es creado en los talleres de la empresa a partir de una chapa, mientras que en el caso de las tubuladuras de tipo 1 los tubos son adquiridos directamente con la forma deseada.

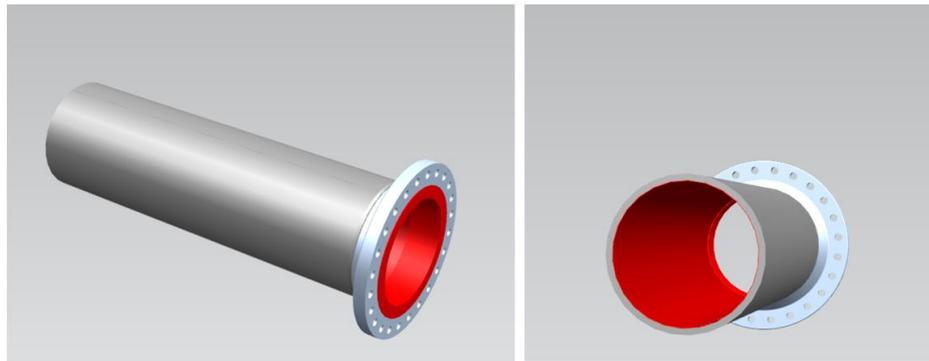


Figura 5.57.- Modelo 3D de la tubuladura tipo 4

Por otro lado, para su instalación, se han clasificado las tubuladuras según posean o no un refuerzo (Figura 5.58). Todos estos tipos de tubuladura, según prefabricación o instalación, poseen su respectiva distribución dimensional (Anexo III), lo cual hace de este elemento el más complejo respecto a su clasificación.

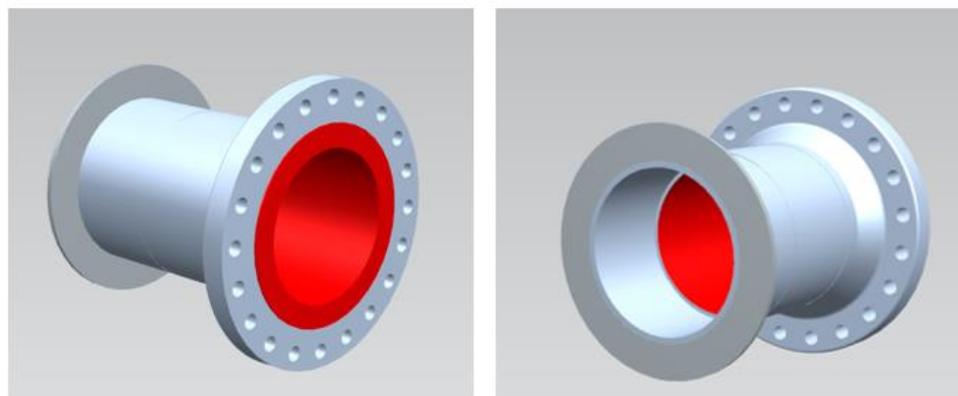


Figura 5.58.- Tubuladura formada por una brida, un tubo y un refuerzo

También se han incluido actividades que hasta el momento no se contemplaban en el archivo de “Generadores de coste” pero que sí que se introducirán en TeamCenter Manufacturing y que por tanto deben constar en este archivo. Las nuevas actividades introducidas han sido:

- Chorreado y pintura. Esta operación se realiza en prácticamente todos los equipos fabricados por la empresa. No se encontraba en el archivo de “Generadores de coste” porque es una actividad que se subcontrata. Sin embargo, se incluye, ya que la actividad se desarrolla en las instalaciones de la empresa, por lo que se desea que sea también objeto de control.
- Transporte al puerto de Avilés. Esta actividad no siempre es realizada por la empresa. Sin embargo, hay ocasiones en las que la realiza.
- Todas las operaciones de los procesos de la fase ingeniería, ya que hasta ese momento no se controlaban por códigos y tiempos como las actividades de fabricación. Para ello, se han creado las actividades correspondientes a reuniones de lanzamiento, requisición de materiales, elaboración de planos, revisiones, acopios, despieces, y elaboración de cálculos, dossier de soldadura y plan de pruebas e inspección. A estas operaciones relacionadas con la oficina se les asignó otra codificación distinta a las operaciones de fabricación, que no estaba basada en distribuciones dimensionales, sino en un sistema de siglas que hacía más sencilla la relación entre una operación de oficina y su código. Todos los códigos de estas actividades van precedidos de las letras “OT”, señalando que pertenecen a “Oficina Técnica”, haciendo así más ágil e intuitiva su identificación. Un ejemplo de esto sería el código asignado a la operación “Acopio de chapas y fondos”, que resultó “OTA001”. Existen ciertas actividades de oficina que poseen numeración y revisiones, como acopios, despieces, planos y cálculos. Por ilustrar esto con un ejemplo, a la elaboración de la revisión 1 de un plano de placa de características (que supone el quinto plano del proyecto) se le asignó un código OTP051. Otras actividades, sin embargo, no son de esa índole, como la creación de modelo 3D o la reunión de lanzamiento del proyecto. A los códigos de este segundo grupo de actividades se les añadieron tres dígitos de acuerdo con su prioridad, ya que debían poseer tres dígitos numéricos como tres últimos caracteres de acuerdo con el sistema de dotación de prioridad descrito en el subapartado 5.1.11. Un ejemplo de ello es la reunión de lanzamiento, cuyo código resultó OTI000.

A continuación, se añadieron los tiempos estimados a cada operación. Esto se realiza con el consejo y sugerencias del experto de métodos y tiempos de la empresa, que es quien posee el *know-how* y experiencia necesarios para realizar dicha estimación. También se añade, para cada operación, los recursos de maquinaria y recursos humanos necesarios para llevarla a cabo.

Una vez implementados todos estos cambios y comentados estos aspectos, se posee la base de datos que servirá como reflejo para la creación de las plantillas a nivel de operación, y que sigue el índice expuesto en la Tabla 5.4. Una muestra de la base de datos compuesta se refleja en la Tabla 5.7. En esta muestra, se muestran todas las familias existentes, según su distribución dimensional, del elemento “Cono”, con todas las operaciones existentes por familia y el código, tiempo y recursos necesarios para cada una de ellas.

Familia	Dimensiones	Operación	Código	Tiempo (h)	Recurso de maquinaria necesario	Recurso humano necesario	Cantidad necesaria de recurso humano
1	Conos L<2000 mm, #<50 mm	CONFORMADO DE SECTORES	41110	18	PRENSA	OPERARIO DE PRENSA	2
	Conos L<2000 mm, #<50 mm	TRAZADO, CORTE, BISELADO Y ARMADO	42110	90	CALDERERIA	CALDERERO	2
	Conos L<2000 mm, #<50 mm	SOLDADURA MANUAL	43110	28	SOLDADURA MANUAL	SOLDADOR MANUAL	2
	Conos L<2000 mm, #<50 mm	RESTAURACION PLACADO	44100	16	SOLDADURA MANUAL	SOLDADOR MANUAL	2
2	Conos L<2000 mm, #>50 mm	CONFORMADO DE SECTORES	41120	18	PRENSA	OPERARIO DE PRENSA	2
	Conos L<2000 mm, #>50 mm	TRAZADO, CORTE, BISELADO Y ARMADO	42120	90	CALDERERIA	CALDERERO	2
	Conos L<2000 mm, #>50 mm	SOLDADURA MANUAL	43120	28	SOLDADURA MANUAL	SOLDADOR MANUAL	2
	Conos L<2000 mm, #>50 mm	RESTAURACION PLACADO	44100	16	SOLDADURA MANUAL	SOLDADOR MANUAL	2
3	Conos L>2000 mm, #<50 mm	CONFORMADO DE SECTORES	41210	22	PRENSA	OPERARIO DE PRENSA	2
	Conos L>2000 mm, #<50 mm	TRAZADO, CORTE, BISELADO Y ARMADO	42210	90	CALDERERIA	CALDERERO	2
	Conos L>2000 mm, #<50 mm	SOLDADURA MANUAL	43210	36	SOLDADURA MANUAL	SOLDADOR MANUAL	2
	Conos L>2000 mm, #<50 mm	RESTAURACION PLACADO	44200	22	SOLDADURA MANUAL	SOLDADOR MANUAL	2
4	Conos L>2000 mm, #>50 mm	CONFORMADO DE SECTORES	41220	22	PRENSA	OPERARIO DE PRENSA	2
	Conos L>2000 mm, #>50 mm	TRAZADO, CORTE, BISELADO Y ARMADO	42220	90	CALDERERIA	CALDERERO	2
	Conos L>2000 mm, #>50 mm	SOLDADURA MANUAL	43220	36	SOLDADURA MANUAL	SOLDADOR MANUAL	2
	Conos L>2000 mm, #>50 mm	RESTAURACION PLACADO	44200	22	SOLDADURA MANUAL	SOLDADOR MANUAL	2

Tabla 5.7.- Muestra de la base de datos creada, del elemento “cono”

5.3.3.- Creación de plantillas a nivel de operación

Tal y como se explicó, la creación de plantillas a nivel de operación en TeamCenter Manufacturing será un reflejo directo de la base de datos creada, conteniendo las operaciones listadas con sus códigos, tiempos y recursos humanos y de maquinaria.

Para la creación de una plantilla a nivel de operación de un proceso en TeamCenter Manufacturing, se debe crear dicho proceso en un BOP. En él, se incluyen las operaciones de las que consta ese proceso y que se listan en la base de datos creada. A su vez, en estas operaciones, se incluyen los recursos necesarios para llevarlas a cabo y el tiempo y código asignados por la base de datos.

En el caso de que un equipo comparta la mayor parte del proceso con la plantilla, pero difiera de esta en ciertos aspectos, el protocolo a seguir será adoptar la plantilla y modificar los procesos y/u operaciones pertinentes sobre el BOP del equipo en cuestión. Esto tenderá a ser más cómodo que crear de nuevo todos los procesos que eran comunes entre el equipo y la plantilla, ya que estos procesos provenientes de la plantilla traerán consigo sus respectivas operaciones y recursos.

El aspecto del tiempo se introduce en la pestaña “Tiempo” del BOP, como se comentó en el capítulo anterior. En esta pestaña, se introduce tanto el código asociado a la operación como el tiempo de duración de esta, información proporcionada por la base de datos creada. El código asignado supone el campo “ERP code” del archivo *Work order table* de exportación de ese equipo, mientras que el tiempo se corresponde con el campo “Estimated time”, tal y como se aprecia en el Anexo II y en la Figura 5.1.

Se refleja un ejemplo de lo descrito en la Figura 5.59. También es en esta pestaña donde se asigna la frecuencia de cada operación. Este parámetro tendrá el valor de la unidad por defecto. Sin embargo, existirán operaciones en las que variará. Es el caso de la fabricación de virolas cuya chapa se recibe en dos partes. En este caso, ciertas operaciones como la propia soldadura se realizarán dos veces, y por tanto poseerán una frecuencia de valor 2.

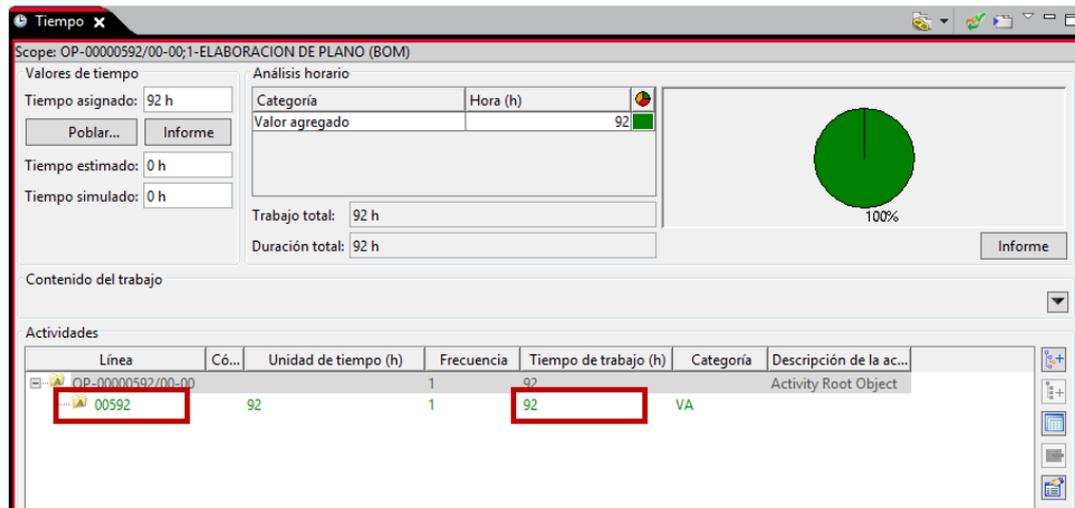


Figura 5.59.- Asignación de código a una operación en la pestaña “Tiempo”

Por tanto, cualquier actividad que se desee introducir en TeamCenter Manufacturing ha de identificarse con un código de la base de datos creada. Si se diese la situación en el futuro en la que se realice una actividad no contemplada hasta ahora en la base de datos y que por ende no posea código, se creará un código y tiempo estimado para dicha operación y se incluirá este registro en la base de datos.

Según los procedimientos descritos a lo largo de todo este capítulo, existirán tantas plantillas de un proceso como número de familias existan del elemento que traten. Es decir, de acuerdo con la información reflejada en Tabla 5.6, existirán 18 plantillas referidas al proceso “Fabricación de Virola”, una por cada familia. En la Figura 5.60 se aprecia la plantilla del proceso de fabricación de una de las familias de virolas. Cabe destacar también que cada plantilla de proceso a nivel de operación cuenta con su PERT asociado que determina la secuencia de dichas operaciones. Para el ejemplo de plantilla de la Figura 5.60, se crea el PERT reflejado en la Figura 5.61.



Figura 5.60.- Plantilla de fabricación de una familia de virolas según base de datos

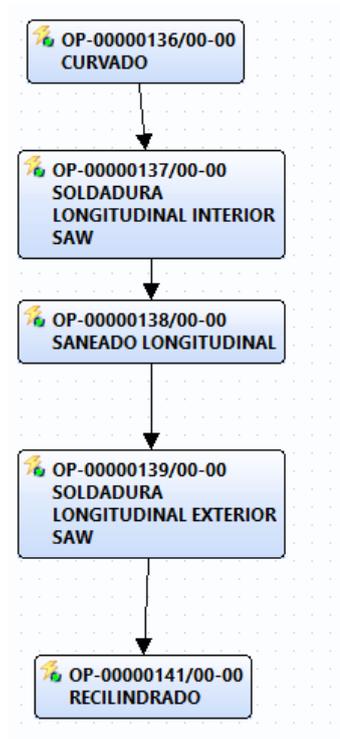


Figura 5.61.- Diagrama PERT de las operaciones de fabricación de una familia de virolas

No obstante, existen procesos en los que no hay una distribución dimensional establecida según el elemento al que se apliquen. Por ejemplo, el proceso referido a la

inspección final de un equipo (Figura 5.62). Para estos procesos, al no existir familias de elementos para el mismo, se creará una única plantilla.

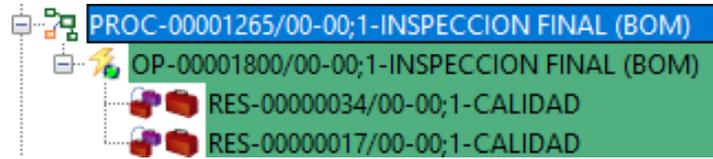


Figura 5.62.- Plantilla creada del proceso “Inspección Final”

En la Figura 5.63, se pueden observar las plantillas en TeamCenter Manufacturing de proceso a nivel de operación correspondientes a la muestra de la base de datos de Tabla 5.7.



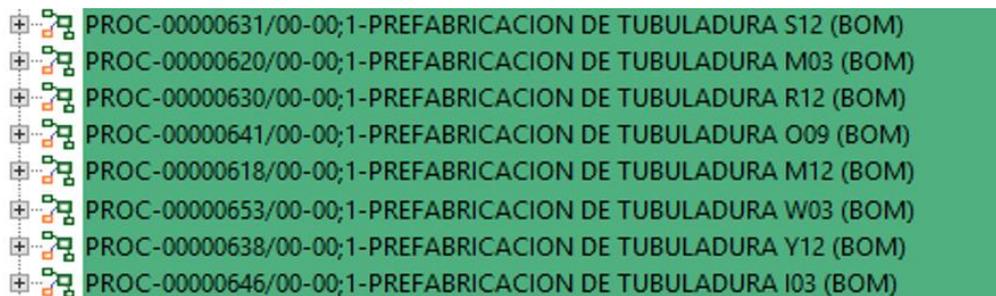
Figura 5.63.- Plantillas de fabricación de las familias de conos establecidas en la base de datos

En total, teniendo en cuenta todas las familias planteadas y todos los procesos abarcados en el subapartado 5.3.1, resultan 189 plantillas de procesos, con un total de 680 operaciones. Estas plantillas han sido creadas con los recursos, los tiempos y los códigos designados por la base de datos.

Una cuestión interesante que señalar es la dinámica con la que se aborda la prefabricación e instalación de tubuladuras. Tal y como se indicó con anterioridad, las tubuladuras son el elemento más complejo por abordar, dada su amplia variedad de tipologías y tamaños. Tal y como se refleja en Tabla 5.7, resultaron 36 familias de tubuladuras según su prefabricación y 18 familias según su instalación. La dinámica acordada consiste en contemplar la prefabricación de manera individual en la planificación y contemplar la instalación por familias y tramo. Es decir, para la prefabricación de cada

tubuladura se creará un proceso distinto (Figura 5.64), mientras que los procesos de instalación de dichas tubuladuras al equipo tendrán tantos procesos como familias y tramos en los que se instalen tubuladuras (Figura 5.65).

Cada uno de los procesos de la Figura 5.64 se ha creado a partir de la plantilla correspondiente a la prefabricación de la familia de tubuladuras a la que perteneciera cada una de ellas en cada caso.



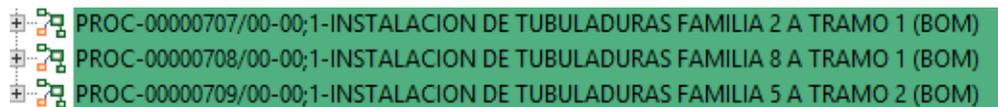
+	PROC-00000631/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA S12 (BOM)
+	PROC-00000620/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA M03 (BOM)
+	PROC-00000630/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA R12 (BOM)
+	PROC-00000641/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA O09 (BOM)
+	PROC-00000618/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA M12 (BOM)
+	PROC-00000653/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA W03 (BOM)
+	PROC-00000638/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA Y12 (BOM)
+	PROC-00000646/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA I03 (BOM)

Figura 5.64.- Procesos de prefabricación de tubuladuras individuales

Con el objetivo de ilustrar esta cuestión con un ejemplo, se supone el caso de la Figura 5.64 y la clasificación reflejada en Tabla 5.8. En este caso, de acuerdo con lo explicado, se crearán tres procesos de instalación de tubuladuras (Figura 5.65). Con el fin de mantener la coherencia en los tiempos asignados a cada proceso, cabe señalar que, en cada una de las operaciones de los procesos de instalación de tubuladuras, se deberá señalar un número en la variable frecuencia de la pestaña “Tiempo” correspondiente al número de tubuladuras de esa familia que se instala en ese tramo. En el ejemplo descrito en la Tabla 5.8 y en la Figura 5.65, la frecuencia de las operaciones del proceso “Instalación de tubuladuras Familia 5 a Tramo 2” poseerán una frecuencia de 3, tal y como se refleja en la Figura 5.66.

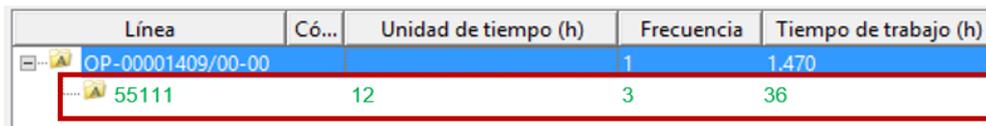
Tubuladura	Familia a la que pertenecen según instalación	Tramo en el que es instalada
S12	2	1
M03	8	1
R12	2	1
O09	2	1
M12	8	1
W03	5	2
Y12	5	2
I03	5	2

Tabla 5.8.- Clasificación de tubuladuras para la ilustración de un ejemplo



PROC-00000707/00-00;1-INSTALACION DE TUBULADURAS FAMILIA 2 A TRAMO 1 (BOM)
PROC-00000708/00-00;1-INSTALACION DE TUBULADURAS FAMILIA 8 A TRAMO 1 (BOM)
PROC-00000709/00-00;1-INSTALACION DE TUBULADURAS FAMILIA 5 A TRAMO 2 (BOM)

Figura 5.65.- Procesos de instalación de tubuladuras para la ilustración de un ejemplo



Línea	Cód...	Unidad de tiempo (h)	Frecuencia	Tiempo de trabajo (h)
OP-00001409/00-00			1	1.470
55111		12	3	36

Figura 5.66.- Ejemplo de asignación de frecuencia a una operación de instalación de tubuladuras

En primera instancia, este protocolo puede resultar incoherente, ya que se está entrando a un nivel de detalle correspondiente a la unidad en la prefabricación, pero no en la instalación. Sin embargo, se ha decidido así dada la naturaleza de las operaciones, ya que en el caso de la prefabricación el elemento central es la tubuladura en su unidad y en el caso de la instalación el elemento central es la virola o envolvente en la que se esté instalando. Sin embargo, no se descarta modificar este protocolo en el futuro si con el uso de la herramienta se percibe la necesidad de hacerlo.

Según los procedimientos descritos, a la hora de introducir la fabricación de un elemento concreto, ya existirá una plantilla que se ajuste a sus dimensiones y que ya tenga asociados los tiempos correspondientes. Esto se realiza con el objetivo de, en primer lugar, proporcionar un uso más cómodo y ágil de la herramienta, disminuyendo el tiempo de trabajo dedicado a este aspecto. En segundo lugar, también se desea evitar en la medida de lo posible un error humano. Al poseer las plantillas por familia, se evita el paso de introducir los códigos y tiempos asociados a las operaciones de dicha familia.

Cabe señalar que, a pesar de que estas plantillas son las usualmente empleadas para la realización de los equipos, esto no excluye que en una situación determinada se utilicen otros recursos para realizar dichas operaciones, si así lo piden las circunstancias. Por ejemplo, aunque en la plantilla por defecto se asocie “Curvadora Nave 1” a la operación “Curvado”, esto no excluye que a determinadas operaciones de esta índole se asocie “Curvadora Nave 2” si así lo requiere la situación. De la misma manera, la plantilla del proceso “Fabricación de Virola” incluye la operación “Restauración de Placado Longitudinal Banda/Electroescoria”. Sin embargo, no todas las virolas requieren esta operación, ya que no todas las virolas cuentan con placado. En ese caso, se añadirá la plantilla y se eliminará la operación no necesaria. Tampoco se descarta modificar las plantillas en sí en el futuro, si lo que antes era considerado excepcional se vuelve frecuente o al contrario.

De la misma manera, los tiempos asignados por plantillas a los procesos con los que se trabaje están sujetos a ser modificados, ya que es probable que se observe en el futuro que algunos de los procesos no se ajusten al tiempo asignado. Esto puede ocurrir especialmente con procesos con código único, como “Chorro y Pintura” o “Instalación de Elementos Internos”. Al no disponer de varios códigos según dimensiones de equipo, estos procesos pueden suponer relevantes variaciones respecto a los tiempos de plantilla.

Para el control de tiempos mencionado anteriormente, este fenómeno se contempla, y se crea un protocolo para ello. Posteriormente a la definición de la fabricación de un equipo en TeamCenter Manufacturing, el experto en planificación, métodos y tiempos de la empresa analizará, modificará y aprobará los tiempos establecidos previamente a la planificación de estos.

Además, para realizar un control eficiente de los tiempos, se propone crear informes de los cambios realizados en esta revisión, con el objetivo de un análisis estadístico posterior que en el futuro haga modificar las plantillas creadas ajustándolas a la realidad con más precisión. Un ejemplo de informe que refleje estos cambios es el representado en la Tabla 5.9. En esta tabla se aprecian, listadas, las operaciones que han sido modificadas respecto a la plantilla que adoptaron. En este caso, se aprecia en un equipo un cambio en un proceso de fabricación de fondo debido a que poseía más gajos de los contemplados en plantilla; y de otro equipo un proceso de chorreado y pintura que se acorta debido al tamaño del equipo, especialmente pequeño. Estos cambios serán agrupados, monitorizados y analizados.

Se establecerá un periodo de revisión, de manera que se realice un análisis estadístico en dicha revisión, en el que se reflejen las operaciones que han sufrido más cambios respecto a plantilla y cuál es la tendencia de estos cambios. Dependiendo de los resultados de este análisis y de la naturaleza de la operación en cuestión, se realizarán los cambios oportunos en las plantillas. Se plantea, incluso, modificar las distribuciones dimensionales de los elementos si así se requiere.

Equipo	Revisión	Fecha	Código de operación modificada	Nombre de operación	Proceso	Tiempo según plantilla (h)	Tiempo asignado (h)	Comentarios
2/1168-100	1	05/05/2021	31111	CONFORMADO DE CALOTA	FABRICACIÓN DE FONDO F01	3	5	El fondo estaba compuesto por 10 gajos y la plantilla contiene tiempos basados en un número de gajos menor
2/1168-100	1	05/05/2021	31221	CONFORMADO DE GAJOS	FABRICACIÓN DE FONDO F01	5	8	
2/1168-100	1	05/05/2021	32111	TRAZADO, CORTE Y BISELADO DE CALOTA	FABRICACIÓN DE FONDO F01	2	3	
2/1168-100	1	05/05/2021	32221	TRAZADO, CORTE Y BISELADO DE GAJOS	FABRICACIÓN DE FONDO F01	1	4	
2/1168-100	1	05/05/2021	33111	ARMADO DE CALOTA	FABRICACIÓN DE FONDO F01	1	2	
2/1168-100	1	05/05/2021	33221	ARMADO DE GAJOS	FABRICACIÓN DE FONDO F01	1	2	
2/1168-100	1	05/05/2021	33311	ARMADO DE CALOTA-GAJOS	FABRICACIÓN DE FONDO F01	2	3	
2/1168-100	1	05/05/2021	34111	SOLDADURA MANUAL CALOTA	FABRICACIÓN DE FONDO F01	2	4	
2/1168-100	1	05/05/2021	34221	SOLDADURA MANUAL GAJOS	FABRICACIÓN DE FONDO F01	3	5	
2/1168-100	1	05/05/2021	34311	SOLDADURA MANUAL CALOTA-GAJOS	FABRICACIÓN DE FONDO F01	4	5	
2/1168-100	1	05/05/2021	35110	RESTAURACION PLACADO CALOTA	FABRICACIÓN DE FONDO F01	2	5	
2/1168-100	1	05/05/2021	35220	RESTAURACION PLACADO GAJOS	FABRICACIÓN DE FONDO F01	1	5	
2/1168-100	1	05/05/2021	35310	RESTAURACION PLACADO CALOTA-GAJOS	FABRICACIÓN DE FONDO F01	1	3	
2/1191-100	2	05/05/2021	90309	CHORREADO Y PINTURA	CHORREADO Y PINTURA	4	2	El equipo es especialmente pequeño por lo que el tiempo de chorreado y pintura disminuye respecto al de la plantilla

Tabla 5.9.- Ejemplo de informe de cambios de tiempos previo a la exportación de TeamCenter Manufacturing

5.3.4.- Creación de plantillas a nivel de proceso

Una vez creadas todas las plantillas de procesos individualmente, se desea agrupar dichos procesos siguiendo el objetivo de un manejo más cómodo y ágil por parte de usuario.

En primera instancia, se plantea generar grupos correspondientes a los procesos relacionados con:

- Ingeniería del proyecto: Esto abarcaría todos los procesos relacionados con planos, revisiones, despieces, acopios, cálculos, etc.
- Recepción de material: Comprendería todas las actividades de recepción.
- Fabricación del equipo: Corresponde con las actividades de fabricación *per se*.
- Trabajos finales: Tratamientos, pruebas, inspecciones, actividades relacionadas con transporte, etc.

Sin embargo, si bien es cierto que los procesos de fabricación de los equipos siguen esta estructura, no se consideró óptima esta manera de agrupar los procesos. Esto es debido a que estas fases no se suceden entre sí de manera exactamente consecutiva, como el esquema de la Figura 5.67, sino que hay ciertos procesos de cada fase que se relacionan de manera distinta con los procesos de distinta fase, como se refleja en el esquema de la Figura 5.68.

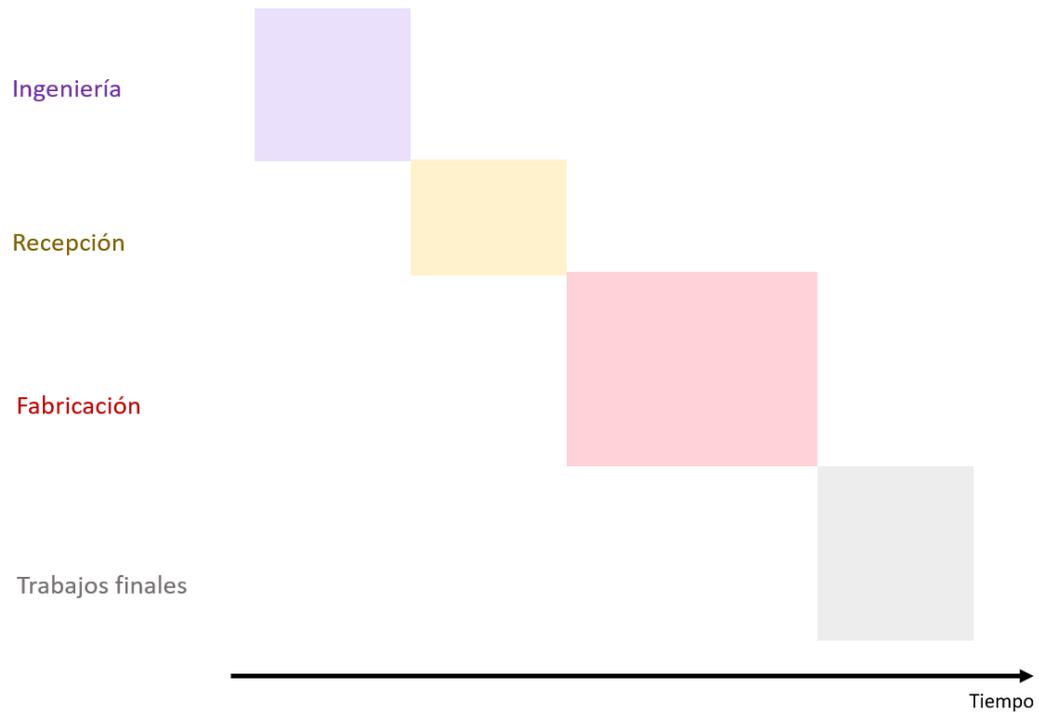


Figura 5.67.- Secuenciación consecutiva de las fases de creación del equipo, que no se adecúa exactamente a la realidad

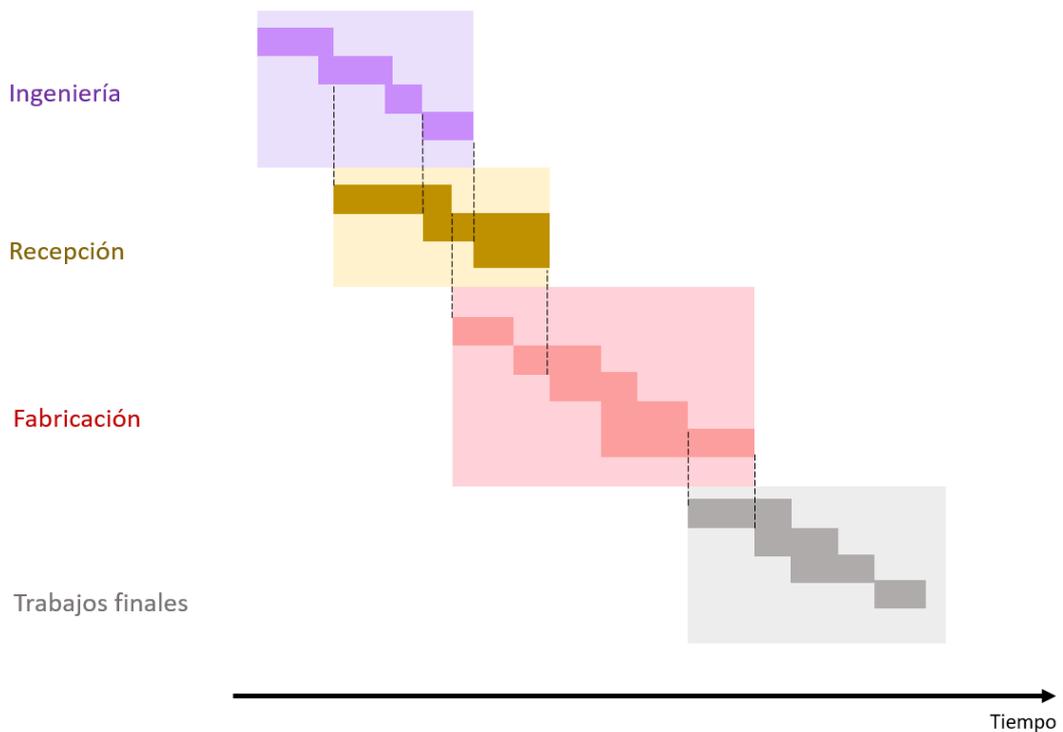


Figura 5.68.- Esquema orientativo de la naturaleza de secuenciación de las fases de creación de un equipo

A la vista de esta figura, se hace evidente que las relaciones entre los procesos y la secuenciación es compleja. Es algo que ya se tenía en cuenta, considerando los PERT creados en las pruebas (Figura 5.7). Por tanto, para mantener la posibilidad de crear relaciones entre procesos pertenecientes a distintas fases, se decide entonces crear plantillas a nivel de proceso correspondiente a la creación de un equipo completo, de manera que los procesos correspondientes a fases distintas se puedan interrelacionar.

En primer lugar, se distinguen dos tipos de equipos: equipos horizontales y equipos verticales. Estas dos plantillas son similares, con la salvedad de que en la plantilla del equipo vertical se involucran elementos propios de los mismos como faldones, anillos base y plantillas para el anillo base.

Las plantillas de equipo vertical y equipo horizontal se crearon con un número estándar de virolas. Sin embargo, se pretende que, una vez adoptada la plantilla, se añadan o eliminen virolas en cada caso. Esto será lo habitual, ya que cada equipo posee un número diferente de tubuladuras, elementos internos, externos, etc. Por tanto, será los procesos relativos a la fabricación en sí los que más disten entre unos equipos y otros y los que más se modificarán respecto a la plantilla.

No obstante, los procesos relacionados con la fase de ingeniería y la fase de trabajos finales serán muy similares entre unos equipos y otros, por lo que se espera que no existan numerosas modificaciones respecto a las plantillas de estos en el uso diario de las herramientas.

A la hora de crear plantillas a este nivel, una de las cuestiones que más desacuerdo ha generado y que ha sido más compleja de resolver ha sido la creación de relaciones entre los procesos de ingeniería. Los procesos de ingeniería comprenden:

- Procesos iniciales relacionados con la reunión de lanzamiento y la lectura de la documentación.
- Procesos relacionados con la creación y revisión de planos. Dentro de la actividad de la empresa, se pueden asociar hasta 14 tipos diferentes de planos a un equipo: plano general, plano de detalles, plano de tubuladuras, plano de entradas de hombre, plano de placa de características, plano de clips para tubuladuras, plano de plataformas, plano de escaleras, plano de clips para plataformas y escaleras, plano de soporte de

refractario, plano de internos soldados, plano de internos desmontables y plano de transporte. Cada uno conlleva un determinado número de revisiones, que suele ser alrededor de 4.

- Procesos correspondientes a cálculos. Los cálculos realizados suelen ser los correspondientes a los del equipo general, los de transporte los de izado, los de plataformas y escaleras y los de clips para tubuladuras. También suponen un determinado número de revisiones.
- Procesos de requisición de material. En estos procesos se definen las características de los materiales de los componentes según las especificaciones establecidas por el cliente. Se elaboran requisiciones de material de chapas, forjas, etc.
- Procesos relacionados con los despieces de los distintos elementos del equipo. Se realizan despieces de virolas, fondos, elementos internos, tubos, forjas, etc.
- Procesos de acopio. Estos procesos se corresponden con la agrupación de elementos según tamaño y material para optimizar su posterior compra.
- Procesos relacionados con la creación de ciertos documentos, como el plan de pruebas e inspección o el dossier de soldadura. También suponen un determinado número de revisiones.

El resultado de la reunión de todos estos conceptos en un BOP da lugar a más de un centenar de procesos, con complejas relaciones entre sí. Las pautas seguidas para crear estas relaciones han sido:

- El primer proceso que realizar será la reunión de lanzamiento, precedido por la lectura de documentación, las primeras requisiciones de material y el comienzo de los cálculos. Después de la lectura de la documentación, se crea el modelo 3D. Una vez existe este modelo, se realiza el plano general. Estos procesos se corresponden con los de inicio de proyecto de la Figura 5.69.

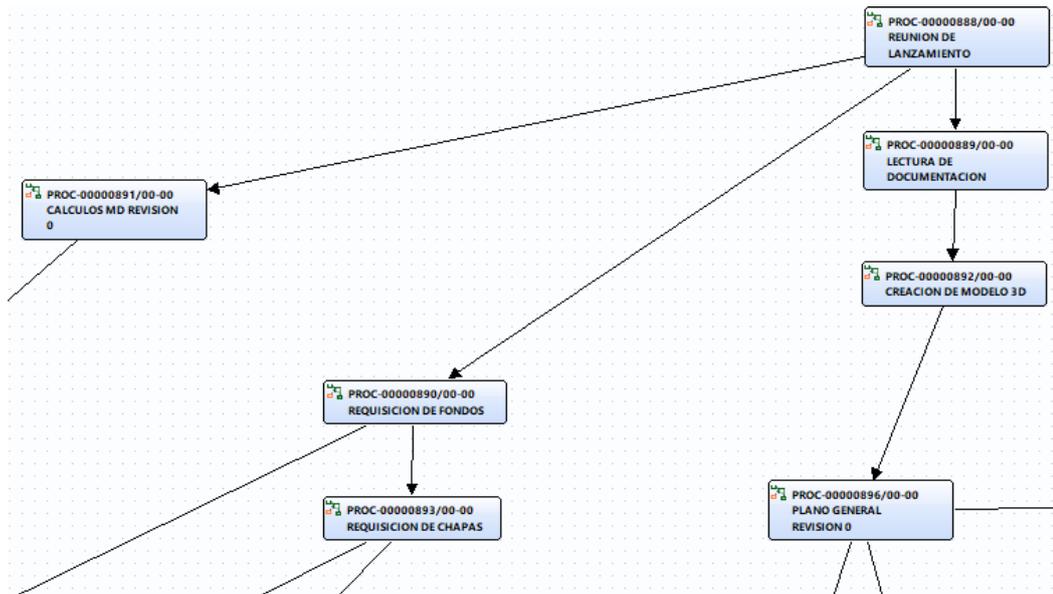


Figura 5.69.- Primeros procesos de la fase de ingeniería en la plantilla

- Tras la revisión 0 del plano general suceden los siguientes planos más importantes: el de tubuladuras y el de entradas de hombre. De la revisión 1 del plano general, por su parte, sale la realización del resto de planos.
- Los cálculos se realizan de manera paralela a la realización de sus respectivos planos.
- El orden de realización de los procesos relacionados con acopio y con despiece dependerá del material en cuestión. Por ejemplo, para las chapas, se realiza primero un acopio y luego un despiece, al contrario que ocurre con las forjas.
- Se crearán procesos que marcarán el inicio de la fabricación o involucración de las distintas partes del equipo en un proceso (Figura 5.70). Esto da lugar a determinados procesos, que tendrán una duración simbólica y que se corresponderán con la aprobación del inicio de esa parte de la fabricación. Estos procesos de inicio además facilitarán la creación de relaciones entre los procesos en el PERT. Estarán asociados a un recurso creado al efecto, llamado “Planificador” que corresponde con el responsable de planificación. A estos procesos de inicio les precederá las recepciones del material, acopios y despieces correspondientes y la elaboración de los planos y cálculos que apliquen en cada caso. La elaboración del documento de Dossier de Soldadura es un requisito indispensable para comenzar la fabricación, ya que estipula las condiciones de soldadura a aplicar, siendo este el proceso tecnológico de

fabricación más relevante dentro de los involucrados. Por ello, su creación también precederá a estos procesos de inicio.

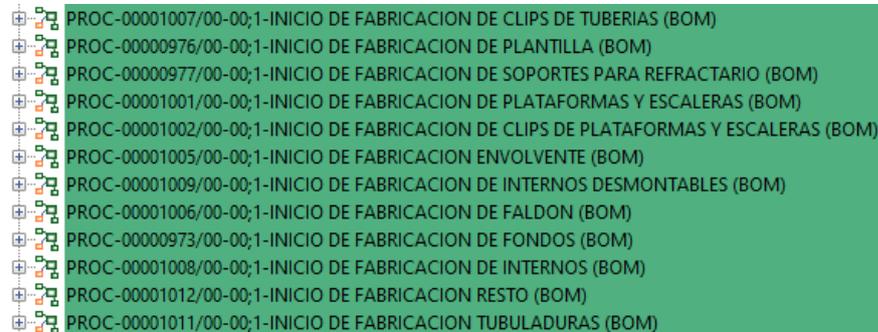


Figura 5.70.- Procesos de inicio de fabricación de distintas partes del equipo en la plantilla

Siguiendo estas pautas, resulta un PERT de los procesos de ingeniería considerablemente complejo. En la Figura 5.71 se aprecia una miniatura representativa del mismo. Se aprecia en esta figura que los procesos creados de “inicio de fabricación” mencionados facilitan la tarea de creación de relaciones, tanto conceptual como visualmente.

Por último, en lo relativo a la fase de ingeniería, se ha creado el recurso “Ingeniero”, asignado a los procesos de requisición de materiales y a los procesos de inicio del proyecto.

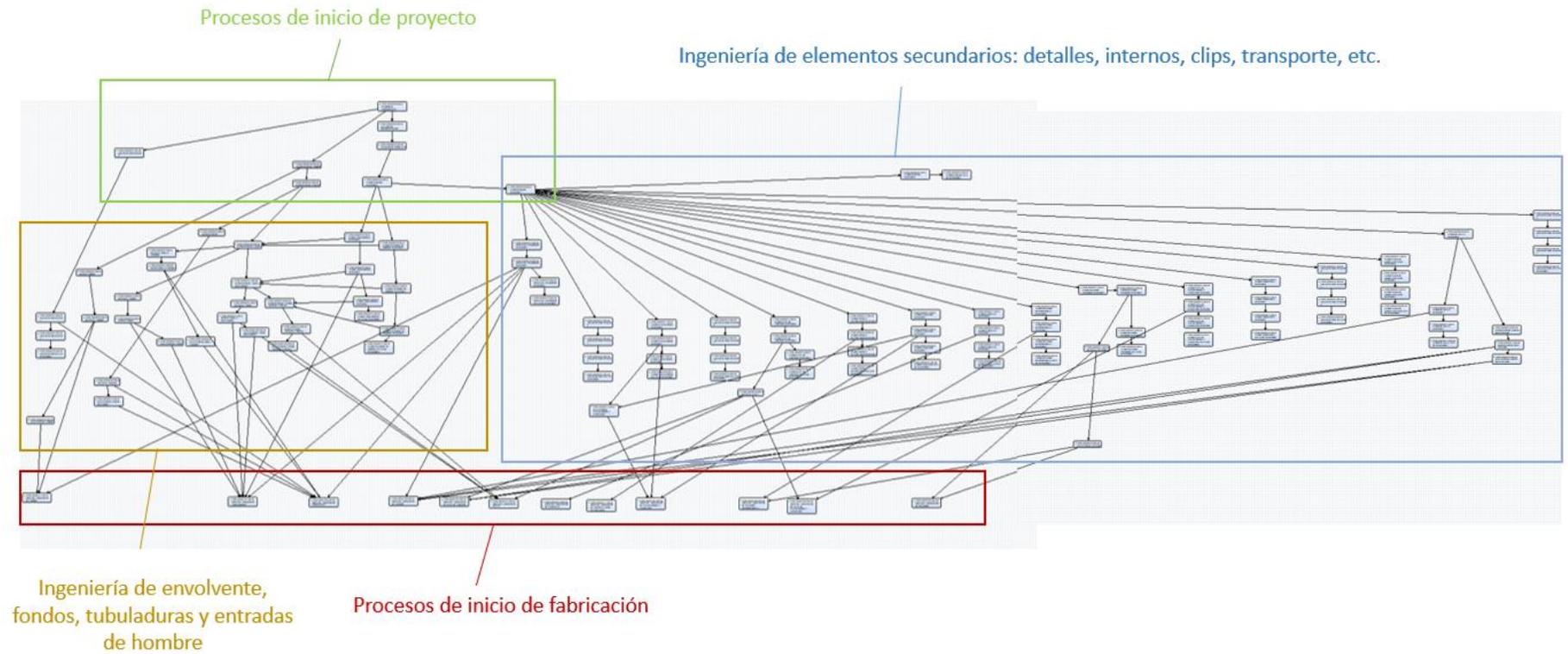


Figura 5.71.- Miniatura del PERT obtenido con los procesos de ingeniería en la plantilla

Los procesos relacionados con la recepción de material, por su parte, se corresponderán con los diferentes pedidos que se realicen, que además suelen corresponderse con:

- Recepción de chapas biseladas. En este pedido suelen recibirse las chapas cortadas y biseladas que servirán de materia prima para la fabricación de virolas que conforman la envolvente
- Recepción de chapas biseladas no a presión. Se reciben las chapas biseladas correspondientes al faldón, en el caso de los equipos verticales.
- Recepción de fondos. Se reciben los fondos conformados o las partes que se utilizarán para fabricarlos.
- Recepción de tubos y accesorios.
- Recepción de forjas.
- Recepción de pernos, tuercas y juntas.
- Recepción de anillo forjado, en el caso de que el equipo cuente con alguno.
- Recepción de internos.
- Recepción de plataformas y escaleras.

Estos procesos de recepción se corresponden con un equipo general. Sin embargo, cabe la posibilidad de que se creen nuevas recepciones de material o se eliminen las que no procedan, si un equipo concreto así lo precisa.

Los procesos de recepción se asocian al proceso de “Inicio de fabricación” correspondiente. Por ejemplo, la recepción de fondos precede al proceso “Inicio de fabricación de fondos”.

Tal y como se comentó en apartados anteriores, la recepción de elementos secundarios como tubos, bridas, elementos externos y elementos internos se agrupa en un solo proceso en cada caso, ya que desde un primer momento no se tiene constancia de los campos Plano y Posición de cada elemento y se utilizará un único representante de cada grupo para planificar la recepción de todos.

La siguiente fase por plantear es la fase de fabricación en sí misma. La fase de fabricación se divide según los procesos de “Inicio de fabricación” descritos en la fase de ingeniería. Es decir, la fabricación de la envolvente sucede al proceso de inicio de fabricación de envolvente, la fabricación de tubuladuras sucede al proceso de inicio de fabricación de

A pesar de que cada proceso de inicio de fabricación marque una fase dentro del proceso completo, las fases de fabricación se entremezclan aguas abajo. Un ejemplo de esto es el mostrado en la Figura 5.73. En esta figura se observa cómo las fases de fabricación de envolvente y de tubuladuras convergen en procesos relativos a instalación de tubuladuras en la envolvente.

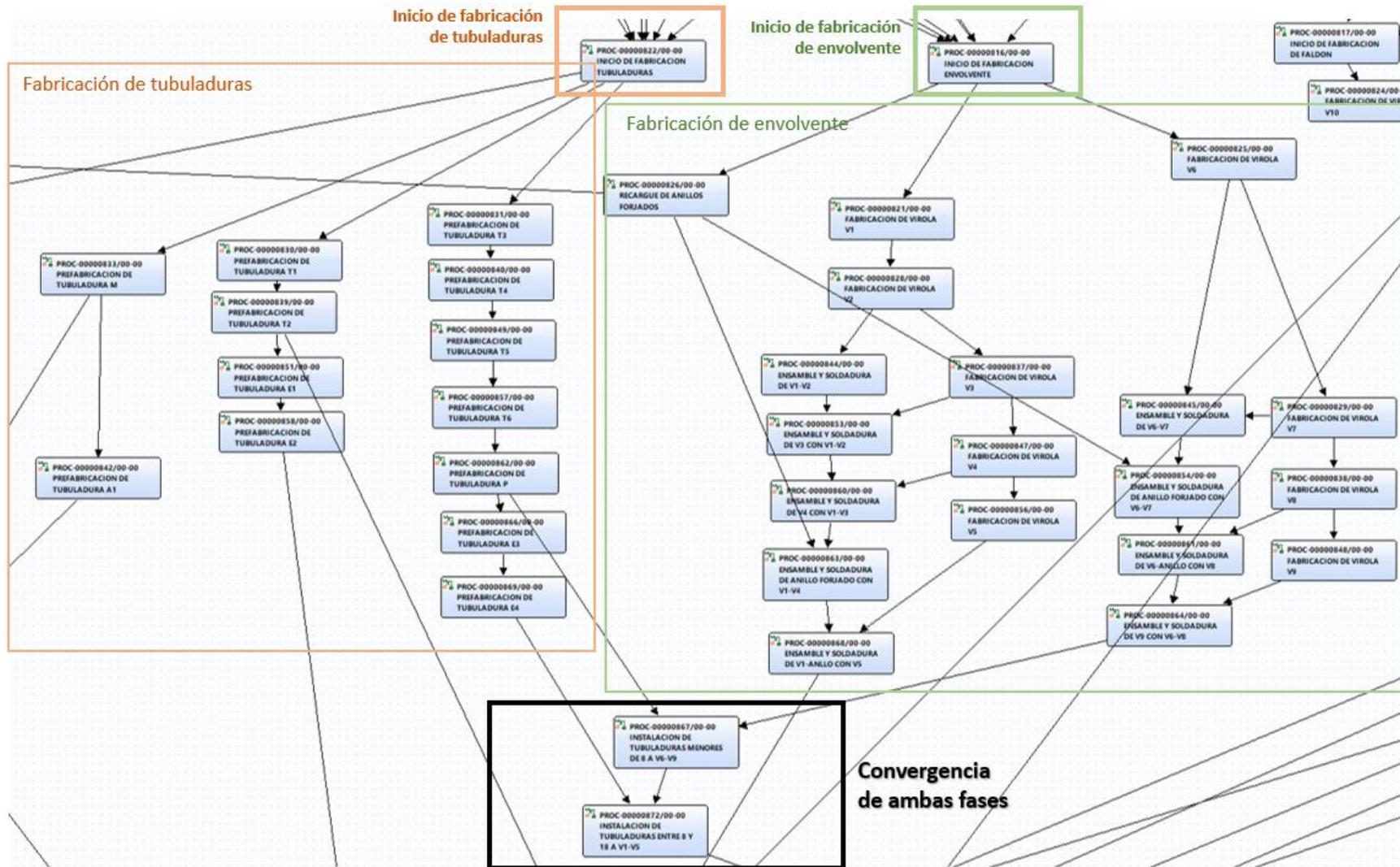


Figura 5.73.- Ejemplo de convergencia de fases de fabricación en la plantilla

Una vez definida la fase de fabricación, se crea la última fase de la plantilla, correspondiente a los trabajos finales. Esta es la fase más sencilla, ya que corresponde al punto donde converge todas las fases de fabricación. Se establecen en plantilla los procesos que se aprecian en la Figura 5.74.

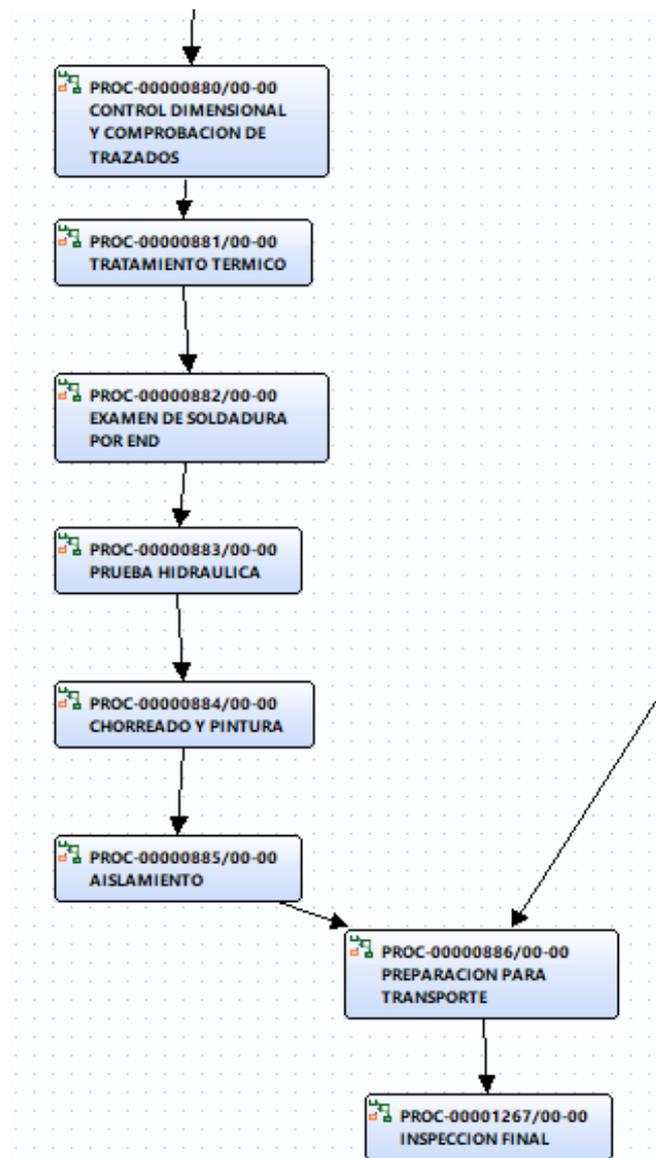


Figura 5.74.- Modelo PERT de la fase de trabajos finales de la plantilla

Con la minuciosa creación de estas plantillas se pretende que el usuario haga las mínimas modificaciones sobre plantilla en el futuro, de manera que se facilite enormemente su tarea.

5.3.5.- Protocolo de exportación

Los protocolos de exportación creados se basan en el flujo de trabajo creado por la empresa distribuidora para la exportación de los archivos `.csv` correspondientes para su posterior importación en Preactor, de acuerdo con las indicaciones dadas en las pruebas iniciales. Este flujo recibe el nombre de “Send to PREACTOR”. Se detallan a continuación las pautas imprescindibles a seguir en TeamCenter Manufacturing para una correcta exportación de la información, de acuerdo con las observaciones realizadas en las pruebas de importación y exportación y las necesidades estipuladas por todas las partes involucradas:

- En el caso de que se precise la fabricación de varias unidades de un mismo equipo, se deberá introducir este aspecto al inicio de su introducción en TeamCenter Manufacturing (Figura 5.75), ya que es un aspecto que no es posible modificar a posteriori.

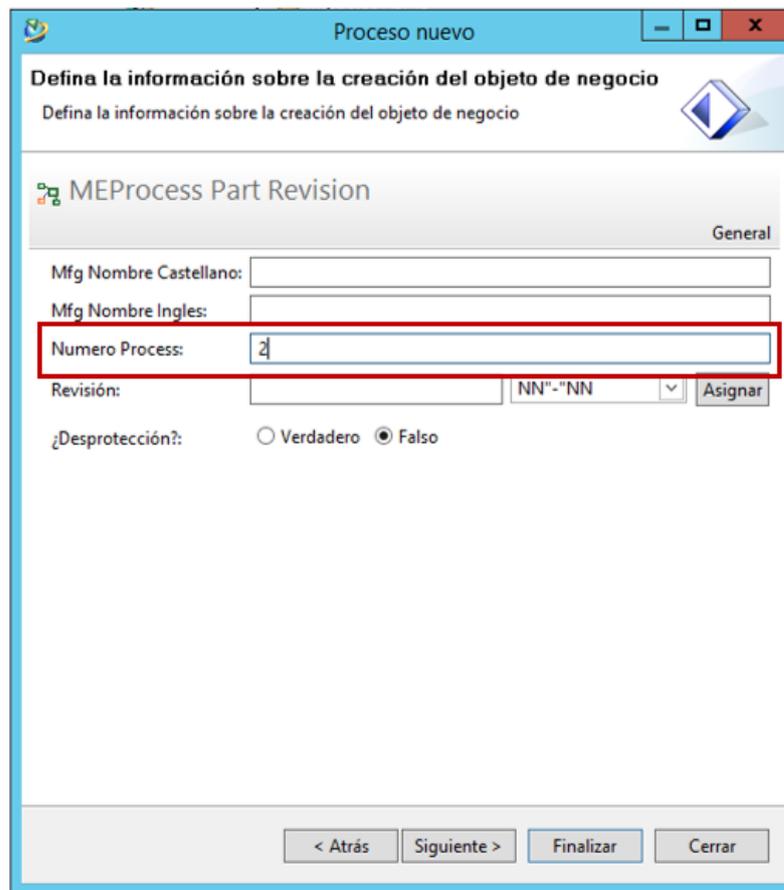


Figura 5.75.- Indicación de la fabricación de 2 equipos idénticos a partir del mismo BOP en la ventana de creación del BOP

- Todos los procesos deben poseer el campo “Descripción de la rev” cumplimentado de manera correcta. Este campo en el proceso del primer nivel deberá contener el número de equipo, ya que será el posterior campo “Product” en el fichero .csv de exportación. En los procesos del segundo nivel, este campo deberá ser cumplimentado con el nombre del proceso en cuestión. Es vital para un posterior correcto funcionamiento en Preactor que este nombre sea único dentro del mismo BOP. Un ejemplo de una correcta cumplimentación de este requisito es el ilustrado en la Figura 5.76. Para una mejor revisión de este aspecto, cabe destacar la posibilidad de exportación de las columnas del BOP a un archivo Excel.

Linea de BOM	Descripción de la rev
PROC-0000305/00-00;1-2/1191-100 (BOM)	2/1191-100
PROC-0000306/00-00;1-PLANOS (BOM)	PLANOS
PROC-0000307/00-00;1-RECEPCION DE FONDO F1 (BOM)	RECEPCION DE FONDO F1
PROC-0000308/00-00;1-RECEPCION DE CHAPA BISELADA V1 (BOM)	RECEPCION DE CHAPA BISELADA V1
PROC-0000310/00-00;1-ENSAMBLE Y SOLDADO DE V1-V2-F1 (BOM)	ENSAMBLE Y SOLDADO DE V1-V2-F1
PROC-0000332/00-00;1-FABRICACION DE VIROLA V1 (BOM)	FABRICACION DE VIROLA V1
PROC-0000408/00-00;1-RECEPCION DE CHAPA BISELADA V2 (BOM)	RECEPCION DE CHAPA BISELADA V2
PROC-0000409/00-00;1-FABRICACION DE VIROLA V2 (BOM)	FABRICACION DE VIROLA V2
PROC-0000410/00-00;1-DESPIECES (BOM)	DESPIECES
PROC-0000411/00-00;1-ENSAMBLE Y SOLDADO DE VIROLAS V1-V2 (BOM)	ENSAMBLE Y SOLDADO DE VIROLAS V1-V2
PROC-0000412/00-00;1-REVISION DE PLANOS (BOM)	REVISION DE PLANOS
PROC-0000413/00-00;1-DISEÑO MECANICO (BOM)	DISEÑO MECANICO
PROC-0000414/00-00;1-REVISION DE DISEÑO MECANICO (BOM)	REVISION DE DISEÑO MECANICO
PROC-0000415/00-00;1-DOSIER DE SOLDADURA (BOM)	DOSIER DE SOLDADURA
PROC-0000416/00-00;1-REVISION DE DOSIER DE SOLDADURA (BOM)	REVISION DE DOSIER DE SOLDADURA
PROC-0000417/00-00;1-PLAN DE PRUEBAS E INSPECCION (BOM)	PLAN DE PRUEBAS E INSPECCION
PROC-0000418/00-00;1-REVISION DE PLAN DE PRUEBAS E INSPECCION (BOM)	REVISION DE PLAN DE PRUEBAS E INSPECCION
PROC-0000363/00-00;1-PRUEBA HIDRAULICA (BOM)	PRUEBA HIDRAULICA
PROC-0000365/00-00;1-INSPECCION VISUAL DE SOLDADURA (BOM)	INSPECCION VISUAL DE SOLDADURA
PROC-0000366/00-00;1-CONTROL DIMENSIONAL Y COMPROBACION DE TRAZADOS (BOM)	CONTROL DIMENSIONAL Y COMPROBACION DE TRAZADOS
PROC-0000367/00-00;1-PREPARACION PARA TRANSPORTE (BOM)	PREPARACION PARA TRANSPORTE

Figura 5.76.- Campo “Descripción de la rev” correctamente cumplimentado en el BOP

- Todas las operaciones deberán tener asociado un código de actividad y su respectiva duración estimada en la pestaña “Tiempo” (Figura 4.8).
- Todas las operaciones deberán tener asociado un recurso máquina y un recurso humano tal y como se destaca en color rojo en la Figura 5.77, exceptuando las operaciones de recepción, que como se mencionó con anterioridad solo contarán con un recurso humano de “Operario Externo”, tal y como se destaca con color amarillo en la Figura 5.77.

Línea de BOM	Plano	Posición	Tipo de ítem
PROC-00000291/00-00;1-2/1173-400 (BOM)			MEProcess Part
PROC-00000304/00-00;1-PLANOS (BOM)			MEProcess Part
OP-00000592/00-00;1-ELABORACION DE PLANO (BOM)			Office Activity
RES-00000007/00-00;1-PROYECTISTA			Human Resource
RES-00000041/00-00;1-PROYECTISTA			Machine Resource
PROC-00000302/00-00;1-RECEPCION DE CHAPA BISELADA V2 (BOM)			MEProcess Part
OP-00000593/00-00;1-RECEPCION DE CHAPA BISELADA V2 (BOM)			Workshop Activity
RES-00000024/00-00;1-OPERARIO EXTERNO			Human Resource
00009807/00-00;1-V2 VIOLA x 1	2/1173-401	V2	Fabricación
00009881/00-00;1-CONO x 2	2/1173-401	Notas emp...	Fabricación
PROC-00000311/00-00;1-RECEPCION DE FORJA (BOM)			MEProcess Part
OP-00000607/00-00;1-RECEPCION DE FORJA (BOM)			Workshop Activity
RES-00000024/00-00;1-OPERARIO EXTERNO			Human Resource
C0001679/01;1-BRIDA WN RF 6" SchXS 600# S/ASME B16.5 x 1	2/1173-404	B03	Comercial
PROC-00000303/00-00;1-FABRICACION DE VIOLA (BOM)			MEProcess Part
OP-00000577/00-00;3-CURVADO (BOM)			Workshop Activity
RES-00000013/00-00;1-OPERARIO DE LA CURVADORA x 2			Human Resource
RES-00000016/00-00;2-CURVADORA			Machine Resource
OP-00000578/00-00;1-ARMADO (BOM)			Workshop Activity
RES-00000010/00-00;1-CALDERERO (BOM)			Human Resource
RES-00000021/00-00;1-ENSAMBLADOR			Machine Resource
OP-00000579/00-00;1-RECILINDRADO (BOM)			Workshop Activity
RES-00000013/00-00;1-OPERARIO DE LA CURVADORA			Human Resource
RES-00000016/00-00;2-CURVADORA			Machine Resource
OP-00000580/00-00;1-SOLDADURA LONGITUDINAL INTERIOR SAW (BOM)			Workshop Activity
RES-00000012/00-00;1-SOLDADOR SAW			Human Resource
RES-00000017/00-00;3-MAQUINA SAW LONGITUDINAL INTERIOR			Machine Resource
OP-00000581/00-00;1-SANEADO LONGITUDINAL (BOM)			Workshop Activity
RES-00000011/00-00;3-SOLDADOR MANUAL (BOM)			Human Resource
RES-00000047/00-00;1-SOLDADURA MANUAL			Machine Resource
OP-00000582/00-00;1-SOLDADURA LONGITUDINAL EXTERIOR SAW (BOM)			Workshop Activity
RES-00000012/00-00;1-SOLDADOR SAW			Human Resource
RES-00000033/00-00;1-MAQUINA SAW LONGITUDINAL EXTERIOR			Machine Resource

Figura 5.77.- Operaciones en BOP con los recursos correctamente asociados

- Todos los recursos materiales involucrados en el BOP deben tener cumplimentados los campos de “Plano” y “Posición” (Figura 5.78), ya que será la combinación de estos la que posteriormente formará el campo “Mandatory part number” del fichero de exportación. Aunque se indica este requisito como esencial, no es un campo que el planificador pueda editar. Este campo tendrá que ser correctamente cumplimentado por el proyectista o responsable de ingeniería que introduzca los ítems de estos recursos materiales en el entorno de TeamCenter.
- No debe existir ningún proceso anidado en un nivel 3 del BOP.

Línea de BOM /	Descripción de la rev	Plano	Posición
PROC-00000305/00-00;1-2/1191-100 (BOM)	2/1191-100		
PROC-00000306/00-00;1-PLANOS (BOM)	2/1191-101_PLANOS		
PROC-00000307/00-00;1-RECEPCION DE FONDO F1 (BOM)	2/1191-101_RECEPCION DE FONDO F1		
PROC-00000308/00-00;1-RECEPCION DE CHAPA BISELADA V1 (BOM)	2/1191-101_RECEPCION DE CHAPA BISELADA V1		
OP-00000600/00-00;1-RECEPCION DE CHAPA BISELADA V1 (BOM)			
00012766/00-00;1-V1 x 1	VIROLA	2/1191-101	V01
RES-00000024/00-00;1-OPERARIO EXTERNO			
PROC-00000310/00-00;1-ENSAMBLE Y SOLDADO DE V1-V2-F1 (BOM)	2/1191-101_ENSAMBLE Y SOLDADO DE V1-V2-F1		
OP-00000601/00-00;1-ENSAMBLES (BOM)			
RES-00000010/00-00;1-CALDERERO (BOM)			
RES-00000021/00-00;1-ENSAMBLADOR			

Figura 5.78.- Campos “Plano” y “Posición” y recursos humanos y de maquinaria asignados correctamente en el BOP

Una vez cumplidos estos requisitos esenciales, el proceso de exportación se llevará a cabo a nivel de BOP, a través de la opción “Nuevo Proceso del flujo de trabajo”, en el que seleccionaremos la plantilla de proceso “Send To PREACTOR” (Figura 5.79) creada por la empresa distribuidora conforme a lo acordado previamente.

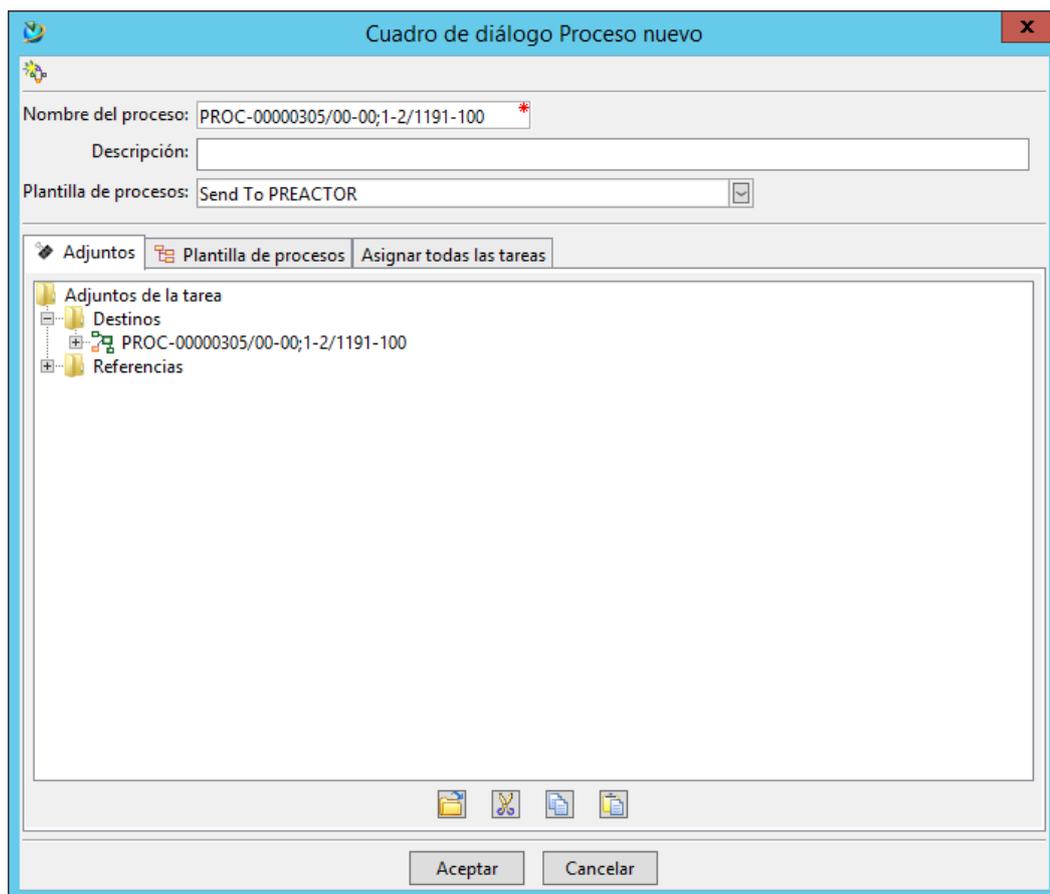


Figura 5.79.- Cuadro de diálogo para la exportación de archivos desde TeamCenter Manufacturing

Al lanzar este proceso de exportación de manera correcta se crearán los dos archivos .csv (*Work order table* y BOM) en la ubicación pertinente, correspondientes a la exportación del BOP en cuestión.

5.4.- PRIMER USO REAL DE TEAMCENTER MANUFACTURING

Para aplicar el desarrollo realizado hasta ahora, se pretende introducir un equipo de manera completa en el sistema de TeamCenter Manufacturing. Este desarrollo, además, muestra de manera didáctica cómo es la introducción de un equipo de la índole de la empresa en el entorno creado, representando así lo que se pretende que sea su uso en el futuro.

Se escoge un proyecto que consta de un *HDT Reactor*. Como breve contexto, esta orden es un pedido muy reciente cuyo cliente es una multinacional energética y petroquímica española. Se puede apreciar un modelo 3D de este equipo en las Figura 5.80.

Se detallará la fabricación de este equipo, con el objetivo de proporcionar una visión clara de los procesos posteriormente introducidos en el BOP. A lo largo de este apartado se hará evidente que es imprescindible un conocimiento exhaustivo del equipo a fabricar para poder definir y comprender su secuencia de fabricación.

5.4.1.- Descripción del equipo

Este *HDT Reactor* se trata de un equipo cilíndrico, de unos 2600 milímetros de diámetro y 35 metros de largo. Su modelo 3D se aprecia en la Figura 5.80. Consta de 11 virolas, de las cuales 2 conforman el faldón. También cuenta con los dos fondos correspondientes. Una de las virolas que constituyen el faldón se conforma a partir de dos partes, a las que se les denomina con letras. El fondo inferior posee un anillo forjado soldado al mismo. A su vez, el equipo posee dos anillos forjados más colocados a lo largo de su envolvente.

El equipo tendrá instaladas 16 tubuladuras, repartidas entre sus dos fondos y las virolas. Además, siguiendo los cálculos del diseño mecánico, el equipo contará con

elementos externos como anillos de aislamiento (Figura 5.81), que también se distribuyen por todo el equipo.



Figura 5.80.- Modelo 3D del equipo *HDT Reactor* de la primera orden introducida

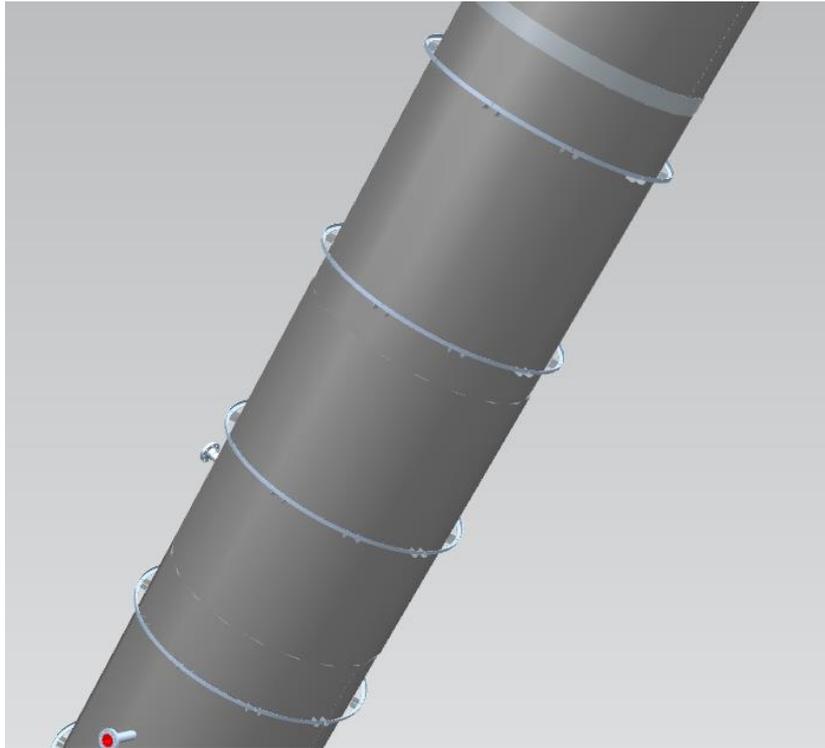


Figura 5.81.- Modelo 3D de detalle de anillos de aislamiento en el *HDT Reactor*

Por otro lado, el equipo posee elementos internos soldados (Figura 5.82). Después, el faldón del equipo posee sus propios accesorios: anillo de aislamiento, accesos a faldón, venteos y el anillo base. Estos se aprecian en la Figura 5.83.

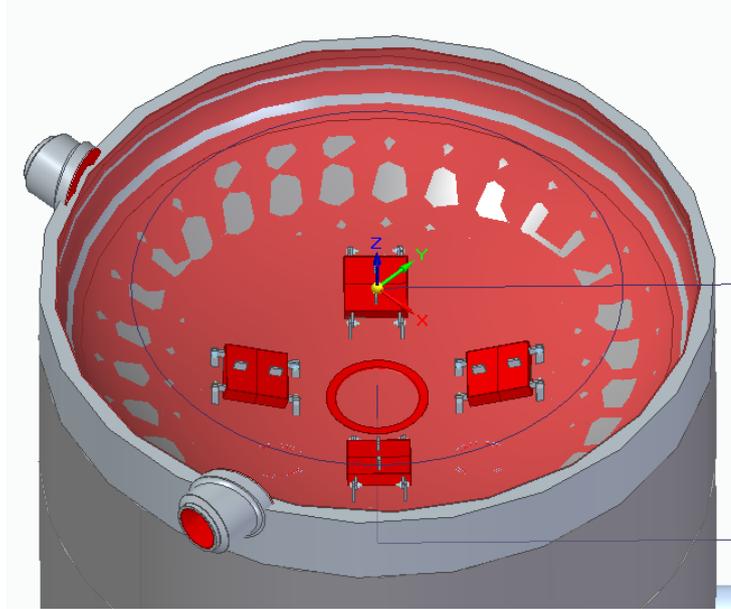


Figura 5.82.- Modelo 3D de internos soldados a equipo

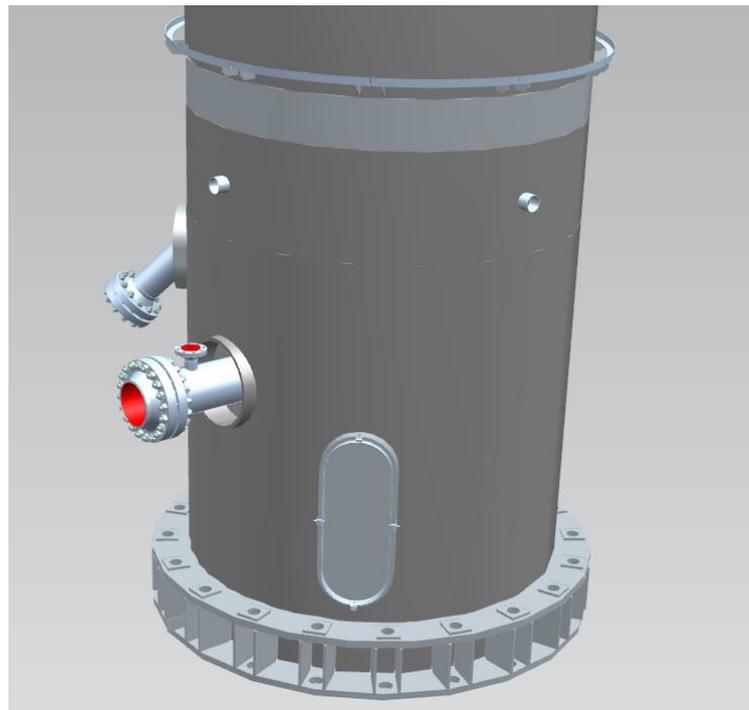


Figura 5.83.- Modelo 3D de faldón con detalles

5.4.2.- Creación de la secuencia de fabricación

Una vez descrito este equipo, se introduce su secuencia de fabricación en TeamCenter Manufacturing. Siguiendo las pautas ya descritas, se crearán los procesos principales a partir de las plantillas ya creadas.

En primer lugar, se adopta la plantilla correspondiente a un equipo vertical. Esta plantilla, tal y como de describió en apartados anteriores, posee numerosos procesos. Algunos de estos procesos no aplican a este equipo, como es el caso de los procesos relativos a soportes para refractario, o a plataformas y escaleras, ya que este equipo no cuenta con estos elementos. Estos procesos sencillamente son eliminados de la estructura del BOP.

En lo relativo a la fase de ingeniería no se realizan modificaciones respecto a la plantilla descrita en el apartado anterior, a excepción de la eliminación de los procesos mencionados que no aplicaban a este equipo.

Por otro lado, Las recepciones resultantes descritas creadas en TeamCenter Manufacturing se aprecian en la Figura 5.84.



Figura 5.84.- Procesos de recepción de material en el primer equipo introducido

Una vez definidas las fases correspondientes a ingeniería y recepción de material se introduce la fase de fabricación, la cual constituye el grueso del proceso completo.

En primer lugar, se crean los procesos de prefabricación de tubuladuras. Como se mencionó, el equipo contiene 16 tubuladuras. Tal y como se ejemplificó en el apartado anterior, las tubuladuras de este equipo se agrupan según tipo y grupo dimensional, de manera que las tubuladuras del mismo grupo se prefabricarán con las mismas operaciones, con los mismos códigos y tiempos. En la Tabla 5.10, se muestran los grupos existentes en este equipo según las familias de prefabricación a la que pertenecen (siguiendo tipos de tubuladura descritos en el apartado 5.3 y distribuciones dimensionales del Anexo III):

Familia de prefabricación de tubuladura	Tipo de tubuladura según componentes	Dimensiones	Nombre de tubuladuras
5	1	$\varnothing 8" \div 18"$ #Sch 40÷100	A1 E1* E2* E3* E4* E5* E6*
6	1	$\varnothing > 18"$ #Sch 40÷100	M*
7	1	$\varnothing < 8"$ #Sch > 100	T1 T2 T3 T4 T5 T6 P B*

Tabla 5.10.- Clasificación de tubuladuras en la prefabricación del primer equipo introducido

El asterisco (*) indicado en algunas tubuladuras denota que, aunque esas tubuladuras se adaptan al tipo de tubuladura según componentes asignado, poseen más elementos que los hace no adaptarse completamente a la plantilla creada para su familia. En estos casos, tal y como se describió con anterioridad, se adoptará la plantilla y posteriormente se añadirán las operaciones correspondientes a esos elementos particulares de la tubuladura. Para ilustrar esta situación con un ejemplo, se observa el ejemplo de la Figura 5.85, que muestra la prefabricación de la tubuladura E5. Se observa que, partiendo de la prefabricación de una tubuladura formada únicamente por un tubo y una brida, se han añadido la operación relativa a la tapa ciega que esta tubuladura posee (Figura 5.86).

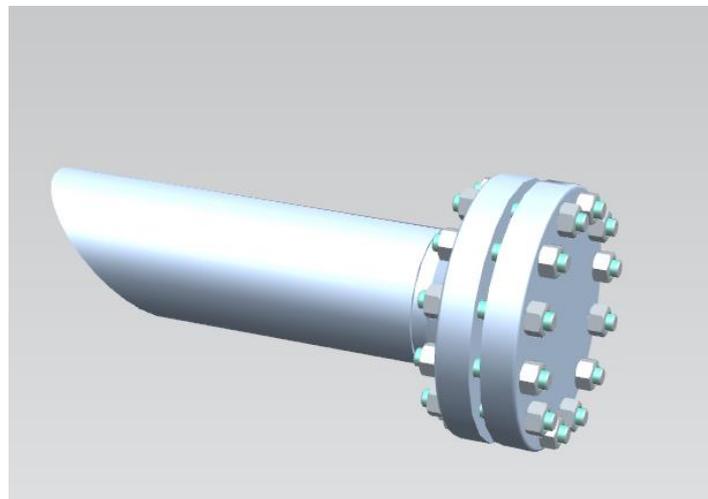


Figura 5.85.- Modelo 3D de tubuladura ejemplo que no se adapta completamente a la plantilla

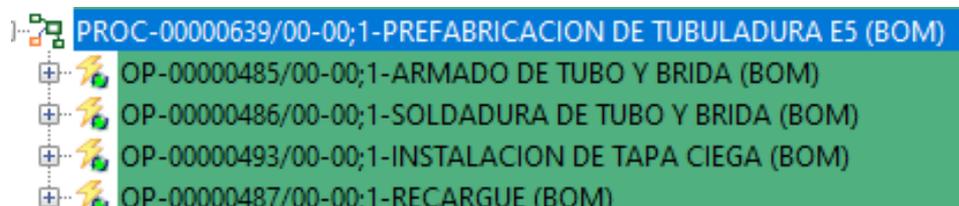
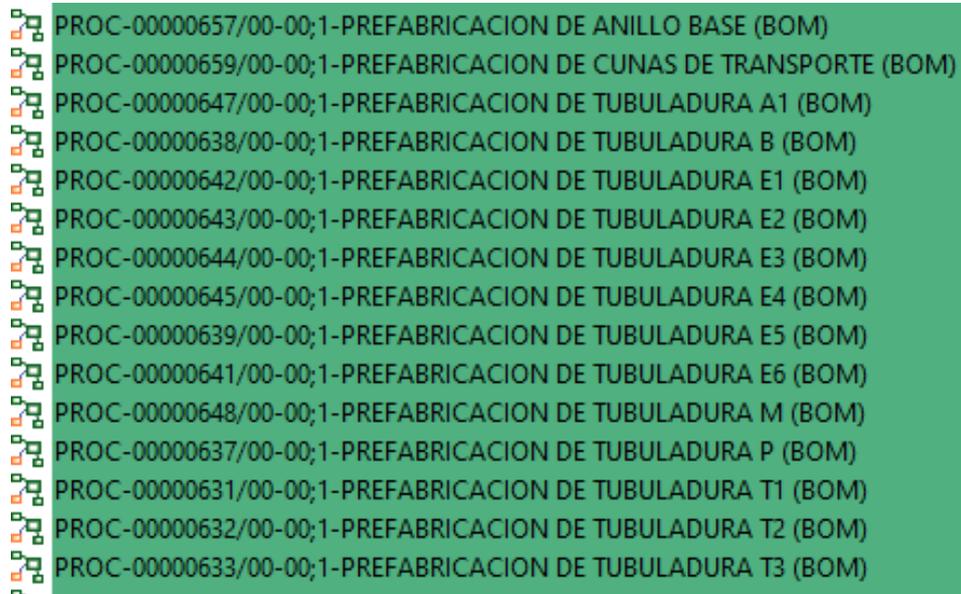


Figura 5.86.- Ejemplo de prefabricación de tubuladura que no se adapta completamente a la plantilla

Teniendo esto último en consideración, se crean todos los procesos correspondientes a la prefabricación de tubuladuras del equipo. A estas actividades de prefabricación de

tubuladuras se añaden también el resto de los procesos relacionados con la prefabricación de otros elementos: la prefabricación del anillo base y la prefabricación de las cunas de transporte, tal y como se muestra en la Figura 5.87. Estos procesos también poseen su plantilla correspondiente que ha sido adoptada para añadirlos al BOP.



PROC-00000657/00-00;1-PREFABRICACION DE ANILLO BASE (BOM)
PROC-00000659/00-00;1-PREFABRICACION DE CUNAS DE TRANSPORTE (BOM)
PROC-00000647/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA A1 (BOM)
PROC-00000638/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA B (BOM)
PROC-00000642/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA E1 (BOM)
PROC-00000643/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA E2 (BOM)
PROC-00000644/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA E3 (BOM)
PROC-00000645/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA E4 (BOM)
PROC-00000639/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA E5 (BOM)
PROC-00000641/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA E6 (BOM)
PROC-00000648/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA M (BOM)
PROC-00000637/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA P (BOM)
PROC-00000631/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA T1 (BOM)
PROC-00000632/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA T2 (BOM)
PROC-00000633/00-00;1-PREFABRICACION DE TUBULADURA T3 (BOM)

Figura 5.87.- Procesos de prefabricación en el BOP del primer equipo introducido

El siguiente paso por introducir es la fabricación de las virolas. Para ello, al igual que con las tubuladuras, es necesario identificar la familia a la que pertenecen. Siguiendo de nuevo la distribución dimensional comentada y mostrada en el Anexo III, se obtiene la clasificación de virolas de la Tabla 5.11.

Familia de fabricación de virola	Dimensiones	Nombre de virola
7	\varnothing 2500 ÷ 5000 mm Ancho < 2000 mm # < 40 mm	V10*
10	\varnothing 2500 ÷ 5000 mm Ancho > 2000 mm # < 40 mm	V11*
11	\varnothing 2500 ÷ 5000 mm Ancho > 2000 mm # 40 ÷ 80 mm	V1 V2 V3 V4 V5 V6 V7 V8 V9

Tabla 5.11.- Clasificación de virolas del primer equipo introducido por dimensiones

El asterisco (*) marcado en la Tabla 5.11 en algunas virolas indica que esas virolas no se ajustan completamente a la plantilla a la que se asocian por su número de familia. Esto ocurre porque estas dos virolas no poseen placado, mientras que en la plantilla se tiene en cuenta una operación de restauración de placado. Para estas dos virolas sencillamente se elimina la operación de placado una vez adoptada la plantilla.

La adecuación de las virolas a las plantillas correspondientes a la familia a la que pertenecen da lugar a sus respectivos procesos de fabricación en el BOP (Figura 5.88).

Familia de envolvente	Dimensiones	Unión
4	$\varnothing 2500 \div 5000 \text{ mm}$ $\# < 40 \text{ mm}$	V9-V10*
5	$\varnothing 2500 \div 5000 \text{ mm}$ $\# 40 \div 80 \text{ mm}$	V1-V2 V2-V3 V3-V4 V4-ANILLO ANILLO-V5 V5-V6 V6-V7 V7-ANILLO ANILLO-V8 F1-V1 V9-F2 V8-V9

Tabla 5.12.- Clasificación de envolventes del primer equipo introducido por dimensiones

De nuevo, el asterisco (*) indicado en la unión V9-V10 denota que, aunque esa envolvente adopta la plantilla correspondiente a la familia a la que pertenece, se ha de eliminar la operación de restauración de placado. Estos procesos de fabricación de envolventes se introducen en el BOP (Figura 5.89).



PROC-00000666/00-00;1-ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V9 CON V6-V8 (BOM)
PROC-00000681/00-00;1-ENMSABLE Y SOLDADURA DE V6-V9 CON F2-FALDON (BOM)
PROC-00000664/00-00;1-ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V6-V7 (BOM)
PROC-00000668/00-00;1-ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V6-ANILLO CON V8 (BOM)
PROC-00000662/00-00;1-ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V4 CON V1-V3 (BOM)
PROC-00000661/00-00;1-ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V3 CON V1-V2 (BOM)
PROC-00000677/00-00;1-ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V10-V11 (BOM)
PROC-00000660/00-00;1-ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V1-V2 (BOM)
PROC-00000667/00-00;1-ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V1-ANILLO CON V5 (BOM)
PROC-00000679/00-00;1-ENMSABLE Y SOLDADURA DE F2 CON FALDON (BOM)
PROC-00000673/00-00;1-ENSAMBLE Y SOLDADURA DE F2 CON ANILLO FORJADO (BOM)
PROC-00000682/00-00;1-ENMSABLE Y SOLDADURA DE F1-V5 CON V6-FALDON (BOM)
PROC-00000680/00-00;1-ENMSABLE Y SOLDADURA DE F1 CON V1-V5 (BOM)
PROC-00000665/00-00;1-ENSAMBLE Y SOLDADURA DE ANILLO FORJADO CON V6-V7 (BOM)
PROC-00000663/00-00;1-ENSAMBLE Y SOLDADURA DE ANILLO FORJADO CON V1-V4 (BOM)

Figura 5.89.- Procesos de creación de envolventes en el BOP del primer equipo introducido

A continuación, se clasifican las tubuladuras según su instalación, ya que será la instalación de tubuladuras el siguiente proceso a ser introducido en el BOP. Para ello, de nuevo se clasifican las tubuladuras en la Tabla 5.13.

Tramo en el que se instala	Familia de instalación de tubuladura	Dimensiones	Nombre de tubuladura
F1	15	Ø 8" ÷ 18"	A1
	18	Ø > 18"	M
V1-V5	12	Ø < 8"	T1 T2
	18	Ø 8" ÷ 18"	E1 E2
V6-V9	12	Ø < 8"	T3 T4 T5 T6 P
	15	Ø 8" ÷ 18"	E3 E4
F2	15	Ø 8" ÷ 18"	E5 E6 B

Tabla 5.13.- Clasificación de tubuladuras del primer equipo introducido según familias de instalación

A la vista de la tabla, existirán 7 procesos distintos de instalación de tubuladuras, cada uno haciendo referencia a un grupo dimensional dentro del mismo tramo. Estos 7 procesos se aprecian en Figura 5.90.

	PROC-00000656/00-00;1-INSTALACION DE TUBULADURAS MENORES DE 8 A V6-V9 (BOM)
	PROC-00000655/00-00;1-INSTALACION DE TUBULADURAS MENORES DE 8 A V6-V9 (BOM)
	PROC-00000651/00-00;1-INSTALACION DE TUBULADURAS MAYORES DE 18 A F1 (BOM)
	PROC-00000653/00-00;1-INSTALACION DE TUBULADURAS ENTRE 8 Y 18 A V1-V5 (BOM)
	PROC-00000652/00-00;1-INSTALACION DE TUBULADURAS ENTRE 8 Y 18 A V1-V5 (BOM)
	PROC-00000654/00-00;1-INSTALACION DE TUBULADURAS ENTRE 8 Y 18 A F2 (BOM)
	PROC-00000649/00-00;1-INSTALACION DE TUBULADURAS ENTRE 8 Y 18 A F1 (BOM)

Figura 5.90.- Procesos de instalación de tubuladuras en el BOP del primer equipo introducido

A continuación, se instalan los elementos internos y externos a cada tramo (Figura 5.91). Para algunos elementos, existen operaciones especializadas. Este es el caso de los anillos de aislamiento. Otros, en cambio, se identifican con operaciones de carácter general.

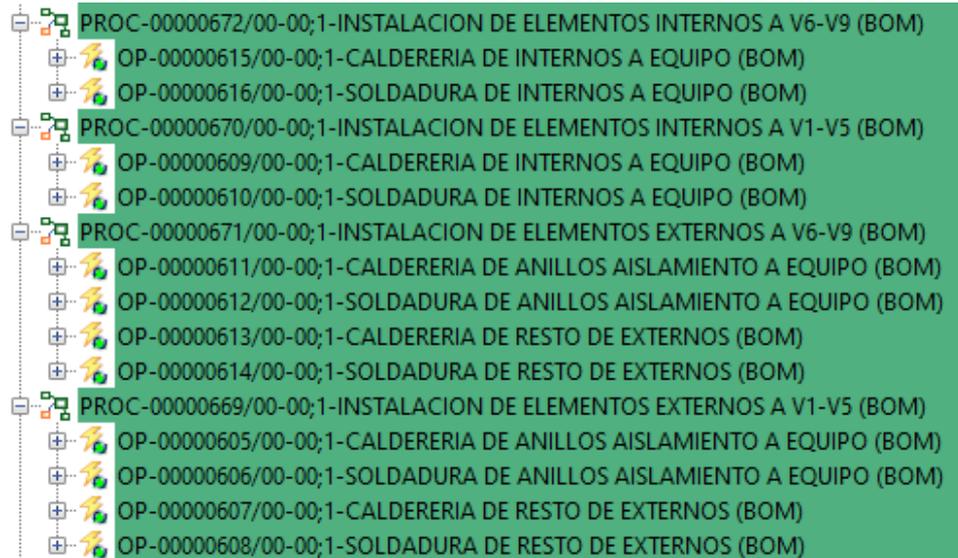


Figura 5.91.- Instalación de elementos internos y externos a cada tramo en el BOP del primer equipo introducido

Finalmente, se disponen los trabajos finales aplicados al equipo (Figura 5.92). Se observa, comparando la Figura 5.92 con la Figura 5.74 que en este caso los trabajos finales requeridos son exactamente los incluidos en la plantilla, por lo que no se ha realizado ninguna modificación tras adoptar la misma.

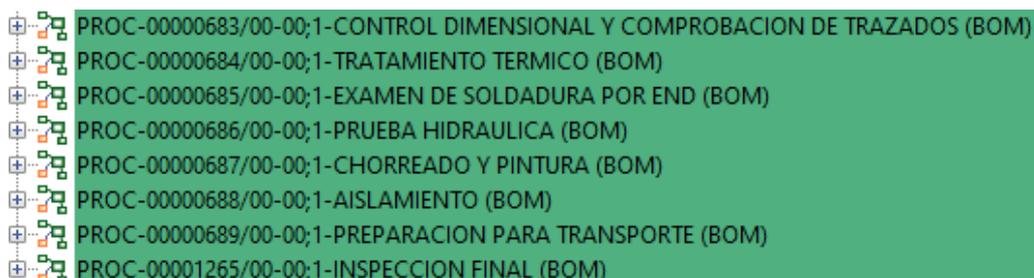


Figura 5.92.- Trabajos finales en el BOP del primer equipo introducido

Una vez se ha introducido la fabricación completa del equipo y se han cumplido las pautas estipuladas en el subapartado 5.3.5, se exporta el BOP obteniendo los dos ficheros .csv requeridos para su posterior importación a Preactor. Una muestra de estos ficheros se encuentra en el Anexo II.

5.5.- ESTABLECIMIENTO DE PROTOCOLOS EN PREACTOR

En este apartado se detallan y justifican los protocolos a seguir en el uso normal de la herramienta Preactor, desde la comunicación con las herramientas que lo complementan hasta la creación de planificación deseada.

5.5.1.- Importación de datos

Tal y como se explicó en apartados anteriores, la herramienta Preactor parte de datos que se importan a la misma desde distintas fuentes (Figura 4.20). El protocolo por seguir para la importación de datos se basa en los siguientes pasos:

- Importación de información a través de la opción habilitada para ello (Figura 5.93). Esto permite que Preactor recoja la información de los equipos de los cuales se haya exportado esos ficheros .csv, ya sea información actualizada de equipos previamente introducidos o equipos introducidos por primera vez. También importa las fechas de entrega de los equipos y la información de compras desde el ERP.



Figura 5.93.- Botón de importación de datos desde los .csv y ERP

- Actualización de avance de producción proveniente del ERP (Figura 5.94). Esta acción permite actualizar las fechas reales de inicio y fin de tareas. Estas fechas

pueden o no coincidir con las fechas que estimó Preactor. En el caso de no coincidir, Preactor ignora su estimación y utiliza los datos reales para la planificación.

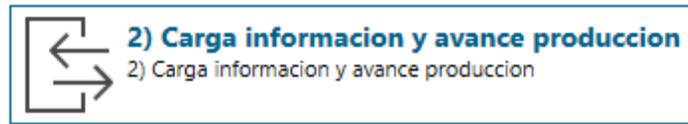


Figura 5.94.- Botón de importación de datos de avance de producción

5.5.2.- Recursos

Tal y como se mencionó en el apartado 4.2, Preactor es capaz de recoger la información de los recursos de una fuente externa o se puede introducir en el propio programa. En el caso de este proyecto, se ha decidido tomar los recursos de una fuente externa, ya que de esta manera se posee un registro independiente de los mismos. De la misma manera en la que se importan los datos de fabricación, los recursos se extraerán de un fichero .csv. Este fichero lista los recursos máquina y humano creados. Se puede apreciar esto en la Figura 5.95. Se observa se establece un listado de máquinas, con su número máximo disponible y su horario. Lo mismo ocurre con los recursos humanos listados de manera contigua.

Nombre Machine Resource	NUMERO	Horario 1	Nombre Human Resource	NUMERO	Display order
PRENSA	1	06:00 - 15:00	OPERARIO DE PRENSA	100	7
CURVADORA	1	06:00 - 15:00	OPERARIO DE LA CURVADORA	2	8
MAQUINA SAW LONGITUDINAL INTERIOR	4	06:00 - 15:00	SOLDADOR SAW	100	9
MAQUINA SAW LONGITUDINAL EXTERIOR	4	06:00 - 15:00	SOLDADOR SAW		10
MAQUINA SAW CIRCULAR INTERIOR	7	06:00 - 15:00	SOLDADOR SAW		12
MSR	1	06:00 - 15:00	OPERARIO MSR	2	13
MAQUINA SAW CIRCULAR EXTERIOR	6	06:00 - 15:00	SOLDADOR SAW		14
MAQUINA SAW RECARGUE BANDA	2	06:00 - 15:00	SOLDADOR SAW		15
ENSAMBLADOR	2	06:00 - 15:00	CALDERERO	100	11
CALDERERIA	100	06:00 - 15:00	CALDERERO		17
SOLDADURA MANUAL	100	15:00 - 24:00	SOLDADOR MANUAL	100	18
EXPEDICIONES	10	06:00 - 15:00	OPERARIO DE EXPEDICIONES	100	22
TUBULADURAS	10	06:00 - 15:00	OPERARIO TUBULADURAS	100	16
CALIDAD	4	06:00 - 15:00	CALIDAD	100	21
POSICIONADOR	1	06:00 - 15:00	CALDERERO		19
HORNO	1	06:00 - 15:00	OPERARIO TT	100	20
CABINA DE ACABADOS	1	06:00 - 15:00	PINTOR	100	23
CALCULISTA	3	07:30 - 08:30	CALCULISTA	3	4
PROYECTISTA	7	07:30 - 08:30	PROYECTISTA	7	3
ACOPIADOR	1	07:30 - 08:30	ACOPIADOR	1	5
DESPIEZADOR	1	07:30 - 08:30	DESPIEZADOR	1	6
PLANIFICADOR	1	07:30 - 08:30	PLANIFICADOR	1	1
INGENIERO	3	07:30 - 08:30	INGENIERO	3	2

Figura 5.95.- Imagen del fichero .csv de importación de los recursos

Se pretende para el uso de Preactor que, a la hora de modificar, añadir o eliminar un recurso se realice desde este fichero. La información reflejada en este fichero también establece el orden que visualmente tendrán los recursos en el Gantt de Preactor. La columna “Display Order” de la Figura 5.95 secuencia este aspecto, de manera que cuanto mayor sea el valor de este recurso en este campo más abajo se mostrará en la lista. Se ha deseado ordenar los recursos en el orden en el que usualmente se utilizan en la fabricación de los equipos, de manera que los recursos de ingeniería se muestren en la parte superior. El orden establecido se refleja en Figura 5.96. Sin embargo, no se descarta que este orden sufra modificaciones en el futuro si surge la necesidad.

PLANIFICADOR
INGENIERO
PROYECTISTA
CALCULISTA
ACOPIADOR
DESPIEZADOR
PRENSA
CURVADORA
MAQUINA SAW LONGITUDINAL INTERIOR
MAQUINA SAW LONGITUDINAL EXTERIOR
ENSAMBLADOR
MAQUINA SAW CIRCULAR INTERIOR
MSR
MAQUINA SAW CIRCULAR EXTERIOR
MAQUINA SAW RECARGUE BANDA
TUBULADURAS
CALDERERIA
SOLDADURA MANUAL
POSICIONADOR
HORNO
CALIDAD
EXPEDICIONES
CABINA DE ACABADOS

Figura 5.96.- Orden establecido para la visualización de los recursos de máquina en Preactor

5.5.3.- Planificación

Una vez importados los datos necesarios, la herramienta es capaz de planificar la secuenciación de las actividades por realizar.

Tal y como se explicó en el apartado 4.2, la herramienta posee numerosas opciones para realizar este proceso. Para adaptar esta herramienta a la actividad de la empresa, se ha decidido seguir los siguientes pasos:

- Realización de la acción de “Agrupar materiales” previamente a la programación, siempre que se hayan introducido nuevas órdenes respecto al uso anterior. Esto resulta de vital importancia de cara a la creación de las relaciones entre las actividades.
- Programación de todas las tareas con el criterio de secuenciación hacia delante. Esto secuenciará las operaciones teniendo como objetivo que finalicen lo antes posible. En la Figura 5.97 se aprecia un ejemplo de esto. Tanto las tareas de fabricación como las de ingeniería se secuencian en el primer momento en el que pueden ser realizadas.

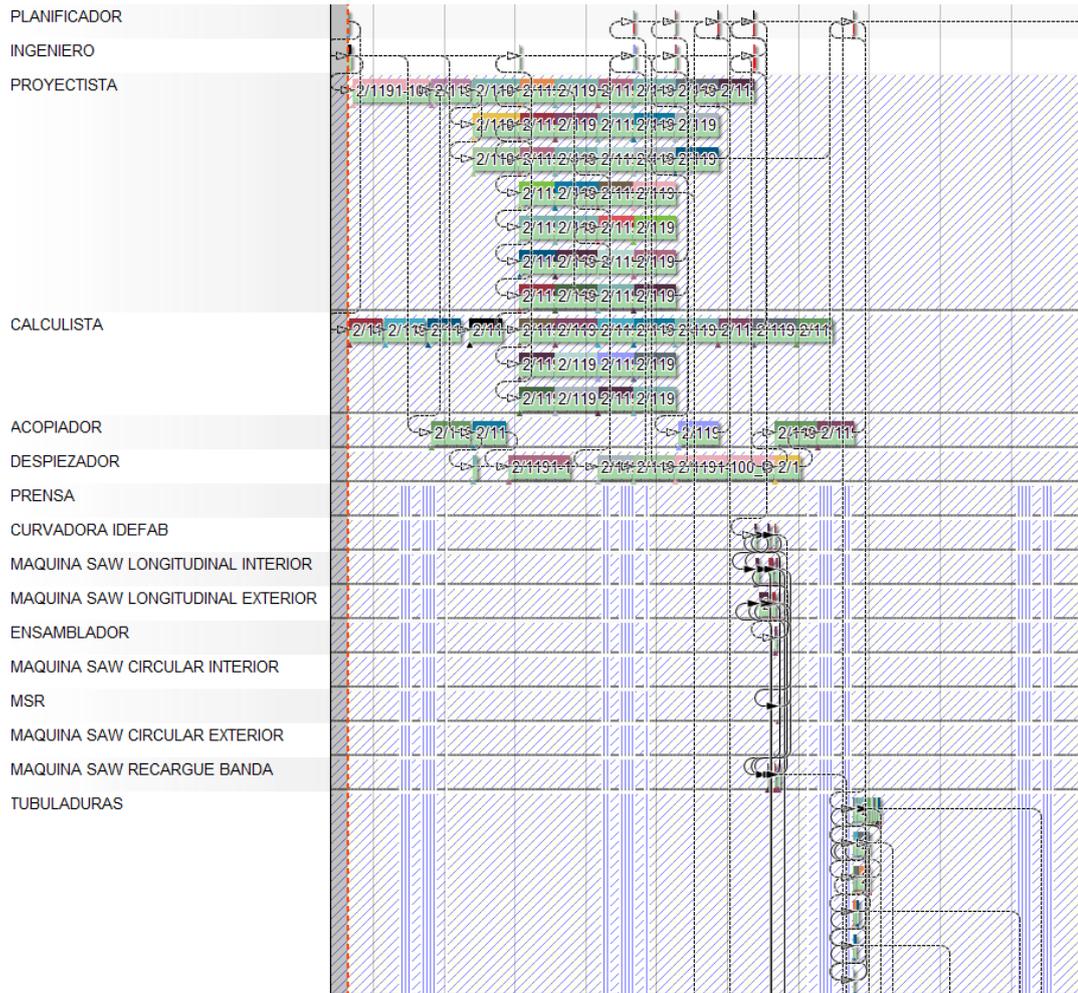


Figura 5.97.- Planificación secuenciada hacia delante en Preactor

- Bloqueo de todas las operaciones de ingeniería, es decir, todas las operaciones realizadas por los recursos “Planificador”, “Ingeniero”, “Proyectista”, “Calculista”, “Acopiador” y “Despiezador”.
- Eliminación de la programación creada a partir de la opción “Quitar operaciones de programación”. Esta acción eliminará todas las operaciones de fabricación, ya que las de ingeniería permanecen bloqueadas.
- Por último, se secuencian de nuevo las operaciones, pero con el criterio de secuenciación hacia atrás. Esto provoca que las actividades de fabricación se secuencien hacia atrás, mientras que las de ingeniería permanecerán bloqueadas y por tanto conservarán su secuenciación hacia delante. Se ve un ejemplo de esto en la Figura 5.98. La fecha de entrega del equipo a partir de la cual se secuencian hacia

delante es un dato proporcionado por el ERP y que se actualiza con el último paso descrito en la importación de los datos.

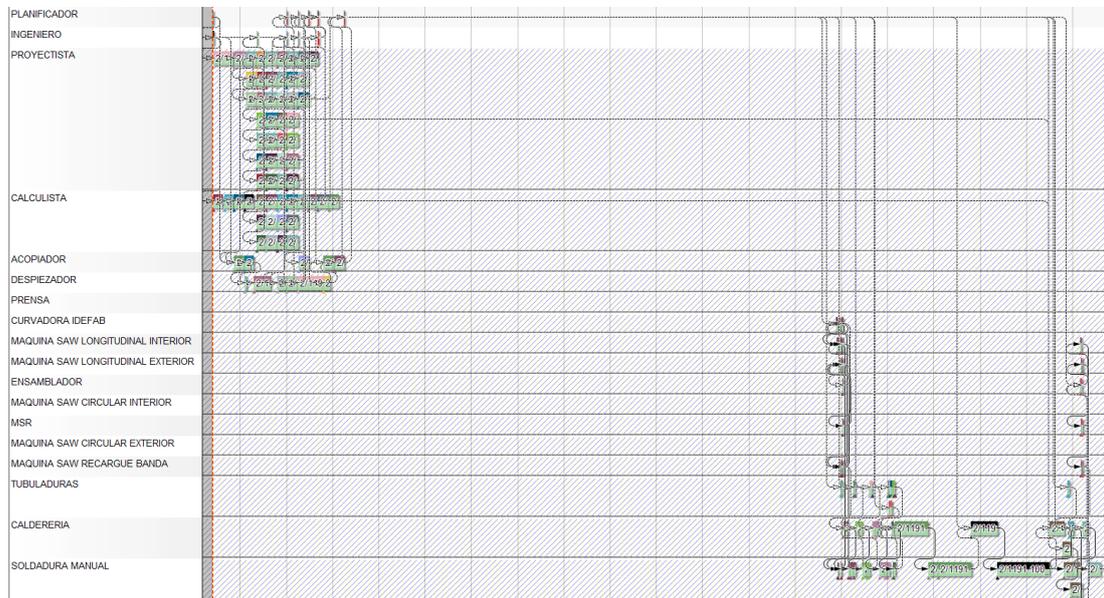


Figura 5.98.- Planificación en Preactor con ingeniería planificada hacia delante y fabricación hacia atrás

Adicionalmente, en las situaciones en las que se requiera, se realizarán ciertas modificaciones manuales a la secuenciación establecida por Preactor. Estas modificaciones manuales de las tareas pueden venir dadas por condiciones externas a la fabricación o por incongruencias en la misma, como se vio a lo largo del apartado 5.1.

5.5.4.- Exportación a ERP

Una vez se secuencien las tareas pertinentes, se exportará información al ERP de la empresa. Esta acción se realiza mediante un botón especialmente diseñado para este fin (Figura 5.99). Su función es informar acerca de las tareas nuevas introducidas en Preactor, su fecha estimada y las necesidades de material correspondientes.



Figura 5.99.- Botón de exportación al ERP desde Preactor

De esta manera, el ERP recibe la información para transmitir dichas tareas a taller y las necesidades de material al departamento de cadena de suministro. En la Figura 5.106 se observa una serie de tareas visualizadas en el ERP.

5.5.5.- Consultas

En el uso habitual de la herramienta se deseará realizar ciertas consultas, tales como:

- Visualización de informes para análisis de información. Tal y como se describió en el apartado 4.2, la herramienta es capaz de elaborar ciertos informes. Se prevé que los más habituales en el entorno de la empresa sean los informes de la misma naturaleza que los incluidos en el Anexo IV, Anexo V y Anexo VI. Estos informes representan la carga de trabajo por máquina, por día y las necesidades de material en el tiempo, respectivamente. Se han seleccionado estos informes como los más relevantes porque constituyen una representación de la información que se desea transmitir entre las distintas facciones de la empresa, por lo que su visualización y consulta resultará de gran utilidad.
- Visualización de escenarios hipotéticos. Gracias a la posibilidad de crear diferentes escenarios con un conjunto de datos, será posible la escenificación de condiciones hipotéticas en la planificación. Esto podría resultar útil en situaciones como el estudio de un aumento o disminución de recursos, la modificación de la planificación establecida por condiciones externas a la fabricación (por ejemplo, la visita de un cliente), etc.

5.6.- PRIMER USO REAL DE PREACTOR

Para el primer uso real de Preactor se crean las secuencias de fabricación de los equipos que actualmente tienen su fase de fabricación pendiente. Ya se habían realizado algunas de las actividades de fabricación de algunos de ellos. Otros, sin embargo, aún se encuentran en una fase muy inicial y la secuencia de fabricación que se posee es solo una primera versión con los aspectos más básicos. No obstante, se introducen, para cada equipo la secuencia de fabricación con la que se cuenta en ese momento. Las futuras modificaciones de estas serán comunicadas al usuario y este realizará los cambios oportunos en cada caso.

Las secuencias de fabricación creadas constan de todas las fases descritas en protocolos en apartados anteriores: ingeniería, recepción, fabricación y trabajos finales. Sin embargo, en algunos de los equipos algunas de estas fases ya están superadas. Es por ello por lo que, en primera instancia, se ajustó manualmente la planificación de estos equipos, con el fin de adaptarla a la realidad en ese aspecto. Para ello, se comunicó desde el ERP las fechas de inicio y fin de estas tareas.

En la Figura 5.100 se ofrece una muestra de la planificación ajustada, en la que se observa que se realiza la fase de ingeniería de uno de los equipos mientras en fabricación se procesa otro. Esto resulta lo habitual en el entorno de la empresa, ya que, como se detalló en el apartado 5.5, la ingeniería se realiza con la mayor antelación posible, mientras que la fabricación se lleva a cabo comenzando lo más tarde posible respecto a la fecha de entrega acordada.

A pesar de haber realizado este primer uso de Preactor, el alcance de un “régimen permanente” en Preactor frente a TeamCenter Manufacturing es más lento, ya que Preactor es una herramienta basada en el tiempo que se sostiene sobre la planificación previa realizada. Al ser la primera utilización de la herramienta, no se poseen datos previos, y las modificaciones manuales son la vía para ajustar estas planificaciones de acorde con la realidad del taller.

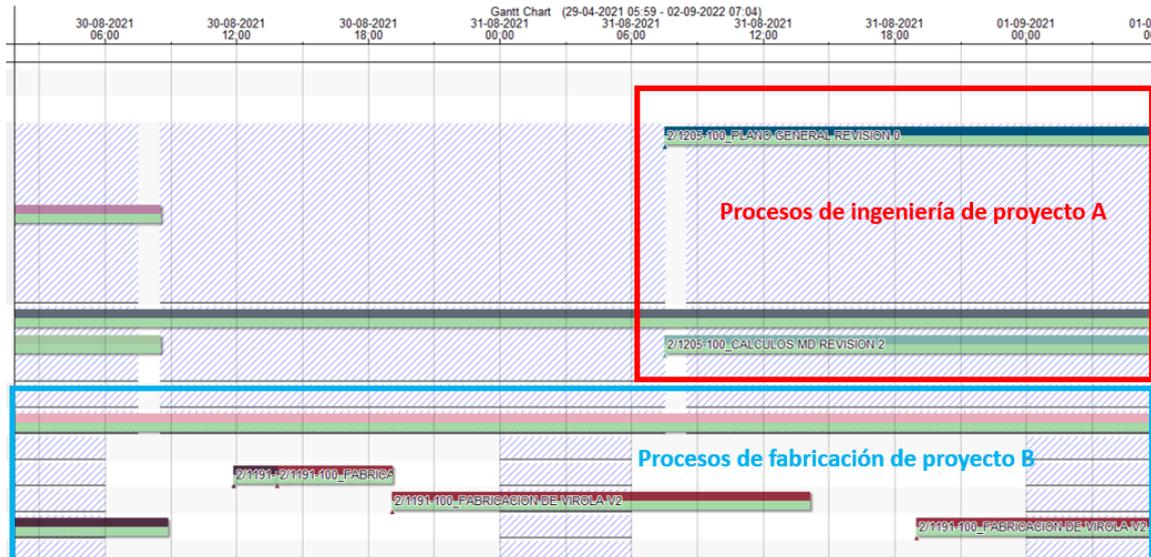


Figura 5.100.- Disposición de procesos de ingeniería y de fabricación de proyectos distintos en Preactor

5.7.- ADAPTACIÓN EN TALLERES

La adaptación en los talleres de las herramientas es el último paso realizado para finalizar la implantación. En este apartado se describirá con detalle los cambios que experimentará el flujo de información entre la oficina, donde se crea la secuencia de fabricación y se planifica la misma, y los talleres de la empresa, donde se llevan a cabo estos procesos programados.

Hasta ahora, el flujo de comunicación entre oficina y taller se basaba en la transmisión de un informe de la secuencia de fabricación. En este informe, en formato Power Point, se describía la secuencia de fabricación a realizar y se encontraba disponible en el sistema ERP. Esta secuencia iba acompañada de imágenes extraídas del modelo 3D del equipo en cuestión para facilitar la comprensión de esta. Se observa una muestra de estos informes en la Figura 5.101.

Por realizar una comparación adecuada entre estos informes y lo realizado a lo largo de este trabajo, podría decirse que el nivel de detalle de estos informes alcanza el del segundo nivel del BOP de un equipo. Sin embargo, no alcanzan el nivel de operación en la mayoría de los casos. En la Figura 5.101 se observa que la instalación de tubuladuras simplemente se

nombra, mientras que en TeamCenter Manufacturing se describe el proceso operación a operación (Figura 5.102).

Por otro lado, si bien en la Figura 5.101 se detallan las operaciones de fabricación de virolas, estas se agrupan por tramo, en lugar de individualmente como se realiza en la secuencia de TeamCenter Manufacturing.

Esta falta de detalle, además de proporcionar una escasa descripción al responsable de taller, que se veía obligado a apoyarse en otros documentos, también provocaba un control prácticamente nulo sobre la duración de las tareas a nivel de operación.

Además, estos informes listaban las tareas a realizar sin señalar el orden de secuenciación, perdiéndose así cierta información, como, por ejemplo, las actividades que se podrían realizar de manera paralela.

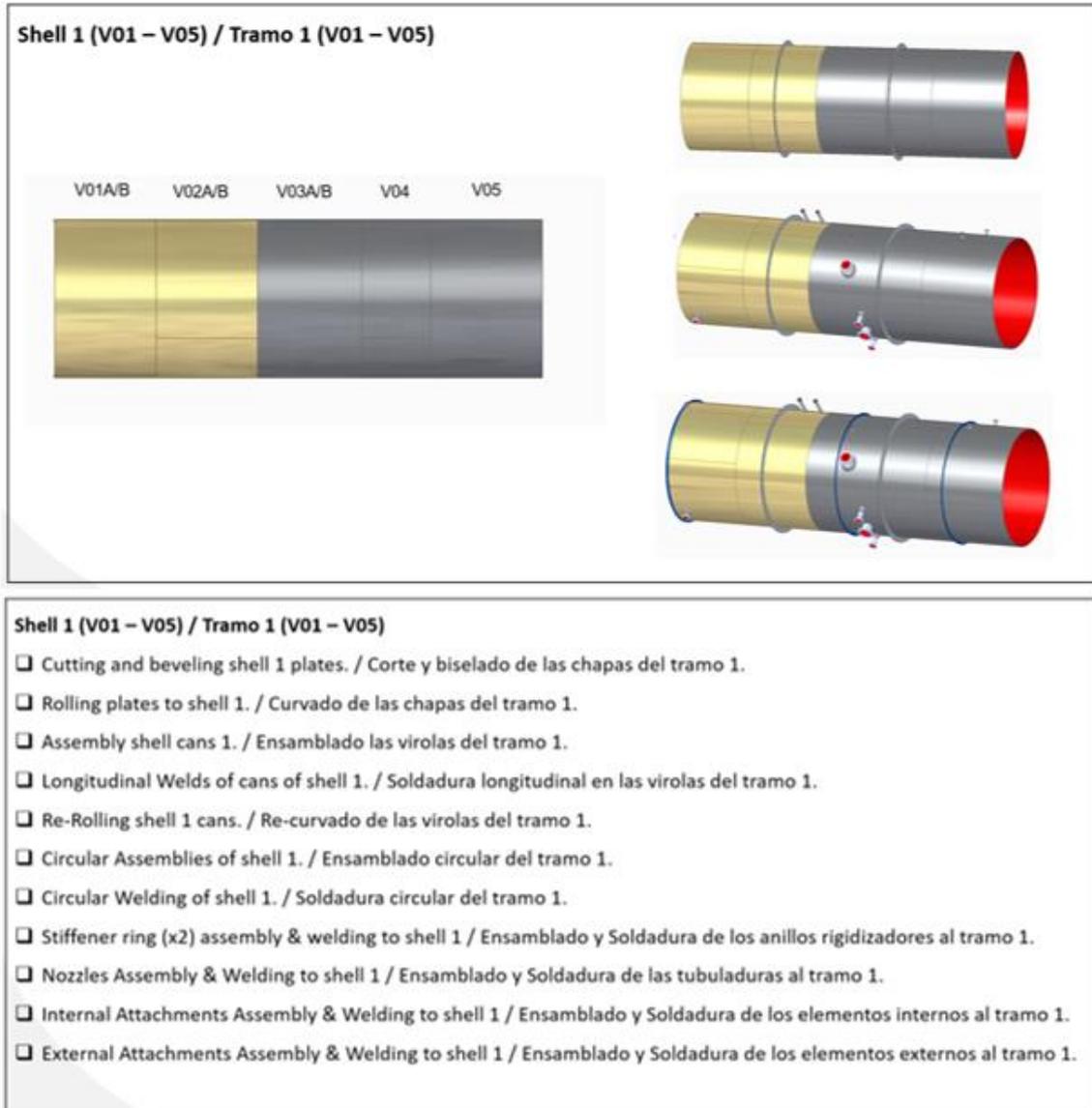


Figura 5.101.- Muestra de antiguos informes de secuencias de fabricación

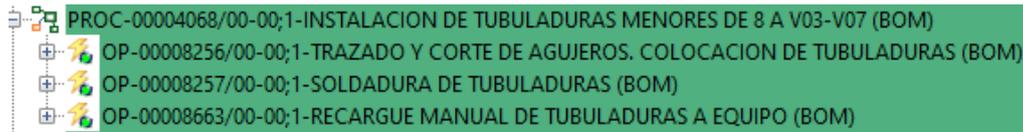


Figura 5.102.- Ejemplo de instalación de tubuladuras en TeamCenter Manufacturing

Estas carencias fueron las que hicieron necesaria la creación de un nuevo informe. Aprovechando la potencia de la herramienta, se decidió crear este nuevo informe desde TeamCenter Manufacturing.

La estrategia seguida fue, en primer lugar, exportar el BOP deseado a nivel de operación a formato Excel. A partir de esta exportación, mostrada en la Figura 5.103, se creó un informe que recogía la información exportada y al que se añadieron imágenes del modelo 3D del equipo en cuestión (Figura 5.104). Este paso, a pesar de no ser realizado automáticamente por la herramienta, decidió mantenerse, ya que la visualización de los diferentes componentes y ensambles resulta uno de los aspectos clave para la comprensión de la fabricación del equipo. Por último, a este nuevo informe también se añadió el orden de la secuencia de fabricación, extraída a partir del número de búsqueda de los procesos y algunas acciones sencillas en Excel. Se aprecia un ejemplo de este último aspecto en la Figura 5.105.

Con la creación de este nuevo modelo de informe, se solventaban las carencias comentadas existentes en el antiguo modelo. Además, con la implementación de Preactor y la exportación de la información existente en este al sistema ERP de la empresa, las tareas por realizar transmitidas al taller alcanzan el nivel de detalle de operación dispuesto en TeamCenter Manufacturing, gracias al flujo de información reflejado en la Figura 4.20. Esto provoca que el informe sea un apoyo para el responsable de taller, ya que las tareas a realizar vendrán dadas a los operarios por el sistema del ERP al que se le han transmitido las tareas planificadas desde Preactor.

Este sistema hace posible el control de tiempos deseado. En la Figura 5.106 se muestran ciertas actividades en el sistema ERP. Estas tareas han sido recibidas de Preactor y serán las visualizadas por el taller.

Línea de BOM	Número de búsqueda
PROC-00002062/00-00;1-2/1205-100 (BOM)	
PROC-00002063/00-00;1-REUNION DE LANZAMIENTO (BOM)	10
OP-00003436/00-00;1-REUNION DE LANZAMIENTO (BOM)	10
PROC-00002064/00-00;1-LECTURA DE DOCUMENTACION (BOM)	20
OP-00003437/00-00;1-LECTURA DE DOCUMENTACION (BOM)	10
PROC-00002065/00-00;1-REQUISICION DE FONDOS (BOM)	20
OP-00003438/00-00;1-REQUISICION DE FONDOS (BOM)	10
PROC-00002066/00-00;1-CALCULOS MD REVISION 0 (BOM)	20
OP-00003439/00-00;1-CALCULOS MD REVISION 0 (BOM)	10
PROC-00002067/00-00;1-CREACION DE MODELO 3D (BOM)	30
OP-00003440/00-00;1-CREACION DE MODELO 3D (BOM)	10
PROC-00002068/00-00;1-REQUISICION DE CHAPAS (BOM)	30
OP-00003441/00-00;1-REQUISICION DE CHAPAS (BOM)	10
PROC-00002069/00-00;1-CALCULOS MD REVISION 1 (BOM)	30
OP-00003442/00-00;1-CALCULOS MD REVISION 1 (BOM)	10
PROC-00002070/00-00;1-ACOPIO FONDOS (BOM)	30
OP-00003443/00-00;1-ACOPIO FONDOS (BOM)	10
PROC-00002071/00-00;1-PLANO GENERAL REVISION 0 (BOM)	40
OP-00003444/00-00;1-PLANO GENERAL REVISION 0 (BOM)	10
PROC-00002072/00-00;1-CALCULOS MD REVISION 2 (BOM)	40
OP-00003445/00-00;1-CALCULOS MD REVISION 2 (BOM)	10
PROC-00002073/00-00;1-ACOPIO CHAPAS (BOM)	40
OP-00003446/00-00;1-ACOPIO CHAPAS (BOM)	10
PROC-00002074/00-00;1-DESPIECE FONDOS (BOM)	40
OP-00003447/00-00;1-DESPIECE FONDOS (BOM)	10
PROC-00002075/00-00;1-PLANO GENERAL REVISION 1 (BOM)	50
OP-00003448/00-00;1-PLANO GENERAL REVISION 1 (BOM)	10
PROC-00002076/00-00;1-PLANO TUBULADURAS REVISION 0 (BOM)	50
OP-00003449/00-00;1-PLANO TUBULADURAS REVISION 0 (BOM)	10
PROC-00002077/00-00;1-PLANO ENTRADAS DE HOMBRE REVISION 0 (BOM)	50
OP-00003450/00-00;1-PLANO ENTRADAS DE HOMBRE REVISION 0 (BOM)	10
PROC-00002078/00-00;1-CALCULOS MD RESTO DE REVISIONES (BOM)	50
OP-00003451/00-00;1-CALCULOS MD RESTO DE REVISIONES (BOM)	10
PROC-00002079/00-00;1-RECEPCION DE FONDOS (BOM)	50
OP-00003452/00-00;1-RECEPCION (BOM)	10
PROC-00002080/00-00;1-DESPIECE VIROLAS (BOM)	50
OP-00003453/00-00;1-DESPIECE VIROLAS (BOM)	10
PROC-00002081/00-00;1-REQUISICION DE FORJAS (BOM)	60

Figura 5.103.- Exportación de un BOP para creación de informes de secuencia de fabricación

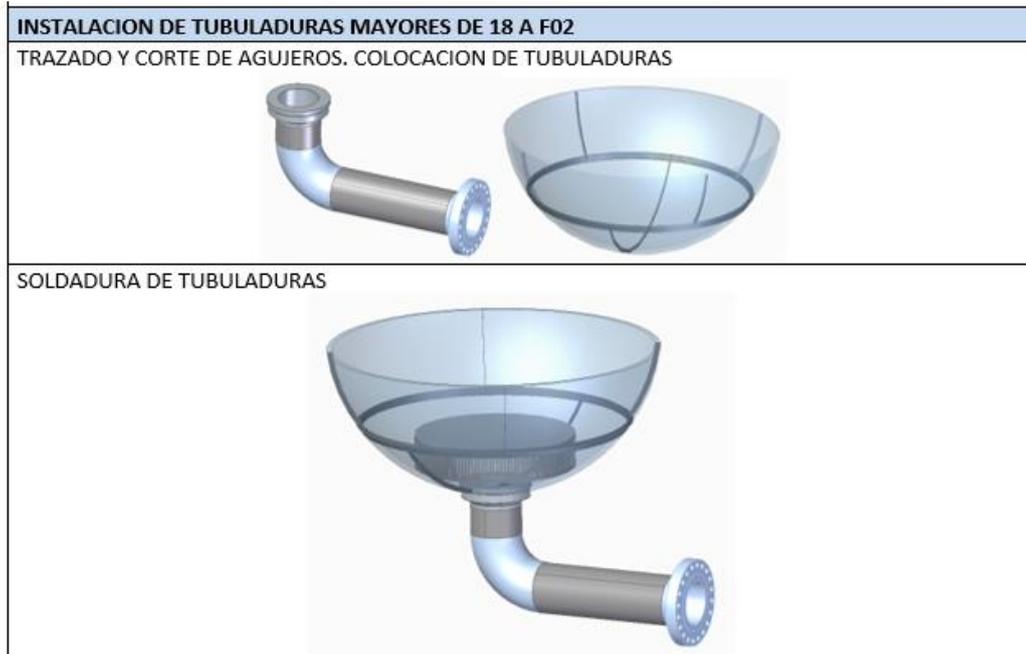


Figura 5.104.- Ejemplo de proceso ilustrado en el nuevo modelo de informe

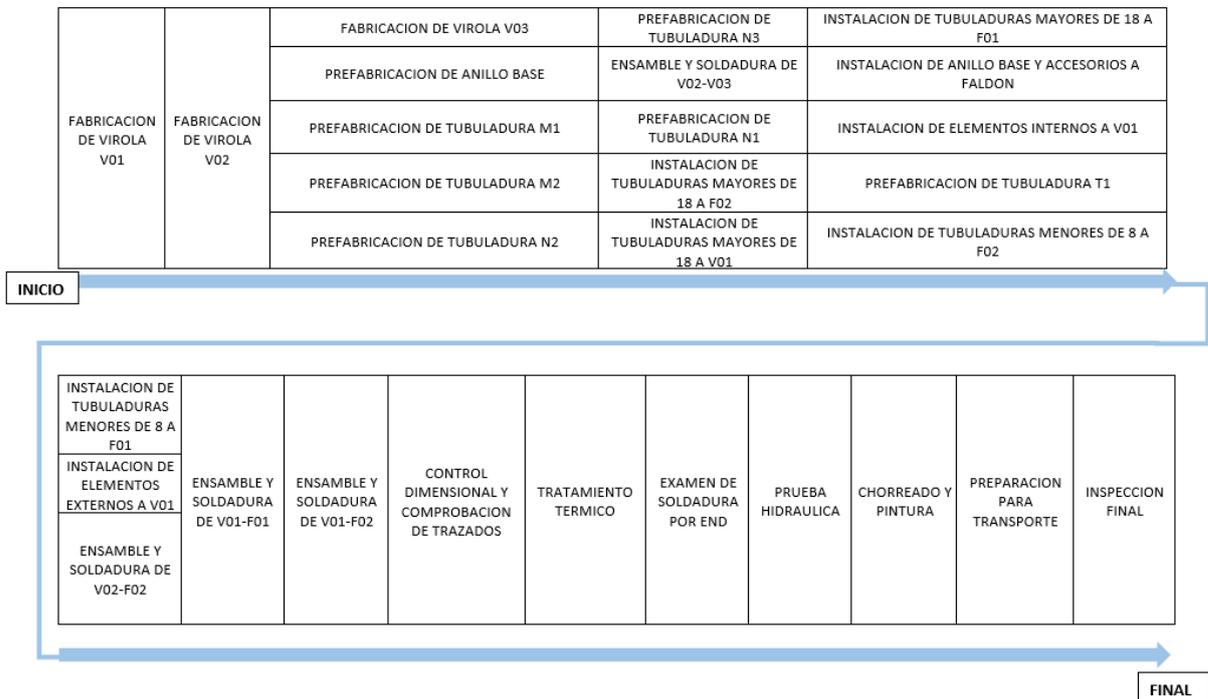


Figura 5.105.- Ejemplo de secuenciación incluida en el nuevo modelo de informe

- Nombre
- ▼ ■ Horas directas fabricación
 - > ■ 101
 - 102
 - ▼ ■ 100
 - ▼ ■ FABRICACION DE VIROLA V1
 - 20 - CURVADO - FABRICACION DE VIROLA V1
 - 30 - ARMADO - FABRICACION DE VIROLA V1
 - 40 - RECILINDRADO - FABRICACION DE VIROLA V1
 - 50 - SOLDADURA LONGITUDINAL INTERIOR SAW - FABRICACION DE VIROLA V1
 - 60 - SANEADO LONGITUDINAL - FABRICACION DE VIROLA V1
 - 70 - SOLDADURA LONGITUDINAL EXTERIOR SAW - FABRICACION DE VIROLA V1
 - ▼ ■ FABRICACION DE VIROLA V2
 - 10 - CURVADO - FABRICACION DE VIROLA V2
 - 20 - ARMADO - FABRICACION DE VIROLA V2
 - 30 - RECILINDRADO - FABRICACION DE VIROLA V2
 - 40 - SOLDADURA LONGITUDINAL INTERIOR SAW - FABRICACION DE VIROLA V2
 - 50 - SANEADO LONGITUDINAL - FABRICACION DE VIROLA V2
 - 60 - SOLDADURA LONGITUDINAL EXTERIOR SAW - FABRICACION DE VIROLA V2
 - > ■ ENSAMBLE Y SOLDADO DE VIROLAS V1-V2
 - > ■ ENSAMBLE Y SOLDADO DE V1-V2-F1
 - > ■ PRUEBA HIDRAULICA
 - > ■ INSPECCION VISUAL DE SOLDADURA
 - > ■ CONTROL DIMENSIONAL Y COMPROBACION DE TRAZADOS
 - > ■ PREPARACION PARA TRANSPORTE

Figura 5.106.- Listado de tareas recibidas en el sistema ERP

6. Conclusiones

A lo largo de este trabajo se ha desarrollado con detalle la implantación de las herramientas TeamCenter Manufacturing y Preactor en una empresa dedicada a la fabricación de bienes de equipo, concretamente, del sector del Oil&Gas. Para ello, se ha realizado un acercamiento tanto a la actividad de la empresa como a las herramientas en cuestión, con el objetivo de tener unos conocimientos básicos. Tras ello, se realizaron pruebas iniciales con datos reales, en las que se fueron construyendo las pautas y protocolos que posteriormente se establecerían como adecuados para el uso de la herramienta en el futuro. Estas pautas y protocolos se basaron en la creación de una serie de plantillas de procesos que definían la actividad de la empresa. Se describió también el primer uso de ambas herramientas en la empresa y se indicó la adaptación de estos sistemas digitales a la realidad de la empresa y del taller de fabricación.

En primera instancia, podría decirse que se ha alcanzado el éxito en la implantación de las herramientas objeto de este trabajo. Estas se han adaptado en el grado deseado a la actividad de la empresa y los responsables las conocen y las utilizan con fluidez. Además, el uso de las herramientas se integra con el resto de las facciones de la empresa.

Se han extraído varias conclusiones relacionadas con la implantación de sistemas digitales en el entorno empresarial. En cuanto al grado de adaptación alcanzado, se ha observado que ha sido uno de los aspectos más problemáticos a lo largo de la realización de este proyecto. Desde un punto de vista puramente matemático, un mayor grado de detalle en la definición de equipos y actividades incurrirían en una mejora de resultados, transparencia y productividad. Sin embargo, la realidad del mundo empresarial revela que normalmente alcanzar altos niveles de detalle supone altos costes, lo que a menudo resulta contraproducente. Para realizar la adecuación de una herramienta propia de la industria 4.0 a la realidad de una empresa se debe alcanzar un equilibrio entre alcance, tiempo y coste. Este equilibrio es el punto deseado para alcanzar óptimos de eficiencia. Con la realización de este trabajo se hizo evidente esta premisa, por lo que se adecuaron las herramientas de manera que definieran la actividad de la empresa, pero sin perder de vista el aspecto práctico. Por todo ello, no se podría decir que la adecuación ha sido total, sino que esta se encuentra en el marco de eficiencia impuesto por la empresa y su entorno.

Otra conclusión alcanzada y que está relacionada con este aspecto es el hecho de que la implantación de sistemas digitales a la empresa debe ser particular, inevitablemente. Cada organización, incluso dentro del mismo sector, posee su propia idiosincrasia. Esto hace imposible la generalización de pautas para el desarrollo de la implantación de este tipo de herramientas. Es por ello por lo que se ha observado que la adecuación de estas herramientas a la empresa es un proceso que se debía hacer desde el interior de esta, tal y como se realizó en este proyecto. Esto es algo que la empresa consideró desde un principio y en lo que ahora se reafirma, ya que conoce la especial particularidad de su actividad y es consciente de que no es una producción seriada de una gran cantidad de ítems idénticos, enfoque que se le suele dar al uso de estas herramientas en la industria. Este cambio de enfoque, de la producción seriada a la producción “hecha a medida” para el cliente fue otra de las grandes problemáticas surgidas a lo largo del proyecto, ya que provocó la consideración de numerosos escenarios diferentes.

En lo referente a la metodología seguida, se ha comenzado por el conocimiento y configuración de TeamCenter Manufacturing y posteriormente se ha abordado la herramienta Preactor. En un principio este planteamiento resultaba coherente, ya que era en TeamCenter Manufacturing donde nacía el proceso completo que se deseaba instaurar en la empresa, y por tanto resultaba lógico que fuera el punto de inicio de la configuración del sistema. Sin embargo, la realización de este trabajo sugiere que el hecho de haber comenzado la configuración desde TeamCenter Manufacturing provoca que no se tengan en consideración las necesidades de Preactor desde un comienzo, lo que posteriormente obliga a revisar una configuración ya construida. Como crítica, quizá un comienzo de configuración desde Preactor, es decir, el extremo contrario del proceso, hubiera supuesto menos revisiones de la configuración inicialmente planteada y hubiera reducido el tiempo de configuración e implantación. Además, un conocimiento más detallado de las herramientas por parte del equipo previamente a su configuración también habría contribuido a este fin.

Por otro lado, la aportación de todas las partes involucradas resultó fundamental. Por la naturaleza holística de las herramientas, se ha de tener en cuenta las necesidades y funciones de todos los departamentos a los que afecta el proceso. De hecho, a lo largo de este trabajo se ha experimentado que la falta de comunicación entre las distintas partes involucradas fue el factor más problemático del proyecto, generando faltas de entendimiento y errores en ciertas fases de este. Se observó también que la única vía para evitar dichos

inconvenientes es la creación de flujos de comunicación transparentes, ágiles y eficaces. Esta conclusión es satisfactoria, ya que el objetivo principal de las herramientas implantadas es precisamente la creación de un sistema de trabajo y comunicación dinámico y eficiente entre las distintas facciones de la empresa.

Gracias a esta necesidad de profunda colaboración e implicación en el proyecto, el equipo no solo ha sido capaz de hacer uso de las herramientas, sino que ha adquirido cierta capacidad de análisis acerca de las mismas, haciendo posible así la identificación de problemas y la resolución de estos en muchos casos. Esto ha resultado esencial, ya que se haría imposible comunicar a la empresa distribuidora la configuración deseada del sistema a implantar en el caso de que no se conocieran las necesidades y funciones del sistema en sí. Esto incidió con fuerza al proyecto, ya que eran dos las herramientas a implantar, por lo que a la configuración de estas por separado se le sumaba la creación del flujo comunicativo entre ellas, tarea que no estaba estandarizada por ninguna de las empresas distribuidoras del software, a pesar de pertenecer a la misma casa. Por tanto, se reafirma que un conocimiento a nivel de usuario de los sistemas por parte de la empresa cliente de estos resulta fundamental para su correcta implantación.

Además, en relación con la colaboración entre la empresa objeto de este trabajo y las empresas distribuidoras del software, se hizo evidente también la importancia de la realización de pruebas internas de lo dictado por parte de las empresas distribuidoras. Esto ocurre debido a que, a menudo, las empresas distribuidoras no poseen toda la información de su empresa cliente, y esto lleva a la realización de suposiciones incorrectas sobre la misma. Se concluye así la importancia de las pruebas y se reafirma la necesidad de una sólida comunicación entre las partes.

En cuanto a las pautas y protocolos establecidos para los sistemas, cabe señalar que, a pesar de ser los estipulados en esta implantación, están sujetos a modificaciones en el futuro. Esto se plantea teniendo en cuenta la posibilidad de que o bien cambie en cierto modo la actividad de la empresa, o bien se deseen ajustar las herramientas en otro grado de detalle diferente al implantado. Esto es aplicable tanto a las plantillas creadas en TeamCenter Manufacturing, como en los protocolos de exportación e importación, las pautas de ejecución establecidas en TeamCenter Manufacturing, Preactor y su comunicación con el taller de fabricación.

En lo relativo a la adaptación del proyecto a la planificación temporal realizada al comienzo de este trabajo, podría decirse que, en general, se ajustó razonablemente a la misma. La fase que más distó de esta fue el periodo de rodaje de las herramientas. TeamCenter Manufacturing se adaptó según lo planificado al ritmo de la empresa. Sin embargo, Preactor es una herramienta que trabaja a largo plazo, por lo que el establecimiento total de esta en la empresa tomó más tiempo del esperado en un inicio, teniendo que realizar modificaciones manuales en esta primera etapa para poder utilizar la herramienta.

Como notas para el futuro, se deja constancia de la necesidad de un control continuo de la evolución de las herramientas y del estudio de posibles cambios y mejoras a implantar en el mismo. Esto resulta especialmente relevante en el uso de las plantillas elaboradas, ya que su creación se realizó con la mentalidad de que fueran afinadas con el uso de estas a través de estudios estadísticos relacionados con la duración de los procesos que describen y su frecuencia.

Además, con el fin de llevar a cabo una evaluación más profunda del éxito del proyecto, se propone desde este trabajo la realización de un estudio de la productividad de la empresa desde la introducción de estos sistemas, que contemplara también el impacto de estos y la satisfacción experimentada por los trabajadores con su uso.

También se propone como continuación de este proyecto el estudio de la implantación de un sistema de *Manufacturing Execution System* o MES en la empresa que ejerciera el control y la gestión de la producción desde una perspectiva de planta. Esto complementaría los sistemas ya instalados, logrando alcanzar así una mayor digitalización y acercarse aún más a los ambiciosos beneficios que la industria 4.0 ofrece.

Por último, como conclusión personal, la realización de este trabajo ha ofrecido a su autora una primera visión del mundo empresarial en general y de la implantación de sistemas de industria 4.0 en particular. Esta visión ha permitido conocer, por un lado, la realidad de un sector especializado como es el Oil&Gas, y por otro, la dinámica seguida por la empresa en el desarrollo de su actividad diaria, lo que ha resultado especialmente enriquecedor y útil en su desarrollo laboral.

7. Planificación temporal

Actividades	Avance (%)	Fecha de inicio	Fecha de fin	22 Feb - 28 Feb	1 Mar - 7 Mar	8 Mar - 14 Mar	15 Mar - 21 Mar	22 Mar - 28 Mar	29 Mar - 4 Abr	5 Abr - 11 Abr	12 Abr - 18 Abr	19 Abr - 25 Abr	26 Abr - 2 May	3 May - 9 May	10 May - 16 May	16 May - 22 May	23 May - 29 May	30 May - 5 Jun	6 Jun - 12 Jun	13 Jun - 19 Jun	20 Jun - 26 Jun	27 Jun - 3 Jul
Acercamiento a TeamCenter Manufacturing y práctica	100	22/02/2021	01/03/2021	█																		
Creación de ficheros para pruebas de exportación	100	02/03/2021	08/03/2021		█																	
Establecimiento de protocolos generales en TeamCenter Manufacturing	100	08/03/2021	25/03/2021			█																
Pruebas de exportación	100	09/03/2021	18/03/2021				█															
Resolución de errores de pruebas de exportación y ajustes	100	10/03/2021	20/03/2021					█														
Pruebas de importación	100	11/03/2021	22/03/2021						█													
Resolución de errores de pruebas de importación y ajustes	100	12/03/2021	25/03/2021							█												
Creación de plantillas en TeamCenter Manufacturing	100	22/03/2021	05/04/2021								█											
Establecimiento de protocolos generales en Preactor	100	25/03/2021	28/03/2021									█										
Presentación Preactor	100	29/03/2021	29/03/2021										█									
Formación en Preactor	100	30/03/2021	15/04/2021											█								
Introducción de primeros equipos en TeamCenter Manufacturing	100	06/04/2021	26/04/2021												█							
Generación de planificación de primeros equipos en Preactor	100	16/04/2021	26/04/2021													█						
Adaptación en los talleres	100	23/04/2021	14/05/2021														█					
Periodo de rodaje	40	14/05/2021	05/06/2021															█				
Evaluación y propuestas de cambio	0	30/05/2021	12/06/2021																	█		
Implantación de cambios y establecimiento definitivo de sistemas	0	12/06/2021	20/06/2021																		█	
Finalización y presentación de documentación	100	20/06/2021	25/06/2021																			█

8. Presupuesto

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

8.1.-	Precios Unitarios	176
8.1.1.-	Precio unitario mano de obra.....	176
8.1.2.-	Precio unitario equipos	176
8.2.-	Presupuesto.....	176
8.2.1.-	Coste mano de obra	176
8.2.2.-	Coste equipos	176
8.2.3.-	Coste total.....	176

8.1.- PRECIOS UNITARIOS

8.1.1.- Precio unitario mano de obra

Mano de obra	Precio (€/h)
Ingeniero	50

8.1.2.- Precio unitario equipos

Equipo	Precio (€/h)
PC ASUS F541U	20

8.2.- PRESUPUESTO

8.2.1.- Coste mano de obra

Mano de obra	Horas	Base Imponible (€)	21,00% IVA (€)	Total (€)
Ingeniero	540	27000	5670	32670

8.2.2.- Coste equipos

Equipo	Horas	Base Imponible (€)	21,00% IVA (€)	Total (€)
PC ASUS F541U	50	1000	210	1210

8.2.3.- Coste total

Presupuesto de ejecución material (P.E.M)	33880,00 €
Gastos generales (13%)	4404,40 €
Beneficio Industrial (6%)	2032,80 €
TOTAL	40317,20 €

9. Referencias

- Aggylon, 2018 Herramienta para asegurar el uso correcto de la marca [WWW Document]. URL <https://www.aggylon.es/es/articulo/0/0/todo/57/qu-es-el-time-to-market-cmo-reducirlo-> (accessed 4.29.21).
- Atria Innovation, 2020. Comparativa de la Industria 4.0 entre España y el resto de países | Atria. ATRIA Innov.
- Blue Smart, 2018 Software APS, ERP, SCM y MRP: diferentes pero complementarios (I) [WWW Document]. URL <http://blue-smart.es/soluciones-software-mrp-erp-scm-aps/> (accessed 4.29.21).
- Deloitte, 2018 ¿Qué es la Industria 4.0? [WWW Document]. URL <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/manufacturing/articles/que-es-la-industria-4.0.html> (accessed 4.29.21).
- Engusa, 2018 Siemens Teamcenter Manufacturing | Engineering USA [WWW Document]. URL <https://www.engusa.com/es/product/siemens-teamcenter-manufacturing> (accessed 4.29.21).
- Geinfor ERP, 2017. ¿Qué es un Sistema MES (Manufacturing Execution System)? [WWW Document]. Geinfor ERP. URL <https://geinfor.com/business/sistema-mes-manufacturing-execution-system/> (accessed 4.29.21).
- Geinfor ERP, 2018. ¿Qué es un ERP? [WWW Document]. Geinfor ERP. URL <https://geinfor.com/business/que-es-un-erp/> (accessed 4.29.21).
- Geinfor ERP, 2019. Gestión de ciclo de vida del producto ¿Qué es el PLM? [WWW Document]. Geinfor ERP. URL <https://geinfor.com/business/gestion-de-ciclo-de-vida-del-producto-que-es-el-plm/> (accessed 4.29.21).
- Nunsys, 2019 Preactor, el software de planificación de la producción de Siemens [WWW Document]. URL <https://www.nunsys.com/nunsys-preactor-siemens/> (accessed 4.29.21).
- PLM Automation Siemens, 2019 PLM–Gestión del ciclo de vida del producto: Siemens Digital Industries Software | Siemens Digital Industries Software [WWW Document]. URL <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/> (accessed 4.29.21).

PLM Grupo, 2019 Teamcenter - Herramienta PLM PDM para gestión de Siemens [WWW Document]. URL <http://plm.grupro.com.ar/productos/teamcenter-express/> (accessed 4.29.21).

The id Factory, W., 2019. PLM, an introduction to Product Lifecycle Management. ID Fact.
Universidad de Alcalá, 2019. Ventajas y Desventajas de la Industria 4.0. Master En Ind. 40
Univ. Alcalá - Madr.

ANEXO I: Contenido del manual para la empresa

1.	Introducción
2.	TeamCenter Manufacturing
2.1.-	Entorno de trabajo
2.1.1.-	CADBOM
2.1.2.-	MBOM
2.1.3.-	BOP
2.2.-	Secuenciación
2.2.1.-	Generadores de costes
2.2.2.-	Adopción de plantilla
2.2.2.1.	<i>Caso 1: se fabrica una unidad</i>
2.2.2.2.	<i>Caso 2: se fabrica más de una unidad</i>
2.2.3.-	Fase de ingeniería
2.2.4.-	Recepción de materiales
2.2.4.1.	<i>Asignación de materiales</i>
2.2.4.2.	<i>Actualización de Plano y Posición</i>
2.2.4.3.	<i>Relaciones de los procesos de recepción</i>
2.2.5.-	Inicio de fabricación
2.2.6.-	Fase de taller
2.2.6.1.	<i>Envolvente</i>
2.2.6.2.	<i>Tubuladuras</i>
2.2.6.3.	<i>Elementos internos y externos</i>
2.2.6.4.	<i>Trabajos finales</i>
2.3.-	Exportación
3.	Preactor
3.1.-	Entorno de trabajo
3.2.-	Programación de la planificación
3.2.1.-	Importación
3.2.2.-	Recursos
3.2.3.-	Planificación de la secuencia
3.2.4.-	Exportación a IDERP
3.2.5.-	Consultas

ANEXO II: Ejemplo de archivos de exportación de TeamCenter Manufacturing

WORK ORDER TABLE

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
Order number	Part number	Process name	Product	Process ID & Operation ID	Predecessors	Type	Mandatory resource	Resource type	Quantity	Operation sequence	Operation name	ERP time code	Estimated time (h)	
2	2/1200-100	ACOPIO ANILLO FORJADO	ACOPIO ANILLO FORJADO	2/1200-100	PROC-00000129	PROC-00000128	MEProcess Part							
3	2/1200-100	ACOPIO ANILLO FORJADO	ACOPIO ANILLO FORJADO	2/1200-100	OP-00000101		Office Activity	ACOPADOR	ID4_HumanRes	1	10	ACOPIO ANILLO FORJADO	OTA07	8
4	2/1200-100	ACOPIO ANILLO FORJADO	ACOPIO ANILLO FORJADO	2/1200-100	OP-00000101		Office Activity	ACOPADOR	ID4_MachineRes	1	10	ACOPIO ANILLO FORJADO	OTA07	8
5	2/1200-100	ACOPIO CHAPAS	ACOPIO CHAPAS	2/1200-100	PROC-00000087	PROC-00000006	MEProcess Part							
6	2/1200-100	ACOPIO CHAPAS	ACOPIO CHAPAS	2/1200-100	PROC-00000087	PROC-00000004	MEProcess Part							
7	2/1200-100	ACOPIO CHAPAS	ACOPIO CHAPAS	2/1200-100	OP-00000026		Office Activity	ACOPADOR	ID4_HumanRes	1	10	ACOPIO CHAPAS	OTA02	8
8	2/1200-100	ACOPIO CHAPAS	ACOPIO CHAPAS	2/1200-100	OP-00000026		Office Activity	ACOPADOR	ID4_MachineRes	1	10	ACOPIO CHAPAS	OTA02	8
9	2/1200-100	ACOPIO CHAPAS NO A PRESION	ACOPIO CHAPAS NO A PRESION	2/1200-100	PROC-00000117	PROC-00000116	MEProcess Part							
10	2/1200-100	ACOPIO CHAPAS NO A PRESION	ACOPIO CHAPAS NO A PRESION	2/1200-100	OP-00000098		Office Activity	ACOPADOR	ID4_HumanRes	1	10	ACOPIO CHAPAS NO A PRESION	OTA06	8
11	2/1200-100	ACOPIO CHAPAS NO A PRESION	ACOPIO CHAPAS NO A PRESION	2/1200-100	OP-00000098		Office Activity	ACOPADOR	ID4_MachineRes	1	10	ACOPIO CHAPAS NO A PRESION	OTA06	8
12	2/1200-100	ACOPIO FONDOS	ACOPIO FONDOS	2/1200-100	PROC-00000086	PROC-00000005	MEProcess Part							
13	2/1200-100	ACOPIO FONDOS	ACOPIO FONDOS	2/1200-100	PROC-00000086	PROC-00000004	MEProcess Part							
14	2/1200-100	ACOPIO FONDOS	ACOPIO FONDOS	2/1200-100	OP-00000023		Office Activity	ACOPADOR	ID4_HumanRes	1	10	ACOPIO FONDOS	OTA01	8
15	2/1200-100	ACOPIO FONDOS	ACOPIO FONDOS	2/1200-100	OP-00000023		Office Activity	ACOPADOR	ID4_MachineRes	1	10	ACOPIO FONDOS	OTA01	8
16	2/1200-100	ACOPIO FORJAS	ACOPIO FORJAS	2/1200-100	PROC-00000088	PROC-00000099	MEProcess Part							
17	2/1200-100	ACOPIO FORJAS	ACOPIO FORJAS	2/1200-100	OP-00000092		Office Activity	ACOPADOR	ID4_HumanRes	1	10	ACOPIO FORJAS	OTA03	8
18	2/1200-100	ACOPIO FORJAS	ACOPIO FORJAS	2/1200-100	OP-00000092		Office Activity	ACOPADOR	ID4_MachineRes	1	10	ACOPIO FORJAS	OTA03	8
19	2/1200-100	ACOPIO PERNOS, TUERCAS Y JUNTAS	ACOPIO PERNOS, TUERCAS Y JUNTAS	2/1200-100	PROC-00000090	PROC-00000009	MEProcess Part							

BOM

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Process ID & Operation ID	Part number	Operation name	Operation sequence	Mandatory part number	Item ID	Mandatory Quantity	Occurrence type
2	PROC-00000130	RECEPCION DE ANILLO FORJADO						
3	OP-00000122	RECEPCION DE ANILLO FORJADO	RECEPCION DE ANILLO FORJADO	10	2/1200-101_01	15112	1	MEConsumed
4	PROC-00000094	RECEPCION DE CHAPAS BISELADAS						
5	OP-00000002	RECEPCION DE CHAPAS BISELADAS	RECEPCION	10	2/1200-101_V09	15085	1	MEConsumed
6	PROC-00000118	RECEPCION DE CHAPAS NO A PRESION						
7	OP-00000120	RECEPCION DE CHAPAS NO A PRESION	RECEPCION DE CHAPAS NO A PRESION	10	2/1200-101_V11	15117	1	MEConsumed
8	PROC-00000091	RECEPCION DE FONDOS						
9	OP-00000001	RECEPCION DE FONDOS	RECEPCION	10	2/1200-101_F01	15107	1	MEConsumed
10	PROC-00000095	RECEPCION DE FORJAS						
11	OP-00000003	RECEPCION DE FORJAS	RECEPCION	10	2/1200-103_BL01	C0021135	1	MEConsumed
12	PROC-00000096	RECEPCION DE TUBOS Y ACCESORIOS						
13	OP-00000004	RECEPCION DE TUBOS Y ACCESORIOS	RECEPCION	10	2/1200-103_C06	C0023074	1	MEConsumed
14								

ANEXO III: Distribuciones dimensionales por elemento

Elemento	1ª Jerarquía		2ª Jerarquía		3ª Jerarquía	
	Dimensión	Distribución	Dimensión	Distribución	Dimensión	Distribución
Virola	Diámetro (mm)	<2500 2500 ÷ 5000 >5000	Ancho (mm)	<2000 >2000	Espesor (mm)	<40 40 ÷ 80 >80
Envolvente	Diámetro (mm)	<2500 2500 ÷ 5000 >5000	Espesor (mm)	<40 40 ÷ 80 >80		
Fondos de calota y gajos	Diámetro de la calota (mm)	<5000 >5000	Ancho de gajos	<2000 >2000	Espesor (mm)	<50 >50
Fondos de discos	Diámetro (mm)	<5000 >5000	Espesor (mm)	<50 >50		
Conos	Ancho (mm)	<2000 >2000	Espesor (mm)	<50 >50		
Prefabricación de tubuladuras tipo 1	Diámetro (")	<8 8 ÷ 18 >18	Espesor (Sch)	Sch<40 Sch 40÷100 Sch>100		
Prefabricación de tubuladuras tipo 2						
Prefabricación de tubuladuras tipo 3						
Prefabricación de tubuladuras tipo 4			Espesor de envolvente a la que va instalada (mm)	<20 20 ÷ 50 >50		
Instalación de tubuladuras con refuerzo						
Instalación de tubuladuras sin refuerzo						
Anillo base	Diámetro (mm)	<4000 >4000	Espesor (mm)	<30 >30		
Prefabricación de cunas	Diámetro del equipo(mm)	<4000 >4000				
Instalación de cunas	Diámetro del equipo(mm)	<4000 >4000	Espesor (mm)	<30 >30		

ANEXO IV: Informe de Preactor de carga de trabajo por máquina

MSR

Order No.	Product	Part No.	Qty.	Op. No.	Operation Name	Start Time	End Time	Op. Progress
2/1196-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V13AB-V14AB	ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V13AB-V14AB	2/1196-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V13AB-V14AB	50	30	SANEADO CIRCULAR MSR	07/11/2022 19:29	08/11/2022 6:59	Not Started
2/1196-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V17AB-V18	ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V17AB-V18	2/1196-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V17AB-V18	50	30	SANEADO CIRCULAR MSR	23/11/2022 7:59	23/11/2022 13:29	Not Started
2/1196-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V14AB-V15	ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V14AB-V15	2/1196-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V14AB-V15	50	30	SANEADO CIRCULAR MSR	14/12/2022 16:29	14/12/2022 21:59	Not Started
2/1196-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V21AB-V22	ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V21AB-V22	2/1196-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V21AB-V22	50	30	SANEADO CIRCULAR MSR	23/12/2022 22:59	26/12/2022 10:29	Not Started
2/1196-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V18-V19	ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V18-V19	2/1196-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V18-V19	50	30	SANEADO CIRCULAR MSR	29/12/2022 22:59	30/12/2022 10:29	Not Started
2/1196-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V1-V2	ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V1-V2	2/1196-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V1-V2	50	30	SANEADO CIRCULAR MSR	18/01/2023 8:59	18/01/2023 13:59	Not Started
2/1196-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V2-V3	ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V2-V3	2/1196-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V2-V3	50	30	SANEADO CIRCULAR MSR	23/01/2023 18:29	23/01/2023 23:29	Not Started
2/1196-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V3-V4	ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V3-V4	2/1196-100_ENSAMBLE Y SOLDADURA DE V3-V4	50	30	SANEADO CIRCULAR MSR	27/01/2023 6:59	27/01/2023 11:59	Not Started

ANEXO V: Informe de Preactor de carga de trabajo por día

06/12/2022

Order No.	Product	Part No.	Qty.	Op. No.	Operation Name	Resource	Start Time	End Time	Due Date
2/1202-100_001_CAL CULOS MDP REVISION 0_001	CALCULOS MDP REVISION 0	2/1202-100_001_CALCULOS MDP REVISION 0_001	100	10	CALCULOS MDP REVISION 0	CALCULISTA	06/12/2022 7:30	15/12/2022 8:30	
2/1202-100_001_CAL CULOS MDC REVISION 0_001	CALCULOS MDC REVISION 0	2/1202-100_001_CALCULOS MDC REVISION 0_001	100	10	CALCULOS MDC REVISION 0	CALCULISTA	06/12/2022 7:30	15/12/2022 8:30	
2/1202-100_001_CAL CULOS MDL REVISION 0_001	CALCULOS MDL REVISION 0	2/1202-100_001_CALCULOS MDL REVISION 0_001	100	10	CALCULOS MDL REVISION 0	CALCULISTA	06/12/2022 7:30	15/12/2022 8:30	
2/1204-100_001_PLA NO TRANSPORTE REVISION 2_001	PLANO TRANSPORTE REVISION 2	2/1204-100_001_PLANO TRANSPORTE REVISION 2_001	100	10	PLANO TRANSPORTE REVISION 2	PROYECTISTA	06/12/2022 7:30	15/12/2022 8:30	
2/1204-100_001_PLA NO TUBULADURA S REVISION 1_001	PLANO TUBULADURAS REVISION 1	2/1204-100_001_PLANO TUBULADURAS REVISION 1_001	100	10	PLANO TUBULADURAS REVISION 1	PROYECTISTA	06/12/2022 7:30	15/12/2022 8:30	
2/1204-100_001_PLA NO PLACA DE CARACTERIST ICAS REVISION 2_001	PLANO PLACA DE CARACTERISTICAS REVISION 2	2/1204-100_001_PLANO PLACA DE CARACTERISTICAS REVISION 2_001	100	10	PLANO PLACA DE CARACTERISTICAS REVISION 2	PROYECTISTA	06/12/2022 7:30	15/12/2022 8:30	
2/1204-100_002_PLA NO GENERAL REVISION 2_002	PLANO GENERAL REVISION 2	2/1204-100_002_PLANO GENERAL REVISION 2_002	100	10	PLANO GENERAL REVISION 2	PROYECTISTA	06/12/2022 7:30	15/12/2022 8:30	
2/1204-100_002_PLA NO PLACA DE CARACTERIST ICAS REVISION 0_002	PLANO PLACA DE CARACTERISTICAS REVISION 0	2/1204-100_002_PLANO PLACA DE CARACTERISTICAS REVISION 0_002	100	10	PLANO PLACA DE CARACTERISTICAS REVISION 0	PROYECTISTA	06/12/2022 7:30	15/12/2022 8:30	

ANEXO VI: Informe de Preactor de previsión de necesidades de material

BOM Shortages Summary

	13/02/2022	18/07/2021	02/07/2023	27/03/2022	08/08/2021	28/05/2023	10/09/2023	13/08/2023	18/06/2023	26/06/2022	19/09/2021
2/1191-100_RECEPCION DE CHAPAS BISELADAS	1										
V1	1										
V2	1										
2/1191-100_RECEPCION DE FONDOS	1										
FONDO SEMI-ELIPTICO 2:1 F1	1										
FONDO SEMI-ELIPTICO 2:1 F2	1										
2/1191-100_RECEPCION DE INTERNOS		1									
COLECTOR		1									
2/1191-100_RECEPCION DE PERNOS, TUERCAS Y JUNTAS		1									
2/1191-100_RECEPCION DE TUBOS Y ACCESORIOS		1	1								
2/1191-103_C08		1	1								
2/1191-104_01A		1									
2/1191-100_RECEPCION DE FORJAS			1								
2/1191-103_B08			1								
2/1193-100_RECEPCION DE CHAPAS BISELADAS				1							
2/1193-101_V1				1							