



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Grado en Ingeniería en Tecnologías
Industriales

DISEÑO DE UNA LÍNEA DE FRESADO QUÍMICO A ESCALA DE LABORATORIO

Autora: Irene Del Sol Illana
Cádiz, julio 2014



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Grado en Ingeniería en Tecnologías
Industriales

DISEÑO DE UNA LÍNEA DE FRESADO QUÍMICO A ESCALA DE LABORATORIO

Director: Miguel Álvarez Alcón
Codirector: Álvaro Gómez Parra

Autora: Irene Del Sol Illana
Cádiz, julio 2014

Índice General

Índice General

Memoria	9
Capítulo 1: Introducción	15
1.1 Objeto	15
1.2 Alcance	15
1.3 Justificación	16
1.4 Estructura de la memoria	17
Capítulo 2. Contexto.....	19
2.1 Procesos de conformado utilizados en la industria aeronáutica	19
2.2 Aleaciones ligeras	20
2.2.1 Aleaciones de magnesio	21
2.2.2 Aleaciones de titanio	21
2.2.3 Aleaciones de aluminio	21
2.3 El aluminio dentro de la aeronáutica	24
2.4 La industria aeronáutica en España	26
2.5 Presencia económica del sector en la provincia de Cádiz.....	27
2.6 Proceso de conformado de Chapa en Cádiz.....	27
2.7 El FQ en España	28
2.7.1 Intec Air	28
Capítulo 3: Antecedentes	29
3.1 Historia	29
3.2 Situación dentro de la técnica.....	29
3.3 Definición	30
3.4 Fundamentos químicos	31
3.5 Aplicaciones.....	33
3.6 Características de las piezas y del proceso.....	34
3.7 Ventajas e inconvenientes del proceso.....	34
3.8 Descripción detallada del proceso	36
3.8.1 Limpieza previa.....	37
3.8.2 Enmascarado	40

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

3.8.3	Trazado	43
3.8.4	Pelado	44
3.8.5	Ataque	44
3.8.6	Desoxidado	45
3.8.7	Enjuague	46
3.8.8	Secado	46
3.8.9	Desenmascarado	46
3.8.10	Control final	46
3.9	Normas y referencias	48
Capítulo 4: Análisis de soluciones		51
4.1	Limpieza previa o preparación de superficies	51
4.1.1.	Desengrase manual	51
4.1.2.	Limpieza abrasiva manual	52
4.1.3.	Limpieza alcalina	52
4.1.1.	Enjuague	52
4.1.2.	Decapado ácido	54
4.1.3.	Secado	55
4.2	Enmascarado	55
4.3	Trazado	56
4.4	Pelado	57
4.5	Ataque	57
4.6	Desoxidado	58
4.7	Desenmascarado	58
Capítulo 5: Proceso de Diseño		59
5.1	Diseño del útil de sujeción	59
5.2	Diseño de las cubas	63
5.3	Diseño tapadera	66
5.4	Diseño de la estructura de apoyo de las cubas	67
5.5	Ubicación del diseño	68
5.6	Reducción de puestos	68
5.7	Distribución física	71
5.8	Descripción de la línea por módulos	72
5.8.1.	Módulo1: limpieza previa enmascarado y desenmascarado	72
5.8.2.	Módulo 2: enjuague	73

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

5.8.3.	Módulo3: decapado y desoxidado	74
5.8.4.	Módulo 4: ataque.....	74
5.8.5.	Módulo 5: secado.....	74
5.8.6.	Módulo 6: transporte.....	74
Capítulo 6: Resultados finales		77
6.1.	Procedimiento.....	77
6.1.1.	Limpieza previa.....	77
6.1.2.	Enmascarado.....	79
6.1.3.	Trazado.....	79
6.1.4.	Pelado.....	79
6.1.5.	Ataque.....	80
6.1.6.	Desoxidado.....	80
6.1.7.	Desenmascarado.....	80
6.1.8.	Control final.....	80
6.2.	Seguridad e higiene.....	80
6.3.	Gestión de residuos.....	82
6.3.1.	Identificación y etiquetado.....	82
6.3.2.	Almacenamiento.....	83
6.3.3.	Control, seguimiento y medición de residuos.....	83
6.4.	Mantenimiento.....	83
6.5.	Análisis de viabilidad.....	84
6.6.	Mejoras futuras.....	85
Capítulo 7: Planificación.....		87
Capítulo 8: Orden de los documentos básicos.....		89
Pliego de condiciones.....		91
1.	Condiciones generales.....	95
2.	Condiciones particulares.....	95
3.	Requisitos funcionales.....	95
3.1.1.	Requisitos técnico-tecnológicos.....	95
3.1.2.	Requisitos humanos.....	96
3.1.3.	Formación.....	96
4.	Consideraciones y resultados.....	96
4.1.	Obligaciones del proyectista.....	96

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

4.2.	Obligaciones del departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial	97
4.3.	Resultados y productos esperados	97
5.	Condiciones de trabajo	97
5.1.	Equipo de trabajo	97
5.2.	Supervisión de los trabajos	98
5.3.	Plazo de ejecución	98
6.	Condiciones económicas	98
6.1.1.	Forma de pago	98
6.1.2.	Cumplimiento de los plazos y penalidades de demora.....	98
6.1.3.	Garantía.....	99
7.	Confidencialidad de la información	99
Estado de mediciones		101
1.	Diseño y documentación.....	105
2.	Módulo 1	105
3.	Módulo 2	105
4.	Módulo 3	105
5.	Módulo 4	105
6.	Módulo 5	105
7.	Módulo 6	106
8.	Sistema de circulación de agua	106
9.	Estructura	106
10.	Mano de obra	106
Presupuesto		109
1.	Precios Unitarios	113
2.	Presupuesto	115
3.	Presupuesto total	117
Anexos.....		119
Aplicador_Micrometrico.....		121
Características eheim stream on.....		122
Form touch up coating nº12.....		128
Kemper Smart		129

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

Resistencia.....	130
Planos	135
01.0000-Línea	
01.1000-Estructura	
01.1100-Conjunto Cuba Ataque	
01.1200-Cuba polipropileno	
01.1300-Red de agua	
01.1400-Útil de sujeción	

Memoria

Índice de la memoria

Memoria	9
Capítulo 1: Introducción	15
1.1 Objeto.....	15
1.2 Alcance	15
1.3 Justificación	16
1.4 Estructura de la memoria.....	17
Capítulo 2. Contexto.....	19
2.1 Procesos de conformado utilizados en la industria aeronáutica	19
2.2 Aleaciones ligeras.....	20
2.2.1 Aleaciones de magnesio	21
2.2.2 Aleaciones de titanio	21
2.2.3 Aleaciones de aluminio	21
2.3 El aluminio dentro de la aeronáutica	24
2.4 La industria aeronáutica en España	26
2.5 Presencia económica del sector en la provincia de Cádiz.....	27
2.6 Proceso de conformado de Chapa en Cádiz.....	27
2.7 El FQ en España	28
2.7.1 Intec Air	28
Capítulo 3: Antecedentes	29
3.1 Historia	29
3.2 Situación dentro de la técnica.....	29
3.3 Definición	30
3.4 Fundamentos químicos	31
3.5 Aplicaciones.....	33
3.6 Características de las piezas y del proceso.....	34
3.7 Ventajas e inconvenientes del proceso.....	34
3.8 Descripción detallada del proceso	36
3.8.1 Limpieza previa.....	37
3.8.2 Enmascarado	40

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

3.8.3	Trazado	43
3.8.4	Pelado	44
3.8.5	Ataque	44
3.8.6	Desoxidado	45
3.8.7	Enjuague	46
3.8.8	Secado	46
3.8.9	Desenmascarado	46
3.8.10	Control final	46
3.9	Normas y referencias	48
Capítulo 4: Análisis de soluciones		51
4.1	Limpieza previa o preparación de superficies	51
4.1.1.	Desengrase manual	51
4.1.2.	Limpieza abrasiva manual	52
4.1.3.	Limpieza alcalina	52
4.1.1.	Enjuague	52
4.1.2.	Decapado ácido	54
4.1.3.	Secado	55
4.2	Enmascarado	55
4.3	Trazado	56
4.4	Pelado	57
4.5	Ataque	57
4.6	Desoxidado	58
4.7	Desenmascarado	58
Capítulo 5: Proceso de Diseño		59
5.1	Diseño del útil de sujeción	59
5.2	Diseño de las cubas	63
5.3	Diseño tapadera	66
5.4	Diseño de la estructura de apoyo de las cubas	67
5.5	Ubicación del diseño	68
5.6	Reducción de puestos	68
5.7	Distribución física	71
5.8	Descripción de la línea por módulos	72
5.8.1.	Módulo1: limpieza previa enmascarado y desenmascarado	72
5.8.2.	Módulo 2: enjuague	73

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

5.8.3.	Módulo3: decapado y desoxidado	74
5.8.4.	Módulo 4: ataque.....	74
5.8.5.	Módulo 5: secado.....	74
5.8.6.	Módulo 6: transporte.....	74
Capítulo 6: Resultados finales		77
6.1.	Procedimiento.....	77
6.1.1.	Limpieza previa.....	77
6.1.2.	Enmascarado.....	79
6.1.3.	Trazado.....	79
6.1.4.	Pelado.....	79
6.1.5.	Ataque.....	80
6.1.6.	Desoxidado.....	80
6.1.7.	Desenmascarado.....	80
6.1.8.	Control final.....	80
6.2.	Seguridad e higiene.....	80
6.3.	Gestión de residuos.....	82
6.3.1.	Identificación y etiquetado.....	82
6.3.2.	Almacenamiento.....	83
6.3.3.	Control, seguimiento y medición de residuos.....	83
6.4.	Mantenimiento.....	83
6.5.	Análisis de viabilidad.....	84
6.6.	Mejoras futuras.....	85
Capítulo 7: Planificación.....		87
Capítulo 8: Orden de los documentos básicos.....		89

Captítulo 1: Introducción

1.1 Objeto

El presente proyecto tiene por objeto el diseño de una línea de producción a escala para la realización de prácticas docentes de laboratorio de fresado químico (FQ) del área de conocimiento de Ingeniería de los Procesos de Fabricación (IPF), sin descartar la posible adaptación posterior para su aplicación en las actividades de investigación del Grupo de Ingeniería y Tecnología de Materiales y Fabricación (TEP-027). Tanto el área de conocimiento como el grupo de investigación tienen su sede en el departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial. La ubicación de los laboratorios en los que se incluiría la citada línea, se corresponderían con los asignados para Talleres del área de IPF en el nuevo edificio de la Escuela Superior de Ingeniería (ESI), situado en el campus de Puerto Real.

El proyecto forma parte de la ampliación del alcance de la actividad del Grupo TEP-027 dentro de los procesos no convencionales.

La línea estará diseñada para una capacidad de tres piezas de aleaciones de aluminio aeronáutico por secuencia cuyas dimensiones máximas serán 210x297x20mm.

El proceso de FQ o mecanizado químico (chemical milling) es un proceso por arranque de partículas de activación no mecánica, mediante reacción química, no convencional. Debido a la singularidad del proceso y su implantación industrial en regiones muy específicas, entre las que se encuentra la provincia de Cádiz, no existen dispositivos, equipos o células docentes a nivel nacional que puedan servir de apoyo para la explicación del mismo. De ahí el interés del desarrollo de una para la ESI, que permita a los alumnos conocer y profundizar en este método.

La documentación que describe el diseño seguirá la norma de caracterización de proyectos 157001.

1.2 Alcance

El alcance del proyecto comprende la realización de un análisis de viabilidad de las instalaciones que se desean diseñar. El diseño de los elementos necesarios para la realización del proceso, y en el caso correspondiente, realización de una propuesta de construcción de los mismos, basada en un proyecto de ingeniería que incluya el presupuesto y pliegos de cargos correspondientes. Este diseño seguirá la norma ISO 14001 y estará de acuerdo con el sistema de gestión de residuos de la UCA. En consecuencia se realiza una indicación del sistema de tratamiento de residuos y medidas medioambientales a tener en cuenta tras la puesta en marcha de las instalaciones. Durante el diseño de la instalación se tendrán en cuenta las medidas de seguridad que deben tomarse durante el uso de la instalación. Por tanto se definirán los sistemas de seguridad necesarios durante el uso de la misma y se proporcionarán

las medidas de seguridad orientativas y necesarias durante el uso de la instalación. Finalmente se realizará una maqueta virtual de la línea.

1.3 Justificación

Debido a la importancia del sector aeroespacial en la provincia de Cádiz, es necesaria la formación de ingenieros en las distintas áreas de la ingeniería de fabricación. Para suplir esta necesidad se imparten en la Universidad de Cádiz distintas titulaciones.

Concretamente en la Escuela Superior de Ingeniería de Cádiz (ESI) las titulaciones relacionadas son: Grado en Ingeniería Aeroespacial (GIA), los diferentes grados pertenecientes a la rama industrial y Master Universitario en Ingeniería de Fabricación (MUIF).

Todos los alumnos de estas titulaciones reciben formación en el campo de la ingeniería de fabricación. La formación en esta área incluye todos los tipos de procesos de conformado. Concretamente, dentro de los procesos de conformado por eliminación de material no convencionales, se encuentra la tecnología del FQ, el cual no es objeto de temario en la mayoría de los planes de estudio. Sin embargo, debido a lo expuesto en los apartados precedentes, se puede observar la importancia en la provincia de formar más detenidamente a los futuros ingenieros en este proceso, especialmente en la ESI.

Por ello y aprovechando el cambio a un nuevo edificio de la ESI para el curso 2014-2015 se plantea el diseño de una línea de baños para FQ para situarla en uno de los talleres asignados al área de IPF del nuevo edificio.

En el área de IPF de la ESI se imparten las asignaturas de la [Tabla 1](#) que tienen relación en su temario con el proyecto.

Tabla 1. Distribución por asignaturas y titulación de los grupos de prácticas que utilizarían la línea de FQ.

Asignatura	Tipo	Titulación	Nº alumnos	Grupos prácticas
Ingeniería de fabricación	Obligatoria	GITI	260	26
Ingeniería del mecanizado	Optativa	GITI	50	5
Ingeniería de fabricación	Obligatoria	GIA	75	8
Tecnologías de conformado de materiales Aeroespaciales	Obligatoria	GIA	75	8
Procesos Industriales	Obligatoria	GIDIDP	50	5
Ingeniería de procesos no convencionales de eliminación de material	Optativa	MUIF	30	3
		Total	540	54

Como no existen instalaciones comerciales para la realización de prácticas de laboratorio de FQ que faciliten al alumno la comprensión del proceso, se presenta en este proyecto el diseño de una línea de FQ a escala que supla esta necesidad.

Las titulaciones expuestas anteriormente tienen entre 500 y 550 alumnos anualmente que se verían beneficiados de este tipo de instalación.

Como se puede ver en la Tabla 1, con el equipo diseñado se realizarían 50 prácticas al año con una posible ampliación a 57 debido a la posibilidad de realizar dos prácticas diferentes en la asignatura del MUIF.

Por otro lado se podrían ofertar cursos de formación y/o entrenamiento para empresas privadas ya que estas no pueden utilizar sus propias instalaciones para este fin pues implica una alteración en las órdenes de producción y un retraso y/o parada de la línea.

1.4 Estructura de la memoria

El desarrollo del proyecto se recoge en la presente memoria que está estructurada siguiendo y contemplando los apartados descritos en la norma 157001. Con el objetivo de organizar y facilitar la comprensión del proyecto se divide la memoria en 7 capítulos.

En el primero se explican el objetivo, el alcance y la justificación del mismo, posteriormente se procede a la exposición del contexto en el que se va a desarrollar. El contexto, compone un segundo capítulo donde se realiza una breve introducción del sector aeronáutico a nivel nacional, un análisis de los materiales más utilizados en esta industria, el sector en la provincia de Cádiz y la implantación de la técnica de FQ. En este último punto se expone brevemente el trabajo que realiza la empresa Intec Air S.L. entre cuyas actividades principales se encuentra el FQ para piezas de aviación.

En el siguiente capítulo, relacionados con los antecedentes, se expone el proceso de FQ analizando su funcionamiento, los principios químicos en los que se basa, sus características, aplicaciones, ventajas e inconvenientes. A continuación, se procederá a recoger las distintas variantes que existen industrialmente para realizar cada una de las operaciones que tienen lugar en este proceso.

Posteriormente se enumeran las normas y referencias utilizadas para la realización del proyecto. Se definen las palabras claves del mismo y las abreviaturas utilizadas. Se presentan los requisitos del cliente proporcionados para el diseño de la línea.

Los capítulos siguientes están relacionados directamente con el proceso de diseño. Primero se realiza un análisis de soluciones presentadas en el apartado de antecedentes. Una vez elegidas las soluciones técnicas que se llevarán a cabo en el proceso de la línea diseñada se procede al proceso de diseño de los elementos que la componen. Para ello se tienen en cuenta los requisitos del cliente y las limitaciones debidas a la ubicación.

Una vez finalizada la fase de diseño se exponen los resultados relacionados con la ubicación, distribución, transporte de las piezas durante el proceso, etc. Finalmente se expone el procedimiento de cada una de las operaciones del proceso.

En los capítulos finales se exponen las condiciones de seguridad e higiene necesarias durante el uso de la instalación, las medidas medio ambientales ligadas a la gestión de residuos de la

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

misma, el mantenimiento que deberá realizarse a la instalación una vez sea puesta en marcha. Por último, dentro de este bloque, se contempla un apartado de mejoras futuras.

Para terminar, se expone la planificación del desarrollo del proyecto que ha tenido lugar y se indica el orden de los documentos básicos que acompañan a la memoria, adjuntados al final de la misma.

Capítulo 2. Contexto

Para comenzar se debe tener en cuenta que el proceso de FQ tiene su principal aplicación en la industria aeronáutica. Por consecuencia, tanto el contexto como la justificación estarán centrados en la presencia de la misma en el entorno cercano a la ESI. El contexto se enfocará desde dos puntos de vista. El primero describe los procesos y materiales utilizados en la industria aeronáutica. El segundo, explica el contexto de la industria aeronáutica en España, centrándose en datos de la provincia de Cádiz, y la implantación del FQ como proceso de conformado a nivel nacional.

2.1 Procesos de conformado utilizados en la industria aeronáutica

Prácticamente todos los tipos de procesos de conformado mencionados en la Figura 1 son necesarios para el desarrollo de las funciones de la industria aeronáutica.

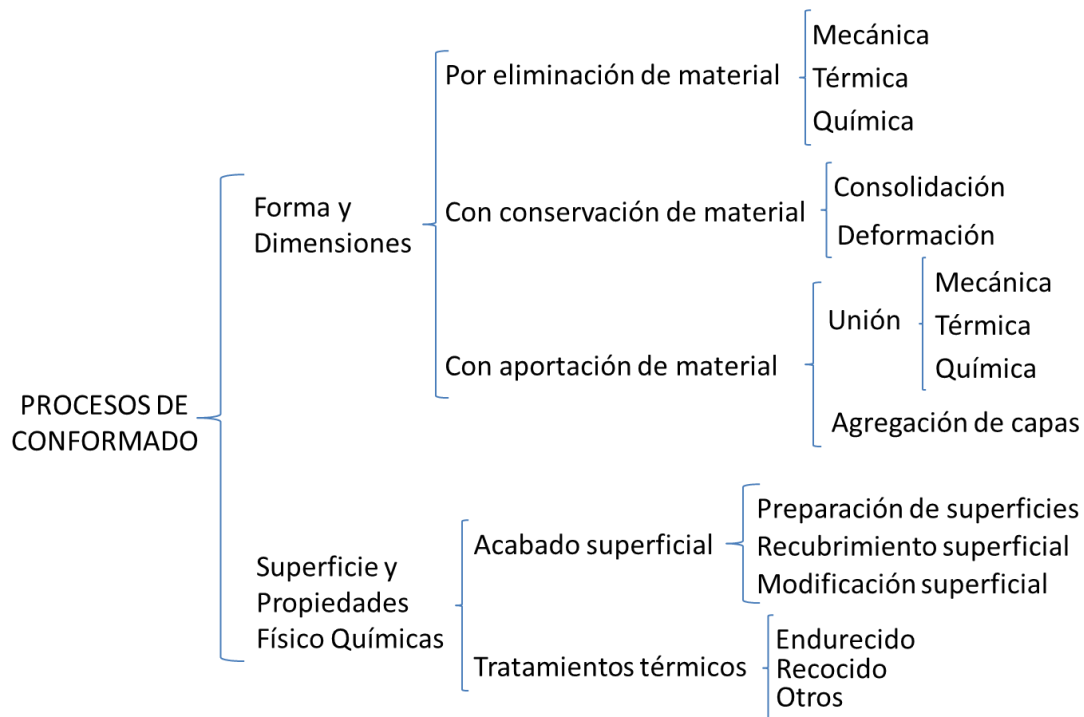


Figura 1. Clasificación de los procesos de conformado. [1]

Por ejemplo, en la fabricación de las alas y de los componentes propios del fuselaje de un avión se realizan procesos de taladrado y fresado periférico como operaciones de mecanizado comunes (conformado por eliminación de material mediante métodos mecánicos). Si estos elementales son metálicos, y dependiendo de sus características, se pueden encontrar operaciones de FQ (eliminación de material por métodos químicos). Los herrajes se conforman por forma (conservación de material por consolidación) y posteriormente son mecanizados para darles las características superficiales definidas por diseño. Los ejes de los trenes de

aterrizaje suelen ser de forja, los slats se pueden fabricar mediante conformado superplástico (deformación plástica), los elementales de fibra de carbono se fabrican mediante la agregación de capas. Estos elementales suelen ir unidos entre sí utilizando remaches, adhesivos (muy utilizados para la unión de elementos a lo largo de todo el avión pero especialmente en el caso de la tecnología de fibra).

En la mayoría de los casos los procesos de conformado van acompañados de tratamientos superficiales y alteraciones de las propiedades físico químicas del material, como pueden ser los diferentes tratamientos térmicos aplicados a las aleaciones de aluminio que componen el fuselaje. Además se realizan como operaciones de acabado superficial, pulidos, pintura o anodizados.

2.2 Aleaciones ligeras

En la industria aeroespacial, el uso de aleaciones ligeras ha supuesto una de las posibles soluciones ante la necesidad de reducir el peso del producto Tabla 2. Esta sustitución es debida a que las propiedades en magnitudes específicas de este tipo de aleaciones superan a las del hierro, como se puede ver en la Tabla 3.

Tabla 2. Ahorro de coste en combustible por kg de peso reducido en función a la industria. [2].

Sector Industrial	Ahorro \$/kg disminuido
Automóvil	6
Aviación comercial	60
Aviación militar	600
Aeronáutica espacial	6000

Tabla 3. Propiedades mecánicas de las aleaciones ligeras y del acero. [2].

Aleación	Densidad ρ (g/cm ³)	M. Young E (GPa)	Lím. Elástico σ_{lim} (MPa)	E/ ρ	σ_{lim}/ρ
Al	2.7	71	25-600	26	9-220
Mg	1.7	45	70-270	25	40-160
Ti	4.5	120	170-1280	27	38-280
Aceros	7.9	210	220-1600	27	28-200

Las aleaciones ligeras se clasifican en función del material base [4]:

- Aleaciones de magnesio
- Aleaciones de titanio
- Aleaciones de aluminio

2.2.1 Aleaciones de magnesio

Es la aleación con menor densidad aunque su uso está bastante limitado ya que sus propiedades mecánicas relativas son menores que las de las aleaciones de aluminio y su precio es el doble. Además, la reactividad del magnesio es muy elevada, la estabilidad de sus óxidos pobre, y la resistencia a la corrosión, a la termofluencia, a la fatiga y al desgaste más baja que la del aluminio. Sin embargo sigue siendo una aleación ampliamente utilizada en la industria aeroespacial.

Se divide generalmente en aleaciones de forja y en aleaciones de fundición. Su conformado se complica al tener poca tasa de fluidez, debido a su reactividad, arde en contacto con el aire cuando está fundido, y su microestructura hexagonal dificulta el conformado por deformación, que suele realizarse en caliente [4].

2.2.2 Aleaciones de titanio

Son aleaciones de densidad 4.54g/cm^3 por lo que se encuentran entre el aluminio y el acero. Debido a la dificultad de extracción y transformación su coste de adquisición es bastante elevado, unas 5,7 veces el del aluminio. Sin embargo, son muy utilizadas en la industria aeroespacial gracias a su elevada resistencia 684 MPa [2].

El principal inconveniente que presentan es su alta reactividad, reaccionan muy fácilmente a altas temperaturas con el oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, carbono y hierro. Pese a esto es muy resistente en medios agresivos ya que el óxido que genera da lugar a una capa de pasivación muy estable, similar a la del aluminio.

Se clasifica en cuatro tipos: titanio comercialmente puro, aleaciones de titanio α , aleaciones de titanio β y aleaciones de titanio $\alpha+\beta$, estas últimas son las más utilizadas en la industria aeroespacial especialmente la aleación Ti6Al4V que presenta propiedades de superplasticidad a deformaciones lentas y posibilidad de soldadura por difusión.

2.2.3 Aleaciones de aluminio

Se caracterizan por su baja densidad (2.7g/cm^3), su elevada conductividad eléctrica y térmica, y su resistencia a la corrosión. Presenta una alta ductilidad incluso a temperatura ambiente, pero su temperatura de fusión es de 660°C por lo que no es un material apto en aplicaciones a altas temperaturas. Sus características mecánicas son mucho menores que las del acero pero en los casos en los que la disminución de peso es un factor importante su uso pasa a ser más apropiado.

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

El aluminio puro es poco resistente por lo que se suele reforzar mediante trabajo en frío o aleándolo con otros elementos. Con las aleaciones y los procesos adecuados se pueden alcanzar los 600MPa en resistencia a la tracción.

Las aleaciones del aluminio se dividen en:

- Aleaciones de aluminio de forja. Se utilizan para fabricar tubos de escape, barras laterales, barras de salpicaderos, chapas, láminas, extrusión, varillas y alambres. Se clasifican de acuerdo con los elementos que contengan en aleación.
- Aleaciones de fundición para el moldeo.

Estos dos grandes grupos se dividen a su vez en tratables térmicamente y no tratables térmicamente.

Para la designación de las aleaciones de aluminio existe el código “Unified Numbering System” (UNS) que consiste en las siglas AA seguidas de cuatro dígitos. El primero indica el principal aleante de la serie. Este código permite identificar el aleante principal y el tratamiento que se le ha realizado al material. En este sistema los cuatro dígitos indican los solutos principales y el nivel de pureza. Separados por un espacio se coloca una letra y una serie de números (de una a tres cifras) indica el tratamiento mecánico y/o térmico realizado a la aleación. Ver en la [Tabla 4](#) el sistema de codificación más detallado.

Tabla 4. Código UNS y aleantes principales. Designación de las aleaciones[3].

Serie	Principal aleante	Características
1xxx	Aluminio comercial puro (>99% Al)	Excelente resistencia a la corrosión, alta conductividad eléctrica y térmica, baja resistencia, no tratable térmicamente.
2xxx	Cobre	Alta relación resistencia-peso, baja resistencia a la corrosión, tratable térmicamente.
3xxx	Manganeso	Resistencia moderada, generalmente no tratable térmicamente.
4xxx	Silicio	Bajo punto de fusión, forma una capa de óxido color gris oscuro, generalmente no tratable térmicamente.
5xxx	Magnesio	Buena soldabilidad y resistencia a la corrosión, resistencia moderada a alta, no tratable térmicamente.
6xxx	Magnesio y Silicio	Resistencia media, buena maleabilidad, maquinabilidad, soldabilidad y resistencia a la corrosión, tratable térmicamente.
7xxx	Zinc	Resistencia moderada a muy elevada, tratable térmicamente.
8xxx	Otros elementos	-
9xxx	Sin usar	-

Paralelamente el sistema permite identificar los tratamientos del aluminio indicándolos tras el código descrito anteriormente la letra y el número que los identifique. Las letras utilizadas para los tratamientos térmicos son:

- **F**: usada en su condición de fabricación (trabajado en caliente, forja, fundición, etc).
- **O**: recocido (en el estado más blando posible).
- **H**: endurecida por deformación.
- **W**: tratada por solución.
- **T**: tratada térmicamente.

Aleaciones de fundición.

El aluminio es muy popular para el moldeo por su baja densidad, bajo punto de fusión y buena fluidez. El principal problema que presentan es el elevado coeficiente de contracción pero se puede solucionar realizando un buen diseño del proceso de moldeo.

Presenta una mayor tolerancia a las impurezas que las aleaciones de forja y sus propiedades mecánicas dependen del proceso de moldeo, la composición y el tratamiento térmico. Tiene un límite elástico hasta 435 MPa, una ductilidad hasta 20%, aunque esta sea en la mayoría de los casos es menor al 5%.

Principales aleantes de las aleaciones de fundición:

- Silicio (5-12%) aumenta la fluidez del material, es el principal aleante de este grupo.
- Magnesio del 0.3-1% endurece por precipitación y mejora la resistencia.
- Cobre 1-4% aumenta la resistencia especialmente a alta temperatura.

Generalmente, estas aleaciones se enfrían rápidamente en los moldes y posteriormente se someten a un tratamiento de envejecimiento.

Aleaciones para forja

Se dividen según definición por los componentes de la aleación. Entre las no tratables térmicamente se encuentran [3]:

- La serie 1000 contienen aluminio prácticamente puro con impurezas de Fe y Si. Se utilizan como conductores eléctricos o en láminas finas.
- La serie 3000 es una aleación con Mn y se utiliza por su buena trabajabilidad.
- La serie 5000 contiene Mg que endurece a la aleación por solución sólida. Se utiliza en la industria del transporte para fabricar chapas.

Las más utilizadas, sin embargo, son las tratables térmicamente.

- Las aleaciones de la serie 2000 tienen como principal elemento de aleación el Cu, junto con pequeñas cantidades de Mg. La 2024 de aluminio-cobre (4.5% de Cu, 1.5% de Mg y 0.6% de Mn) es una de las aleaciones más utilizadas por lo que se encuentra en multitud de formatos. Sus propiedades varían en función del tratamiento térmico que le ha sido aplicado, por ejemplo si se le aplica un T3 o un T4 aumenta considerablemente la dureza pero con un T6 o T8 se obtiene una mayor resistencia, hasta 442 MPa, y son resistentes a la corrosión.

- Las serie 6000 tiene como principales elementos de aleación el Mg y Si, que al combinarse entre sí forman el compuesto intermetálico Mg_2Si , que junto a otros compuestos complejos del tipo FeCrAlSi endurecen fuertemente el material. 6061 T6 alcanza resistencias de 290 MPa, utilizándose para fines estructurales de carácter general.
- Las aleaciones de la serie 7000 añaden al aluminio contenidos variables de Zn, Mg y Cu. La aleación más importante de esta serie es la 7075, que tiene una composición aproximada de 5.6% de Zn, 2.5% de Mg, 1.6% de Cu y 0.25% de Cr, 7075 T6 alcanza resistencias a tracción de 504 MPa. La mayor importancia de las aleaciones de esta serie está en que alcanzan mediante envejecimiento natural unas elevadas prestaciones mecánicas por lo que se utilizan ampliamente en estructuras de vehículos de transporte, principalmente en la industria aeronáutica. Por ejemplo Al 7050 es una aleación Al-Zn-Mg-Cu-Zr desarrollada para combinar una alta Resistencia, una alta Resistencia al fallo por esfuerzo-corrosión y una buena resistencia a la fractura, especialmente en secciones delgadas, aunque no da buenos resultados para la soldadura. El uso de circonio en lugar de cromo permite una baja sensibilidad al temple generando altos esfuerzos en las secciones gruesas. Puede alcanzar según el tratamiento térmico durezas superiores a las de las aleaciones convencionales de alta resistencia o una resistencia a la corrosión es mayor que las Al 7075 o 7178.

2.3 El aluminio dentro de la aeronáutica

Para aligerar el peso de los aviones y reducir las necesidades de combustible durante los vuelos, se suelen emplear materiales alternativos al acero en la construcción de las aeronaves. Entre ellos se encuentran dos grandes grupos de materiales: los materiales compuestos de matriz orgánica (fibras de carbono, fibra de vidrio y aramidas) y las aleaciones ligeras.

A continuación, se muestra en el diagrama de la Figura 2 se puede observar que pese a que los materiales compuestos presentan un porcentaje importante de los materiales utilizados en el avión (12.5%), el 65.5% del avión está construido en aleaciones de aluminio. Las piezas de aluminio son generalmente el fuselaje y las alas, piezas de gran tamaño y con morfologías complejas que dificultan el acceso con herramientas y la sujeción de las mismas a la hora de mecanizarlas.

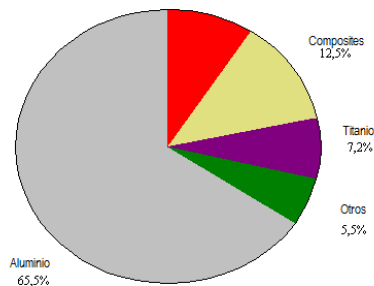


Figura 2. Diagrama de sectores de los materiales utilizados en el A320.

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

Por otro lado cabe destacar que el 82% de la estructura de una aeronave Boeing 747 y el 70% de un 777 está constituido por aleaciones de aluminio.

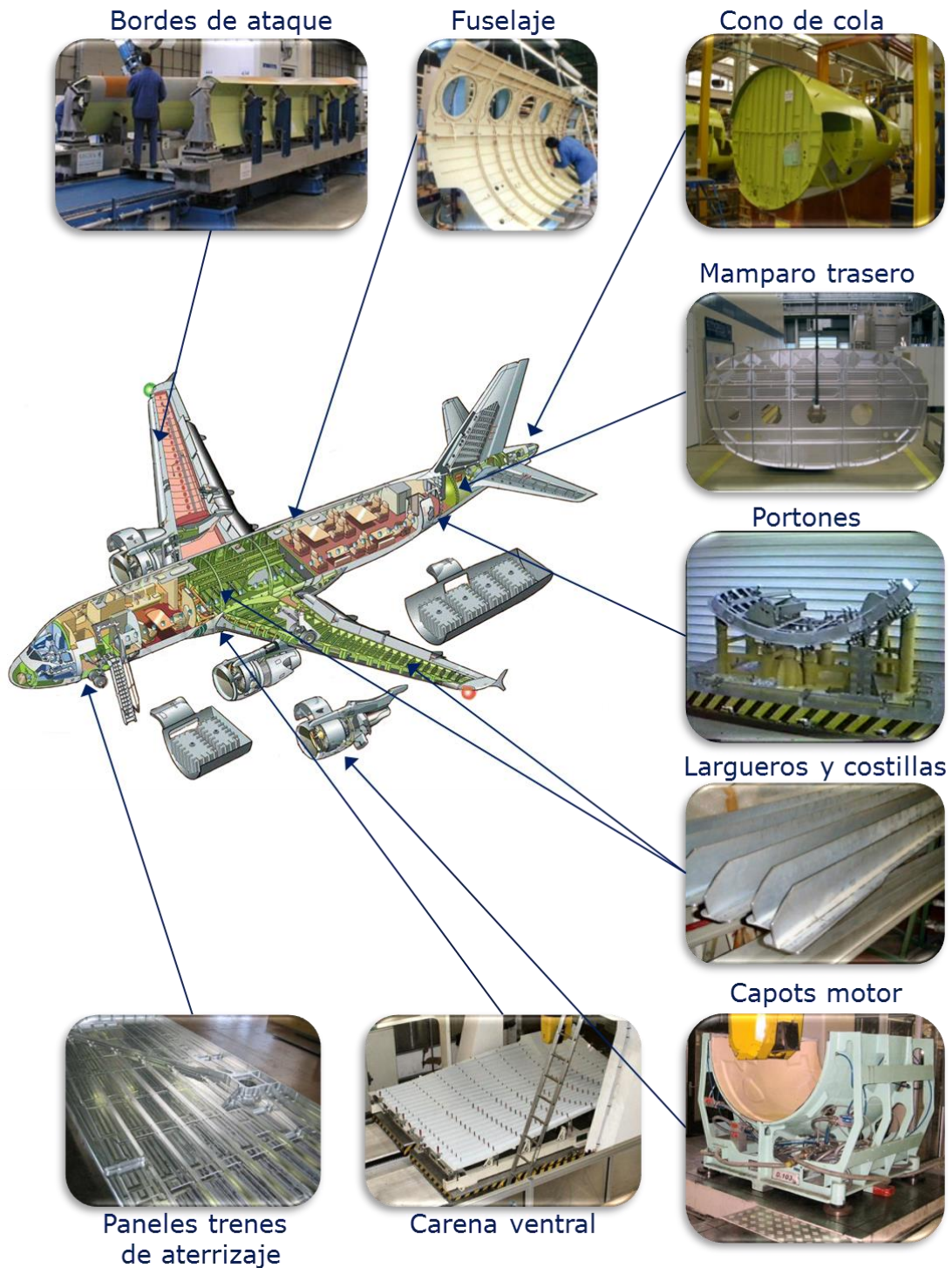


Figura 3. Principales elementos de un avión fabricados con aleaciones de aluminio [3].

Finalmente, aunque el diseño de los nuevos aviones se base en la fibra de carbono (Boeing 787 y Airbus 380), la mayor parte de la flota existente está fabricada con aleaciones ligeras y fundamentalmente con aleaciones de aluminio. Esta flota necesitará de servicios de mantenimiento en todos sus componentes.

2.4 La industria aeronáutica en España

El sector aeronáutico es uno de los sectores industriales más dinámicos, estratégicos y con más visión de futuro actualmente.

Esta industria se divide en varios niveles. El primero lo componen las empresas que realizan el proceso completo de fabricación e integración, las cuales tienen competencias y capacidad de diseño, fabricación y montaje. El segundo son las empresas que se dedican a módulos específicos del avión y por consecuencia pueden actuar en la ingeniería de I+D de algunos componentes, equipos o sistemas. El último nivel, el tercero, lo componen las subcontratas que se dedican a determinados componentes del avión o a algunas fases específicas del proceso de producción.

En España es la industria que presenta mejores datos económicos y financieros mostrando un crecimiento constante de su actividad en los distintos puntos de la península en los que se desarrolla. En todos estos lugares tienen presencia tanto los Tier One, generalmente empresas de Airbus Group, como empresas subcontratadas y pymes que funcionan como empresas auxiliares que dependen de los dos grupos anteriores.

El principal centro aeronáutico se encuentra en la Comunidad de Madrid. Se compone de plantas de montaje final de Airbus Defence and Space y Airbus operaciones; plantas de montaje modular de CESA, Gamesa Aeronáutica, Sener Boreas y CRISA, y multitud de empresas y pymes que prestan servicios auxiliares a las anteriormente citadas.

En el País Vasco se encuentra el Clúster de Aeronáutica HEGAN formado por: Industrias Turbo Propulsores ITP, Gamesa Aeronáutica, SENER y unas treinta pequeñas y medianas empresas.

En Cataluña principalmente trabaja en este sector Barcelona Aeronautics and Space Association, que se compone de 66 empresas que trabajan en diferentes proyectos de la asociación.

En Andalucía también está presente en diferentes provincias pero su actividad se centra en el eje Sevilla-Cádiz, donde el sector está compuesto por dos grandes parques aeronáuticos, Aerópolis de Sevilla y Technobahía en Cádiz. Las industrias situadas en ellos se dividen por un lado de diferentes empresas como: Alestis Aerospace, Aerosertec, Ghenova Aeronáutica, Aerópolis, Fundación Hélice, UMI Aeronáutica, TADA S.A, Sofitec Ingeniería y Aertec. Además de Airbus Defence and Space y Airbus Operaciones presentes en varias ciudades de las provincias de Cádiz y Sevilla. Este eje no realiza únicamente elementales si no que contiene varias líneas de montaje modulares y una línea de montaje final (FAL del A400M) situada en el aeropuerto de San Pablo en Sevilla.

Otra característica de este sector es su participación en proyectos de I+D+i que se ve ejemplarizada el proyectos como pueden ser DIANA, ECLIPSE, COSSTA, SILENCIO, Futurassy, de Airbus Group, o VECTURA, de Aernova. Todos ellos suelen contar la colaboración en estos proyectos de diferentes grupos de investigación de las diferentes universidades españolas.

2.5 Presencia económica del sector en la provincia de Cádiz

Analizando la presencia del sector en términos económicos, el sector aeronáutico representa actualmente una parte bastante importante de la provincia de Cádiz, y más concretamente de la Bahía de Cádiz. Su presencia en Andalucía constituye el 4% del sector a nivel nacional y de este 4%, el 19% se encuentra en Cádiz. La aeronáutica daba empleo en 2012 a más de 2600 personas en puestos directos y a otras 3000 con puestos indirectos según el Ministerio de Empleo [5]. Estas cifras representan el 1.5% del empleo total de la provincia en ese año[5]. Este porcentaje es el aplicado sobre la economía total de la provincia que está centrada en el sector servicios, pero cobra realmente importancia cuando se analiza el peso de los sectores productivos en Cádiz (Figura 4) ya que el sector industrial presenta sólo el 14.26% del PIB.

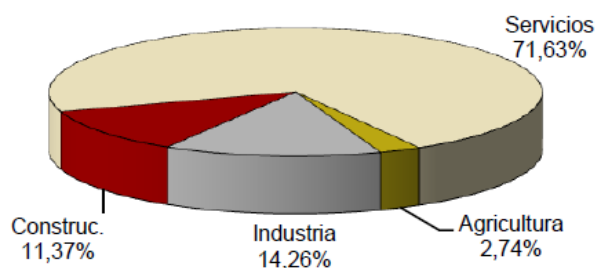


Figura 4. Peso de los sectores productivos en el PIB en Cádiz en 2012 [5].

2.6 Proceso de conformado de Chapa en Cádiz

En la industria aeronáutica los procesos de conformado de chapa son de relevancia ya que una parte importante del avión, como pueden ser el fuselaje o pequeñas piezas no estructurales, están fabricadas a partir de láminas de menos de 6mm de espesor [1], también llamadas chapas.

Concretamente el eje aeronáutico Sevilla-Cádiz ha sido históricamente el principal centro de producción de "chapistería" del sector a nivel nacional. Aunque esta actividad no sea considerada núcleo o de gran importancia estratégica (core) dentro de la fabricación total y cada vez esté más afectada por la deslocalización, sigue estando presente especialmente en la provincia de Cádiz. Por otro lado, en las actividades en las que el "Know How"(conjunto de conocimientos necesarios para desarrollar la actividad en los que se incluye la experiencia y el aprendizaje) es más complejo o puede dificultar la transmisión del conocimiento técnico necesario a otros centros, como puede ser el FQ, mantienen su producción en el eje.

El primer ejemplo de que la industria sigue siendo importante es la producción tanto de Intec Air como de la planta del Centro Bahía de Cádiz de Airbus Defence and Space, de El Puerto de Santa María. Esta última, produce 700 000 piezas en de chapa al año.

El segundo, se obtiene de los datos del Ministerio de Empleo [5]. El oficio de chapista y calderería representa un 2.282 contratos en 2012 de los 3.200 contratos de para la industria de fabricación metálica no férrea. Esta industria suele necesitar en su producción tratamientos superficiales, tratamientos térmicos y operaciones finales donde se incluiría el FQ.

2.7 El FQ en España

El FQ es una técnica muy específica y solamente se encuentra en algunos puntos de España donde esté muy desarrollada la industria de procesos de conformado de chapa, Intec Air SL (Cádiz), ITP Zamudio (Vizcaya) y Pastical group (Vizcaya). También existen algunas empresas de grabado químico, pero están especializadas en piezas más pequeñas y menores espesores de penetración.

Al ser una técnica no convencional poco extendida no se encuentra desarrollada ampliamente en los planes de estudio siendo únicamente mencionada. Pero en los lugares donde forma parte importante de una empresa puede ser de especial interés profundizar en ella.

2.7.1 Intec Air

Una de las empresas de la provincia que trabajan en esta área es Intec Air SL. Esta empresa tiene su sede en la Zona Franca de la localidad de Cádiz. En ella se encuentran unas instalaciones de aproximadamente 8.000 metros cuadrados distribuidos en dos naves: una para procesos de conformado de chapa y otra para montaje de estructuras. Los principales servicios que presta y los productos que ofrece son: la fabricación de piezas metálicas elementales (aluminio, acero y titanio), subconjuntos y aeroestructuras, tratamientos térmicos y superficiales y la tecnología de FQ del aluminio y sus aleaciones.

INTEC AIR SL fue constituida en julio de 1993 con el objetivo de "Montajes aeronáuticos y mantenimientos de industrias aeronáuticas" y actualmente se ha centrado más en la "Fabricación estructuras metálicas" dentro de la cual casi aproximadamente el 50% de su actividad comprende el FQ.

Esta empresa ha sido comprada recientemente por el Tier One Aernnova, especializada en procesos de conformado de chapa aeronáutica, procesos finales y subconjuntos. La cual trabaja para Embraer, Bombardier, Airbus Group y Eurocopter.

Capítulo 3: Antecedentes

3.1 Historia

El FQ es el proceso de mecanizado existe desde la antigüedad. Su utilización histórica va desde el grabado de metales y piedras, el decapado y el desbarbado, hasta la producción de tarjetas electrónicas, circuitos impresos y chips de microprocesadores o mecanizado de grandes piezas de la industria aeroespacial para aligerar su peso.

En el antiguo Egipto aproximadamente en 2300 a.C. se utilizaba este método para afilar el cobre sumergiéndolo un tiempo determinado en ácido cítrico. Su uso y evolución se vio parado hasta el siglo XIX, en el cual se comenzó a utilizar para realizar grabados decorativos. En ello tuvo bastante importancia el desarrollo de la fotografía, que propició una nueva dimensión a esta tecnología. En 1826, J.N Niepce utilizó por primera vez un material fotosensible, hecho de betún de judea, para el grabado por peltre (una aleación de 80-90% de estaño y 10-20% de plomo). Unos años más tarde, en 1852 William Fox Talbot patentó el proceso de grabado en cobre mediante hierro clorhídrico usando como material fotosensibles una pasta hecha de gelatina biocromatada. Más adelante, en 1888 John Baynes describe el proceso de grabado por ambas caras de un material patentando una nueva foto resistencia.

Pero el despegue del desarrollo de esta tecnología a nivel industrial tuvo lugar al final de la segunda guerra mundial, siendo utilizado para realizar inscripciones en el armamento y para aligerar el peso de algunas piezas de los aviones empleados en la guerra. Sin embargo debieron pasar unos años hasta que se patentase el proceso conocido como FQ. Hasta 1953 no se utilizó el proceso de “grabado” en algunos componentes de aluminio de cohetes, propiedad de la North American Aviation Inc., California. Fue esta compañía la que le otorgó al proceso el nombre de FQ (chemical milling) y lo patentó en 1956 [6]. Actualmente es un proceso de amplia aplicación en la industria aeronáutica. Se utiliza tanto para el fuselaje de aviones militares y comerciales como para turbinas y motores de cohetes, helicópteros y misiles.

3.2 Situación dentro de la técnica

Los procesos de conformado de forma y dimensiones se dividen a su vez en: procesos por eliminación de material, por adición y por conservación. A su vez se encuentran diferentes formas de clasificar los procesos por eliminación de material. Estos se clasifican en función de:

- El tipo de arranque: mecánico, microimpacto, combinado, no mecánico (térmico, químico).
- La forma del material arrancado: arranque de virutas.
- La extensión del uso del proceso: convencional, no convencional.
- El tiempo de aplicación: tradicional, no tradicional.

El FQ queda entonces clasificado como un proceso de conformado por eliminación de material por arranque no mecánico (químico), no convencional y no tradicional.

Es un proceso no convencional en el cual el material arrancado queda en forma de lodo dentro del baño por lo que no se puede considerar como viruta. Por otro lado, se considera no tradicional, ya que se trata de un proceso que no se ha puesto en funcionamiento como método industrial hasta 1956.

3.3 Definición

El FQ conocido en inglés como Chemical Milling (CM), chem milling, chemical machining, chemical contouring o chemietching, es un proceso de fabricación que consiste en la eliminación química de material de piezas estructurales mediante una disolución ácida o alcalina, selectiva y controlada. Las zonas que no son atacadas se protegen con cinta adhesiva, pinturas o polímeros resistentes a los productos químicos utilizados en el baño y fáciles de pelar una vez realizado el ataque, esta etapa recibe el nombre de enmascarado. Generalmente se utiliza como método de mejora del proceso y no como proceso base, para conseguir piezas de gran resistencia con respecto a su peso. Para realizar este proceso se siguen las etapas descritas en la Figura 5.



Figura 5. Etapas del FQ. [7].

Existen distintos tipos de FQ [7]:

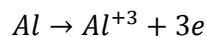
- FQ convencional: arranque químico de material para espesores determinados en grandes áreas.
- Punzonado químico: utilizado para piezas delgadas que requieren que se penetre completamente el espesor del material de partida.
- Marcado fotoquímico: similar al FQ pero utilizando una activación fotoquímica similar a la utilizada en técnicas de fotografía.
- Mecanizado fotoquímico.
- Mecanizado electroquímico
- Pulido electroquímico
- Mecanizado termoquímico: utiliza un gas corrosivo caliente.
- FQ por chorro: no hay inmersión en la solución de ataque si no que la solución se aplica a la pieza mediante un chorro.

3.4 Fundamentos químicos

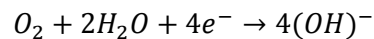
El FQ se basa en este principio de oxidación reducción y podría considerarse, por tanto, como una corrosión acelerada, provocada y controlada en el material. La corrosión se considera generalmente un mecanismo de deterioro debido a una pérdida de material por disolución. Cuando se define como deterioro se considera un ataque destructivo e involuntario del metal. Sin embargo, este proceso aprovecha un fenómeno que genera deterioro para obtener el resultado final deseado en la pieza. En este caso la corrosión se vería como un ataque destructivo del material pero de forma voluntaria y controlada.

El proceso de corrosión en los materiales metálicos suele ser un proceso electroquímico. Esta reacción consiste en la suma de la oxidación y la reducción que pueden denominarse semirreacciones, donde la velocidad de ambas debe ser la misma.

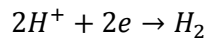
En el FQ existe una reacción química en la cual hay transferencia de electrones. El metal se oxida, pierde electrones, convirtiéndose en un ion con cargas positivas, $n+$, donde n corresponde a la valencia. En el caso del aluminio, este pasa a estado anódico, y por tanto la reacción será anódica:



Estos electrones se transfieren a otra especie química mediante una reacción de reducción, reaccionan agrupándose al cátodo local. Si la disolución es básica con oxígeno disuelto:



y/o en el caso de las disoluciones ácidas:



En la reducción es posible que ocurra más de una reacción simultáneamente sobre todo si el metal tiene más de una valencia, aunque no corresponde con el material utilizado como ejemplo.

Durante el proceso de FQ se busca una corrosión por ataque uniforme. Esta tiene lugar con la misma intensidad en toda la superficie expuesta. Para ello es importante que la capa de óxido formada de forma natural se pierda y permita el contacto de sustancias ácidas o bases con el metal dando lugar al ataque del mismo. Microscópicamente, el ataque tiene lugar de forma aleatoria sobre la superficie, pero macroscópicamente se produce una pérdida de la capa de material "uniforme". Esta capa se desprende de la pieza modificando lentamente el espesor del material de partida.

Aunque este proceso se puede realizar con materiales como el acero, níquel, titanio, aleaciones de cobre y magnesio, silicio o aluminio. El desarrollo y estudio del proceso químico que se expone a continuación se centra y ejemplariza únicamente para el aluminio, ya que los materiales utilizados en la línea diseñada serán aleaciones de aluminio aeronáutico.

Como se ha explicado anteriormente el material puede reaccionar tanto en una disolución ácida o alcalina. Si se toma como ejemplo el aluminio y siguiendo los valores de la Figura 6, se obtienen reacciones de pérdida de material más rápidas en los extremos de pH, para soluciones ácidas fuertes o bases fuertes. Sin embargo, los resultados de la velocidad de pérdida de material son mayores en el caso de disoluciones alcalinas fuertes. La velocidad máxima de reacción tendría lugar con un pH de 12 obteniendo, según la gráfica anterior, una velocidad de eliminación de material de 55µm/min.

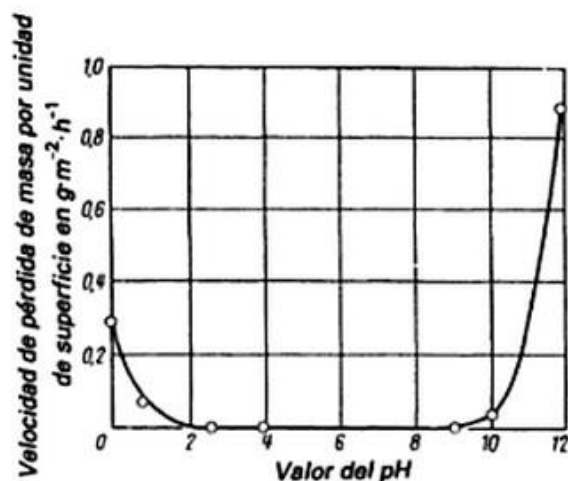
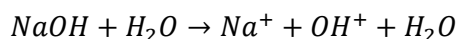


Figura 6. Velocidad de pérdida de masa de aluminio en función del valor del pH en la disolución. [9].

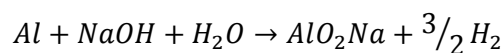
Por lo tanto se describe a continuación el comportamiento químico del proceso utilizando para el ataque una disolución básica fuerte a base de hidróxido sódico y agua.

El proceso químico tiene lugar de la siguiente forma:

Inicialmente se dispone de una disolución de base fuerte regulada por una disolución reguladora que permite mantener el pH una vez comience la reacción con el aluminio. La solución reguladora se compone con un ácido débil que mantenga el ion común, en este caso el ion sodio. La base se disocia completamente:



Luego, se introduce el aluminio en la solución, habiendo eliminado previamente la capa inicial de alúmina. La base disociada reacciona directamente con el aluminio liberando hidrógeno y aluminato sódico:



Si se satura la disolución, el aluminato sódico precipita generando un lodo en el baño, y dejando los iones de aluminio disueltos en la solución, estos iones ayudan también a la estabilización del baño aunque su contenido debe encontrarse dentro de unos límites preestablecidos para que no afecte a la reacción principal.

3.5 Aplicaciones

Existen diferentes aplicaciones para el FQ, aunque es utilizado principalmente en la industria aeronáutica (Figura 7) para la reducción de peso, ya sea de grandes piezas, paneles o piezas de extrusión o forja. Su elección como proceso se centra en la capacidad de producir cavidades superficiales de espesores variables manteniendo a su vez costillas interiores. Principalmente sustituye al fresado mecánico en aquellos casos en los que sería más costoso mecanizar la pieza ya sea por su tamaño o por la difícil accesibilidad a determinados puntos de las piezas. Es una operación realizada normalmente por empresas subcontratadas especializadas en el proceso como se ha visto en el apartado **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** implantación de la técnica. Pese a que se puede emplear en múltiples materiales metálicos, las aleaciones de aluminio son las más propensas a ser mecanizadas de esta forma.



Figura 7. Parte del fuselaje de un avión cuyo peso ha sido aligerado por FQ.

Además de la reducción de peso puede utilizarse para impresión de circuitos electrónicos, impresión de placas, realización de paneles decorativos, conformado de piezas complejas como estructuras de panel de abeja, cavidades escalonadas o contornos irregulares. Así como para eliminar la capa de fase alfa del titanio, generada en las operaciones de forja y conformado superplástico, eliminar la capa decarburizada de las aleaciones de acero en forja, eliminar de una superficie fina de forja o moldeo antes de realizar una inspección por penetración debajo de la superficie. También sirve para eliminar la capa de “recast” de las piezas mecanizadas por EDM. En algunas ocasiones se emplea para eliminar la rebaba de las operaciones de mecanizado convencional en formas complejas.

3.6 Características de las piezas y del proceso

Como se ha mencionado en el apartado anterior este proceso se puede utilizar variando los componentes de la solución en una amplia gama de metales: acero, níquel, titanio, aleaciones de cobre y magnesio, silicio y aluminio. Realmente las aleaciones de aluminio son las más fáciles de fresar químicamente tanto por los requisitos necesarios para el proceso como los parámetros de control que deben seguirse para el mismo. Les siguen las aleaciones de magnesio y titanio, también aleaciones ligeras. A continuación, se encuentran los aceros de baja aleación e inoxidables. Las más difíciles de procesar son las súper aleaciones.

Además del material, las piezas procesadas con FQ suelen presentar algunas de las siguientes características.

- Material de gran dureza (>400 HB).
- Gran complejidad de forma.
- Piezas en las que la acción termomecánica podría generar cambios en el estado superficial: cambios en la dureza y/o microestructura, tensiones residuales, etc.
- Piezas de gran superficie con alta flexibilidad.
- Difícil accesibilidad y/o agarre o sujeción debido su gran tamaño. El tamaño máximo de las piezas depende de las características y del tamaño del baño.
- Alta posibilidad de deterioro superficial por el empleo de métodos convencionales.
- Piezas de pequeños espesores que requieren un cierto grado de precisión, inalcanzable con otros métodos convencionales debido a las fuerzas de corte generadas durante el mecanizado.
- Mínimo espesor de trabajo de 13 μ m.
- Máximo espesor de reducción de 12mm.
- Piezas que requieren una elevada calidad superficial.

Paralelamente el proceso suele utilizarse cuando algunas de las características que se enumeran a continuación presentan una ventaja para la producción de las piezas.

- Es económicamente viable para productos de baja y media cadencia (series cortas).
- El factor de ataque suele estar entre 0.0025-0.1 mm/min. Aunque depende del material.
- Tiempos de elaboración y de preparación cortos.
- El material arrancado no es reciclado, aunque el masking sí puede ser reciclado.
- El coste de algunas de las sustancias químicas utilizadas en el proceso puede ser alto.
- El coste de la dirección del proceso, las herramientas y las instalaciones necesarias no es muy elevado.

3.7 Ventajas e inconvenientes del proceso

El proceso descrito anteriormente presenta una serie de ventajas e inconvenientes que favorecen o limitan respectivamente, su empleo como técnica de conformado a nivel industrial en función de las necesidades de producción.

Las principales ventajas que presenta el mecanizado por FQ son [8],[11]:

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

- Las dimensiones de la pieza están limitadas únicamente por el tamaño del tanque o cubas utilizadas para el proceso. Generalmente se realiza en piezas muy grandes que luego serán cortadas. Esto permite ampliar la capacidad de la línea, al mecanizar realmente varias piezas al mismo tiempo, hacerla más versátil, no solamente útil para piezas grandes y reducir los tiempos de producción.
- Se puede mecanizar por ambas caras a la vez reduciendo a la mitad los tiempos de mecanizado.
- Se puede utilizar para simplificar procesos de forja en los cuales se realizarían las geometrías sencillas y que implican un mayor cambio de la pieza durante el proceso de forja y posteriormente se realizaría el FQ para los detalles de acabado y las formas más complejas. Se pueden realizar áreas en red y detalles decorativos finales. Mejora el diseño de piezas con construcción en estructura "sándwich" ya que elimina las zonas de puntos de unión franjas gruesas o rigidizadores, integrados en al menos una de las superficies. Esto es posible por el conformado directo sobre la pieza evitando así el remachado, la soldadura o la adhesión de dos piezas diferentes.
- No genera tensiones residuales pues no se le aplican esfuerzos a la pieza. Se reduce el alabeo de la pieza debido a los tratamientos térmicos.
- Las piezas pueden ser conformadas y tratadas térmicamente antes del ataque. Que la pieza esté previamente mecanizada, parcial o completamente, no limita al diseñador o al productor del FQ.
- Los voladizos producidos durante el proceso se pueden eliminar fácilmente sin un coste excesivo.
- El "taper" generado es continuo en los contornos de la pieza por lo que puede ser controlado.
- Los cambios en el diseño pueden ser aplicados rápidamente realizando modificaciones en los patrones utilizados en el trazado.
- No necesita operaciones de acabado posteriores (lijado, pulido), incluso se puede utilizar para mejorar el acabado superficial de las piezas de fundición. Se consiguen piezas con un elevado acabado superficial. Las tolerancias alcanzables son del orden de 250-5 μ m.
- No se genera una gran cantidad de residuos.

Sin embargo, los inconvenientes del FQ son [8],[11]:

- Todos los defectos o irregularidades superficiales son reproducidos y ampliados durante el FQ. Se producen daños superficiales, aparición de picaduras, ataque preferencial y ataque intergranular. Estos defectos se ven reflejados en las superficies desniveladas, donde la porosidad de la capa de óxido suele ser importante y la eliminación de material no se produce de forma uniforme. Este defecto suele aparecer en piezas provenientes de procesos de fundición o soldadas donde la estructura química no es uniforme y el comportamiento del ataque en ellas es diferente al resto de la pieza. Obtener una apariencia superficial uniforme depende por el tamaño de grano y la homogeneidad de la estructura del metal.
- El coste del proceso depende de las características de partida de la pieza, variación del espesor, presencia de defectos superficiales y corrosión desigual en los mismos. Hay que preparar la superficie previamente limpiándola correctamente para asegurar una

correcta adherencia del masking y un ataque uniforme. En el caso de aleaciones férreas y de aleaciones de aluminio, la limpieza debe incluir una etapa que elimine la capa de óxido de Fe o de Al. Hace falta lavar la pieza tras el ataque para evitar futuras reacciones químicas indeseadas.

- Los bordes superiores de corte son afilados y cortantes, que este defecto sea mayor o menor depende del factor de ataque y de la profundidad de corte. El límite de profundidad de corte para que no se produzca un sobrevuelo o voladizo del borde está alrededor de 3 – 4 milímetros.
- No se pueden realizar cortes estrechos y profundos. Incluso económicamente suele fijarse como límite que los huecos tengan de ancho menos de dos veces su profundidad. El trazado de geometrías complejas es caro. Es difícil controlar el tamaño de taladros pequeños en las planchas finas. En los cortes en ángulo, el radio nunca es cero.
- En general, la pieza proviene de un proceso de conformado previo en el cual puede haber sufrido distintas alteraciones superficiales. Una de las que más afectan al resultado del proceso de FQ es la presencia de tensiones residuales que pueden originar deformaciones (torsiones) tras el ataque químico. Por tanto si este fuese el caso sería necesario someter a la pieza a un proceso previo de alivio de tensiones.
- La falta de tensiones residuales puede generar un efecto desfavorable en el comportamiento final de la pieza a la fatiga.
- La temperatura y humedad de la sala junto con la temperatura y el estado de los productos químicos que forman el baño deben ser controlados regularmente. Existe la posibilidad de no alcanzar el espesor deseado en el tiempo previsto por una disminución del factor de ataque durante el proceso.
- El enmascarado, trazado y pelado es tedioso, suelen ser manuales y consumen mucho tiempo. El control de las piezas puede llegar a ser individual por lo que aumenta el coste de producción.
- Los componentes de los baños son contaminantes, y presentan un riesgo de seguridad del operario, obligan a generar residuos líquidos tóxicos y producen problemas de contaminación del aire.

3.8 Descripción detallada del proceso

Existen dos técnicas principales para la realización del FQ: por proyección de la solución de ataque sobre la superficie de la pieza o por inmersión de la pieza en un baño con la solución de ataque deseada. En ambos casos el proceso es similar variando únicamente el modo de aplicación de la disolución de ataque.

El FQ por inmersión, que será el utilizado en la línea que se diseña, consiste en introducir la pieza en una solución, en el caso de las aleaciones de aluminio, alcalina, durante un tiempo determinado para que su espesor se reduzca ya sea en toda ella o en zonas localizadas de la misma.

Industrialmente se divide el proceso siguiendo el diagrama representado en la Figura 8.

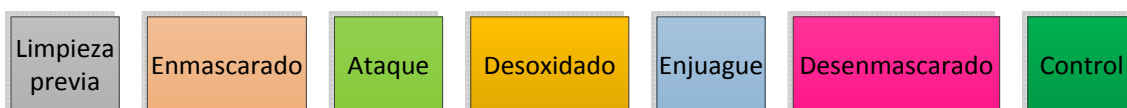


Figura 8. Diagrama de flujo general del FQ.

Cada una de ellas se describirá más detenidamente en los apartados posteriores. Estas tendrán una serie de características u otras en función de los parámetros que definirán el proceso. Estos parámetros son:

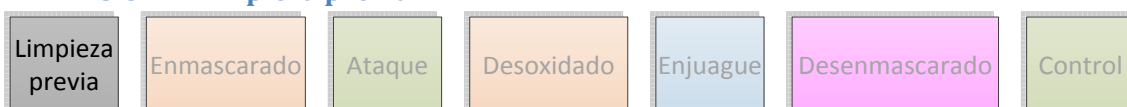
- Factor de ataque.
- Tolerancia de producción.
- Acabado superficial requerido.

Para el desarrollo de su funcionamiento es necesaria una línea de baños situados de forma consecutiva en los cuales se sumerge la pieza para realizar las operaciones principales. Tanto en el enmascarado como en el desenmascarado y algunas fases de la limpieza previa no tienen por qué realizarse por inmersión en los baños, utilizando utillajes o equipos diferentes, situados cerca de la línea de baños y escogidos en función de las necesidades de cada etapa.

Todos los baños deben cumplir los siguientes requisitos:

- Los soportes de las piezas durante la inmersión permitirán la libre circulación de la solución alrededor de la pieza de forma que no haya retenciones de los productos en zonas localizadas.
- Las piezas deben estar sumergidas completamente para evitar reacciones en la interfase.
- Las soluciones deben ser agitadas antes del funcionamiento de la línea para evitar concentraciones desiguales en los baños.
- No debe haber espuma o materiales extraños al proceso de la cuba.
- Se comprobará que los baños disponen de un indicador de nivel para verificar que el nivel de producto en la cuba se mantiene en un valor adecuado.
- Se comprueba que la temperatura del baño es la temperatura correcta de trabajo
- Se comprobará que los indicadores, controladores y registradores se encuentran dentro del período de validez de su calibración.
- Se debe calcular el factor de ataque de los baños antes de comenzar la operación para poder regular correctamente el tiempo requerido.

3.8.1 Limpieza previa



En esta fase se pretende eliminar grasas, aceites, mascarillas o contaminantes en general de la superficie de la pieza a mecanizar. Se realiza antes del enmascarado asegurar la fijación del masking, y antes del FQ, para evitar posteriores defectos superficiales.

Los problemas relacionados con el masking suelen derivar de una adhesión demasiado alta, al contrario, una adhesión demasiado baja provoca una pérdida de precisión en la definición de las partes atacadas y no atacadas, así como problemas relacionados con el pelado del masking.

Es el mismo tipo de limpieza previa que puede utilizarse en otros procesos como el anodizado, la soldadura, tratamientos térmicos, inspecciones por líquidos penetrantes, recubrimientos químicos, etc.

La limpieza previa es una operación inherente al proceso y fundamental durante el mismo ya que su ejecución influye directamente en la calidad obtenida posteriormente. Debe realizarse de forma continua, sin interrupciones entre una etapa y otra.

A continuación se explican y se describen los procedimientos industriales empleados para las distintas etapas a realizar dentro de la limpieza previa de un proceso general. La ejecución de etapas extras o la eliminación de algunas de las descritas dependerán del estado de la pieza que se va a procesar. Por ello inicialmente se realiza un examen visual de las piezas a partir del cual se determinarán las etapas de limpieza a realizar ya que como se ha dicho anteriormente puede que todas las descritas a continuación no sean necesarias.

Si existen restos de aceite, grasas o marcas de tinta basta con un desengrase. En el caso en el que la pieza haya sido sometida a tratamientos térmicos previos o haya sido contaminado químicamente se deberá realizar una operación más compleja en función del tipo de contaminación.

3.8.1.1 Desengrase

Su finalidad es eliminar restos de grasas y aceites de protección, marcas de tinta y sellos de identificación, con el objeto de no contaminar los baños posteriores. Se puede realizar de cuatro formas [12]:

- Manual con disolventes.
- Por emulsión
- En fase vapor, aunque esta aplicación es poco recomendable por motivos medioambientales y de seguridad del trabajador.
- Alcalino: por inmersión o por spray.

En todas las opciones de operación el desengrase va seguido de un enjuague, una prueba de rotura de película de agua y secado para comprobar su correcta ejecución.

3.8.1.2 Limpieza mecánica abrasiva

Con este proceso se pretende eliminar imperfecciones superficiales como cascarillas, piel de fundición, restos de corrosión, óxidos, rebabas, o incluso tensiones superficiales si este tiene una profundidad entre 0.04 y 0.0015 mm.

La pieza debe estar seca y desengrasada y las partes que puedan resultar dañadas durante el proceso protegidas. A su vez, el abrasivo no debe estar contaminado por otros materiales.

Existen diferentes procesos para realizar esta operación [12]:

- Por chorreado abrasivo seco o húmedo.
- Por gratas de acero inoxidable.
- Lanas metálicas y lijas de tela o papel, a mano o automáticamente.

Después de limpiar la pieza, los residuos se eliminan con aire a presión, seco y filtrado. A menos que se continúe con la operación siguiente establecida, las piezas se deben proteger con aceite de preservación. Una vez limpia la pieza, ésta se ha de manejar de tal forma (guantes blancos, etc.) que se evite cualquier tipo de daño o contaminación.

Las piezas deben cumplir después de la limpieza, con los requisitos dimensionales y de rugosidad establecidas en los planos. Por ello, se debe evitar alargar la abrasión más tiempo del estrictamente necesario ya que esta puede disminuir el espesor de la pieza dificultando alcanzar las tolerancias de fabricación necesarias por diseño.

Una vez finalizada la limpieza abrasiva se realiza una inspección visual. En dicha inspección se comprueba que las piezas no presentan ningún tipo de contaminación y que están exentas de residuos procedentes de la limpieza.

3.8.1.3 Limpieza alcalina

Su finalidad es mejorar la calidad superficial de la pieza. Se realiza por inmersión en un baño con el producto adecuado, una solución comercial alcalina escogida en función del material de la pieza [12]. El tiempo de inmersión viene definido por el estado de la pieza, las normas propias de la empresa y el factor de ataque del baño. Posteriormente, las piezas son enjuagadas y secadas para continuar, si es necesario con el procedimiento habitual de limpieza previa.

3.8.1.4 Decapado ácido

Es una fase realizada para eliminar pequeños espesores de material y restos de corrosión, su factor de ataque está entre 0.005 y 0.01mm.

Se utiliza un baño para la inmersión de las piezas con una solución de ácido nítrico o ácido sulfúrico y los productos estabilizadores de baño adecuados. El tiempo de inmersión viene definido por el estado de la pieza y las normas propias de la empresa, en él se tienen en cuenta el tipo de operaciones realizadas previamente de forma que, los resultados finales del proceso puedan estar dentro de tolerancia [12].

Como en las fases anteriores las piezas son enjuagadas y secadas. Si la limpieza de la pieza ha sido correcta se puede continuar el proceso de FQ, si no es el caso, se repetirían las etapas de limpieza previa necesarias.

3.8.1.5 Enjuague

Esta operación se realiza varias veces a lo largo del proceso pero en todos los casos se realiza siguiendo los mismos pasos. Tienen lugar dentro de la limpieza previa después del desengrase, la limpieza alcalina y el decapado ácido, y después del decapado final de la pieza. Su función es evitar la contaminación de los baños posteriores.

En el proceso se realizan de dos etapas diferentes:

- Enjuague con agua de red.

Se realiza un enjuague por inmersión, en una cuba con agua de red. Este baño de enjuague dispondrá de una agitación forzada por aire donde las piezas permanecerán en él un mínimo de 1 minuto y un máximo de 5 minutos [12].

A continuación, se realizará un lavado por duchas con agua de red, durante 2-3 minutos aproximadamente.

- Enjuague con agua desionizada.

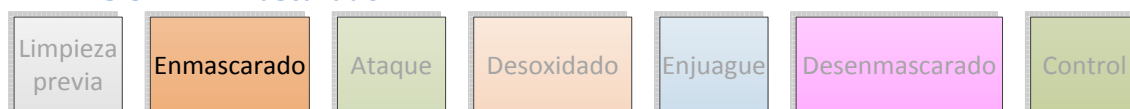
Se realiza un segundo enjuague por inmersión en un baño de agua desionizada en agitación durante otros 2-3 minutos. En este segundo enjuague se puede introducir temperatura para facilitar el secado posterior de las piezas.

Para comprobar que la realización de la limpieza ha sido la correcta, como se ha mencionado anteriormente, se realiza tras el último enjuague una prueba de rotura de película de agua. Si el agua se reúne en gotas, forma pequeñas lagunas o se extiende rápidamente en áreas grandes se deberá repetir la limpieza [12].

3.8.1.6 Secado

Si la limpieza es correcta se debe secar la pieza para su posterior almacenaje o paso de etapa. El secado se realiza preferiblemente por una corriente de aire caliente a una temperatura máxima de 70°C. . El aire debe ser aire comprimido seco y sin residuos de aceites para evitar la aparición de marcas de agua en la superficie de la pieza. Dura entre 1 y 3 minutos en función del espesor de la pieza

3.8.2 Enmascarado



Una vez secadas completamente las piezas se comprueba según los planos de la pieza las zonas a atacar y aquellas que no deben ser atacadas se protegen recubriendo su superficie con una mascarilla (masking o enmascarante). Industrialmente esta operación se realiza 72 horas después del pretratamiento o limpieza previa [10].

El masking debe tener las siguientes características [11]:

- Tener un espesor suficiente para resistir la manipulación de la pieza.
- Una buena adhesión a la superficie de la pieza.
- Permitir el trazado.
- Ser impermeable a la solución de ataque.
- Resistente al calor generado durante el ataque.
- Ser fácil de eliminar después del ataque.

Los principales materiales utilizados como masking son: neopreno, caucho en pintura o en cintas adhesivas, poliestireno, cloruro de polivinilo, polietileno.

Existen distintos tipos de aplicación del masking: por inmersión, proyección por spray, aplicación de una capa fluida mediante brocha, por electrocapa y películas adhesivas. El masking define las tolerancias dimensionales laterales obtenidas ($\pm 0.179\text{mm}$ para las que necesitan trazado y pelado y $\pm 0.077\text{mm}$ para las de serigrafía) por lo que la elección del tipo de aplicación dependerá de los resultados finales de la pieza deseados y de sus tolerancias dimensionales por diseño. Este tipo de información suele ser proporcionada por el fabricante del producto junto con recomendaciones de uso. A veces se aplica incluso un masking especial sobre el masking inicial para mejorar la resistencia química y a la abrasión del masking base.

En casi todos los tipos de aplicación es necesario curar el masking. El tiempo y la temperatura de curado dependen del producto empleado y su aplicación. A temperatura ambiente el tiempo de curado varía entre 4 y 12 horas [13]. El tiempo de curado puede reducirse aumentando la temperatura. Hasta 50°C no hay variación en la capacidad de pelado de masking. A partir de 90°C además de aumentar la adherencia del masking se varían su resistencia química.

A continuación se describen las aplicaciones de masking más utilizadas en la industria.

3.8.2.1 Inmersión

El masking se encuentra en estado líquido en unos baños con la adecuada agitación y viscosidad. La pieza se introduce completamente en estos baños durante el tiempo indicado por el fabricante del producto. Pasado ese tiempo se extrae y se deja secar la película durante una media hora aproximadamente, también suele venir indicado el tiempo de secado por el fabricante. Si el proceso requiere de varias capas de masking, o es un ataque por etapas, se repite la operación tantas veces como sea necesario hasta conseguir un espesor de 0.15-0.35mm, entre inmersión e inmersión se invierte la posición de la pieza en el sentido vertical.

A continuación se cura la máscara durante unas 16 horas a temperatura, aunque el tiempo de este curado se puede reducir introduciendo la pieza en una estufa, el tiempo mínimo de curado y la temperatura máxima vendrán indicados en las fichas técnicas del producto [10], [15].

Se realiza una inspección que asegure la inexistencia de burbujas, poros y arañazos. Además se comprueba que el espesor de masking obtenido es el correcto. Si existen daños o defectos estos se eliminan y se reparan con un producto específico de masking para reparaciones o con cinta adhesiva de plomo. Posteriormente se aplican una o dos capas de masking.

Este método ha sido de los más utilizados hasta hace unos años, sobre todo para producciones altas. Pero presenta como inconvenientes el desperdicio de grandes cantidades de un producto que es contaminante y que requiere de un tratado previo específico para su desecho que debe ser realizado, generalmente por empresas externas.

3.8.2.2 Proyección por spray

El masking se aplica mediante una pistola de spray, como si fuera una capa de pintura, sobre la pieza y se deja secar. Como en el caso anterior si se van a mecanizar diferentes espesores en la pieza será necesario repetir la capa de masking tantas veces como etapas de ataque existan.

No requiere trazado y pelado ya que puede protegerse de la proyección, la superficie a atacar, dejándola directamente al descubierto [11].

Actualmente es el más utilizado porque aunque requiere de una cabina de aspiración similar a las cabinas de pintura pero optimiza la cantidad de material utilizado Además, al no tener que trazar se disminuyen los daños ocasionados en la superficie de la pieza y permite una mayor precisión en los detalles. Por otro lado los costes de producción, una vez amortizada la cabina de pintura, disminuyen al eliminar dos operaciones intermedias que no aportan valor al producto como son el trazado y el pelado. Sin embargo, la capa aplicada es más fina que en el caso de la inmersión y el tiempo de resistencia a la solución de ataque es mucho menor.

3.8.2.3 Capa fluida

Se aplica el masking con una brocha saturada o un aplicador de pintura de forma que quede una capa uniforme. La aplicación por brocha saturada suele ser la más común ya que los aplicadores de pintura obligan a utilizar piezas planas o de geometrías sencillas.

Se deja secar el tiempo definido por el fabricante y se continúa con las operaciones posteriores.

Este método se utiliza más habitualmente como medio de reparación que como medio de aplicación de masking, ya que si se trata de piezas de grandes dimensiones el proceso puede ser lento y requiere un coste de mano de obra bastante elevado. No obstante, puede ser muy útil en aplicaciones de investigación o a pequeña escala si no se dispone de ninguno de los dos anteriores.

3.8.2.4 Enmascarante adhesivo

Se preparan previamente unos patrones adhesivos del material resistente a la solución de ataque que se colocan sobre la superficie de la pieza. No requiere la operación posterior de pelado, ya que los patrones se han realizado con la forma deseada previamente. Tampoco es necesario contemplar el tiempo de curado.

Este método de aplicación es el que peores resultados proporciona en cuanto a tolerancias ya que puede dar lugar a problemas de adherencia y delimitar incorrectamente la zona de

ataque. Industrialmente se utiliza para la reparación del masking, cintas de plomo, o para la protección de taladros.

3.8.3 Trazado

Una vez curado el masking se procede al trazado de las zonas que serán atacadas, para ello existen dos métodos: trazado laser o trazado manual.

El *trazado manual* utiliza plantillas prediseñadas que se fijan en su correcta posición por medio de taladros, útiles o mordazas de presión. Se corta la máscara con cuchillas u otra herramienta similar que permita un corte perpendicular a la superficie de la pieza, limpio y continuo. El corte debe realizarse siguiendo el esquema de la Figura 9.

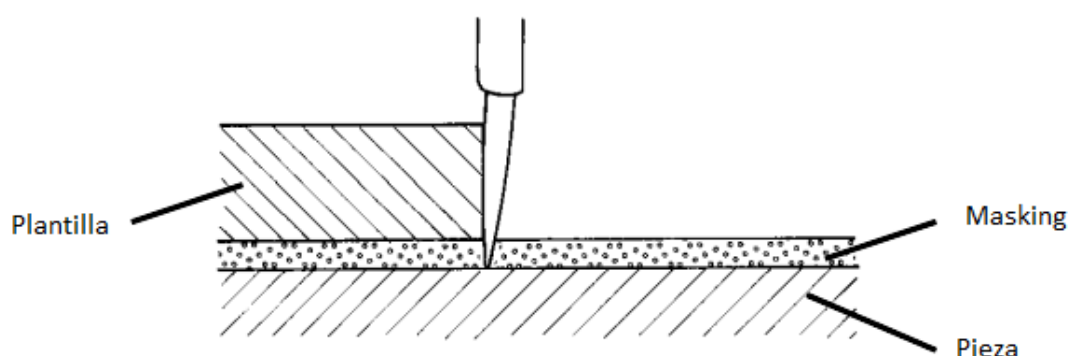


Figura 9. Croquis de trazado manual. [10].

El *trazado por láser* utiliza un equipo automatizado, no requiere de plantillas y no produce daños en la superficie. Sigue el mismo principio que el corte por láser pero la potencia necesaria y la profundidad del corte son mucho menores. De hecho, es necesario calibrar el equipo correctamente en función del espesor del masking antes de comenzar el trazado para no dañar la pieza. Se considera rentable si la geometría es muy simple y la cadencia de producción es alta o si la geometría es muy compleja.

En ambos casos se pueden trazar todos los escalones en un mismo paso indicando el orden de pelado del masking. En este caso las líneas que no pertenezcan a la profundidad a atacar en ese momento se protegen con un recubrimiento pelable que impida la penetración de la solución hacia la superficie de la zona trazada, aunque en la mayoría de los casos dificulta el pelado de la siguiente capa de masking.

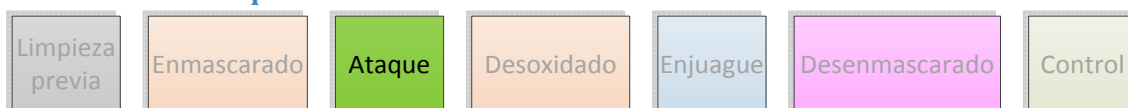
Una vez terminado el trazado se comprueba visualmente el estado del masking, la inexistencia de burbujas bajo la superficie del masking, defectos producidos por el trazado. Para ello se elimina la zona dañada y se repara utilizando parches o tapones que son colocados encima de la zona donde se ha eliminado el masking dejando un margen de seguridad que se solape.

3.8.4 Pelado

El paso final consiste en retirar las capas de masking para dejar al descubierto las zonas de la pieza que van a ser atacadas. Se retira el masking correspondiente al escalón que se va a realizar, con cuidado de no dañar el resto del masking. Se retira primero la zona de mayor profundidad. Si el masking es dañado se debe reparar como se ha explicado anteriormente, en el caso de agujeros debidos a taladros de posicionamiento se pueden proteger con tapones de goma.

Finalmente se eliminan los residuos del masking por medios mecánicos o químicos. En el caso de utilizar medios químicos se debe comprobar que estos no afectarán a la reacción de ataque [15].

3.8.5 Ataque



Es la operación principal del proceso, consiste en introducir la pieza en un baño de ácido fuerte o base fuerte que elimina el material de la pieza. El control de la eliminación de material se realiza: seleccionando los agentes químicos adecuados, para el caso del aluminio la solución será una base fuerte; manteniendo constante la velocidad de reacción, y/o activando la reacción previamente electroquímica o fotónicamente, en este caso ninguna de las dos activaciones son aplicables.

El rango de temperaturas de trabajo oscila entre 35 y 90°C con un control de $\pm 5^\circ\text{C}$.

Se comprueba que la agitación del baño no produce salpicaduras y que las condiciones de trabajo y la concentración de los productos son las adecuadas. Las condiciones de trabajo suelen estar reguladas por la empresa mediante normas internas. También hay que comprobar que la solución circula alrededor de la pieza correctamente.

Antes de comenzar la jornada de trabajo (cada 8 horas de trabajo continuo) o para cada inicio de lote en trabajos discontinuos operación se calcula el factor de ataque (f). Para ello se introduce en la solución una probeta de la aleación que va a ser atacada, se mide su espesor (e_1) y se registra en mm. Se introduce en el baño durante un tiempo (t) estipulado, unos 10-15 min. La probeta sigue los procesos de enjuagado y desoxidado y se vuelve a medir (mm) y registrar su espesor (e_2). El factor de ataque se calcula mediante la siguiente fórmula [15]:

$$f = \frac{e_1 - e_2}{2 \times t}$$

Donde el valor de f obtenido corresponde al factor de ataque por cada en mm/min.

En función de este valor se calcula el tiempo de inmersión de la pieza en el baño para cada etapa.

La velocidad de ataque de la solución depende de:

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

- La composición de la solución: el pH y la variación de concentración dentro de la misma. Se ha visto anteriormente en el apartado de fundamento químico el grado de pérdida de material varía con respecto al pH del baño de ataque.
- La variación de la concentración: no afecta principalmente a la velocidad de reacción si no a que ésta sea uniforme a lo largo de toda la pieza mejorando el control de la pérdida de espesor.
- Las características de la pieza: material, tratamientos previos recibidos, estado superficial.
- La temperatura, al aumentar aumenta la velocidad de reacción.
- El grado de oxigenación, puede aumentar la velocidad de reacción y en el caso del aluminio si no es suficiente fragiliza la pieza.

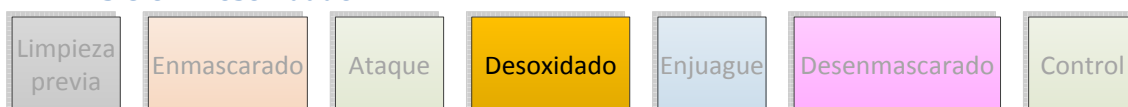
Además de estos factores se debe tener en cuenta la posible variación del factor de ataque durante el proceso debido a la profundidad que se desea conseguir y a los cambios producidos en el baño debidos al tiempo de trabajo. Estos suelen estar parametrizados y controlados en base a la experiencia de la empresa.

Una vez terminado el ataque se realiza el decapado final de la pieza. Generalmente, no es necesario realizar el enjuague entre estas dos etapas pero éste sí se recomienda en el caso de que el espesor a fresar sea superior a 1.25mm, ya que a partir de esta profundidad el factor de ataque se reduce a 1:3. En este caso se enjuagan las piezas y desoxidan las piezas a intervalos iguales de tiempo y tras cada enjuague y desoxidado se invierte su posición vertical en los marcos para asegurar una mayor homogeneidad del ataque.

El proceso de ataque se puede realizar en varias etapas para conseguir diferentes espesores a lo largo de la pieza, estos ataques se realizan de forma consecutiva tras realizar el pelado de la zona del masking correspondiente. El espesor mecanizado final obtenido está directamente relacionado con el tiempo de exposición de la superficie a la solución y el número de etapas necesarias para realizar la pieza viene determinado por el número de espesores diferentes requeridos según plano [8],[10],[15].

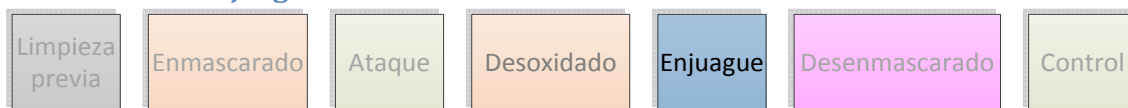
Una vez obtenido el espesor deseado existen varias posibilidades. La primera es dejar la pieza fuera del baño de ataque durante más de 15 min y pasar a continuación al baño de decapado [15]. La segunda es enjuagar la pieza para eliminar el resto de la solución de ataque. Este enjuague es suficiente con un enjuague por duchas, durante aproximadamente 2-3 minutos y no es necesaria la inmersión en el baño de enjuague de agua desionizada [10].

3.8.6 Desoxidado



Una vez terminado el baño de ataque se realiza un baño de decapado que elimina los restos de partículas de óxido restantes en la superficie de la pieza. En el caso del aluminio este baño suele ser de ácido nítrico aunque se pueden utilizar otros productos. La finalidad principal del baño es homogeneizar el espesor de oxidación de la pieza.

3.8.7 Enjuague



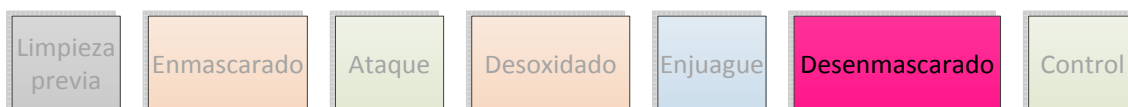
Se realiza un enjuague como el descrito en la limpieza previa utilizando las dos etapas, enjuague por duchas y enjuague en agua desionizada. Tras este último enjuague se ha de realizar una prueba de rotura de película de agua para comprobar que la limpieza es correcta. Se sigue el mismo criterio que para el enjuague final de la limpieza previa.

3.8.8 Secado

En esta ocasión no es una etapa obligatoria, se realiza en función del tratamiento posterior que tenga la pieza y el tiempo que vaya a transcurrir entre el FQ y la siguiente operación.

Si se realiza la pieza se seca con aire caliente a una temperatura máxima de 70°C. El aire debe ser aire comprimido seco y sin residuos de aceites para evitar la aparición de marcas de agua en la superficie de la pieza. Dura entre 1 y 3 minutos en función del espesor de la pieza [15].

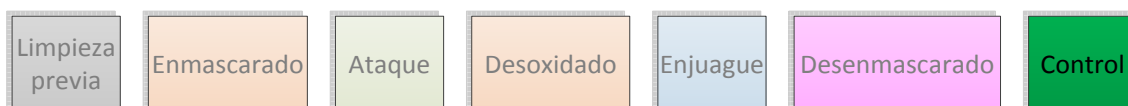
3.8.9 Desenmascarado



Una vez terminadas las etapas en los baños se elimina o pela manualmente el masking. Si quedan residuos de la máscara o es difícil pelar, se puede introducir la pieza en agua caliente o utilizar productos químicos indicados por el fabricante para facilitar y acelerar esta operación.

En algunos casos el masking se utiliza como elemento protector durante el almacenaje o transporte por lo que esta operación puede realizarse pasado un tiempo prolongado después del decapado final de la pieza [10],[15].

3.8.10 Control final



Una vez terminada y desenmascarada la pieza se realizan los controles de calidad correspondientes midiendo las características claves requeridas en cada pieza. En estos controles se incluyen inspecciones de: disminución de espesor, rugosidad, características dimensionales y de forma como radios de curvatura, defectos en la superficie, etc.

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

Para definir la conformidad de la pieza se controlan diferentes parámetros además de los descritos anteriormente en función de la finalidad de la pieza. Algunos de los parámetros son [10],[13],[15]:

- Rectitud de las líneas de corte.
- La longitud de la zona de transición. La distancia entre el final del radio de contorno y el punto donde la profundidad de corte comienza a ser constante.
- Los radios de contorno generados.
- Las tolerancias de espesores y laterales obtenidas.
- Ataque intergranular.
- Se deben comprobar la existencia de aristas vivas, y en su caso eliminarlas.
- La existencia de arañazos o picaduras.

Además se pueden distinguir distintos tipos de defectos que limitan la validez de la pieza. Algunos de estos ejemplos son los representados en Figura 10.

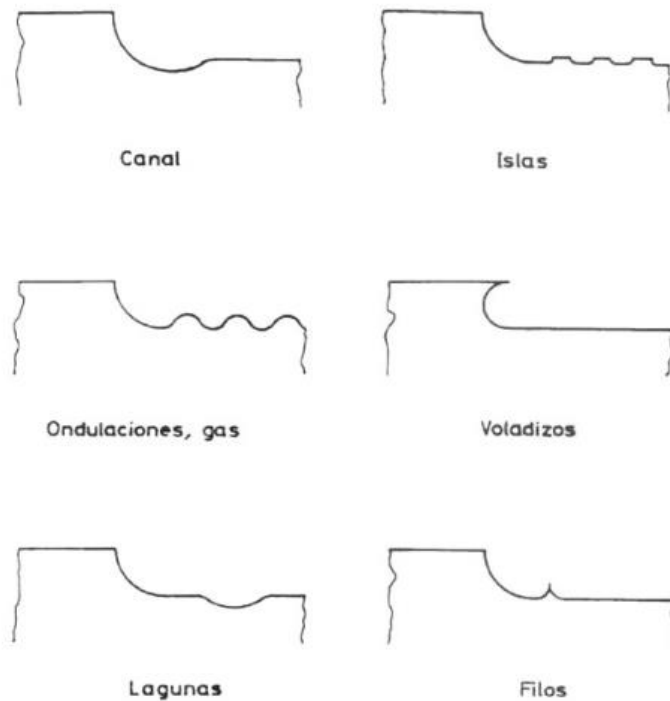


Figura 10. Ejemplos de defectos obtenidos. [15].

3.9 Normas y referencias

A lo largo del desarrollo del proyecto se ha comprobado la inexistencia de normas que regulen el FQ exceptuando las propias internas de las diferentes que empresas que lo utilizan en su actividad. Las disposiciones legales son las relacionadas con las normas de Prevención de Riesgos Laborales y de Medio Ambiente.

Bibliografía referenciada:

[1] Serope Kalpakjian, Steven Schmid, Manufactura, ingeniería y tecnología, Cuarta edición, Pearson Education, Méjico, 2002.

[2] Apuntes de Ingeniería y Teoría de los Materiales, Universidad de Cádiz, Curso 2012-2013.

[3] Tesis doctoral, Jorge Salguero Gómez, Análisis, Evaluación y Propuestas de Mejora del Rendimiento del Mecanizado de Alta Velocidad de Aleaciones de Aluminio de Interés en la Industria Aeronáutica, Junio 2013.

[4] http://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm13/fcm13_4.html, 15 junio 2014

[5] Ministerio de empleo y seguridad social, Informe del Mercado de trabajo de Cádiz Datos 2012, Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado, 2013.

[6] O. Cakir, A Yardimeden, T. Özben. Chemical Milling, Archive of marterials Science and Engineering. Vol. 28, pag. 499-502. Agosto 2007.

[7] K. G. Swift J. D. Booker, Process selection from design to manufacturing, Ed 2, junio 2003

[8] Norma interna, The chemical milling process, SAE APR3113, marzo 1997.

[9] W. Hufnagel. Manual del aluminio Segunda edición. Ed. Reverté S.A. 1992.

[10] Norma interna de empresa. Chemical Milling of Aluminum and Aluminum Alloys, 80-T-33-3510, 2005.

[11] Hassan El-Hofy. Advanced Machining Processes, Nontraditional and Hybrid Machining Processes, Primera edición. Mc Graw-Hill, Mechanical Engineering series. 2005.

[12] Norma interna de empresa. Limpieza y decapado de aluminio y sus aleaciones, I-S-Z 072, 2009.

[13] Eugene M. Langworthy, Aerochem Inc.ASM Metal HandBook Vol. 16. Machining process, cap. Chemical Milling.

[14] Apuntes de Tecnología Mecánica de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.

[15] Norma interna de empresa. FQ del aluminio y sus aleaciones, I-S-Z 152, 2009.

[16] Apuntes Ingeniería del mecanizado, Universidad de Cádiz, Curso 2013-2014.

[17] <http://www.youtube.com/watch?v=jmVwu26i-Sk>, 27 junio 2014.

[18] <http://www.weatherfordaerospace.com/cm.htm>, 23 junio 2014.

[19] <http://www.macchinetagliolaser.it/>, 23 junio 2014.

[20] <http://www.weatherfordaerospace.com/solutions.htm>, 23 junio 2014.

[21] <http://www.tracepartsonline.net/>, 23 junio 2014.

[22] Apuntes de Ingeniería y Teoría de los Materiales, Universidad de Cádiz, Curso 2012-2013.

Capítulo 4: Análisis de soluciones

A lo largo de este capítulo se describen los motivos de la elección del tipo de aplicación de cada etapa del proceso que luego servirán de base para el diseño de la línea, listando para cada operación el equipo necesario. Para ello se estructura el análisis por operación y analizando las soluciones industriales expuestas en el Capítulo 3. Por cada punto que se trata, se procede a comentar las necesidades en cuanto a equipos y elementos fungibles para poder llevar a cabo la instalación de la línea, en base a las soluciones técnicas escogidas para el diseño de la misma.

4.1 Limpieza previa o preparación de superficies

A continuación se muestra la descripción de los procesos que forman parte de la limpieza previa en su respectivo orden.

4.1.1. Desengrase manual

De las opciones de procedimiento descritas en el Capítulo 2 se ha escogido el desengrase manual con disolventes para eliminar restos de grasas, aceites o marcas de tinta.

El desengrase por fase vapor se ha descartado como opción ya que incluso industrialmente está contraindicado y solamente se sigue utilizando en aquellos lugares en los que las instalaciones ya están en funcionamiento y no se considera rentable un cambio de las mismas. Además, por un lado requiere de unas instalaciones específicas, que debido al nivel de producción de la línea no serían rentabilizadas. Por otro, conlleva una serie de riesgos medioambientales y personales que incluyen una serie de factores en contra de este tipo de proceso incluso a nivel industrial.

Los tipos de desengrase que suelen realizarse son desengrase:

- Alcalino por pulverización (spray) necesitaría una cabina de pintura para el control de los vapores generados y una instalación de pistolas de spray sólo para su aplicación.
- Alcalino por inmersión requiere igualmente de un baño propio destinado a este fin con su correspondiente gestión de los vapores emitidos.
- Por emulsión, la aplicación del mismo puede ser por inmersión o por pulverización. En ambos casos presenta los inconvenientes descritos en el desengrase alcalino por pulverización y por inmersión.

En el caso de la línea del proyecto el estado inicial de las piezas es variable pero su tamaño es fijo y son piezas de pequeñas dimensiones, el tamaño máximo de las piezas es 297x210x20mm. En el caso de piezas de pequeñas dimensiones o cuya zona de limpieza sea localizada, la opción industrial es el desengrase manual. Económicamente es el más barato, no

necesita una instalación paralela y al tratar con cantidades pequeñas y controladas de desengrasante no es necesaria una instalación para la extracción de gases. Requiere poco espacio para su realización y éste puede ser un espacio multiusos una vez se haya terminado la misma y se haya limpiado la zona. No limita una zona a una única actividad y esta podría situarse fuera de la línea, aunque se recomendaría que esta no estuviera no muy lejos de ella.

El procedimiento para el desengrase manual es sencillo, de bajo coste y lo podría realizar uno de los alumnos que esté realizando la práctica, siempre que se mantengan las medidas de seguridad adecuadas.

El principal inconveniente que presenta es la dificultad para automatizar el proceso.

Equipos necesarios:

- Un banco de trabajo en el que realizar el proceso.

4.1.2. Limpieza abrasiva manual

Igual que en el desengrase la limpieza abrasiva por chorro (seco o húmedo) se descarta por la necesidad de unas instalaciones propias que no serían rentabilizadas por la escasa producción.

Entre la limpieza por gratas de acero se ha escogido la limpieza abrasiva manual debida al tamaño de las piezas que se van a tratar, el material de ellas y a la cadencia de producción.

Equipos necesarios:

- Un banco de trabajo sobre la cual realizar el proceso.

4.1.3. Limpieza alcalina

Es una fase cuya finalidad es la mejora de la calidad superficial. Inicialmente en el uso de la línea no se buscan unas características de calidad superficial y tolerancias específicas, y el resultado obtenido con la fase de decapado previa al enmascarado es suficiente por lo que esta etapa no aporta valor añadido y podría eliminarse del proceso. De todas formas se describen a continuación los equipos necesarios para realizar esta operación.

Equipo necesario

- Cuba de acero inoxidable
- Resistencia resistente al Turco 4215NCLT.
- Medidor de pH.
- Termopar.

4.1.1. Enjuague

Esta etapa tiene lugar después de cada inmersión o uso de productos químicos pues su fin es evitar la contaminación del siguiente baño. Se realiza en dos fases como se ha expuesto en el capítulo anterior: la primera por un sistema de duchas con agua de red y la segunda en un baño de agua desionizada en agitación.

Para el primer enjuague se han contemplado tres opciones:

- Un sistema de duchas con un grifo de ducha o similar. Su uso es completamente manual, su implantación tiene un coste mucho menor. Es utilizado incluso industrialmente [17].
- Un sistema de aspersión lateral que permite automatizar el proceso pero obliga a mover la posición de la pieza durante un tiempo determinado e impide la simultaneidad de piezas o al menos su posición en planos paralelos dentro de la cuba. Por otro lado, el equipo necesario es más caro.
- Baño en agua de red con agitación forzada, es menos recomendable que el enjuague por duchas y aumenta el tiempo de producción.

La solución adoptada es el sistema de duchas, tipo alcachofa por motivos económicos.

El enjuague en agua desionizada sólo presenta una opción y lo que se debe estudiar es el tiempo de aplicación del mismo que deberá fijarse una vez se ponga en marcha la instalación. Para la agitación de este baño se han contemplado dos opciones, agitación por aire comprimido, desde la base de la cuba, y agitación mecánica, mediante el uso de bombas de pecera. Esta última opción no presenta problemas de corrosión o deterioro, es un sistema de agitación útil y económico. No es el sistema habitual ya que no incluye la aireación como los sistemas de los tubos de aire comprimido, pero la función principal de estas es la circulación dentro de la cuba del agua, no es la aireación si no mantener la solución homogénea.

En este segundo baño se puede introducir una resistencia que aumente la temperatura del baño y facilitar el secado posterior de la pieza. Inicialmente, se ha contemplado la posibilidad de realizar una recirculación generando una camisa tubular alrededor de cuba y reutilizando de esta forma el calor generado en el baño de ataque, de temperatura más elevada. Sin embargo, esta idea se ha descartado por la complejidad del sistema y su posterior aplicación. Además la temperatura en esta fase no es un parámetro necesario y encarecería innecesariamente la línea.

Equipos necesarios:

- Dos cubas modelo de polipropileno.
- Sistema de recogida de agua sucia.
- Para el baño de enjuague I
 - o Sistema de circulación de agua de red.
 - o Ducha.
- Para el baño de agua desionizada (enjuague II)
 - o Desionizador de agua.
 - o Un sistema de circulación de agua desionizada, baño de enjuague II.
 - o Sistema de agitación mecánica.
 - o Un medidor de pH.

4.1.2. Decapado ácido

Es el proceso para eliminar pequeños espesores de material y restos de corrosión.

En la industria se utilizan diferentes condiciones de trabajo del baño de desoxidado y decapado indicadas en la Tabla 5. De las condiciones anteriores se ha escogido la tercera por motivos económicos, la cuba utilizada contendrá una solución de agua de red y ácido nítrico al 50% en volumen.

Tabla 5. Posibles condiciones de trabajo para el baño de decapado.

Producto	Concentración	Temperatura	Tiempo
Ácido nítrico	80-120 (g/L)	21-38°C	1-10 min
Smut GO-4	30-45(g/L)		
Turco Smut GO NCB	225-275ml/l	Ambiente	1-10 min
Cobre	<0.5g/l		
Ácido nítrico	50% Volumen	Ambiente	1-3 min

Debido a los vapores generados por el baño es necesario utilizar un sistema de aspiración de humos. Se han contemplado varias opciones para evitar la exposición a los gases producidos por ácido nítrico del baño de decapado.

- Una campana extractora de polipropileno que se situaría en la zona superior a la cuba. Esta opción recoge algunos de los gases y evita parcialmente la exposición. Es una solución en la cual se desperdicia gran parte de los recursos, las campanas disponibles comercialmente son más grandes de lo necesario. Se generaría un gasto al taller innecesario para una solución parcial que además debería ir acompañada de unas cortinas que dificultan la visión del proceso. Es un sistema de seguridad que ocupa mucho espacio.
- Colocar un brazo de extracción extensible aprovechando los colectores del taller de soldadura.
- Equipo de extracción puntual para soldadura portátil: el diámetro de extracción es pequeño en relación al tamaño de la cuba. Sin embargo, la adquisición de este equipo no beneficiaría únicamente a la línea de FQ ya que al ser un equipo móvil y de uso no permanente dentro de esta instalación, puede utilizarse en otras aplicaciones del taller. Además, las dimensiones del equipo de extracción móvil no dificultan excesivamente la visión del proceso.
- Diseño de un encapsulado a medida. Deja fija la posición de la línea, permite la visibilidad del proceso. Obliga a una apertura manual y dificulta una posterior automatización. Aumenta mucho el presupuesto.
- Una vitrina extractora de gases (comercial). Las ventajas son similares a las del encapsulado a medida. Tiene los mismos inconvenientes a los que se le suma que ha de realizarse una adaptación de la cabina/vitrina para posicionar la cuba a la altura de

la encimera y es necesario diseñar una tapa que sea útil como encimera de forma que la vitrina de gases pueda tener diferentes aplicaciones dentro del área.

Finalmente y tras el análisis anterior se ha optado por el equipo móvil de extracción puntual.

Equipos necesarios:

- Cuba de polipropileno o PVC.
- Un sistema de agitación mecánica.
- Un medidor de pH
- Equipo de aspiración puntual para gases de soldadura.

4.1.3. Secado

En el diagrama sólo se contempla una fase de secado, la previa al enmascarado que tendría lugar idealmente en un túnel de secado por corrientes de aire caliente a menos de 70°C.

Como solución técnica a esta etapa se han planteado las siguientes opciones:

Un ciclón de secado comercial de la casa Ventura Ciclón de secado en acero inoxidable 1000X700X700 mm.

Un túnel de secado en corriente de aire convencional que permite el secado de la pieza sin necesidad de incorporar temperatura al proceso.

Equipo necesario

- Túnel de secado en corriente convencional.
- Sistema de sujeción de la pieza.

4.2 Enmascarado

De los diferentes tipos de enmascarado existentes se ha descartado el enmascarado por inmersión, por proyección por spray y masking adhesivo por funcionalidad. Eligiendo finalmente la por aplicación de una capa fluida mediante un aplicador de película de pintura para asegurar la uniformidad de la capa de masking, aunque se podría considerar la aplicación mediante una brocha suficientemente saturada.

El enmascarado por inmersión no se considera factible debido al coste del mantenimiento y puesta en funcionamiento del baño para realizar la inmersión.

El enmascarado por proyección con pistola spray, pese a que industrialmente es el más recomendado ya que su comportamiento en adherencia y uniformidad son los óptimos, no se ha considerado útil para el diseño de la línea pues implicaría la instalación de una cabina de pintura para realizarlo.

La aplicación del enmascarante como una capa fluida suele ser una opción más ligada a la investigación que a la industria. Los resultados obtenidos son mejores que los obtenidos por masking adhesivo y se acercan a los resultados obtenidos con la inmersión o la proyección por spray. Para su uso sería necesario adquirir un aplicador de pintura para ensayos de forma que

se pueda realizar una extensión homogénea del masking a lo largo de la pieza. Es un proceso muy manual por lo que se ha descartado su uso a nivel industrial, además no es fácil garantizar una capa uniforme en piezas de grandes dimensiones, pero para ensayos es un proceso bastante apropiado. El masking más apropiado para esta operación es el FORM TOUCH UP COATING Nº12 CA de la marca registrada TURCO.

Se ha analizado también el uso de masking adhesivo ya que permite preparar los patrones previamente y su colocación rápida. Esta opción reduce la calidad en los radios de corte y en algunos casos puede dar problemas de adherencia generando defectos dimensionales. Sin embargo, las tolerancias y los controles que se le realizarán a las piezas no son tan determinantes como en el sector industrial, donde este procedimiento ha sido descartado como solución principal y donde se evita su uso incluso para reparaciones.

Las dos principales ventajas que presenta son:

- Se reduce el tiempo de aplicación, no hay que esperar durante ningún intervalo de tiempo antes de realizar el ataque.
- Permite mostrar el proceso completo de forma visual sin tener que reparar sistemas de protección especiales.
- No se daña la pieza durante el trazado ya que este tiene lugar antes de colocar el masking sobre la pieza.

Sin embargo, los costes de realización de la práctica son elevados ya que la cantidad necesaria de adhesivo es pequeña y las condiciones de conservación necesarias implican en todos los casos una cámara de refrigeración y el tiempo máximo de conservación no supera en ninguno de los casos el año. Si quisiera superarse el tiempo de almacenaje sería necesaria una recalificación del adhesivo. Además son escasos y caros los productos adhesivos capaces de resistir las condiciones de trabajo del baño de ataque y pueden presentar problemas en la fase de desenmascarado.

Equipo necesario.

- Una encimera donde colocar las piezas para aplicar el masking.
- Aplicador de pintura para ensayos.

4.3 Trazado

De los dos métodos disponibles, manual y por láser, se ha escogido el segundo. Existe en la escuela una máquina de trazado láser que puede utilizarse para la práctica. Es cierto que implicaría un cambio de habitación durante la realización de la práctica pero, como es necesario dejar secar el masking durante al menos una hora, lo que implica tener las piezas enmascaradas preparadas antes de la realización de la práctica, se puede aprovechar este hecho para realizar también el trazado previamente, utilizando así el método empleado normalmente en la industria.

La máquina de marcado laser utilizada se encuentra situada en el taller de diseño. Esta es una máquina de trazado láser GLC 5030S. Es una máquina cerrada cuya mesa de trabajo es de 500x300 mm.

Se deberían realizar una serie de pruebas para calibrar la máquina y obtener los parámetros de velocidad y potencia óptimos para la aplicación, ya que los parámetros proporcionados por el fabricante no especifican las características de corte para el producto utilizado como masking. Sí están indicados para acrílicos y polímeros por lo que estos podrían marcar un rango de referencia en las pruebas iniciales.

Equipo necesario:

- Máquina de marcado por láser.

4.4 Pelado

Se realiza de forma manual como se ha descrito en el Capítulo 2. Una vez peladas las secciones si hay más de un ataque se sellan los cortes realizados para ataque posteriores con un line sealer coating.

Equipo necesario:

- Un banco de trabajo donde realizar la operación.

4.5 Ataque

Como se ha visto en la introducción las soluciones alcalinas son las que afectan con mayor rapidez al aluminio por tanto se ha escogido el uso de una solución de hidróxido sódico con sulfuro de sodio para que funcione como solución reguladora. El baño podría realizarse sin incluir el sulfuro de sodio pero las características del mismo son más fluctuantes y el precio de este no encarece excesivamente el proceso.

En la Tabla 6 se muestran condiciones de trabajo y preparación de la solución deseada. El agua utilizada para la misma será agua de red.

Tabla 6. Condiciones de trabajo del baño de ataque.

Producto	Concentración (g/L)	Concentración de preparación (g/L)	Temperatura	Tiempo
Hidróxido sódico	90-140	100	80 – 95°C	En función del factor de ataque y el espesor a retirar.
Sulfuro de sodio	6-10	8		
Al disuelto	20-80	20		

La aplicación por spray de la solución de ataque ha sido descartada por los mismos motivos que en operaciones anteriores.

El material escogido para las cubas es el acero inoxidable AISI 316 por similitud a los casos vistos en la industria. Se han tanteado otras opciones estructurales principalmente el PVC o el PP pero no se ha optado por ellas ya que en las condiciones de trabajo no sería resistentes o

bien estructuralmente o bien por la corrosión del hidróxido sódico. He buscado otras posibles soluciones FEP, PTFE, MFA, PFA pero todas se han descartado bien por la temperatura de trabajo, bien por la inexistencia de fabricantes que realicen cubas de estas características o bien por el coste de las mismas.

Equipos necesarios

- El baño se encuentra dentro de una cuba de acero inoxidable provisto de una resistencia sumergible, una bomba para la agitación, un medidor de pH y un termopar para controlar las condiciones de trabajo.
- La resistencia es una resistencia sumergible de acero inoxidable AISI 316 ref. 1260H de ResistenciasTope SA. Hecha a medida, ya que no existen de forma comercial para las inmersiones en sosa cáustica.
- La agitación de este tipo de baños a nivel industrial se realiza mayormente mediante aire inyectado desde el inferior de la cuba como se ha explicado anteriormente pero finalmente se ha decidido, por las mismas razones expuestas en el apartado de agitación, el uso de agitación mecánica.

4.6 Desoxidado

Industrialmente se utiliza el acero inoxidable recubierto de PVC o PP pero en este proyecto, debido a las dimensiones de la cuba, el acero inoxidable es prescindible. Por tanto se utiliza la cuba cuyos planos se adjuntan en el documento planos y que coincide dimensionalmente con la del baño de ataque. Realmente esta operación tendrá lugar en el mismo baño que la operación de decapado la única diferencia sería el tiempo de inmersión de la pieza.

Equipo necesario

- Cuba de PP.
- Medidor de pH.
- Sistema de agitación.

4.7 Desenmascarado

Se retira la capa de masking manualmente. En el caso de dificultades ante el desenmascarado se puede introducir la pieza en agua caliente.

Equipo necesario:

- Un banco de trabajo donde realizar la operación.

Capítulo 5: Proceso de Diseño

Durante el diseño de la línea se ha contemplado principalmente la comprensión del proceso y la aplicación del mismo. No se busca una copia a escala del proceso industrial, aunque sí está basado en gran medida en éste, pero se plantean otras soluciones a las necesidades que presenta el mismo, diferentes a las utilizadas habitualmente en la industria. Soluciones que se adapten mejor a la finalidad de la línea, el desarrollo de prácticas de laboratorio.

En este apartado se describe el proceso de diseño de las cubas, las tapaderas, el utillaje necesario para el soporte de las piezas (útil de sujeción).

5.1 Diseño del útil de sujeción

Inicialmente se han analizado las condiciones de diseño.

- Es necesario un útil para la inmersión de la pieza en todos los baños y por tanto resistente a todos ellos
- Que sea adaptable a piezas de diferentes espesores y en la medida de lo posible a dimensiones variables.
- Este no debe dañar el masking.
- Debe permitir la extracción independiente de las piezas.

Para cumplir el primer requisito de diseño se ha escogido como material del marco acero inoxidable AISI 316. Por un lado porque es un material resistente tanto al baño de ataque como al de decapado. Por otro lado, facilita el diseño de los componentes del marco de sujeción ya que todos ellos se pueden encontrar de forma comercial fácilmente.

Por otro lado se han tenido en cuenta otros dos requisitos.

- Es necesario tener algún sistema o elemento que permita acoplar el transporte sistema de transporte al marco. Para ello y con vistas al uso de una instalación con “puente” grúa con un accesorio tipo gancho para el polipasto.
- La posición de la pieza durante la inmersión se asegura mediante las guías laterales fijas de la cuba que aseguran además que en todo momento las piezas se encuentran a la distancia mínima necesaria para que no haya interferencias en el ataque de la superficie.

Se han estudiado diferentes opciones en el proceso de diseño del mismo.

Un sistema de sujeción por ganchos es la solución más fácil y una de las más utilizadas industrialmente (Figura 11), tanto en FQ como en otros procesos de tratamiento superficial que impliquen la inmersión de la pieza en un baño. Sin embargo, presenta varios inconvenientes para su uso. Por un lado el espesor máximo de las piezas dificulta las cogidas, y por otro, es necesario utilizar unos protectores especiales en la aplicación del masking que

mantengan estable el diámetro del taladro por el que se enganchan las piezas, ya que la protección frente al baño de ataque utilizando únicamente el masking Touch up Coating nº12 no se puede asegurar en la zona del gancho pudiendo dar lugar a defectos. Esta opción es utilizada en la industria teniendo en cuenta que la zona de los taladros debe estar muy bien protegida del ataque, para ello se suelen utilizar tapones o masking especiales. También se utiliza cuando los taladros son parte del diseño de la pieza, y en este caso, se tienen en cuenta las variaciones producidas por el ataque o la zona en la que está situado el taladro va a ser eliminada con posterioridad, aunque este último caso es el menos común.



Figura 11. Diferentes sistemas de inmersión de piezas utilizados (a) [17] (b) [19].

También se ha contemplado el uso de un conjunto que fije las piezas por pernos. Sería necesario taladrar las piezas pero permitiría asegurar una distancia mínima entre ellas de 50mm al colocar separadores. Da mayor versatilidad al tamaño de las piezas a mecanizar y simplifica el utillaje necesario. Sin embargo, esta solución presenta obligar a emplear un sistema de transporte automatizado por el peso del conjunto y al taladrar las piezas se presentan los mismos inconvenientes que el uso de ganchos.

En este caso se busca utilizar un único marco, similar al de la Figura 12 para las tres piezas pero obliga a utilizar piezas de las mismas dimensiones y a colocar un sistema automatizado de transporte debido al peso del conjunto. Sin contar con que no cumple con la especificación de la extracción individual de las piezas. Los sistemas de sujeción de la pieza analizados se corresponden a ganchos, pernos o un sistema de apoyo inferior y uno de garras/mordazas en la zona superior.



Figura 12. Sistema de agarre de piezas por marco único. [20].

El tercer diseño centra el uso en marcos individuales por cada pieza. Consiste en la implantación de unas mordazas (Figura 13) compuestas por una pieza en cruz que fijan la posición del marco, este sistema es similar al utilizado en Intec Air. Este diseño permite colocar piezas de diferentes dimensiones fijando un formato máximo. La mordaza debería contener dos partes para facilitar su uso con piezas de varios espesores, la primera y más estrecha permitiría la sujeción de piezas de menos de 10mm y la segunda, inferior, de piezas de entre 10 y 20mm. Este sistema no permite la fijación de las piezas de forma que se asegure directamente la distancia entre piezas, aunque esto se puede regular fijando la posición entre los marcos dentro de la cuba utilizando las guías descritas anteriormente. Obliga a colocar un sistema de palometas, que serán sumergidas, para fijar la posición de la pinza. Esto aumenta la complejidad del marco pero permite hacer un marco más ligero.

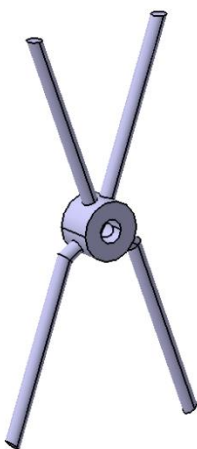


Figura 13. Pinza sujeción.

Otra solución para un marco individual es la sujeción por bridas (Figura 14 a). Las bridas comerciales (Figura 14 b) son de grandes dimensiones y obligan a dejar bastante espacio entre piezas ampliando considerablemente la anchura de la cuba. Sólo se han encontrado un tipo de bridas cuyas dimensiones serían válidas, altura máxima en posición bloqueada 22 mm, pero implicaría fijar una serie de soportes y suplementos extras para obtener la separación deseada entre las piezas haciendo la estructura del marco mucho más compleja. Además la brida es muy pequeña en comparación con las dimensiones totales de la pieza.

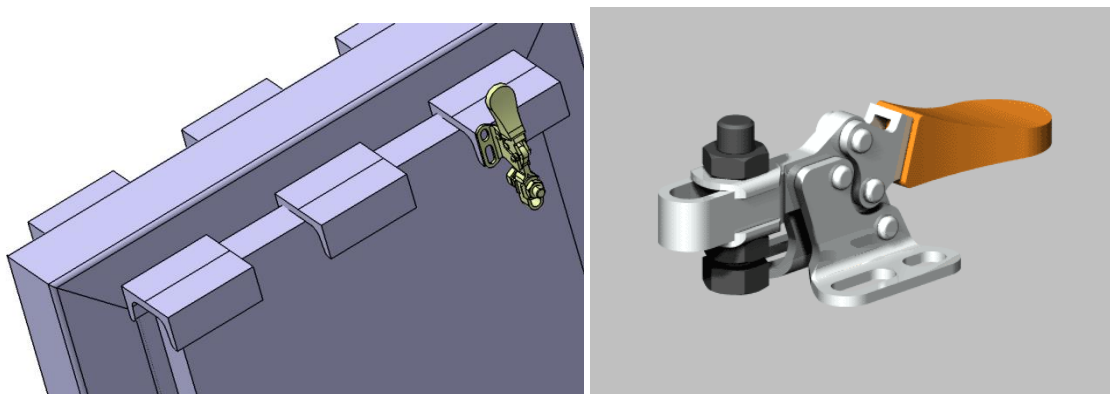


Figura 14. (a) Sujeción por bridas. (b) Mini brida comercial [21].

El siguiente sistema de agarre permite el uso de la instalación con piezas de 210x297 mm y diferentes espesores que se ven regulados en la parte superior dejando la parte inferior del mismo para la sujeción. La mordaza tiene un recubrimiento en la zona de contacto de la pieza de teflón para no dañar el enmascarante. Esta consta de un elemento mecanizado en forma de U con un elemento de apriete manual que incluye en un extremo una cabeza roscada en la que se acopla una cabeza articulada. Este sistema se ha mostrado simple y doble (Figura 15) pero en ninguno de los casos presenta un diseño óptimo, se podría considerar como prediseño pero obliga, por los elementos de la mordaza, a utilizar una estructura de base bastante grande en comparación con el espesor de la pieza. La ventaja de estos marcos es su uso para dos piezas, una en cada lateral, eliminando uno de los marcos necesarios. Sin embargo, presenta como inconveniente la libre circulación del agua y especialmente el fácil acceso con el enjuague por duchas.

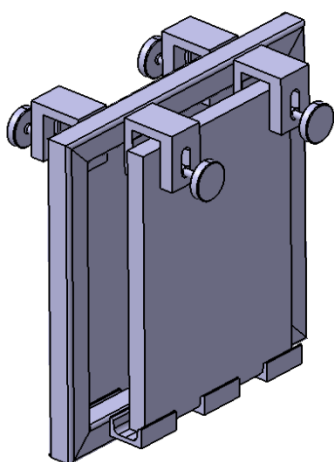


Figura 15. Útil sujeción doble, diseño con mordazas.

La siguiente optimización consiste en un cambio en los soportes inferiores, inicialmente se ha optado por unos perfiles en U de 40mm para asegurar la estabilidad del marco.

Manteniendo este mismo diseño, se ha evaluado el uso de un marco doble y uno simple pero dificulta el proceso de enjuague por duchas.

Para evitar el uso de elementos roscados que vayan sumergidos se ha optado por diseñar unos perfiles que permitan el ajuste de las piezas por apoyo (Figura 16). La operación no requiere grandes esfuerzos y la sujeción busca principalmente mantener fija la posición de la pieza. Las pletinas aseguran la inmersión completa de la pieza y la regulación de las mismas se realiza en la parte superior del marco que no estará sumergida.

El conjunto es un conjunto mecano-soldado por soldadura TIG, que utiliza como material de aporte varilla de acero inoxidable de 1.2 mm de diámetro. Todas las soldaduras se realizan a lo largo de todo el contorno de la unión y son soldaduras en ángulo de 2mm de cuello o a tope, caso de los perfiles cortados en bisel.

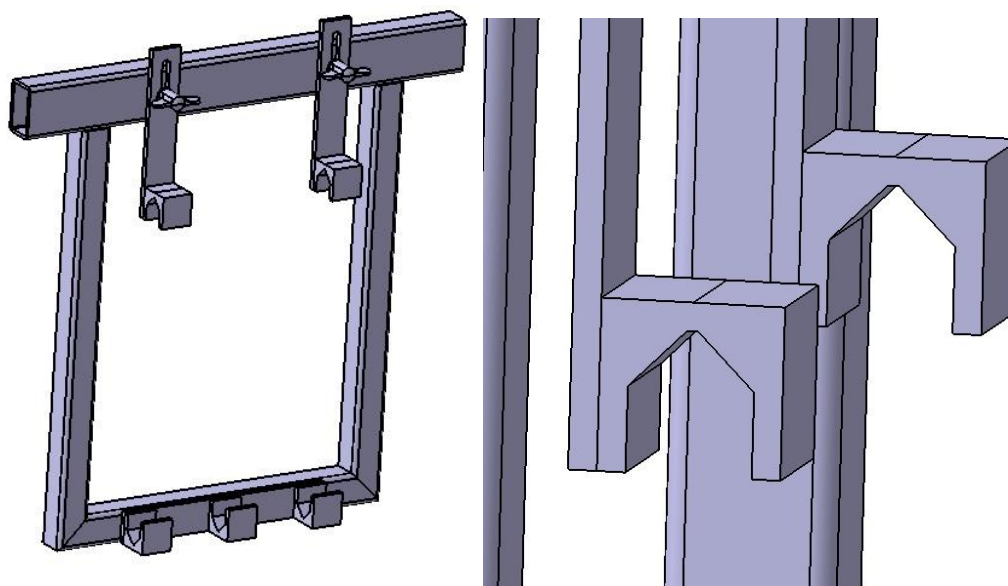


Figura 16. (a) Diseño del marco de 30x30. (b) Detalle del apoyo.

5.2 Diseño de las cubas

Para el diseño de las cubas se ha tenido en cuenta la más limitante, la del baño de ataque. Esta define el espacio máximo requerido que depende del utillaje de sujeción de las piezas, las dimensiones de la resistencia contemplando un espacio entre esta y las piezas para evitar posibles interacciones.

El prediseño inicial (Figura 17) consistió en una cuba prismática contemplando el espacio mínimo necesario para las piezas en el que se contempla la distancia mínima necesaria entre ellas (50mm), dos bombas para la agitación del baño y la situación de un medidor de pH y temperatura acoplado a la cuba directamente.

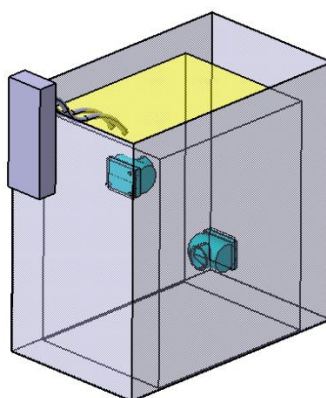


Figura 17. Prediseño.

El prediseño sirvió inicialmente como referencia dimensional para la búsqueda de cubas comerciales tanto de acero inoxidable como de PVC o PP. Todos los fabricantes que han sido

preguntados por este sujeto sólo presentan como solución la construcción a medida de una cuba de estas características, por tanto se ha procedido al diseño más detallado de la misma. Para ello se tendrán en cuenta las dimensiones necesarias de la cuba del baño de ataque que es la que presenta más restricciones dimensionales al incluir una resistencia térmica.

En base a este prediseño y teniendo en cuenta las medidas mínimas iniciales se realizó un segundo diseño de las cubas (Figura 18) más elaborado en el cual se incluye una posible entrada para el llenado de la cuba en la parte superior izquierda y una modificación de la parte inferior para facilitar el vaciado de la misma. Se puede observar que las dimensiones se han visto modificadas ya que se ha incluido la resistencia y unos soportes y guías para asegurar la correcta posición del marco de sujeción de las piezas durante la inmersión de las mismas. Además, se le han añadido unos voladizos para el apoyo de los marcos y de la resistencia, y para facilitar su traslado y manipulación.

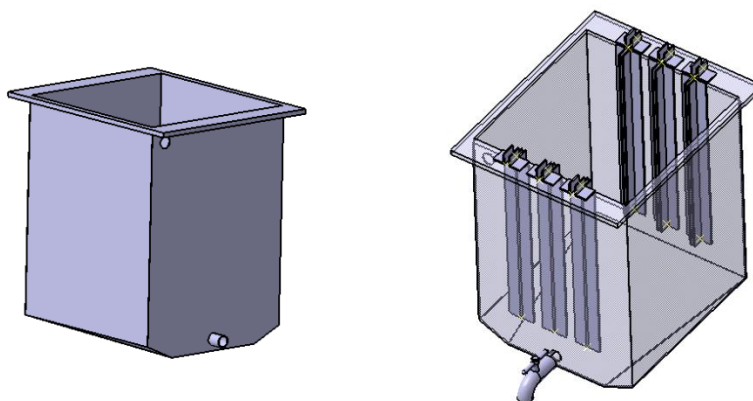


Figura 18. Segundo diseño.

En el diseño de los apoyos del marco se han contemplado tres opciones distintas. La primera consiste en una serie de piezas destinadas a sujetar el travesaño que sobresale del marco (Figura 19). La segunda solución analizada es una superposición de estas piezas generando una sola triple (Figura 19). La tercera opción es un perfil en L normalizado de 25x25 mm (Figura 19) cortado en tramos de 15mm enfrentados de dos en dos, esta última opción debería ir acompañada de un suplemento que elevase la posición final del marco. Estas piezas se colocan a ambos lados de la cuba.

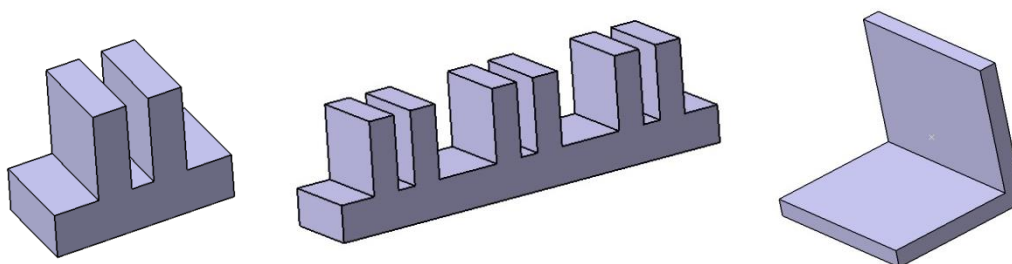


Figura 19. Evolución del diseño del apoyo útil soporte.

También se han incluido unas guías a lo largo de toda la pared vertical de la cuba. Están compuestas por perfiles en L de 25x25 como los utilizados en la tercera solución propuesta para el apoyo del marco.

A partir de este momento las modificaciones realizadas en el diseño de la cuba se centran en las dimensiones de esta (Figura 20). Están relacionadas principalmente con las modificaciones en el diseño del marco. Se elimina una de las guías ya que se elimina uno de los marcos. Se amplía la distancia entre las guías, éstas se reducen dejando únicamente unas pequeñas cuñas de 50mm de longitud en la parte superior de la cuba para guiar la entrada del marco. Desaparecen los apoyos en la parte superior de la cuba. Sin embargo, se incluyen unos topes inferiores a la máxima distancia sumergible del marco. Se aumenta la anchura de la cuba, el utillaje requiere de una distancia mayor entre sí. Se sigue manteniendo el voladizo para el agarre de la resistencia, se elimina la entrada de la tubería a través de la cuba realizando el llenado directamente desde la parte superior sin atravesarla ganando unos 40mm de longitud vertical.

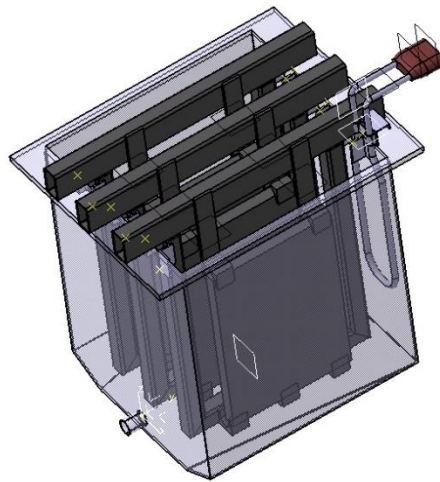


Figura 20. Modificación del diseño del baño de ataque sin incluir sistema de aireación.

Al final el marco escogido permite no aumentar tanto las dimensiones de la cuba, el apoyo de las piezas y se ha optado por mantener tres marcos independientes, estandarizándolos. El nuevo sistema de agarre no obliga a ensanchar tanto la cuba obteniendo como diseño final la imagen de la Figura 21. El diseño final tiene una entrada superior para la reposición de agua de red de la cuba. Una salida inferior para facilitar el vaciado de la cuba para las operaciones de mantenimiento. Las dimensiones finales de la cuba son 500x480x480mm.

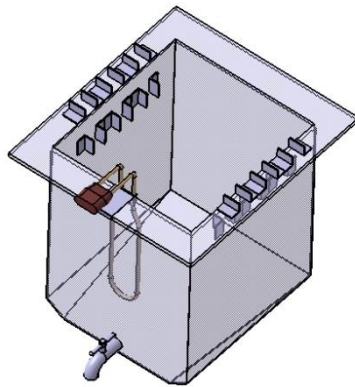


Figura 21. Diseño final de la cuba de ataque.

Se han ensanchado el voladizo para asegurar el asiento en la estructura. También se le ha incluido un refuerzo en los extremos que no asientan en la estructura para facilitar el agarre durante el transporte de la cuba. La posición de apoyo de los útiles de sujeción se ha modificado para que coincida con el travesaño de la estructura.

El conjunto es un conjunto mecano-soldado por soldadura TIG, que utiliza como material de aporte varilla de acero inoxidable de 1.2 mm de diámetro. Todas las soldaduras se realizan a lo largo de todo el contorno de la unión y son soldaduras en ángulo de 2mm de cuello.

5.3 Diseño tapadera

Para mantener la seguridad de las personas cercanas a la línea, especialmente cuando ésta no esté en uso, se ha diseñado una tapa que evite la interacción involuntaria con los baños reaccionantes, su contaminación con agentes externos y la emisión de vapores no controlados que puedan contaminar la atmósfera del taller, afectando de este modo a la seguridad de los alumnos o del personal que esté trabajando.

En la industria se utilizan unas compuertas que mantienen el baño aislado del exterior exceptuando el tiempo de carga y descarga del baño. Siguiendo este principio se ideó el primer sistema de cierre de la cuba (Figura 22). Este sistema permite el cierre de las cubas durante las operaciones, pero depende del sistema de desplazamiento utilizado. Por un lado, deja un gap dividiendo el baño en dos mitades y dejando durante las operaciones la cuba semiabierta obligando a situar una pared en los laterales de la cuba para asegurar el cierre. Por otro lado, dificulta la aspiración en base al sistema escogido y obligaría a utilizar un sistema de aspiración fijo sin ser necesario mantener ninguno de los baños cerrados durante la realización de las operaciones. Por estos motivos se ha descartado esta opción de diseño.

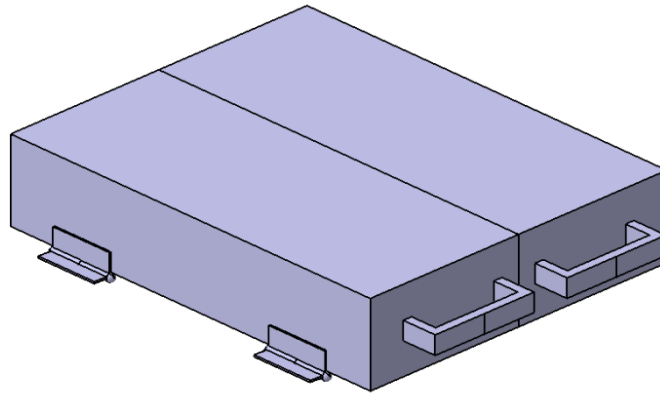


Figura 22. Tapadera por bisagra.

La siguiente solución (Figura 23) consiste en una pieza única. En este caso, la función principal sería la protección de los baños de agentes externos cuando estos no estén en uso y de los transeúntes. No afecta por tanto al sistema de desplazamiento de los marcos ni al sistema de aspiración de gases.

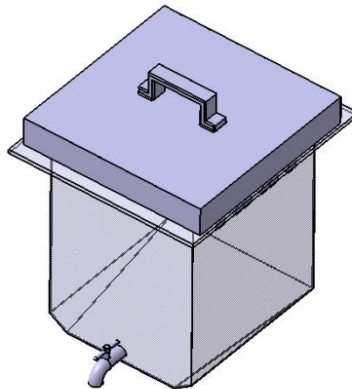


Figura 23. Diseño final de la cuba de con tapadera.

5.4 Diseño de la estructura de apoyo de las cubas

La función de la estructura es principalmente ergonómica, mantener la posición adecuada de trabajo para el técnico. Para ello se busca elevar las cubas a 1m del suelo con una estructura que sea estable y evite riesgos de vertidos indeseados. Al elevar las cubas a esta altura se facilita también la instalación de los bidones de recogida de residuos líquidos. Durante el diseño de la estructura se ha contemplado una separación mínima entre cubas de 300mm ya sean entre baños reaccionantes o no.

Se ha optado por un sistema de patas formado por tubos cuadrados de 80x80x1000mm. La cuba apoya sobre cuatro patas y dos largueros laterales, tubos rectangulares de

80x40x370mm. Estas piezas mecano-soldadas forman el primer nivel de conjunto de la estructura.

El conjunto anterior se une a otros tres conjuntos idénticos a sí mismo equidistantes entre sí. Para ello se utilizan dos tubos rectangulares de 80x40x2600 mm soldados interiormente a las patas y dando estabilidad a la línea de baños. Se obtiene el diseño final representado en la Figura 24.

Para asegurar completamente la estabilidad de la estructura esta debe ir fijada al suelo. El conjunto es un conjunto mecano-soldado por soldadura TIG, que utiliza como material de aporte varilla de acero inoxidable de 1.2 mm de diámetro. Todas las soldaduras se realizan a lo largo de todo el contorno de la unión y son soldaduras en ángulo de 2mm de cuello.

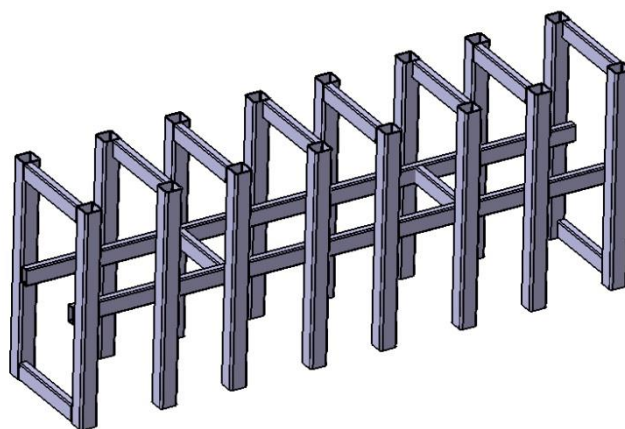


Figura 24. Diseño estructura para el apoyo de las cubas.

5.5 Ubicación del diseño

Dentro del nuevo edificio de la ESI del Campus de Puerto Real, el área de IPF tiene asignados cuatro talleres donde podría situarse la instalación. Estos son el taller de conformado por deformación plástica, el taller de máquinas de CNC, el taller mecánico y el taller de soldadura. Los tres últimos están situados en el sótano del edificio. Los dos primeros talleres se han descartado por falta de afinidad. Entre el taller mecánico y el de soldadura se ha decidido finalmente situar la línea en el taller de soldadura porque la fase de limpieza previa necesaria en el FQ es un proceso común con la parte de la preparación previa a realizar en las operaciones de soldadura de elementos de aluminio, se siguen los mismos pasos y permitiría el uso de una parte de la línea para dos aplicaciones diferentes. Además se utiliza un equipo de extracción puntual móvil de soldadura para la absorción de los gases generados durante los baños. La línea tendrá una posición fija en el espacio designado en el plano de situación.

5.6 Reducción de puestos

Como se ha comentado anteriormente el número de estaciones necesarias en la instalación puede reducirse disminuyendo la productividad del proceso. En la Figura 25 se analizan las

distintas fases del proceso desglosadas, es decir, se representa el camino que seguiría la pieza pasando por cada una de las estaciones necesarias una única vez.

De esta forma, el proceso implicaría 18 estaciones de las cuales las de enjuague por duchas y por agua desionizada se repiten en tres ocasiones y existen otras dos cuyo principio es el mismo, la de decapado y la de desoxidado.

Mantener todas las estaciones repitiéndolas permitiría seguir un flujo lineal que aumentaría la productividad y reduciría las trayectorias dobles facilitando la automatización de la producción. Las piezas seguirían una ruta lineal sin trayectorias dobles o reiteradas. Sin embargo, este proyecto no busca una producción a gran escala y los costes derivados de la repetición de trayectorias son relativamente irrelevantes.

Además, existen limitaciones de espacio que definen una longitud máxima de la línea de 8m. Esta limitación longitudinal es consecuencia de las dimensiones y la disposición de los equipos dentro del taller de soldadura. Para respetar esta limitación se ha diseñado la línea de forma que las cubas destinadas al enjuague sean siempre las mismas. Esta decisión presenta dos ventajas: una económica a corto plazo, reduce el coste de la instalación ya que no se repite un mismo módulo varias veces y otra educativa, la repetición de estas estaciones remarca la importancia la fase de enjuagado para evitar la contaminación de los baños posteriores. El principal inconveniente es el aumento de la frecuencia de renovación de los baños al multiplicarse por tres su uso dentro de una misma orden de producción.

Como consecuencia se presenta en la Figura 26 una propuesta de diagrama de flujo con las reducciones explicadas anteriormente. Este diagrama aumenta considerablemente las distancias de las trayectorias al estar volviendo al punto de partida tras cada baño para realizar los enjuagues. Sin embargo, se puede reducir el número y el recorrido de las trayectorias optimizando la distribución de las estaciones como se describe en el próximo apartado.

En el diseño de la línea no se ha considerado conveniente incluir la limpieza alcalina como un módulo más de la línea debido a las características de la producción principalmente educativa donde las piezas finales no requieren un acabado superficial fijo ya que su función es principalmente educativa, mostrar el proceso. Pese a esto se podría contemplar como una opción posterior de mejora del proceso necesaria si la actividad de la línea se amplía a actividades de investigación.

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

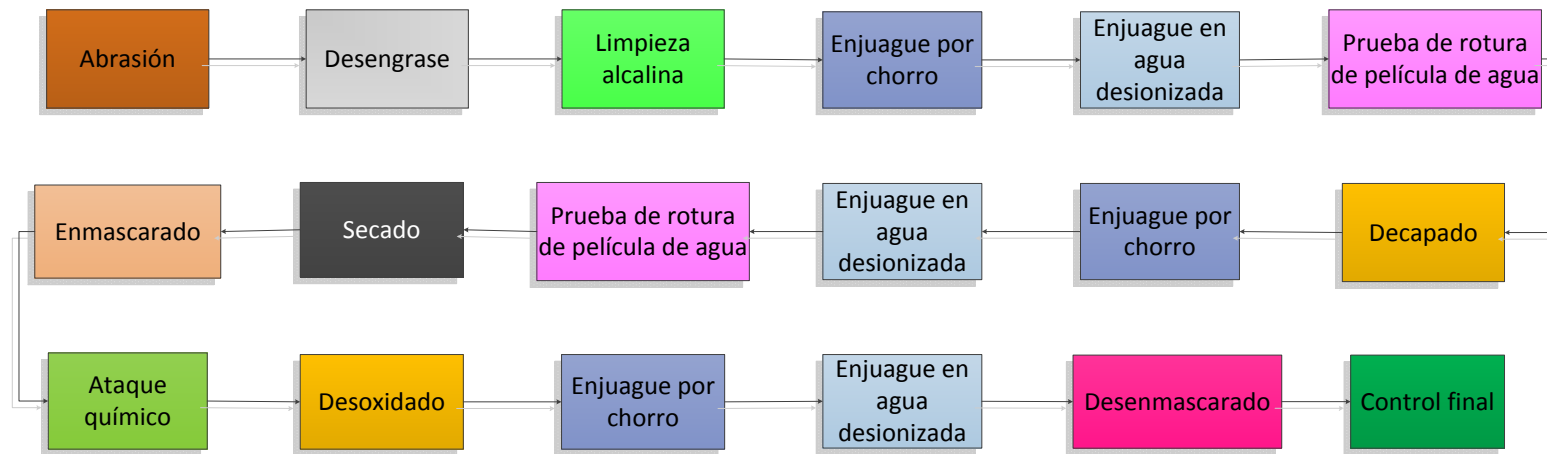


Figura 25. Flujo de la pieza a lo largo del proceso.

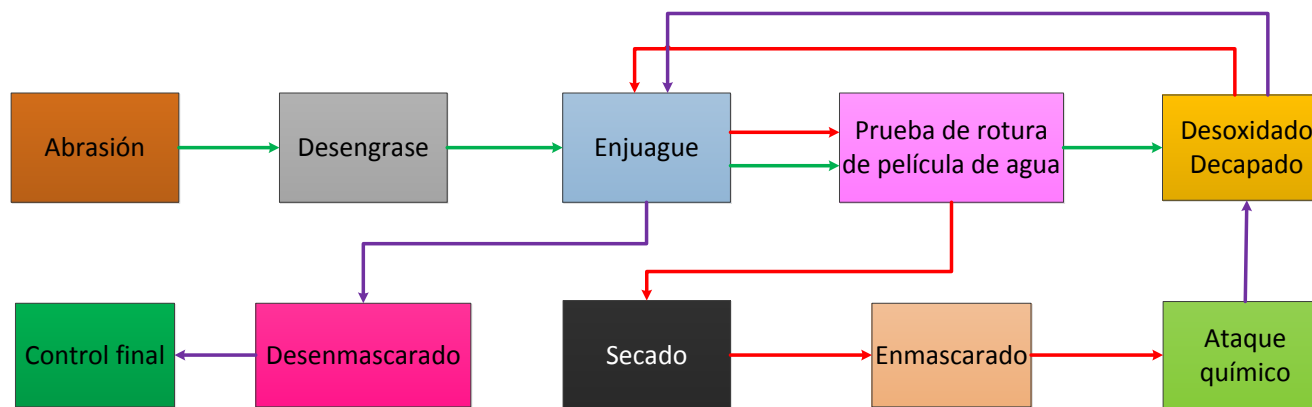


Figura 26. Flujo de la pieza aplicando la reducción de puestos.

5.7 Distribución física

La distribución de la línea tiene en cuenta las dimensiones de las cubas y el diagrama de flujo seguido por la pieza buscando la optimización de las trayectorias.

Para el diseño de la distribución se han tenido en cuenta dos requisitos de diseño y seguridad. Por motivos ambientales y de seguridad el baño de decapado debe situarse bajo un sistema de extracción de gases. Debe haber 300mm de seguridad entre el baño de ataque y el de decapado.

De esta forma y a modo de resumen del apartado anterior se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- Zona de limpieza: (1.5m) consiste en un banco de trabajo situado cerca de los baños de enjuague y acondicionado para las operaciones de abrasión manual y desengrase.
- Zona de enmascarado, desenmascarado: Esta zona puede coincidir con la zona reservada para el desengrase y la abrasión manual ya que no se considera que estas operaciones se solapen en la realización de la práctica debida a baja cadencia de producción.
- Zona de baños: incluye los cuatro baños necesarios (2.5m) y un espacio para la carga y descarga de las piezas.

El resultado final obtenido es una línea de longitud total mínima de la sala 6m y de ancho 1.5m de las instalaciones desde la pared hasta la zona de ocupada por el técnico. La distribución de la línea se puede observar en la maqueta virtual, representada en la Figura 27.

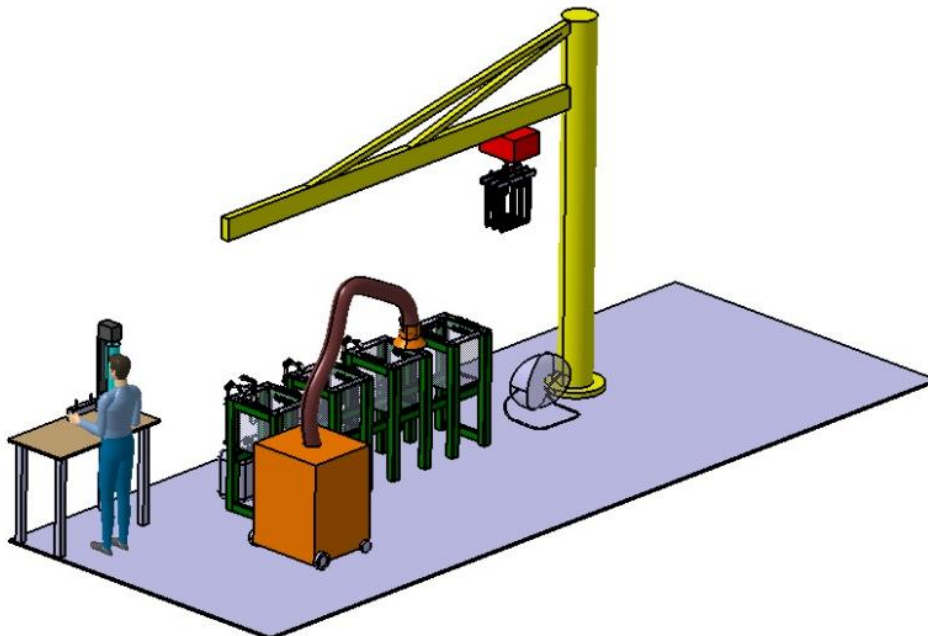


Figura 27. Representación de la maqueta virtual de la línea de FQ diseñada.

5.8 Descripción de la línea por módulos

Para el estudio y el desarrollo del proyecto se ha optado por la modularización de las fases así como de algunos elementos auxiliares. De esta forma el diseño es más flexible y su utilidad no queda reducida a la ubicación descrita en el apartado anterior.

Las fases en las que se dividen los módulos se corresponden con las descritas en el capítulo 2. La línea se compone de diferentes módulos que pueden repetirse en función de las necesidades del cliente pudiendo realizar así una línea completa, más similar a las utilizadas a nivel industrial, o una reducida, que será la presentada en los planos y la presupuestada.

Todas las cubas tienen el mismo diseño básico y se le incluyen los correspondientes accesorios en función de la aplicación de las mismas. La única diferente es la cuba del baño de ataque que será de acero inoxidable y no de polipropileno. Tienen un volumen total del 63L y se situarán sobre una estructura para asegurar una posición ergonómica durante el uso de la instalación. Esto permite situar la posición de las cubas a 1m del suelo. Se ha elegido una estructura para asegurar una mayor estabilidad de las cubas.

Además de los módulos que se describen a continuación, la instalación debe contar con los siguientes sistemas:

- Sistema de abastecimiento de agua de red.
- Sistema de abastecimiento de agua desionizada.
- Sistema de recogida de pérdida de agua en el suelo.
- Sistema de recogida de aguas residuales.

Todos los baños, excepto el de enjuague por duchas, deben contener un sistema de agitación que permita mantener una disolución homogénea en concentración y temperatura. Los sistemas de agitación utilizados industrialmente son mediante agitación por aire comprimido. Su uso es debido a que, para las dimensiones de los baños a nivel industrial, la velocidad de absorción del oxígeno no es suficiente para mantener la saturación en oxígeno a 8ppm. La saturación en oxígeno evita fragilizar el aluminio y facilita que se produzca un ataque correcto. Como la profundidad máxima de la cuba no supera los 500mm la agitación mecánica es suficiente ya que no se superarán las 12 horas de trabajo de la línea consecutivas. Además, este tipo de agitación es la preferente en la industria.

5.8.1. Módulo1: limpieza previa enmascarado y desenmascarado

Agrupar la zona de desengrasado, limpieza mecánica por abrasión, enmascarado, pelado y desenmascarado (Figura 28).

Consiste principalmente en el diseño de un espacio destinado a estas operaciones que debido a la utilidad de la instalación no van a solaparse. Por ello se ha decidido optar por un único banco de trabajo donde se realizarán estas etapas. El elemento escogido es una mesa comercial de dimensiones 1200x600x900mm. En este módulo se ha incluido un aplicador

micrométrico Film Casting Knife para realizar el enmascarado. Por funcionalidad se ha situado el desionizador Thermo Scientific Bantam dentro de este módulo.

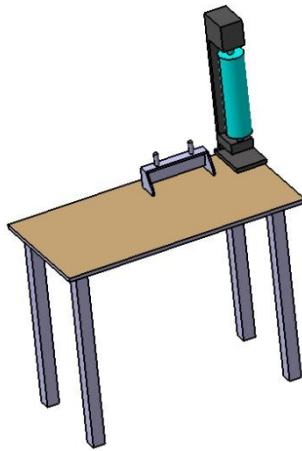


Figura 28. Módulo 1

5.8.2. Módulo 2: enjuague

Agrupar las dos etapas del enjuague y consta de dos conjuntos de cubas distintos, el de enjuague por ducha y el de enjuague en agua desionizada. Ambos están formados a su vez por una cuba de polipropileno, la fabricación de la misma será subcontratada y los accesorios correspondientes según la etapa (Figura 29) son:

- Enjuague por ducha: grifo pistola comercial eurofred 9LWA5739.
- Enjuague en agua desionizada: medidor de pH, bomba para agitación mecánica Eheim Stream On 1800.

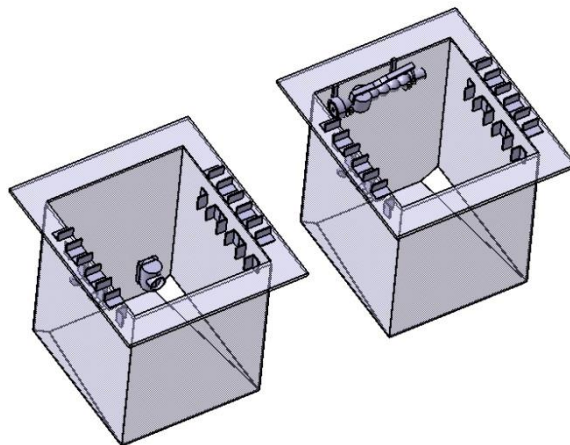


Figura 29. Módulo 2

5.8.3. Módulo3: decapado y desoxidado

Como se ha explicado en la reducción de puestos, se ha optado por utilizar el mismo conjunto cuba para las dos operaciones. Si no fuera el caso, se repetiría el módulo en dos ocasiones a lo largo de la línea. Está formado únicamente del conjunto para el baño decapado/desoxidado, compuesto de una cuba de polipropileno fabricada por subcontratación y un medidor de pH, una bomba de agitación mecánica Eheim Stream On 1800 y un sistema de estación de gases puntual y móvil Kemper SmartMaster (Figura 30).

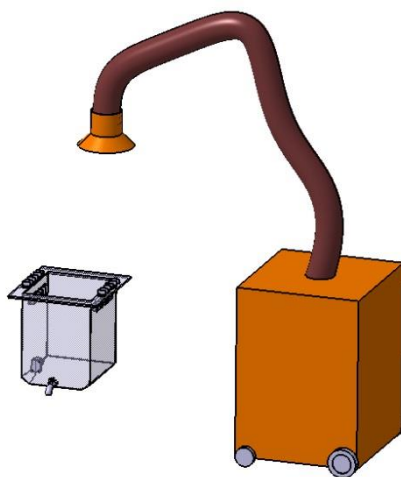


Figura 30. Módulo 3

5.8.4. Módulo 4: ataque

Es el equipo concerniente al baño de ataque y está formado por una cuba de acero fabricada según los planos que se presentan en este proyecto, una resistencia térmica comercial, un medido de pH especial para sosa 1260H de la empresa ResistenciasTope, una bomba de agitación mecánica y un termopar comercial (Figura 21).

5.8.5. Módulo 5: secado

Este módulo contiene un ventilador serie FD 50.

5.8.6. Módulo 6: transporte

El sistema debe permitir el retroceso ya que como se ha explicado anteriormente se sacrifica la productividad de la línea en busca de una reducción del espacio necesario.

El peso máximo es de aproximadamente 3.4kg por pieza y 4.6kg por marco. En el caso de introducir un sistema de polipasto debería aguantar unos 30kg más el peso de sistema de agarre, para el conjunto de tres piezas.

Este sistema puede intentar automatizarse con un pórtico grúa de las dimensiones requeridas, aunque debido a las características del proyecto se ha optado por una grúa giratoria comercial con polipasto eléctrico de cadena y carrillo manual, ejemplo Figura 31. La ventaja que presenta

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

esta solución es que en un espacio reducido permite el desplazamiento longitudinal de la carga junto con su extracción de la línea mediante la rotación de la grúa en cualquiera de las etapas.

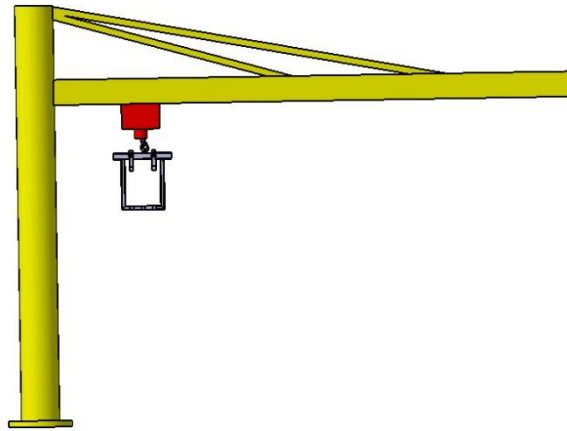


Figura 31. Módulo 6.

La automatización completa del proceso es complicada. Industrialmente se automatiza principalmente el transporte entre baños y se realizan manualmente las operaciones como el pelado de las piezas, las reparaciones del masking y el desenmascarado. La automatización en el resto de operaciones depende directamente del tipo de aplicación en cada operación. Tal y como está diseñada la línea se puede automatizar los transportes entre baños pero la mayoría de las operaciones son manuales, por lo que será necesario una persona a pie de línea durante el proceso, por ello el sistema de desplazamiento de la grúa seleccionada es manual.

En este módulo se incluyen los tres útiles de sujeción y el útil de transporte que permite el traslado de las tres piezas a la vez.

Capítulo 6: Resultados finales

En este capítulo se exponen las consideraciones necesarias para el uso de la instalación finalmente diseñada. Para ello se presenta el procedimiento de trabajo para cada una de las operaciones, las medidas de seguridad e higiene que se deben mantener, el sistema de gestión de residuos y el mantenimiento al que será sometida la línea, Además se incluye un análisis de viabilidad tecnológica y medio ambiental y un apartado de mejoras futuras.

6.1.Procedimiento

En este apartado se explica el procedimiento general que ha de seguirse para el conformado por FQ de una pieza dentro de la instalación diseñada.

6.1.1. Limpieza previa

6.1.1.1. *Desengrase manual*

Se aplica el desengrasante comercial para aleaciones de aluminio con un trapo en la zona a tratar.

Una vez eliminados los restos de grasas o aceites se puede proceder con la siguiente etapa.

En función del desengrasante utilizado se tomarán las medidas necesarias de seguridad indicadas por el fabricante.

6.1.1.2. *Limpieza abrasiva manual*

La limpieza se realizará con fieltros, papeles de lija o telas de alúmina (150 como mínimo), sobre la pieza de aluminio no plaqueado ni recocido, lijando o restregando. A la hora de escoger el tamaño de grano de los abrasivos es necesario tener en cuenta los requisitos finales de rugosidad superficial.

Los restos generados en esta etapa se eliminan con aire.

6.1.1.3. *Limpieza alcalina*

Se comprueba que las condiciones de trabajo, concentración y temperatura, son las adecuadas para realizar la operación.

En el baño se compone por una solución de agua de red y Turco 4215 NCLT. Las condiciones de trabajo se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Condiciones de trabajo del baño de limpieza alcalina.

Producto	Concentración (g/L)	Temperatura	Tiempo (min)
Turco 4215 NCLT	37-60	45-60	10-15

En función del estado superficial de la pieza y del factor de ataque del baño, se calcula el tiempo necesario de inmersión de la pieza.

Se introduce la pieza en el baño de limpieza alcalina el tiempo calculado previamente.

6.1.1.4. Enjuague

Se mantiene la pieza durante dos a tres minutos bajo el agua de red, enjuague por duchas.

La pieza se deja escurrir y se traslada a la siguiente estación.

Se sumerge la pieza en el baño de agua desionizada, este baño debe estar en agitación constante.

6.1.1.5. Decapado

Se comprueba que el baño esté en los límites de trabajo descritos a continuación y que el pH sea el adecuado.

Producto	Concentración	Temperatura	Tiempo
Ácido nítrico	50% en volumen	Ambiente	A determinar según el estado superficial

Se comprueba que el baño no tenga espumas y la agitación no sea excesiva.

Se calcula el tiempo de inmersión de la pieza, en función de su estado superficial.

Se introduce la pieza en el baño y se deja el tiempo estimado anteriormente.

6.1.1.6. Secado

Se coloca con el marco frente al ventilador.

Se retira la pieza y se comprueba que el secado se ha realizado correctamente.

A partir de este momento, una vez terminados los procesos necesarios de preparación superficial, se trasladarán las piezas con guantes de algodón y en el caso de que no pasen directamente a la siguiente fase, se protegerán de la contaminación ambiental y posibles arañazos o roces.

6.1.2. Enmascarado

Se coloca la pieza sobre una superficie limpia y se aplica una capa continua de masking mediante el aplicador de película de pintura para ensayos. Si el masking se ha espesado en la parte superior del recipiente se utiliza T.T.C. Thinner 11 para licuarlo.

Se deja secar durante una hora antes de realizar el ataque.

En el caso de que el ataque se realice en diferentes pasos se aplican tantas capas de masking como etapas tenga el proceso.

Considerar las medidas de seguridad que especifique el fabricante.

6.1.3. Trazado

Se realiza el programa CN con el diseño del dibujo de la forma que se quiere mecanizar en el software específico para la máquina de marcado por láser.

Se introduce el programa en la máquina (Figura 32).

Se calibra la potencia y la velocidad en función del espesor de la capa de masking.

Se coloca la pieza en el soporte y se ejecuta el programa.



Figura 32. GLC 5030 S Laser cutter [19].

6.1.4. Pelado

Se retiran el masking de las zonas que van a ser atacadas con cuidado de no dañar el masking en las zonas que deben quedar protegidas.

Se pela solamente la capa de masking correspondiente a la etapa que se vaya a realizar.

6.1.5. Ataque

Antes de realizar el primer ataque se debe calcular el factor de ataque del baño siguiendo las indicaciones dadas en el Capítulo 2. A partir de éste se define el tiempo que la pieza estará sumergida en el baño.

Se coloca la pieza en los soportes comprobando que no se daña el masking y se sumerge completamente en el baño de ataque, se ha debido comprobar previamente que sus características químicas son las adecuadas y que se encuentra en el rango de temperatura indicado en la Tabla 6.

6.1.6. Desoxidado

Una vez transcurridos al menos 15 minutos desde la salida de la pieza del baño de ataque, se introduce la pieza en el baño que será de ácido nítrico al 50% a temperatura ambiente durante 2-3 minutos.

A continuación se vuelve a realizar un enjuague como los descritos tras la etapa de decapado de la limpieza previa.

6.1.7. Desenmascarado

Se retira el masking manualmente.

Si quedan restos de masking se puede introducir la pieza en agua caliente durante 2-3 minutos y volver a realizar la operación.

6.1.8. Control final

Inicialmente se realiza una inspección visual de la pieza en la que se verifican los defectos superficiales de la pieza. A continuación se puede proceder a la medición de los mismos en el laboratorio de metrología. El resultado final obtenido se evaluará según:

- Resultados morfológicos.
- Resultados de la medición del espesor de la pieza.
- Medición de la rugosidad de la superficie mecanizada.

6.2. Seguridad e higiene

A continuación se describen las medidas de seguridad e higiene necesarias durante el uso de la instalación en función de la operación que se esté realizando en cada momento. Al final del apartado se indican consideraciones generales del uso de la instalación.

En las operaciones de limpieza previa, ataque y desoxidado:

- Dado el carácter fuertemente ácido o cáustico de las soluciones, los técnicos deberán ir provistos de los Equipos de Protección Individual (EPIs) necesarias (guantes,

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

delantales, botas de goma y gafas protectoras), especialmente durante las operaciones de formación y regeneración de baños. Estos EPIs serán proporcionadas por la Universidad.

- Durante la preparación de los baños, los constituyentes ácidos o cáusticos se añadirán lentamente y siempre sobre el agua, nunca al revés, agitándose continuamente la disolución, con objeto de evitar altas concentraciones ácidas o cáusticas que puedan producir salpicaduras fuera del baño.
- En caso de que se derrame disolución sobre la piel u ojos, lavar inmediatamente con agua abundante y solicitar asistencia médica.
- Las disoluciones empleadas en el proceso de FQ son tóxicas, por lo que los baños dispondrán en su parte superior de un sistema adecuado de extracción y eliminación de vapores nocivos.

Medidas de seguridad durante el enmascarado.

- Evitar el contacto con la piel.
- Aplicar en un lugar con las condiciones de ventilación adecuadas.
- Mantener alejado de calor, chispas o llama.
- Mantener alejado de cargas electrostáticas.
- Utilizar los equipos de protección individual necesarios.
- Eliminar los restos en el puesto de trabajo con materiales que absorban el líquido.
- No verter al sistema de aguas residuales, tratar independientemente enviándolo a la gestión de la UCA.
- No comer, beber o fumar durante su uso.

A nivel industrial se contempla generalmente el uso de una mampara protectora anti salpicaduras en los laterales del bloque, consisten en cuatro planchas de metacrilato que rodean el módulo de transporte con las piezas. Esto se debe al tamaño de las piezas y la altura de trabajo. En este caso no se ha realizado el diseño de la misma ya que el volumen de trabajo es mucho menor y la velocidad utilizada debida a la cadencia no es suficiente como para producir salpicaduras que no sean salvadas por la distancia entre baños. El uso de estas mamparas obliga a levantar las piezas más, aumentando el tiempo de realización de la práctica. Es poco funcional ya que dificulta la colocación de las piezas debido al espacio reducido del que se dispone. De todas formas como la instalación puede tener usos de investigación a parte de los de docencia se contempla en el diseño la distancia necesaria para el uso de un sistema de seguridad de este tipo.

Se debe marcar en el suelo el espacio por el que pueda haber una carga suspendida.

Los productos químicos debidos a salpicaduras se recogerán con un tejido absorbente de microfibras y serán posteriormente tratados dentro de la gestión de residuos.

6.3. Gestión de residuos

Siguiendo la norma ISO 14001 de sistemas de gestión ambiental la cual está certificada la UCA, se propone un sistema de gestión de residuos.

Debido a las características de la instalación diseñada, durante el proceso de producción, se generarán dos tipos principales de residuos, sólidos y líquidos. Los residuos líquidos se considerarán en todo momento residuos peligrosos ya que todos forman parte de la Lista de residuos peligrosos del Real Decreto 952/1997 y en la Lista Europea de Residuos (LER) están marcados con un asterisco. Los residuos sólidos generados durante el proceso se corresponden con los residuos generados durante el desengrase y la limpieza mecánica abrasiva. Estos no se consideran residuos peligrosos, exceptuando si el desengrasante utilizado contiene sustancias peligrosas se deberán tratar como residuos peligrosos los trapos de limpieza empleados en la operación. Por tanto se separarán los residuos generados según su estado físico y se seguirá el procedimiento indicado en la instrucción técnica para gestión de residuos peligrosos y biosanitarios (IT-PG-06-01).

6.3.1. Identificación y etiquetado

A continuación se identificarán y etiquetarán según lo descrito por el servicio de prevención (Tabla 8) y con las etiquetas proporcionadas por este servicio. En las etiquetas aparecen los pictogramas de peligrosidad, el código del residuo y su nombre.

Tabla 8. Ejemplo de colores para el etiquetado de los residuos según se indica por el Servicio de Prevención.

Nombre	Color de la etiqueta	Residuo
Disoluciones acuosas	Azul	Bases fuertes y débiles Sales Productos químicos fotográficos
Ácidos	Blanco	Ácidos fuertes y débiles
Aceites	Marrón	Aceites minerales
Especiales	Lila	Residuos orgánicos no disolventes Metales en disolución Sodio metal Metal disuelto

Envasado

El envasado se realiza en función del estado físico del residuo en unos bidones de ciertas características especiales.

Bidones para residuos líquidos: envases de polietileno de alta densidad y alto peso molecular ideal para residuos líquidos, resistentes a la mayoría de los productos químicos. Envases apilables, con tapón con autoprecinto y homologados para el transporte ADR. Tamaños 25L. Los bidones se llenarán al 90% para evitar su derrame durante el transporte.

Bidones para residuos sólidos: de apertura total, tipo ballesta. Fabricados en polietileno de alta densidad y aro de fleje y cierre galvanizado. Deben ser envases apilables, de fácil apertura y

cierre, homologados para el transporte ADR. El tamaño se escogerá en función de la disponibilidad de los bidones entre 30, 60 y 150L.

En el caso de los residuos líquidos no se han de mezclar dos tipos de residuos diferentes por lo que es importante que un bidón no sea usado en el vaciado de dos cubas diferentes.

6.3.2. Almacenamiento

El residuo será almacenado convenientemente hasta su traslado a la Estación de Transferencia de Residuos, en ella permanecerán un máximo de 6 meses, período en el cual deben ser recogidos por el Gestor autorizado por la Universidad. Para ser recogidos los envases deberán estar en condiciones de conservación adecuadas y correctamente cerrados y etiquetados.

Para el traslado de los residuos a la Estación de Transferencia se debe tener en cuenta el calendario de retirada de residuos y los puntos de recogida. Antes de este traslado los residuos serán almacenados teniendo en cuenta la prevención de la contaminación y protección de la salud de las personas y la cercanía respecto al punto de generación.

6.3.3. Control, seguimiento y medición de residuos

Durante el funcionamiento de la línea se han de mantener actualizados los formatos “Seguimiento de la generación de residuos” (FR-PG-06-01) y “Control, seguimiento y medición del consumo de materias y recursos” para poder proporcionar la información conveniente al Servicio de Prevención. También se cumplimentarán trimestralmente las “Listas de Verificación de Laboratorios en la UCA” para comprobar el correcto funcionamiento en seguridad y desde un punto de vista ambiental del taller donde está situada la instalación.

Finalmente para asegurar la correcta gestión de los residuos que se generan se realizará un registro a través del formato FR-PG-06-01 “Control de la gestión de residuos”, destinado a los informes del Servicio de Prevención donde se evaluará la evolución de los residuos generados.

6.4. Mantenimiento

Para asegurar el correcto mantenimiento de la línea será necesaria una inspección mensual. Esta inspección deberá realizarse fuera del horario de prácticas de laboratorio del área. A lo largo de las mismas se comprobará:

- El estado de las soluciones.
- Fecha de caducidad de los productos.
- El estado del filtro del sistema de aspiración puntual.

Además deberá realizarse un protocolo de limpieza al menos trimestralmente:

- Vaciado de los baños.
- Limpieza con duchas de los baños.
- Llenado parcial con agua desionizada, dejando en reposo durante 30 minutos.

- Comprobación de la variación del pH del agua desionizada para comprobar el estado de limpieza de la cuba.
- Si la variación del pH no es superior a +/- 1 se procede a la reposición de la solución del baño. En el caso contrario se repite el protocolo.

Industrialmente se realiza también un estudio de las características físico químicas a partir de una serie de probetas de forma que se asegure el estado de las soluciones. Para ello se mide el ataque intergranular además de las características superficiales y dimensionales descritas en los fundamentos teóricos. Esta opción de control para el mantenimiento de la instalación se recomienda sólo si se amplía su uso a actividades de investigación.

6.5. Análisis de viabilidad

El proyecto surge de la necesidad de una instalación para poder completar la formación de los alumnos con prácticas de laboratorio donde se realice el proceso de FQ. Esta instalación beneficiaría a más de 500 alumnos anualmente que podrían recibir un complemento en su educación académica.

La novedad del proyecto no es consecuencia del proceso de fabricación en sí mismo sino de la escala a la que se realizará y el uso al que se le dará a la línea.

El proyecto presenta una línea de FQ a una escala inexistente hasta el momento. Existen multitud de equipos docentes comerciales para el apoyo de las prácticas de laboratorio de las asignaturas relacionadas con la ingeniería de fabricación. Estos equipos abarcan distintos tipos de conformado de forma y algunos de ellos forman parte del material educativo de la Universidad. También se podría asemejar a otros proyectos destinados a la investigación en los que el proceso industrial se reduce de escala para poder desarrollar e implantar posibles nuevas mejoras para una línea de producción completa. En ninguno de los dos casos anteriores se ha encontrado una línea de las características requeridas existente y mucho menos, comercializada.

Todas las líneas de baños destinadas a este proceso de fabricación pertenecen a la industria y generalmente se tratan de líneas de baños de grandes dimensiones debido a las características de las piezas mecanizadas por este proceso. Al formar parte directa de la actividad industrial no permite su uso como elemento formativo, tanto de operarios como de ingenieros, y tampoco deja espacio para su empleo en actividades de investigación y mejora del proceso.

El coste del proyecto se analiza en el Capítulo 10: Presupuesto.

Haciendo un análisis de la viabilidad operacional se obtiene que el personal disponible en el departamento sea capaz de asumir de forma adecuada sus obligaciones y completar la ejecución del proyecto. La capacitación y formación del personal es suficiente para realizar la instalación y la puesta a punto de la instalación.

Realizar una redistribución de la carga de trabajo sería suficiente para que el personal pueda realizar sus labores sin problema.

La infraestructura disponible es suficiente para realizar la actividad descrita y además se aprovecha la situación excepcional de mudanza que facilita la instalación de la línea utilizando recursos que estarán disponibles de forma excepcional. Además se dispone en el taller de los recursos necesarios para realizar las labores de calderería y el ensamblaje de la línea. Los elementos auxiliares necesarios, como la máquina de trazado laser forman parte del equipamiento de la Universidad así que no implican un gasto extra y queda de manifiesto que la tecnología necesaria para la ejecución del proyecto está disponible.

El material necesario para la construcción de la instalación es de fácil acceso y en la mayoría de los casos los contactos con los proveedores se han realizado previamente en otras actividades del área.

Durante el diseño de la línea se han tenido en cuenta los requisitos y trámites legales impuestos por las entidades públicas, así como las consideraciones de Seguridad e Higiene necesarias para el técnico que opere con la línea y los alumnos que estén realizando la práctica.

En términos Medio Ambientales los residuos generados durante el proceso son en su mayoría residuos peligrosos. Como se ha mencionado, se han tomado las medidas necesarias para reducir las emisiones gaseosas contaminantes y el plan de gestión de residuos expuesto en el apartado 6.3 permite cumplir con la normativa medio ambiental estatal e interna de la Universidad.

Para la realización del proyecto es necesaria la implicación del área de IPF y para la puesta en marcha de la instalación sería necesario seguir un programa de formación específico para los técnicos que vayan a manejarla.

6.6.Mejoras futuras

Sistema de control de peso, sistema que vaya midiendo la pérdida de material y por tanto la variación del factor de ataque y autorrecalcule el tiempo de inmersión en función de estos parámetros.

Diseño de un sistema auxiliar de la grúa que permita la inmersión independiente entre las tres piezas facilitando el fresado de distintos espesores en una misma tirada.

Inclusión del módulo de limpieza alcalina.

Mejora del sistema de secado, diseño de un túnel de secado a escala.

Incluir un sistema de reciclado de masking.

Capítulo 7: Planificación

En este apartado se expone la duración estimada para la materialización del proyecto evaluando desde la compra de los elementos comerciales y la materia prima necesaria para la construcción de la línea de FQ, hasta la posible realización de la primera práctica de laboratorio de FQ.

Los hitos del proyecto son:

- Recepción de la grúa: a los dos meses y 10 días de comenzar la ejecución del proyecto. Este hito marca el inicio del montaje de la instalación.
- Finalización de la instalación. 10 días después del hito anterior.
- Realización de la primera práctica: 3 meses después del inicio de la ejecución del proyecto. Esta es la fecha que marca el tiempo disponible para la ejecución del mismo.

Estas fechas han servido de referencia para la definición de los plazos expuestos en la Figura 33 y la consecuente planificación de la ejecución del proyecto. Los plazos de recepción de materia prima y productos comerciales están establecidos a partir de las indicaciones proporcionadas por los comerciales.

Las tareas en las que se ha dividido el proyecto son:

- Solicitud de materia prima
- Encargo de material comercial
- Recepción de la materia prima
- Realización de los trabajos de calderería
- Recepción del material comercial
- Instalación del banco de trabajo
- Instalación de los sistemas de tuberías
- Montaje de la cubas
- Puesta a punto de la línea
- Calibrado de la máquina de corte por laser
- Ensayos para la fijación de los tiempos del proceso

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

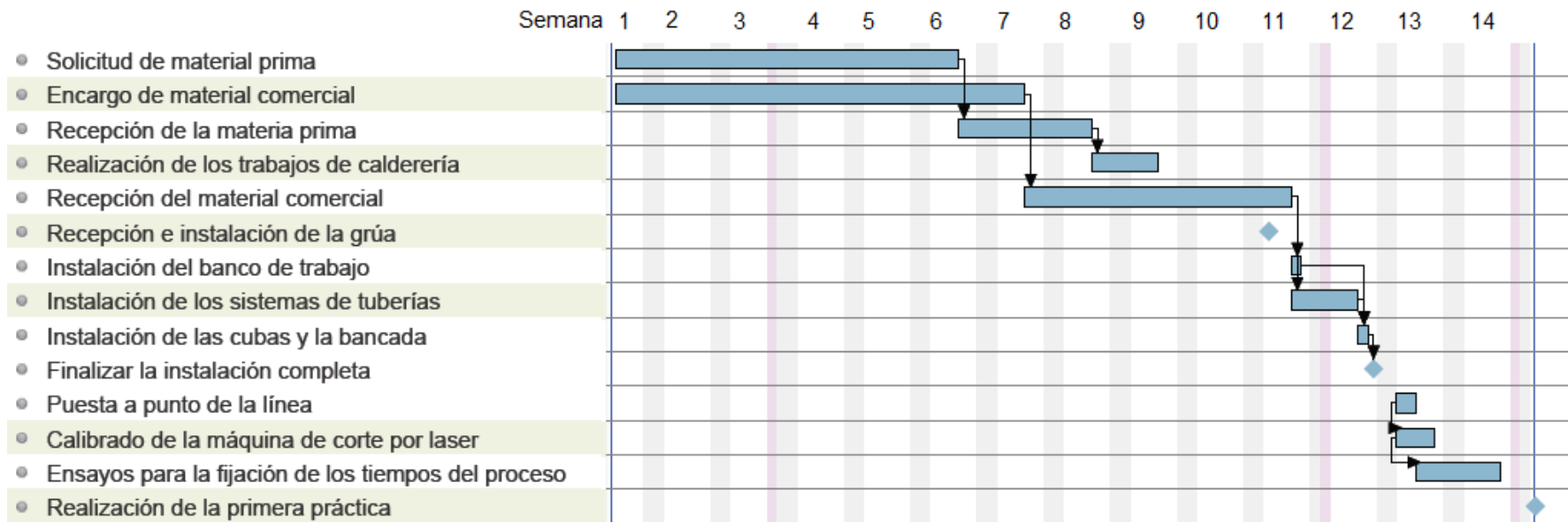


Figura 33. Diagrama de Gantt para la planificación prevista durante la ejecución del proyecto.

Capítulo 8: Orden de los documentos básicos

El orden de los documentos básicos del proyecto es:

- Memoria
- Pliego de condiciones
- Estado de mediciones
- Presupuesto
- Anexos
 - Anexo I: Información técnica de los productos comerciales escogidos
- Planos

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

Pliego de condiciones

Índice

1.	Condiciones generales	95
2.	Condiciones particulares	95
3.	Requisitos funcionales.....	95
3.1.1.	Requisitos técnico-tecnológicos.....	95
3.1.2.	Requisitos humanos	96
3.1.3.	Formación.....	96
4.	Consideraciones y resultados.....	96
4.1.	Obligaciones del proyectista	96
4.2.	Obligaciones del departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial	97
4.3.	Resultados y productos esperados	97
5.	Condiciones de trabajo	97
5.1.	Equipo de trabajo	97
5.2.	Supervisión de los trabajos	98
5.3.	Plazo de ejecución	98
6.	Condiciones económicas	98
6.1.1.	Forma de pago	98
6.1.2.	Cumplimiento de los plazos y penalidades de demora.....	98
6.1.3.	Garantía.....	99
7.	Confidencialidad de la información	99

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

1. Condiciones generales

Para la ejecución de este proyecto será necesaria la participación del personal del Laboratorio de Ingeniería de los Procesos de Fabricación. Las partes que intervienen en el mismo de cara a la realización del proyecto son el laboratorio de IPF, como proyectista, y el contratista que es el mismo proyectista.

La Unidad de Gestión del Laboratorio de IPF se encargará de coordinar la dirección del proyecto. Además, aportará los recursos necesarios para la ejecución del mismo. También se encargará de facilitar la documentación referente a los requisitos técnicos y de gestión del sistema.

Los técnicos se encargarán de la realización de las actividades del proceso productivo.

2. Condiciones particulares

El proyectista debe cubrir el máximo de los requisitos del cliente proporcionados inicialmente. Para ello utilizará el diseño concurrente e intentará presentar e implantar las mejoras oportunas consumiendo el mínimo de recursos posibles.

Así mismo, el proyectista deberá asumir en la situación del Estado Final del proyecto, los requisitos técnicos y de gestión, según la normativa vigente y deberá cumplir con la programación definida para la ejecución del proyecto.

3. Requisitos funcionales

Los requisitos funcionales mínimos para ejecutar este proyecto se muestran en los siguientes puntos. Estos se pueden dividir en requisitos técnico-tecnológicos, requisitos humanos, así como de formación necesaria para el desarrollo del proyecto.

3.1.1. Requisitos técnico-tecnológicos

Para el desarrollo las tareas asociadas al proyecto se deberán obtener o poseer los siguientes elementos técnicos y tecnológicos:

3.1.1.1. Software

Para la realización del proyecto se atenderá a las especificaciones del presente Pliego de Condiciones por lo que se deberá contar con las licencias de software necesarias para llevar a cabo el mismo. Siendo necesarias licencias en el paquete:

- CATIA V5R20: licencia de estudiantes disponible en los ordenadores del aula de diseño.

3.1.1.2. Hardware

Para el desarrollo y realización del proyecto será necesario un soporte hardware compuesto por un equipo informático personal. Sus características técnicas deberán ser iguales o mejores que las indicadas por el fabricante del software utilizado.

- Placa base: acorde con el microprocesador, con tarjetas de sonido y red integradas.
- Microprocesador: Intel Core, similar o superior.

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

- Velocidad del procesador: desde 2GHz.
- Memoria RAM: 4Gb.
- Disco duro: 500Gb.
- Tarjeta gráfica: Intel64 Family 6 Model 37 Stepping 5, nVidia Quadro K2100M, o similar.
- Monitor panorámico 19”.

También se deberá contar con un dispositivo de almacenamiento masivo, preferiblemente con puerto USB, de al menos 8Gb de capacidad.

El equipo deberá contar con conexión a Internet de banda ancha ininterrumpida.

3.1.2. Requisitos humanos

Con el fin de que los plazos de creación e implantación del proyecto se cumplan y de que el proyecto cuente con los recursos humanos mínimos necesarios.

Tres técnicos cualificados para la ejecución de los trabajos de calderería, fabricación de piezas y montaje.

3.1.3. Formación

La formación de los técnicos que utilicen la instalación una vez finalizada la ejecución proyecto, será necesaria para asegurar el conocimiento de la operativa y metodología del proceso productivo en su totalidad. Esta se alcanzará mediante cursos de formación y/o jornadas formativas específicas en las cuales se tratarán los siguientes aspectos:

- Generalidades del proceso de FQ.
- Procedimiento de limpieza previa.
- Procedimiento de enmascarado, trazado y pelado.
- Procedimiento de ataque.
- Procedimiento de desenmascarado.
- Procedimiento de control final.
- Medidas de seguridad e higiene durante el uso de la instalación.
- Medidas medio ambientales para el tratamiento de residuos.
- Mantenimiento de la instalación.

Se recomienda la formación del personal en:

- CATIA V5 (módulos Scketcher, Part Design, Assembly, Drafting)
- Prevención de Riesgos Laborales.
- Tratamiento de residuos tóxicos.

4. Consideraciones y resultados

Se procede a la exposición de los resultados y objetivos que se pretenden alcanzar con la viabilidad del proyecto.

4.1. Obligaciones del proyectista

Siguiendo lo expuesto en apartados anteriores las obligaciones del proyectista son:

- Aportar un criterio técnico para el correcto diseño de la instalación.
- Proponer prioridades y planificar las actividades necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto.
- Impartir la formación necesaria al personal del área relacionada con la utilización del proyecto.
- Conseguir los objetivos del proyecto en el plazo previsto.

4.2. Obligaciones del departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial

Por el lado opuesto las obligaciones del contratista engloban:

- Designar un responsable que facilite la documentación, información y medios precisos para la prestación del servicio objeto del contrato.
- Definir los criterios de seguimiento de las actividades realizadas.
- Aportar los recursos necesarios para la realización de las tareas definidas.
- Facilitar la asignación de recursos humanos en el caso en el que fuere necesario.
- Velar por el cumplimiento de las responsabilidades establecidas.

4.3. Resultados y productos esperados

Como resultado del proyecto contratado se obtendrá el diseño de una línea de FQ a escala de laboratorio para la realización de prácticas de laboratorio. Los planos de ubicación y construcción de la misma. Una maqueta virtual de la línea. Los procedimientos de trabajo de cada operación llevada a cabo durante el proceso de producción.

Ya que el contratista es el ingeniero que redacta el proyecto, se tomará como referencia u horquilla de maniobrabilidad para el presente proyecto, dejando a disposición del área la finalización del mismo.

5. Condiciones de trabajo

La realización de los trabajos se atenderá a las especificaciones del presente Pliego de Condiciones y a la Memoria del proyecto.

El contratista realizará la totalidad de los trabajos definidos como obligaciones en las cláusulas del Pliego de Condiciones que nos atañe en cumplimiento del contrato que ha sido establecido.

5.1. Equipo de trabajo

EL ingeniero que desarrolla el proyecto de aplicación y redacta el presente documento es la parte contratada con la obligación de efectuar los trabajos en virtud de la proposición presentada. Las funciones que llevará a cabo son:

- Estudio previo de diseño
- Análisis de las soluciones industriales y elección de la solución óptima en función a los requisitos de diseño.
- Diseño de una línea de FQ a escala de laboratorio.
- Realización de una maqueta virtual de la citada línea.

- Redacción de los documentos de referencia para la puesta en marcha de la instalación diseñada.

5.2. Supervisión de los trabajos

La supervisión, inspección y vigilancia de los trabajos corresponderá al ingeniero que realiza el proyecto y estará en todo momento respaldado por los responsables y tutores del mismo, pertenecientes al área de IPF. Para ello se establecerán supervisiones generales periódicas con entregas parciales cuando se considere conveniente por alguna de las partes.

A la vista de los informes de seguimiento se podrán establecer las órdenes de continuación del desarrollo de diseño o de rectificación de los documentos si fuere el caso.

A la recepción de los documentos correspondientes en la entrega final de los trabajos, el director del proyecto deberá proceder al examen preliminar y a la redacción del Informe de Recepción.

5.3. Plazo de ejecución

La realización del proyecto se ejecutará de acuerdo con el calendario programado. La fecha de inicio de los trabajos y a partir de la cual se cuentan los plazos parciales y totales del trabajo serán la correspondiente al día siguiente de la fecha de formalización del contrato. En el calendario estarán formulados en términos semanales como se ha expuesto en la planificación del proyecto.

6. Condiciones económicas

6.1.1. Forma de pago

El abono de los importes relativos a los productos de cada una de las fases anteriores tendrá lugar una vez presentado el certificado de conformidad de los mismos con las condiciones del pliego emitido por el Tutor del Proyecto.

Para el pago del importe del presupuesto correspondiente a los honorarios del proyectista se seguirá el desglose siguiente:

- 35% de los honorarios al adjudicar el proyecto.
- 45% de los honorarios al finalizar la fase de creación.
- 20% de los honorarios al finalizar la ejecución.

6.1.2. Cumplimiento de los plazos y penalidades de demora

Si el contratista incurriera en retrasos o demoras, por motivos imputables a él mismo, del plazo establecido para la ejecución del contrato, el Dpto. de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial podrá optar unilateralmente por la resolución del contrato o imponerle multas equivalentes al uno por ciento (1%) del valor del programa por cada día de retraso en el cumplimiento de sus obligaciones previo requerimiento al contratista, sin que el valor total de ellas pueda exceder el diez por ciento (10%) del valor del contrato. El contratista autoriza desde este momento para que en caso de imposición de multas, el valor de estas se descuente de los saldos a su favor. Lo anterior tendrá lugar salvo en el caso de que el contratista demuestre que su demora obedeció a hechos constitutivos de caso fortuito o fuerza mayor,

estos hechos deben ser debidamente comprobados. El pago de las penalidades no excluye la indemnización a que el Dpto. de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial pudiere tener derecho por los daños y perjuicios ocasionados.

6.1.3. Garantía

El proyectista deberá garantizar durante dos años los productos derivados de la contratación, contando desde la fecha de finalización de la ejecución de los mismos, obligándose a realizar durante dicho período los cambios necesarios para solventar las deficiencias detectadas e imputables a su actividad, si así lo solicita la Dirección del Dpto. de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial.

7. Confidencialidad de la información

La empresa adjudicataria se compromete a mantener absoluta confidencialidad y reserva sobre los datos contenidos en los sistemas de información a los que tenga acceso en virtud del cumplimiento de este contrato, respetando especialmente la legislación vigente respecto al tratamiento automatizado de los datos de carácter personal (Ley orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal), los cuales no podrá copiar o utilizar con fin distinto al que figura en este pliego, ni tampoco ceder a otros aunque fuere a efectos de conservación.

Cádiz, 7 julio 2014.

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

Estado de mediciones

Índice

1. Diseño y documentación.....	105
2. Módulo 1	105
3. Módulo 2	105
4. Módulo 3	105
5. Módulo 4	105
6. Módulo 5	105
7. Módulo 6	106
8. Sistema de circulación de agua.	106
9. Estructura.	106
10. Mano de obra	106

1. Diseño y documentación

Ref.	Descripción	PersonaxDíasxHoras	Sub total	Total
0.1	Coste del diseño	1x77x7	539	540

2. Módulo 1

Ref.	Descripción	LargoxAnchoxAlto	Sub total	total
1.1	Mesa UTBY	1200x600x900	1	1
1.2	Aplicador micrométrico Film Casting Knife, 30cm.	-	1	1
1.3	Desionizador Thermo Scientific Bantam	-	1	1

3. Módulo 2

Ref.	Descripción	LargoxAnchoxAlto	Sub total	total
2.1	Cuba PP con tapadera	-	2	2
2.2	Grifo pistola comercial eurofred 9LWA5739	-	1	1
2.3	Bombas agitación Eheim Stream On 1800	-	1	1
2.4	Medidor de pH	-	1	1

4. Módulo 3

Ref.	Descripción	LargoxAnchoxAlto	Sub total	total
3.1	Cuba PP con tapadera	-	1	1
3.2	Bombas agitación Eheim Stream On 1800	-	1	1
3.3	Equipo de aspiración Kemper SmartMaster	-	1	1

5. Módulo 4

Ref.	Descripción	LargoxAnchoxAlto	Sub total	total
4.1	Cuba acero inoxidable	-	-	-
4.1.1	Chapa de acero inoxidable	1000x2000x2	1	1
4.1.2	Plancha acero inoxidable	1000x2000x10	1	1
4.1.3	Perfil L 25x25	25x25x3000	4	4
4.1.4	Grifo	-	1	1
4.2	Resistencia	-	1	1
4.3	Medidor de pH con termopar	-	1	1
4.4.2	Asa acero	-	1	1

6. Módulo 5

Ref.	Descripción	LargoxAnchoxAlto	Sub total	total
5.1	Ventilador series FD 50	-	1	1

7. Módulo 6

Ref.	Descripción	LargoxAnchoxAlto	Sub total	total
5.1	Grúa con polipasto eléctrico 4m alcance	-	1	1
5.2	Accesorios de anclaje	-	1	1
5.3	Útil sujeción	-	-	-
5.3.1	Tubo rectangular de acero inoxidable	50x30x2000	1	1
5.3.2	Tubo cuadrado de acero inoxidable	30x30x5000	1	1
5.3.3	Material partida para perfil en V acero inoxidable	30x30x2000	3	3
5.3.4	Pletina de acero inoxidable	160x30x5	1	1

8. Sistema de circulación de agua

Ref.	Descripción	Diámetroxm	Sub total	total
7.1	Tuberías PVC	20x5	1	1
7.2	Válvulas d20	20	4	4
7.3	Codos d20	20	10	10
7.4	T d20	20	3	3

9. Estructura

Ref.	Descripción	LargoxAnchoxAlto	Sub total	total
8.1	Tubo rectangular de acero inoxidable	80x40x5000	1	1
8.2	Tubo cuadrado de acero inoxidable	80x80x5000	4	4

10. Mano de obra

Ref.	Descripción	DíasxHorasxPersona	Sub Total	Total
8.1	Trabajos de fabricación	-	-	-
8.1.1	Trabajos de calderería	2x8x1	13,58	16
8.1.2	Trabajos de soldadura	1x8x1	5,09	8
8.2	Mano de obra montaje	2x8x1	16	16

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

Presupuesto

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

Índice

1. Precios Unitarios	113
2. Presupuesto	115
3. Presupuesto total	117

1. Precios Unitarios

Diseño y documentación

Ref.	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
0.1	Coste del diseño	56,00 €	56,00 €

Modulo 1

Ref.	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
1.1	Mesa UTBY	114,87 €	114,87 €
1.2	Aplicador micrométrico Film Casting Knife, 30cm.	695,00 €	695,00 €
1.3	Desionizador Thermo Scientific Bantam	1.800,00 €	1.800,00 €

Modulo 2

Ref.	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
2.1	Cuba PP con tapadera	327,74 €	327,74 €
2.2	Grifo pistola comercial eurofred 9LWA5739	66,42 €	66,42 €
2.3	Bombas agitación Eheim Stream On 1800	29,85 €	29,85 €
2.4	Medidor de pH	460,00 €	460,00 €

Modulo 3

Ref.	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
3.1	Cuba PP con tapadera	327,74 €	327,74 €
3.2	Bombas agitación Eheim Stream On 1800	29,85 €	29,85 €
3.3	Equipo de aspiración Kemper SmartMaster	1.680,00 €	1.680,00 €

Modulo 4

Ref.	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
4.1	Cuba acero inoxidable	-	-
4.1.1	Chapa de acero inoxidable	30,36 €/m ²	30,36 €/m ²
4.1.2	Plancha acero inoxidable	151,8 €/m ²	151,80 €/m ²
4.1.3	Perfil L 25x25	10,63 €/m	10,63 €/m
4.1.4	Grifo	39,15 €	40,15 €
4.2	Resistencia	180,00 €	180,00 €
4.3	Medidor de pH con Termopar	460,00 €	461,00 €
4.4	Asa	9.85 €	9.85 €

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

Modulo 5

Ref.	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
5.1	Ventilador series FD 50	129,78 €	129,78 €

Módulo 6

Ref.	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
5.1	Grúa con polipasto eléctrico 4m alcance	4.885,00 €	4.885,00 €
5.2	Accesorios de anclaje	228,50 €	228,50 €
5.3	Útil sujeción	-	-
5.3.1	Tubo rectangular de acero inoxidable	7,29€/kg	7,29 €
5.3.2	Tubo cuadrado de acero inoxidable	7,29€/kg	7,29 €
5.3.3	Material partida para perfil en V acero inoxidable	7,29€/kg	7,29 €
5.3.4	Pletina de acero inoxidable	3.40 €/u	3.40 €/u

Sistema de circulación de agua

Ref.	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
7.1	Tuberías PVC	1,03 €/m	1,03 €/m
7.2	Válvulas d20	11,25 €	11,25 €
7.3	Codos d20	2,65 €	2,65 €
7.4	T d20	2,85 €	2,85 €

Estructura

Ref.	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
8.1	Tubo rectangular de acero inoxidable	46,75 €/m	46,75 €/m
8.2	Tubo cuadrado de acero inoxidable	72,90€/m	72,90 €/m

Mano de obra

Ref.	Descripción	Precio unitario parcial	Precio unitario total
8.1	Trabajos de fabricación	-	-
8.1.1	Trabajos de calderería	35,00 €	35,00 €
8.1.2	Trabajos de soldadura	35,00 €	35,00 €
8.2	Mano de obra montaje	35,00 €	35,00 €

2. Presupuesto

Diseño y documentación

Ref.	Cantidad	Descripción	Precio unitario total	Precio total
0.1	539	Coste del diseño	56,00 €	30.184,00 €
Total				30.184,00 €

Modulo 1

Ref.	Cantidad	Descripción	Precio unitario total	Precio total
1.1	1	Mesa UTBY	114,87 €	114,87 €
1.2	1	Aplicador micrométrico Film Casting Knife, 30cm.	695,00 €	695,00 €
1.3	1	Desionizador Thermo Scientific Bantam	1.800,00 €	1.800,00 €
Total				2.609,87 €

Modulo 2

Ref.	Cantidad	Descripción	Precio unitario total	Precio total
2.1	2	Cuba PP con tapadera	327,74 €	655,48 €
2.2	1	Grifo pistola comercial eurofred 9LWA5739	66,42 €	66,42 €
2.3	1	Bombas agitación Eheim Stream On 1800	29,85 €	29,85 €
2.4	1	Medidor de pH	460,00 €	460,00 €
Total				1.211,75 €

Modulo 3

Ref.	Cantidad	Descripción	Precio unitario total	Precio total
3.1	1	Cuba PP con tapadera	327,74 €	327,74 €
3.2	1	Bombas agitación Eheim Stream On 1800	29,85 €	29,85 €
3.3	1	Equipo de aspiración Kemper SmartMaster	1.680,00 €	1.680,00 €
Total				2.037,59 €

Modulo 4

Ref.	Cantidad	Descripción	Precio unitario total	Precio total
4.1		Cuba acero inoxidable	-	-
4.1.1	2	Chapa de acero inoxidable	30,36 €	60,72 €
4.1.2	1	Plancha acero inoxidable	151,80 €	151,80 €
4.1.3	4	Perfil L 25x25	10,63 €	42,52 €
4.1.4	1	Grifo	40,15 €	40,15 €
4.2	1	Resistencia	180,00 €	180,00 €
4.3	1	Medidor de pH con Termopar	461,00 €	461,00 €
4.4	1	Asa	9,85 €	9,85 €
Total				946,04 €

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

Modulo 5

Ref.	Cantidad	Descripción	Precio unitario total	Precio total
5.1	1	Ventilador series FD 50	129,78 €	157,03 €
Total				157,03 €

Módulo 6

Ref.	Cantidad	Descripción	Precio unitario total	Precio total
5.1	1	Grúa con polipasto eléctrico 4m alcance	4.885,00 €	4.885,00 €
5.2	1	Accesorios de anclaje	228,50 €	228,50 €
5.3	0	Útil sujeción	-	
5.3.1	17,35	Tubo rectangular de acero inoxidable	7,29 €	126,48 €
5.3.2	12,55	Tubo cuadrado de acero inoxidable	7,29 €	91,49 €
5.3.3	35,3	Material partida para perfil en V acero inoxidable	7,29 €	257,34 €
5.3.4	4	Pletina de acero inoxidable	3,40 €	13,60 €
Total				5.602,41 €

Sistema de circulación de agua

Ref.	Cantidad	Descripción	Precio unitario total	Precio total
7.1	1	Tuberías PVC	1,03 €	1,03 €
7.2	4	Válvulas d20	11,25 €	45,00 €
7.3	10	Codos d20	2,65 €	26,50 €
7.4	3	T d20	2,85 €	8,55 €
Total				81,08 €

Estructura

Ref.	Cantidad	Descripción	Precio unitario total	Precio total
8.1	5	Tubo rectangular de acero inoxidable	46,75 €	233,75 €
8.2	20	Tubo cuadrado de acero inoxidable	72,90 €	1.458,00 €
Total				1.691,75 €

Mano de obra

Ref.	Cantidad	Descripción	Precio unitario total	Precio total
8.1	0	Trabajos de fabricación	-	-
8.1.1	13,58	Trabajos de calderería	35,00 €	475,42 €
8.1.2	5,1	Trabajos de soldadura	35,00 €	178,08 €
8.2	16	Mano de obra montaje	35,00 €	560,00 €
Total				653,50 €

3. Presupuesto total

No se contemplan los productos químicos derivados de la puesta en marcha de la instalación para la realización de prácticas. Tampoco se tienen en cuenta los elementos necesarios para mantener el sistema de gestión de residuos ni las EPIs necesarias durante el uso de la instalación.

Presupuesto total	
Diseño y documentación	30.184,00 €
Módulo 1	2.609,87 €
Módulo 2	1.211,75 €
Módulo 3	2.037,59 €
Módulo 4	946,04 €
Módulo 5	157,03 €
Módulo 6	5.602,41 €
Sistema de circulación de agua	81,08 €
Estructura	1691,75 €
Mano de obra	653,50 €
Ejecución material	45.175,02 €
Gastos generales (13%)	5.872,75 €
Beneficio industrial (6%)	2.710,27 €
Presupuesto de ejecución por contrata	53.758,27 €
I.V.A. (21%)	11.289,24 €
Presupuesto general	65.047,51 €

El presupuesto total de realización y ejecución de este proyecto, asciende a “sesenta y cinco mil cuarenta y siete euros con cincuenta y un céntimos de euro”.

Anexos

Índice

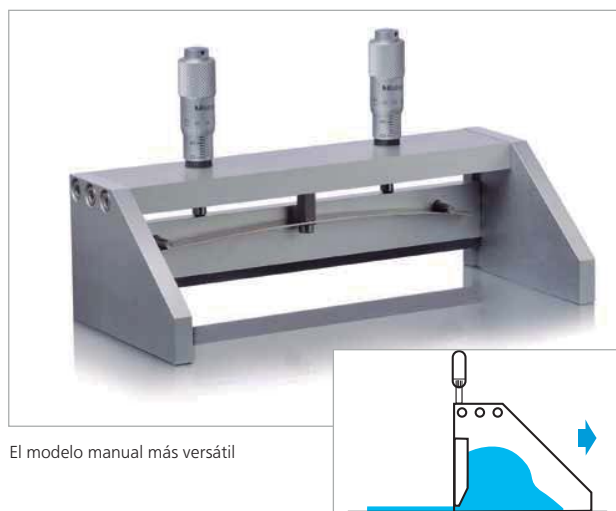
Anexo I: Información técnica de los productos comerciales escogidos

Aplicador_Micrometrico.....	123
Características Eheim Stream On.....	124
Form touch up coating nº12.....	129
Kemper Smart	131
Resistencia.....	132

Aplicador micrométrico

El Film Casting Knife de BYK-Gardner es un aplicador con altura de ranura regulable. Las placas laterales de asiento, retienen la muestra de recubrimiento durante la aplicación. Los micrómetros ajustables permiten ajustar la altura de ranura de 0 a 150 mils en incrementos de 1 mil y en sistema métrico de 0 a 3.800 µm con incrementos de 10 micras.

El aplicador consiste en dos placas laterales de asiento, sujetas por un puente y una cuchilla ajustable debajo del puente. Mediante dos micrómetros, fijados en el puente y en contacto con la parte superior de la cuchilla, permiten ajustar de arriba a abajo la altura de la ranura y en definitiva el espesor de capa. La cuchilla y placas laterales son de aluminio de 6,4 mm. Las placas laterales contienen la muestra durante el proceso de aplicación.



El modelo manual más versátil

Normas

ASTM	D 823-53 (1970)
FTMS	No. 141a, Meth. 2161, 2162, 4255, 6266

Información para pedidos

No. Cat.	Descripción
PA-4301	Film Casting Knife 2"
PA-4302	Film Casting Knife 4"
PA-4303	Film Casting Knife 6"
PA-4304	Film Casting Knife 8"
PA-4305	Film Casting Knife 12"
PA-2325	Film Casting Knife, 5 cm
PA-2326	Film Casting Knife, 10 cm
PA-2327	Film Casting Knife, 15 cm
PA-2328	Film Casting Knife, 20 cm
PA-2329	Film Casting Knife, 30 cm

Especificaciones técnicas

Ancho cuchilla	Altura de ranura	Dimensiones	Peso
2 in	0-150 mils	102 x 102 x 63.5 mm (4 x 4 x 2.5 in)	1.1 kg (2.5 lbs)
4 in	0-150 mils	102 x 102 x 114 mm (4 x 4 x 4.5 in)	1.4 kg (3.0 lbs)
6 in	0-150 mils	102 x 102 x 165 mm (4 x 4 x 6.5 in)	1.8 kg (4.0 lbs)
8 in	0-150 mils	102 x 102 x 216 mm (4 x 4 x 8.5 in)	2.3 kg (5.0 lbs)
12 in	0-150 mils	102 x 102 x 317.5 mm (4 x 4 x 12.5 in)	2.7 kg (6.0 lbs)
5.1 cm	0-3800 µm	102 x 102 x 63.5 mm (4 x 4 x 2.5 in)	1.1 kg (2.5 lbs)
10.2 cm	0-3800 µm	102 x 102 x 114 mm (4 x 4 x 4.5 in)	1.4 kg (3.0 lbs)
15.2 cm	0-3800 µm	102 x 102 x 165 mm (4 x 4 x 6.5 in)	1.8 kg (4.0 lbs)
20.3 cm	0-3800 µm	102 x 102 x 216 mm (4 x 4 x 8.5 in)	2.3 kg (5.0 lbs)
30.5 cm	0-3800 µm	102 x 102 x 317.5 mm (4 x 4 x 12.5 in)	2.7 kg (6.0 lbs)

Conjunto suministro:

Aplicador, caja de almacenamiento



EHEIM

streamON

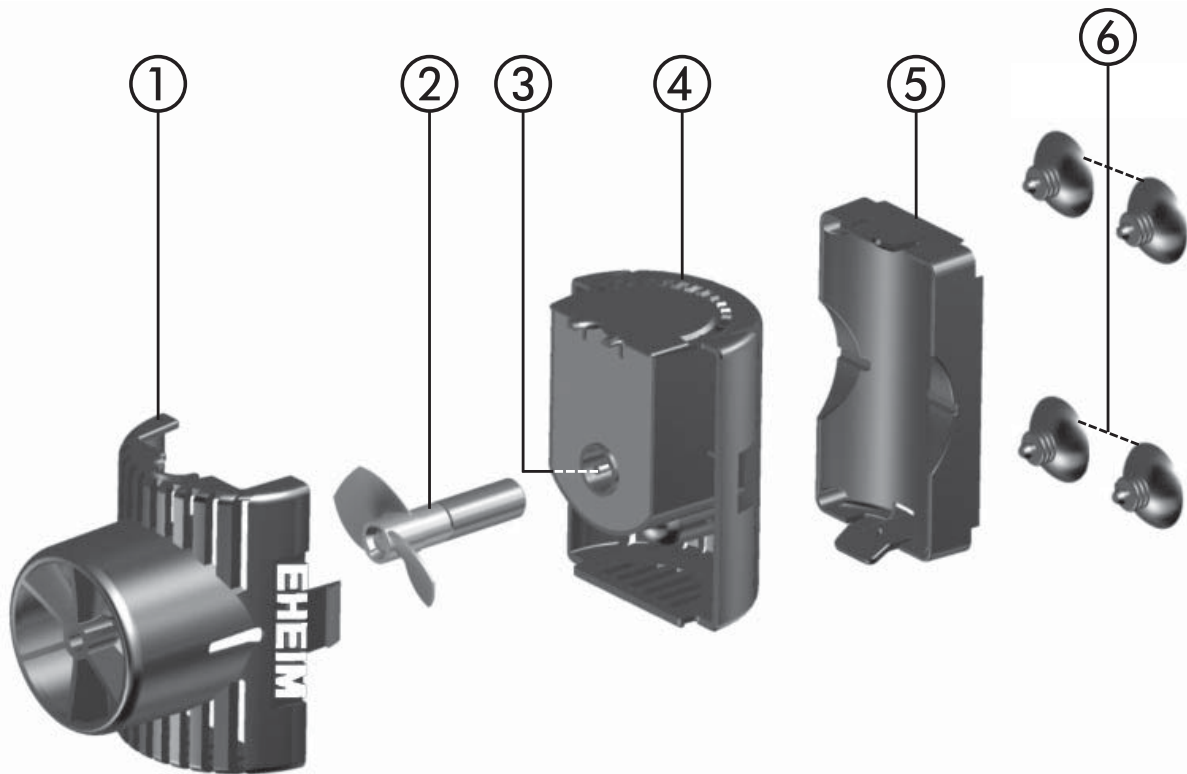
streamON 1800

streamON 3000

streamON 3800

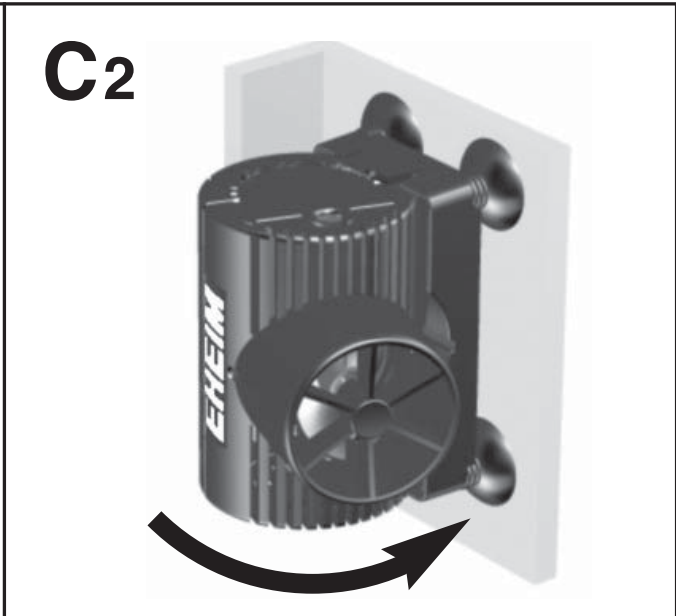
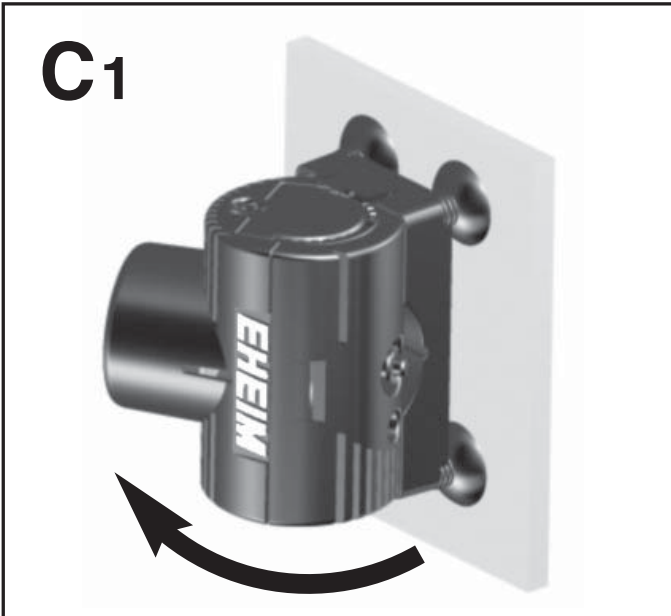
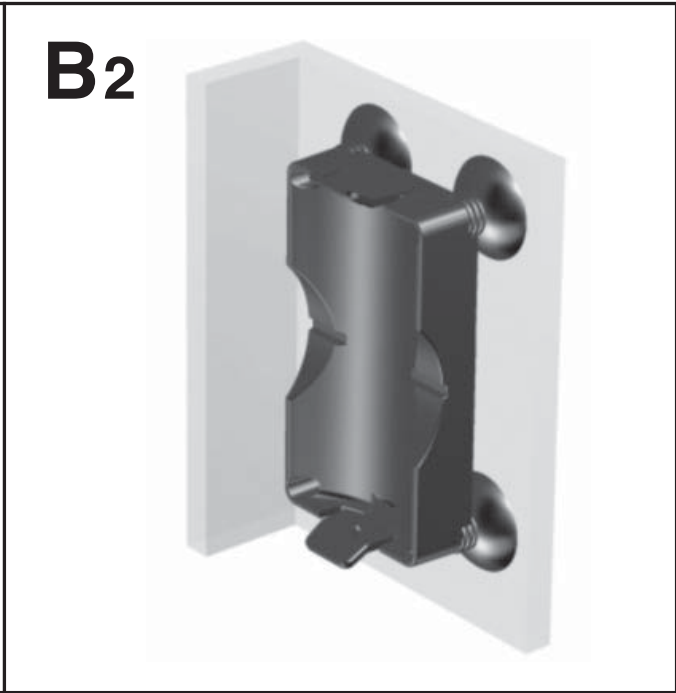
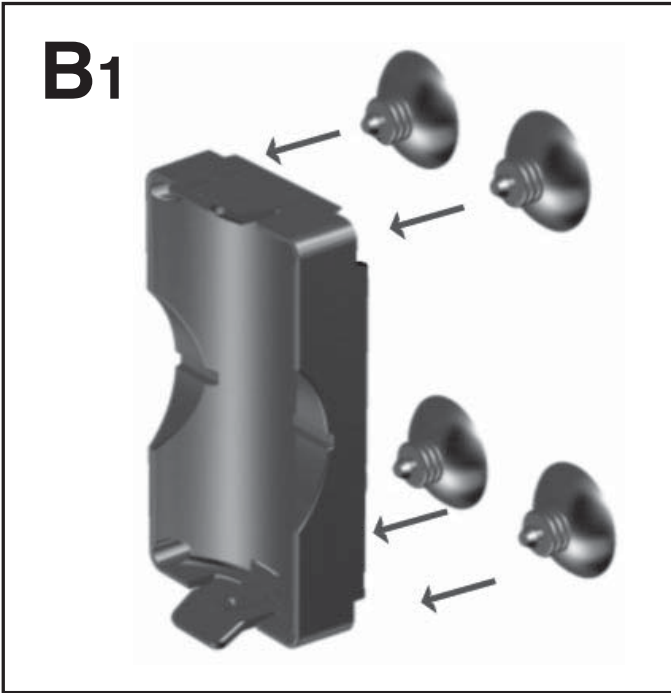
Bedienungsanleitung – Strömungspumpen	D
Operating Instructions – Flow pumps	GB/USA
Mode d'emploi – Pompe à flux	F
Gebruiksaanwijzing – Stromingspompen	NL
Bruksanvisning – Flödespumpar	S
Bruksanvisning – Strømningpumper	N
Käyttöohje – Virtauspumppu	FIN
Betjeningsvejledning – Strømretningspumper	DK
Istruzioni per l'uso – Pompe di movimentazione	I
Instrucciones de uso – Bombas de circulación de agua	E
Manual de instruções – Bomba de Circulação	P
Οδηγίες χρήσης – Αντλία ροής κυκλοφορίας	GR
Návod k obsluze – Proudová čerpadla	CZ
Kezelési utasítás – Vízmozgató szivattyúk	H
Instrukcja obsługi – Pompa przepływowa	PL
Návod na obsluhu – Prúdové čerpadlo	SK
Navodila za uporabo – Pretočna črpalka	SLO
Manual de folosință – Pompă dinamică	RO
Руководство по эксплуатации – лопастные насосы	RUS
使用说明 造流泵	CHIN
사용설명서 액체 이송 펌프	ROK

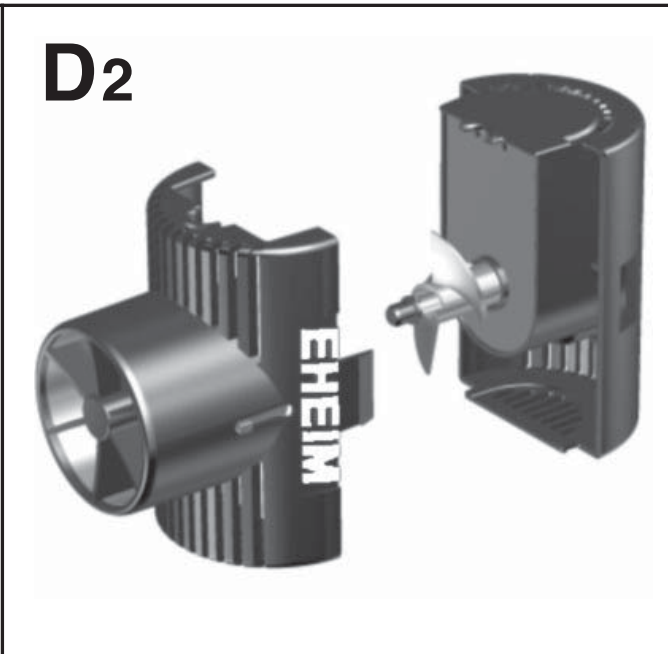
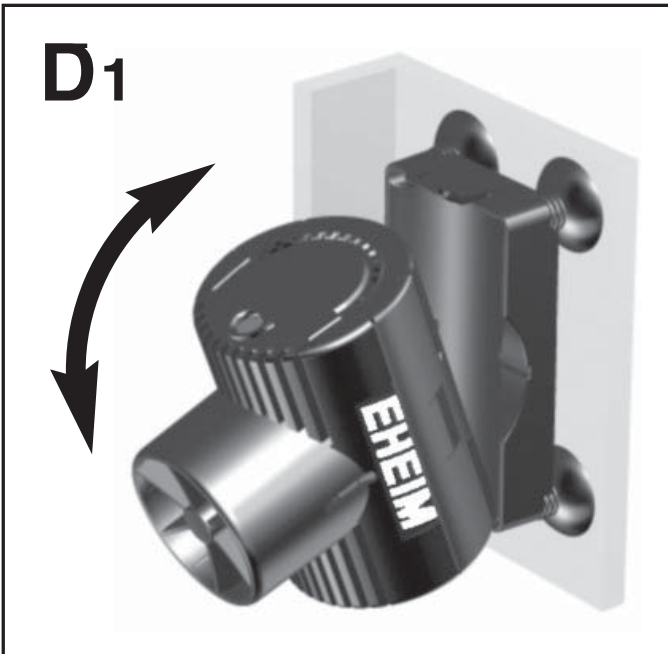
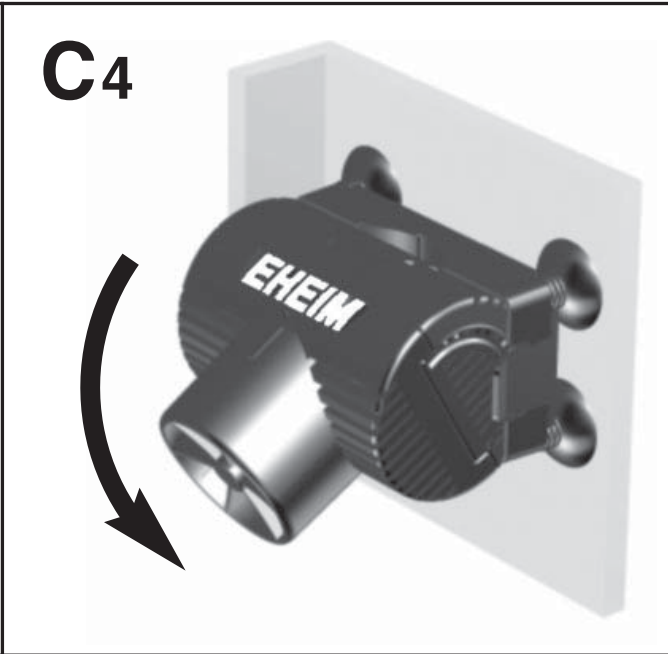
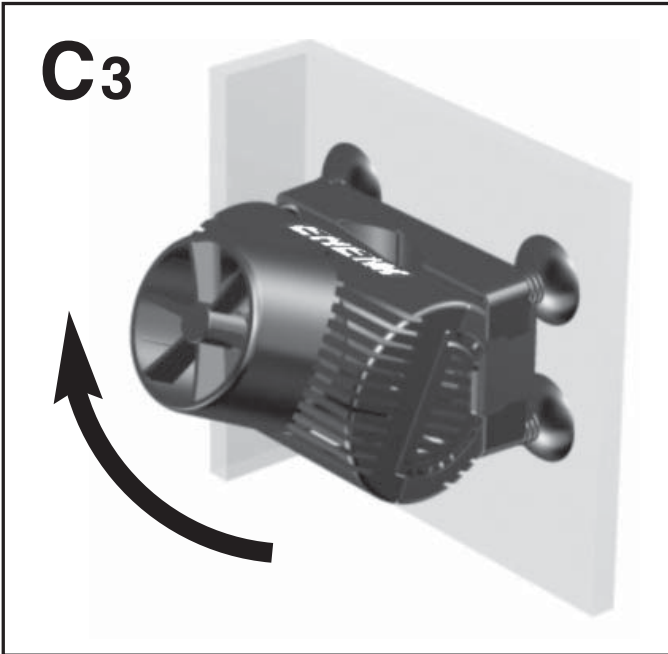
A *streamON* 1800



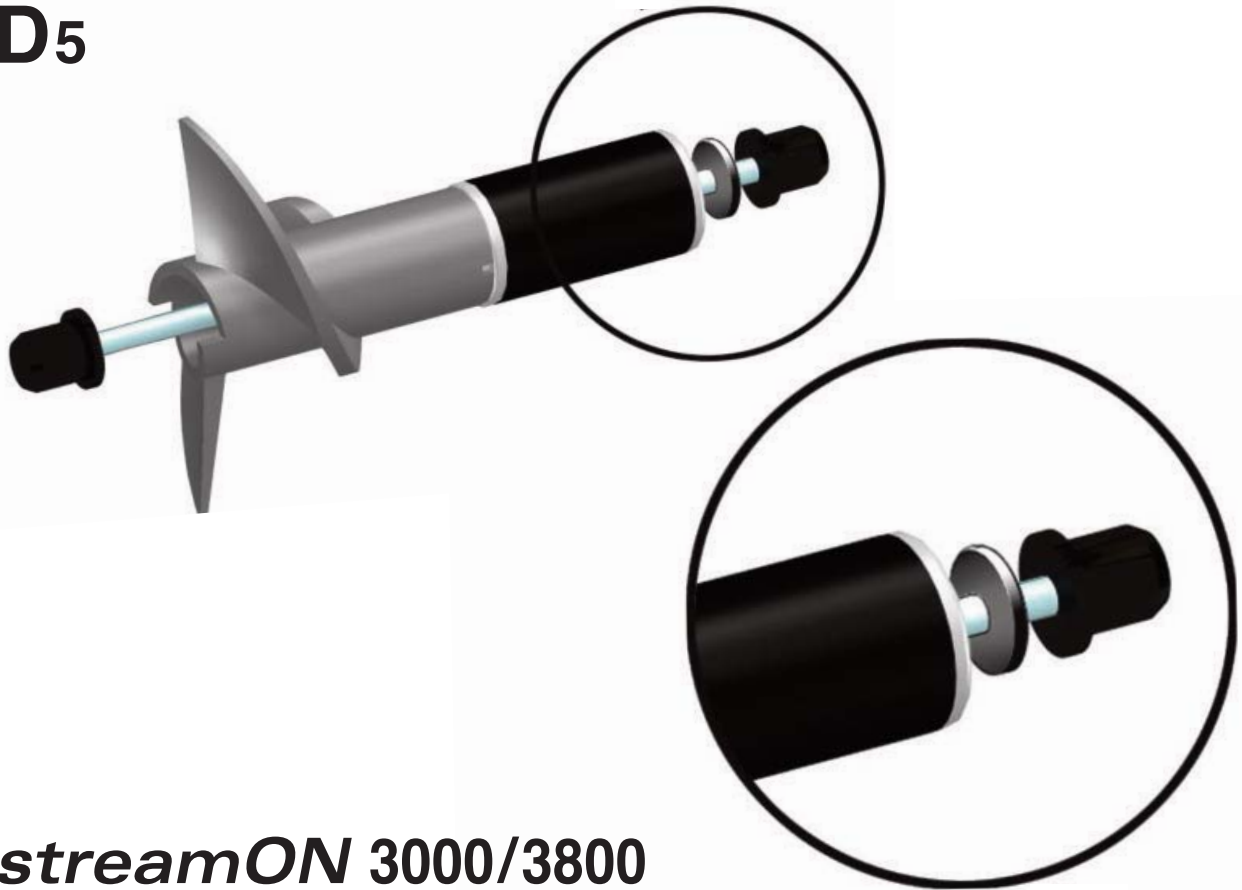
A *streamON* 3000 *streamON* 3800







D5



streamON 3000/3800

EHEIM streamON	1800	3000	3800
	Typ 1070	Typ 1071	Typ 1072
Pumpenleistung ca. Pump output approx. Débit de la pompe env.	1800 l/h 396 Imp. GPH 475 US GPH	3000 l/h 660 Imp. GPH 792 US GPH	3800 l/h 836 Imp. GPH 1004 US GPH
Für Aquarien bis For aquariums up to Colonne d'eau	150 l 33 Imp. Gal. 40 US Gal.	250 l 55 Imp. Gal. 66 US Gal.	350 l 77 Imp. Gal. 92 US Gal.
Leistungsaufnahme Power consumption Consomm. de courant	2,8 W	4,5 W	7 W
Maße: H x B x T Dim.: h x l x w Dim.: h x long. x larg.	62 x 46 x 75 mm 2.4 x 1.8 x 2.9 in.	90 x 61 x 85 mm 3.5 x 2.4 x 3.3 in	90 x 61 x 85 mm 3.5 x 2.4 x 3.3 in.



Technical Data Bulletin

2

TURCO ESPAÑOLA, S.A.

OFICINAS Y FACTORÍA: Feixa Llarga, 19 (Zona Franca Sector F)

08040 BARCELONA

Tel.: 93 335 03 58-62 66 Fax: 93 335 77 19 E-Mail: turco@ctv.es

FORM TOUCH-UP COATING N°12 CA

DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS

Muchas instalaciones prescriben el sistema de fresado químico con diferentes profundidades en el metal; es decir en una pieza con diferentes profundidades, todas las líneas son tratadas al mismo tiempo luego peladas y mordentadas sucesivamente. Esta técnica elimina la repetida colocación de la plantilla y las repetidas operaciones de marcaje. **FORM TOUCH UP COATING N°12 CA** es un recubrimiento líquido de rápido secado que actúa como un sellante y permite el marcado sobre el **FORM MASK**.

Apariencia

Líquido rojo.

Contenido en sólidos, porcentaje en peso

28 - 31%

S.g.

0.935

MODO DE EMPLEO

- 1.- Utilizando un cepillo suave, aplicar una capa continua húmeda paralelamente a la línea. No deberán quedar señales del cepillo. Esto se conseguirá utilizando el cepillo convenientemente saturado.
- 2.- Dejar que la pieza se seque al aire durante una hora antes de sumergirla en el mordiente. En cortes verdaderamente profundos, 6 milímetros o más es preferible dejar 4 horas antes de sumergirlo en el mordiente.
- 3.- Cuando se abran las cavidades, quitar el **MASK** de la línea.
- 4.- Si el recubrimiento se espesa en la parte abierta, diluir con **T.T.C.Thinner 11**.

NOTA: **FORM TOUCH UP COATING N°12 CA** es inflamable y deberá ser tratado en condiciones adecuadas.

Las directrices y recomendaciones dadas están dirigidas a servir como guía general para los usuarios y pueden requerir modificación basada en la experiencia y de acuerdo con las condiciones locales.

TOXICIDAD Y PRECAUCIONES.

Líquido peligroso EXTREMADAMENTE INFLAMABLE. Mantener alejado del calor, de las chispas y de la llama. Conservar en recipientes cerrados. Usar con adecuada ventilación. Evitar prolongado o repetido contacto con la piel.. Para apagar el fuego de este material usar espuma, CO₂ o producto químico seco. Evitar la utilización de agua. Rogamos leer atentamente la Ficha de Datos de seguridad del producto antes de su utilización.

TRATAMIENTO DE VERTIDOS

Para el tratamiento de los vertidos, rogamos consulten con nuestro Departamento Técnico.

SmartMaster

Equipo básico compacto para uso esporádico

El práctico equipo básico está diseñado para su uso esporádico con pequeñas cantidades de polvo. La campana de aspiración de ángulo variable permite un radio de utilización de 360 grados y muy pocos posicionamientos durante la soldadura. El equipo básico es adecuado para la soldadura de acero al cromo-níquel gracias a su certificación W3.



Área de aplicación

- » También adecuado para acero al cromo-níquel
- » Cantidad pequeña de humo/polvo
- » Uso esporádico

Ventajas

- » Recolocación menos frecuente del brazo de aspiración gracias a la forma de la campana de aspiración de filtros
- » Mayor seguridad gracias al control de filtros
- » Uso flexible gracias a la conexión de la manguera

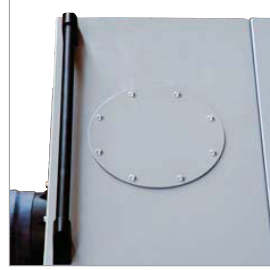
Características

- » Campana de aspiración giratoria
- » Con certificación W3/IFA
- » Manija y soporte del cable
- » Filtro de tres etapas
- » Brazo de extracción 3 m

Equipamiento adicional

- » Manguera con tobera de aspiración
- » Variantes
- » Otras tensiones disponibles

Conexión de aspiración



Información general

Filtro	de 3 etapas
Tipo de filtro	Filtro desechable
Superficie del filtro	aprox. 12 m ²
Grado de filtración	> 99%
Material del filtro	Membrana de fibra de vidrio
Clase de filtración de humo de soldadura	W3
Filtros adicionales	Dos prefiltros

Datos de pedido

Descripción	Artículo
Modelo con manguera, 2 m	64 300
Modelo con manguera, 3 m	64 330

Datos técnicos

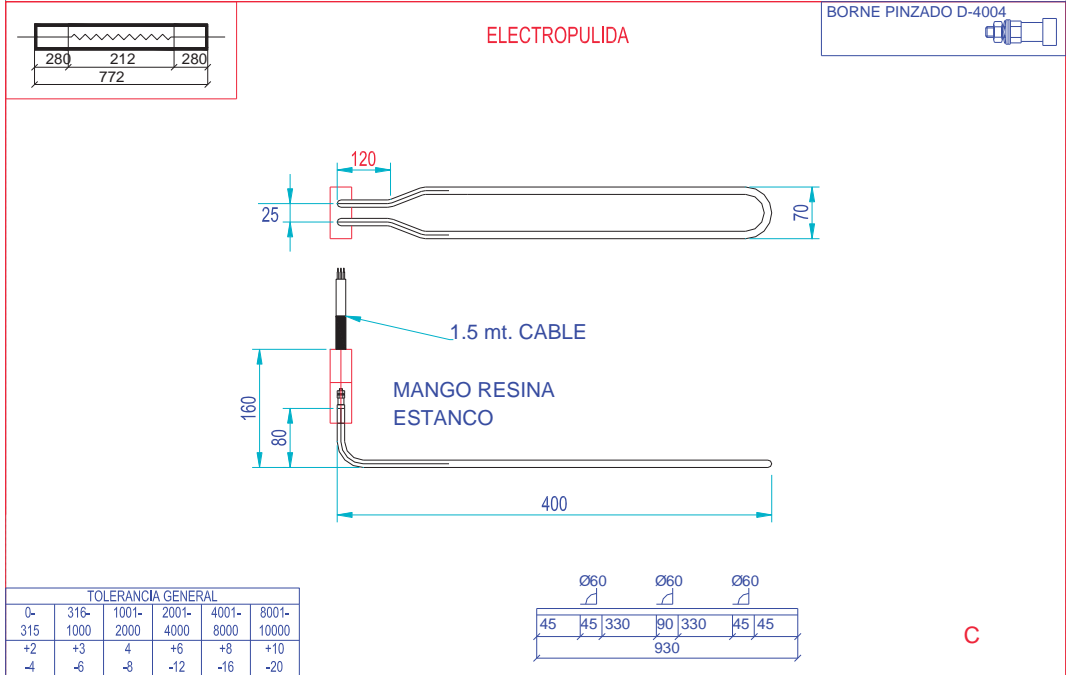
Datos básicos	
Dimensiones (Ancho x Largo x Alto)	705 x 655 x 900 mm
Peso sin brazo	aprox. 71 kg
Diámetro brazo de aspiración	150 mm
Potencia del motor	1,1 kW
Tensión de alimentación	1 x 230 V / 50 Hz
Corriente nominal	6,7 A
Nivel de intensidad sonora	aprox. 72 dB(A)
Potencia de aspiración con brazo	máx. 950 m ³ /h
Presión máxima	1.500 Pa
Información adicional	
Certificado IFA	Probado

Elementos: 1	Potencia: 500 W	Tensión: 230 V	Intensidad: 2,27 A	Resist.: 105,8 Ohm
--------------	------------------------	----------------	--------------------	--------------------

Resistencia frio: **96,14 - 111,28 Ohm**
 Calidad hilo: **DSD**
 Diametro hilo: **0,18 mm**
 Características: **53,05 Ohm/m**
 Coeficiente compresión: **1,34**
 Temperatura: **419 °C**
 Temperatura hilo: **595 °C**

Resist. inicial: **139,3** **136,5 Ohm**
142,1 Ohm
 Longitud total hilo: **2,63 m**
 Diam. mandril: **1,7 mm**
 Diam. rebaje espiga: **2 mm**
 L. bobina tensada: **72 mm**
 Espiras: **402** Paso: **0,53 mm**

Espiga: **HIERRO** Diam: **4 mm**
 Long. espiga: **300 mm**
 Rosca: **NO** Corte espigas: **12**
 Tubo: **INOX 316L 12/10,8** Corte: **772**
 Long. compr: **930** **902 mm**
921 mm
 Coef. alarga.: **1,18**
 Carga superf.: **5,07 W/cm²** VM: **465 mm**



Cantidad:	Pedido cliente	Fecha inicio:	ohm:
	Pedido interior	Fecha final:	
Observaciones sección resistencia	Observaciones sección taller: HACER REBAJE EN ESPIGA PARA BOBINA	Observaciones sección montaje: PESO=0,725 kg. //	

Planos

Índice

01.0000-Línea

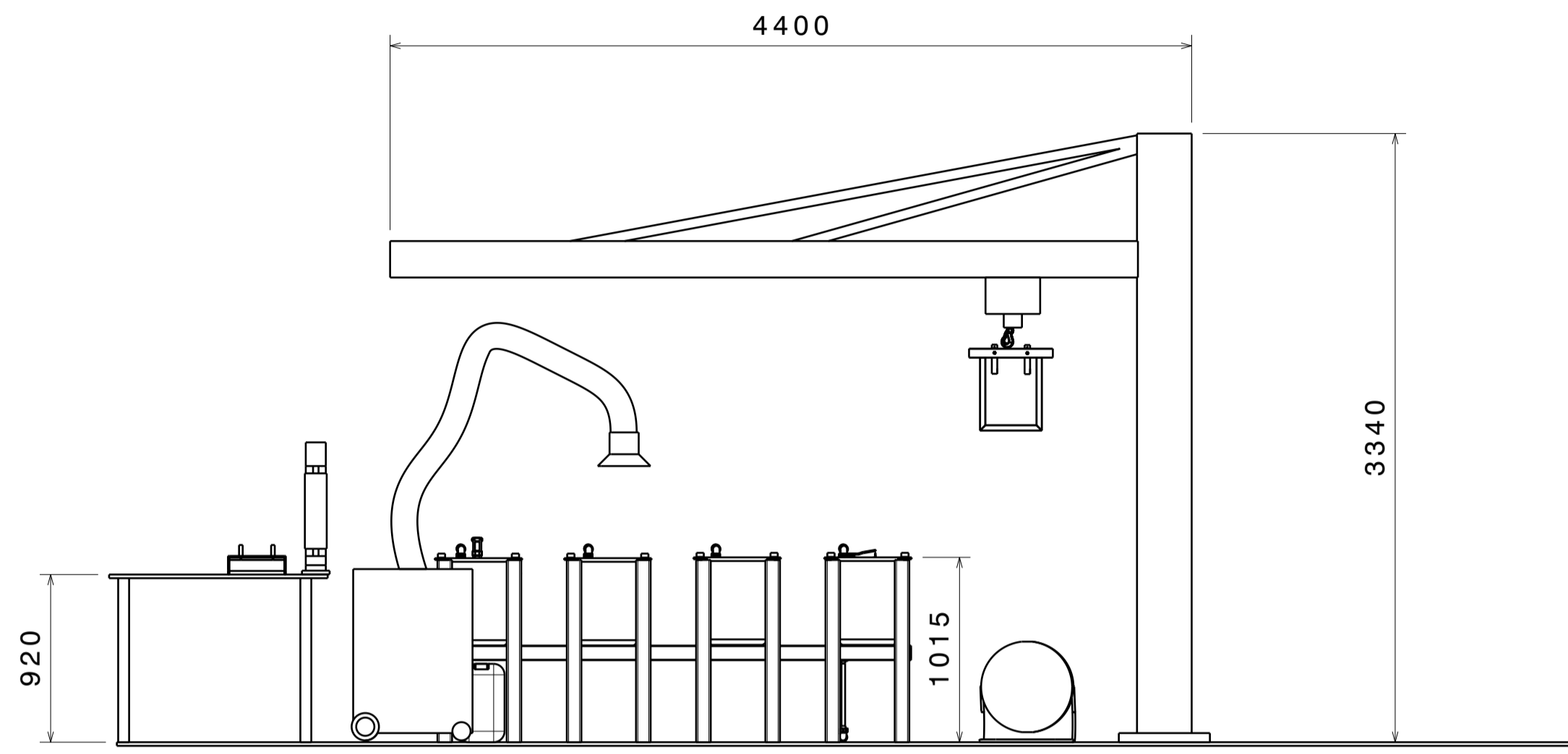
01.1000-Estructura

01.1100-Conjunto Cuba Ataque

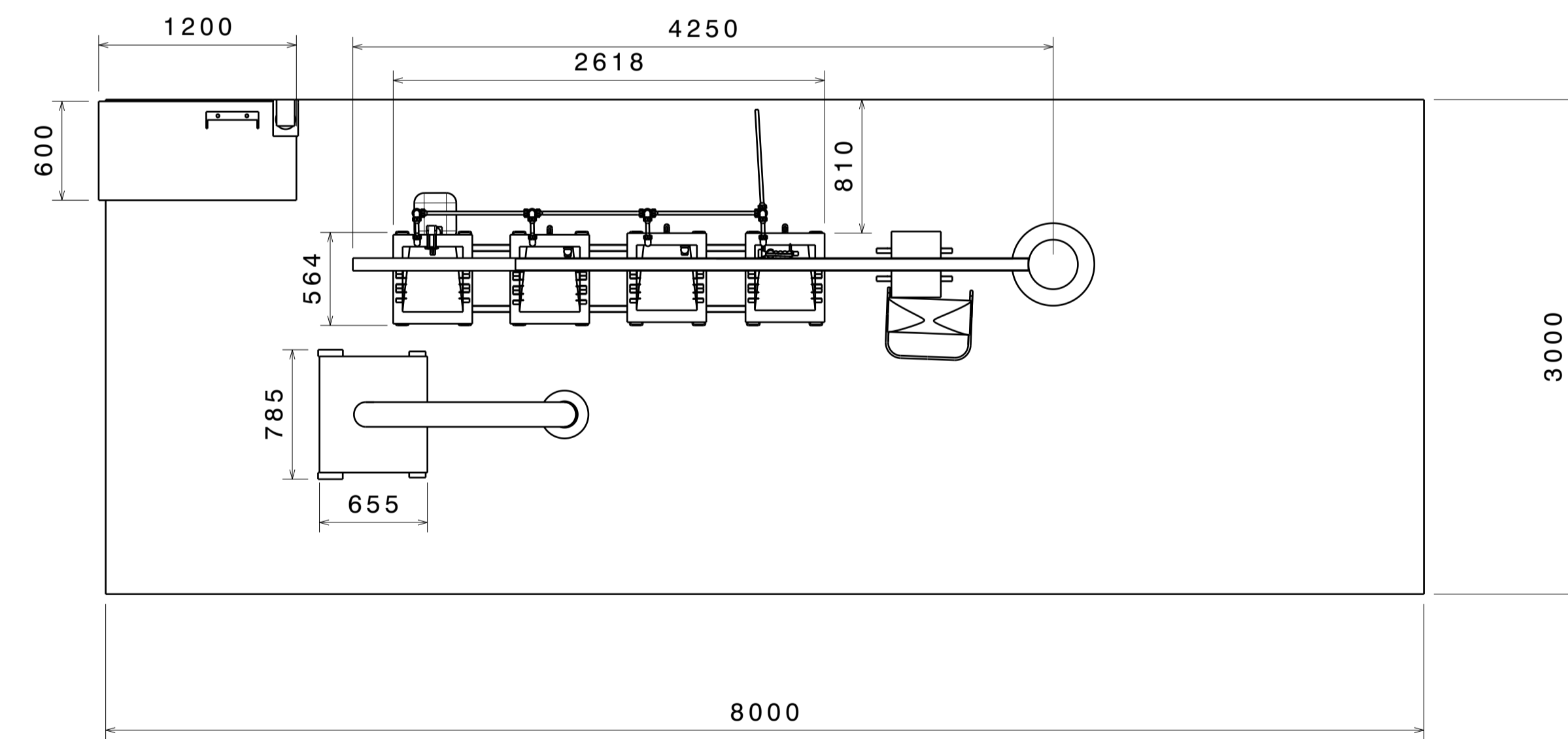
01.1200-Cuba polipropileno

01.1300-Red de agua

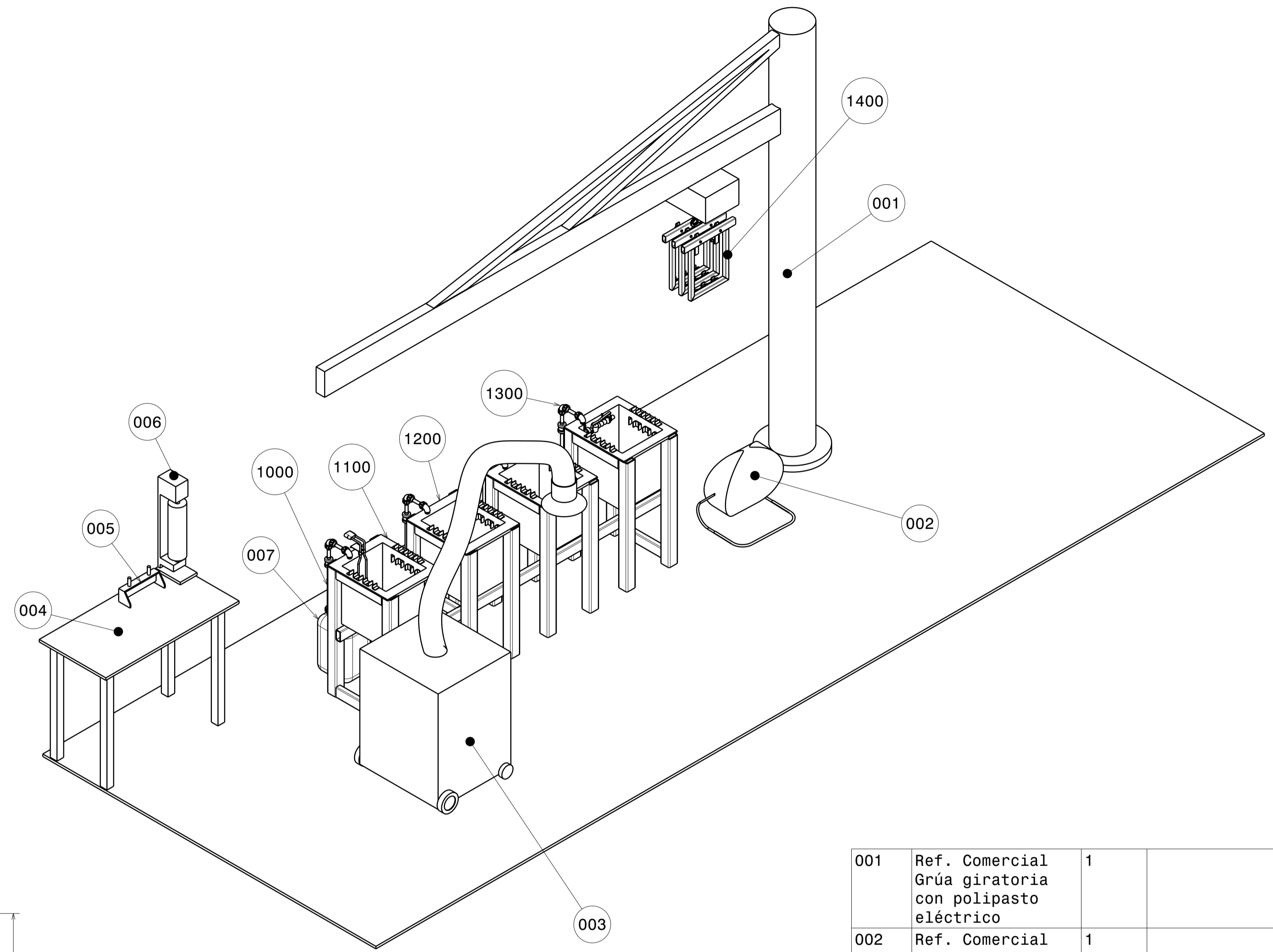
01.1400-Útil de sujeción



Alzado
Escala: 1:30



Planta
Escala: 1:30



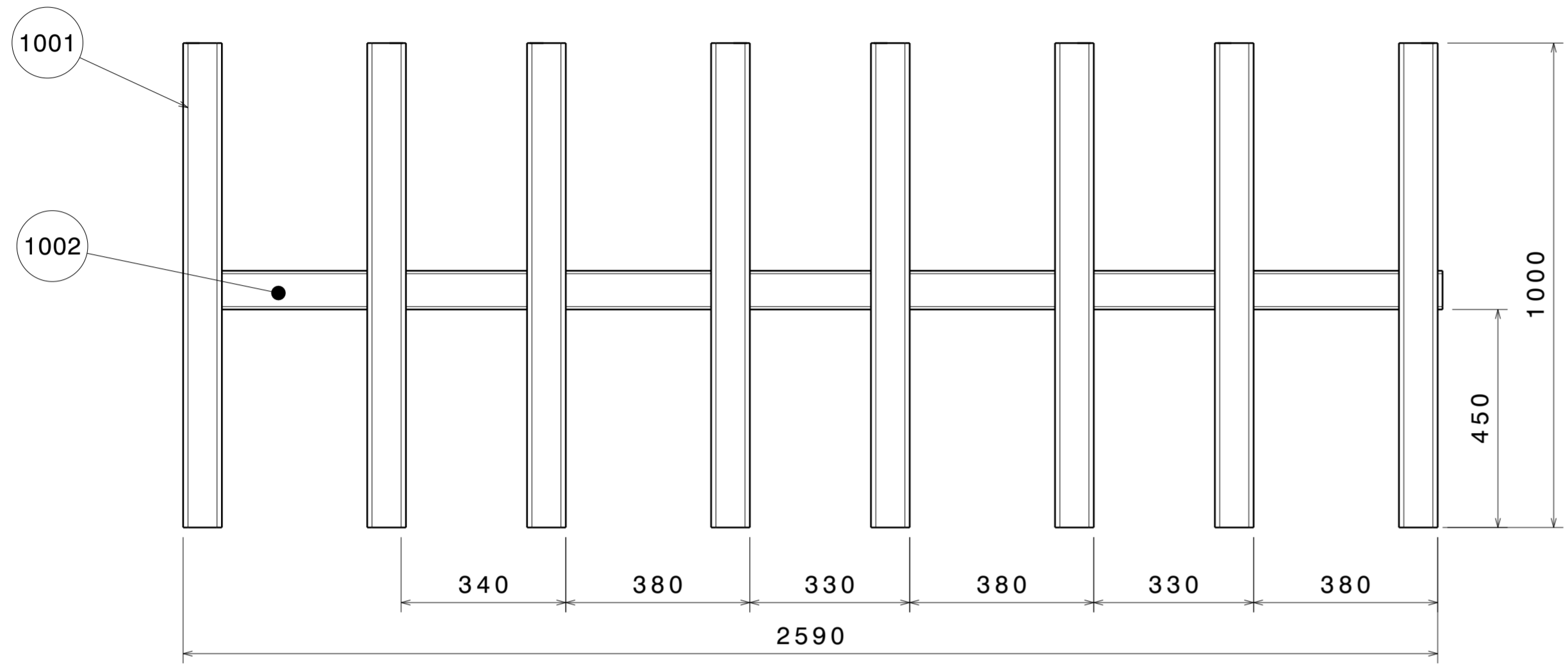
Isométrica
Escala 1:20

001	Ref. Comercial Grúa giratoria con polipasto eléctrico	1		
002	Ref. Comercial Ventilador	1		
003	Ref. Comercial Aspiración de gases	1		
004	Ref. Comercial Mesa de trabajo	1		
005	Ref. Comercial Aplicador mocrométrico	1		
006	Ref. Comercial Desionizador	1		
007	Ref. Comercial Bidón 25L	12		
1000	Estructura apoyo cuba	1	Conjunto mecano soldado	AISI 316
1100	Cuba acero	1	Conjunto cuba ataque	AISI 316
1200	Cuba polipropileno	3	Conjunto cuba	Polipropileno
1300	Distribución agua de red	1	Conjunto tuberías	PVC
1400	Útil sujeción	3	Conjunto mecano soldado	AISI 316
Marca	Denominación	Nº de piezas	Dimensiones	Material

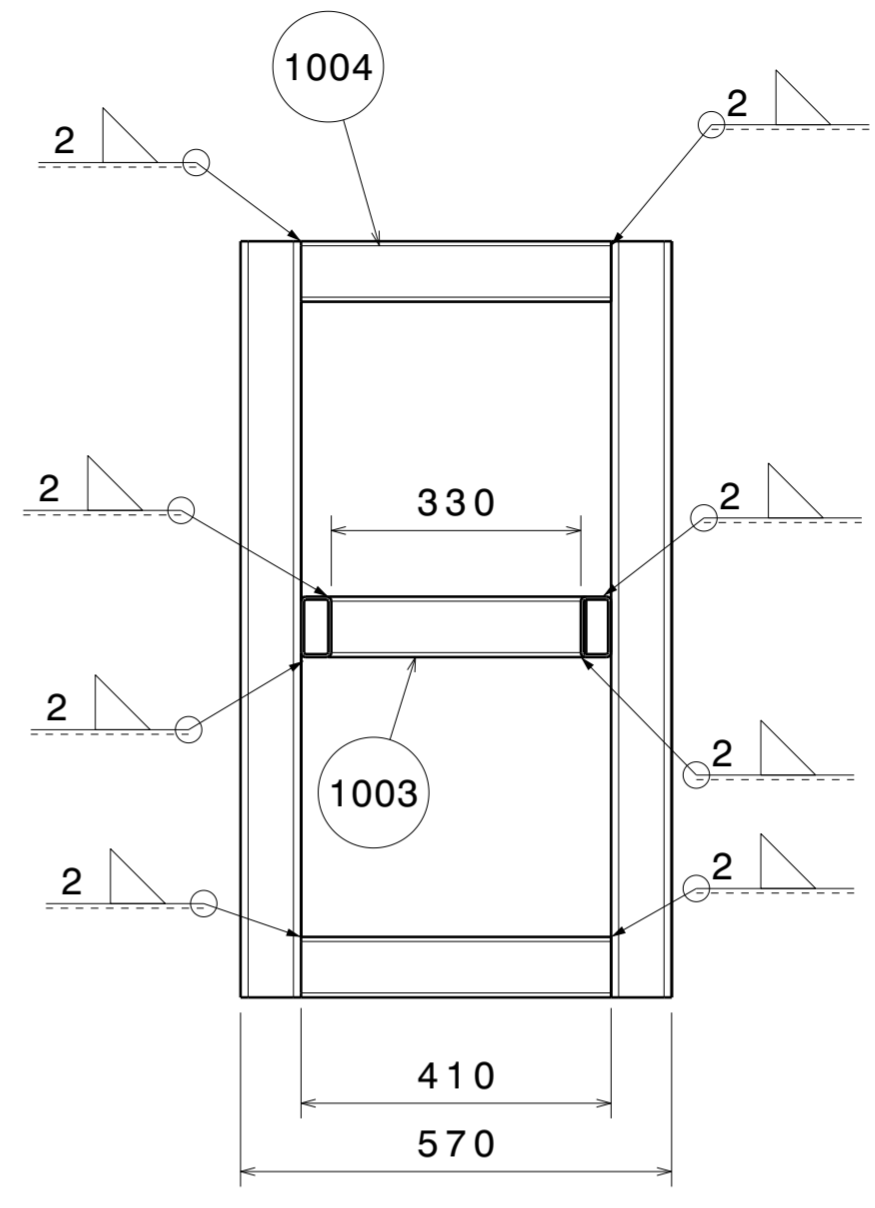
Diseño de una línea de fresado
químico a escala de laboratorio

NOMBRE
Línea

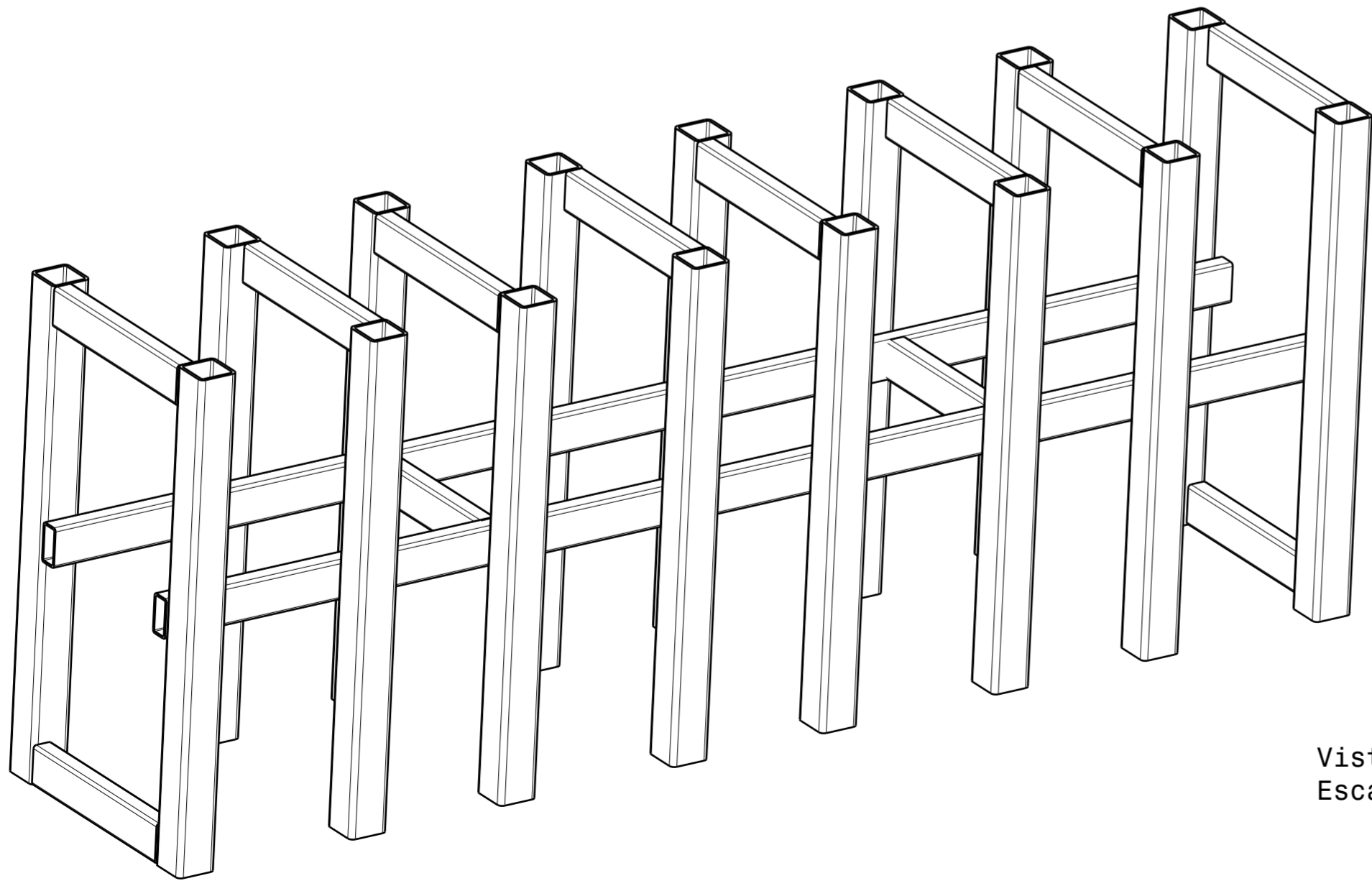
DIBUJADO POR Irene Del Sol	FECHA 01/07/2014	Tamaño NUMERO		REV
REVISADO POR Álvaro Gómez	FECHA 07/07/2014	A1	01.0000	A
DISENADO POR Irene Del Sol	FECHA 01/07/2014	ESCALA 1:30	HOJA	1/1



Alzado
Escala: 1:10



Perfil
Escala: 1:10

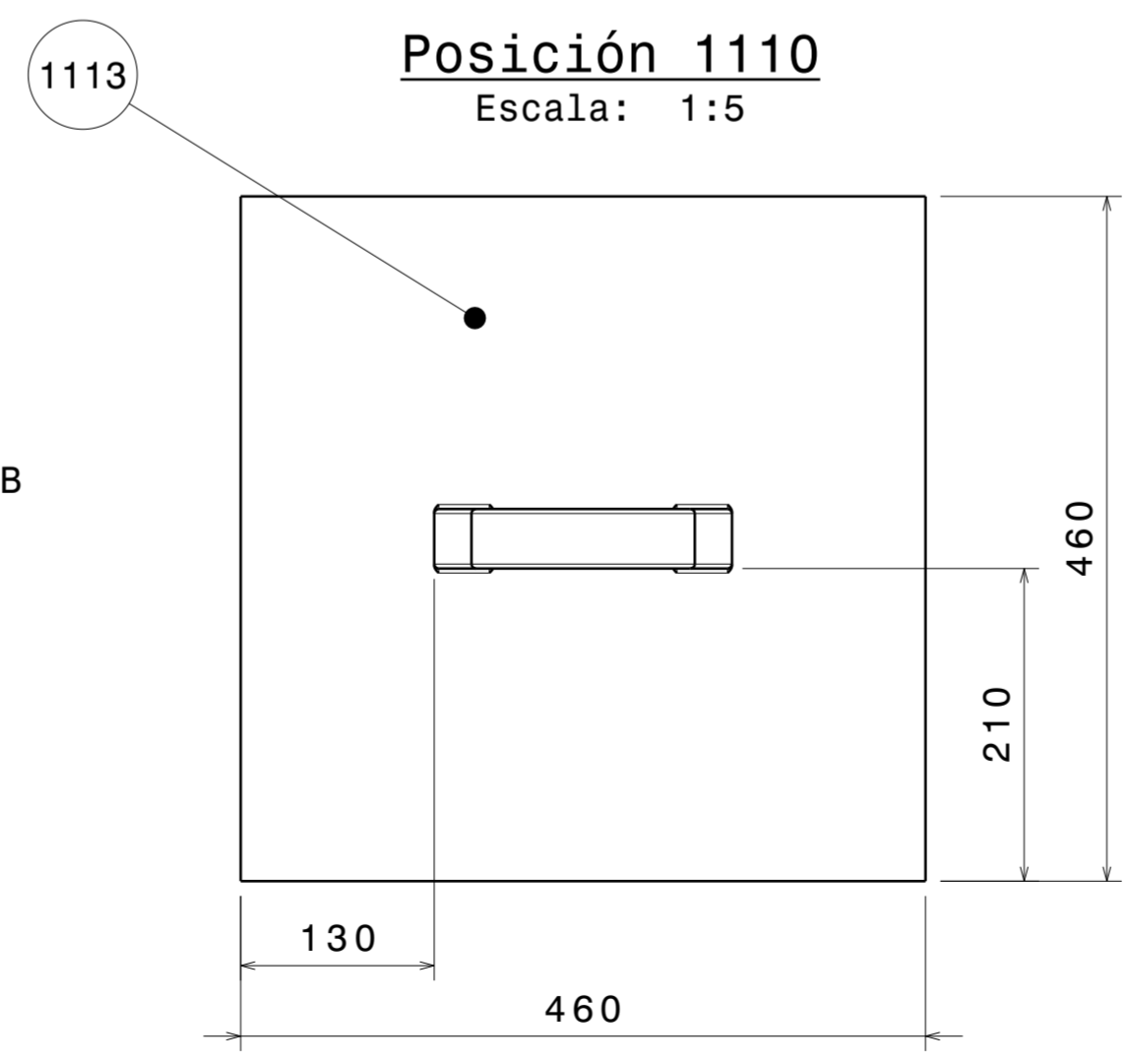
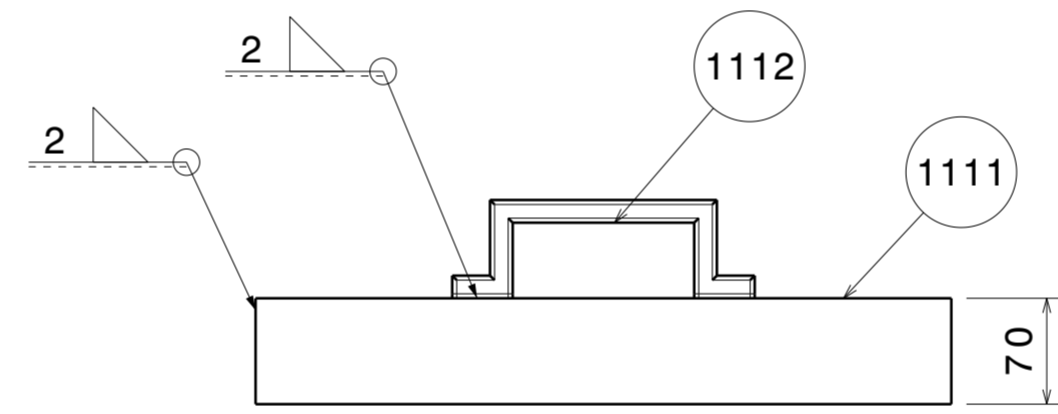
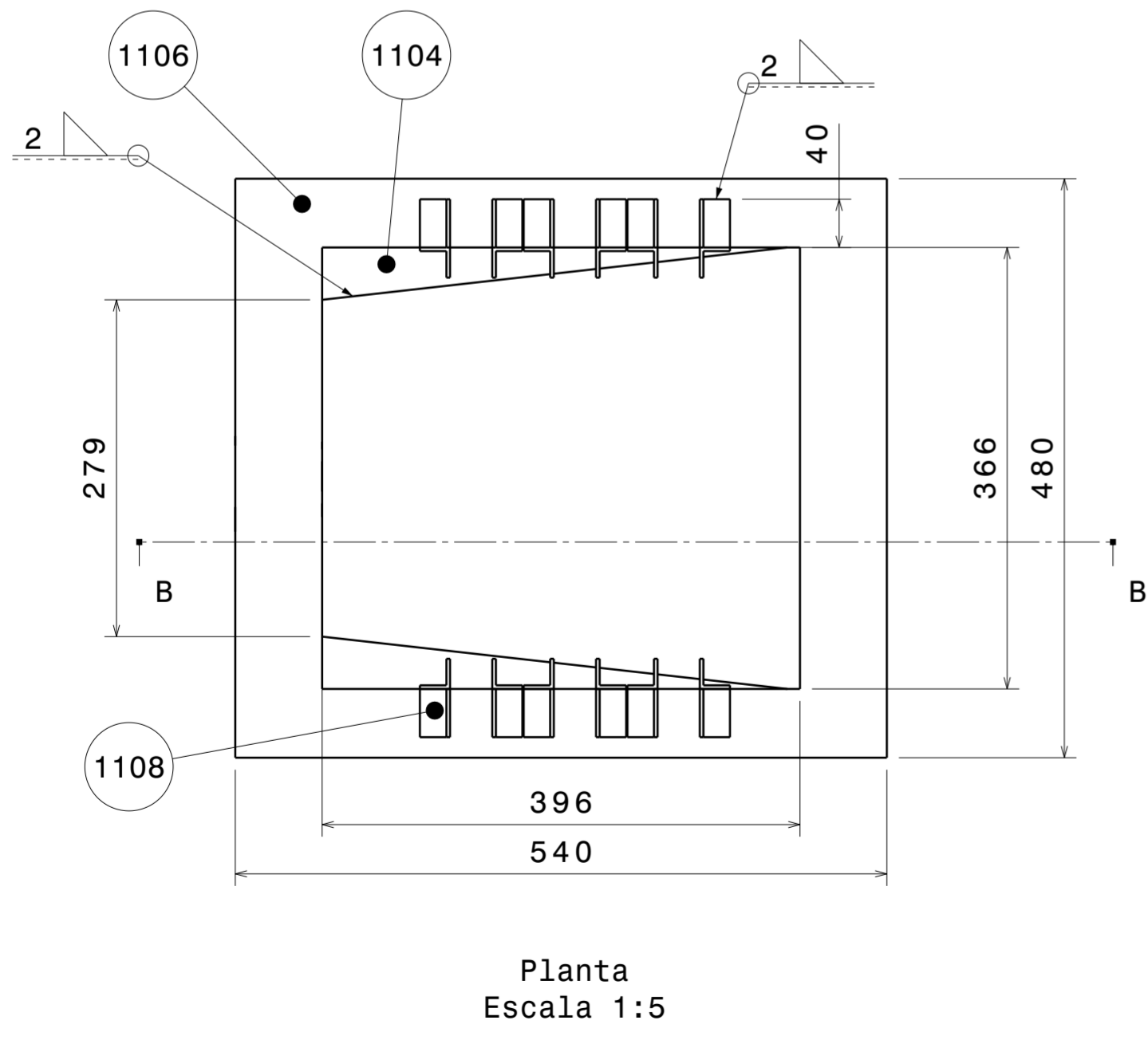
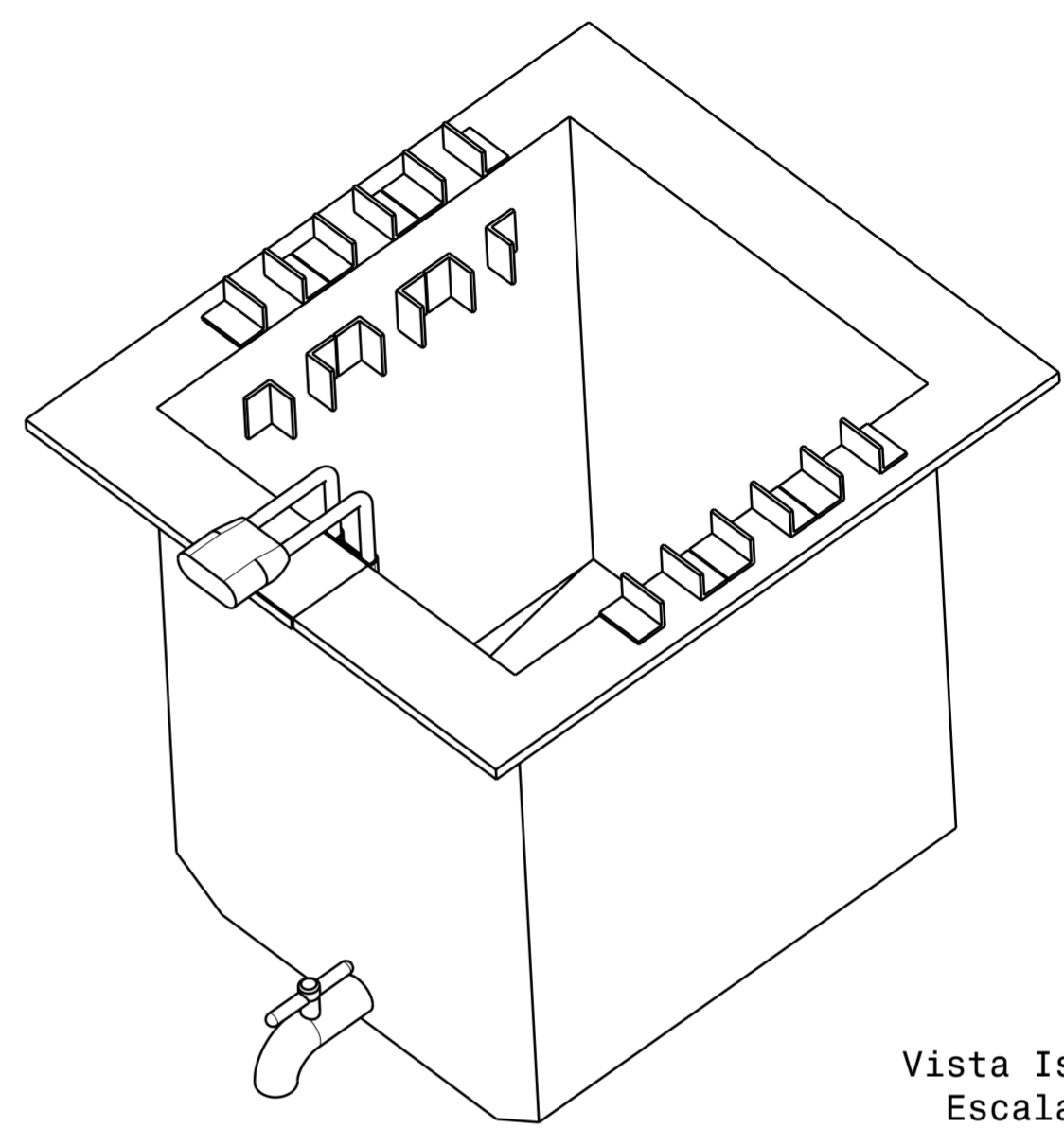
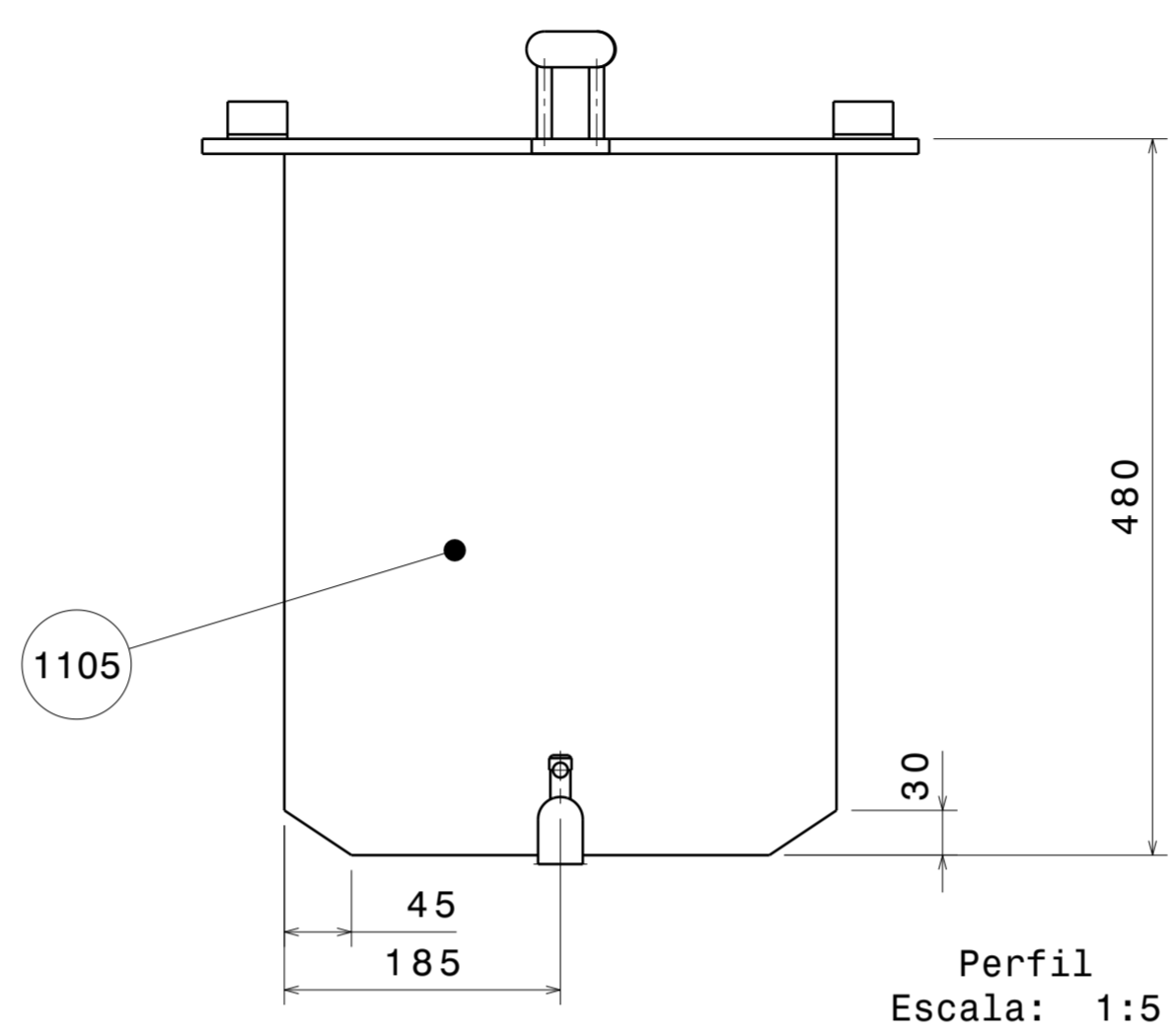
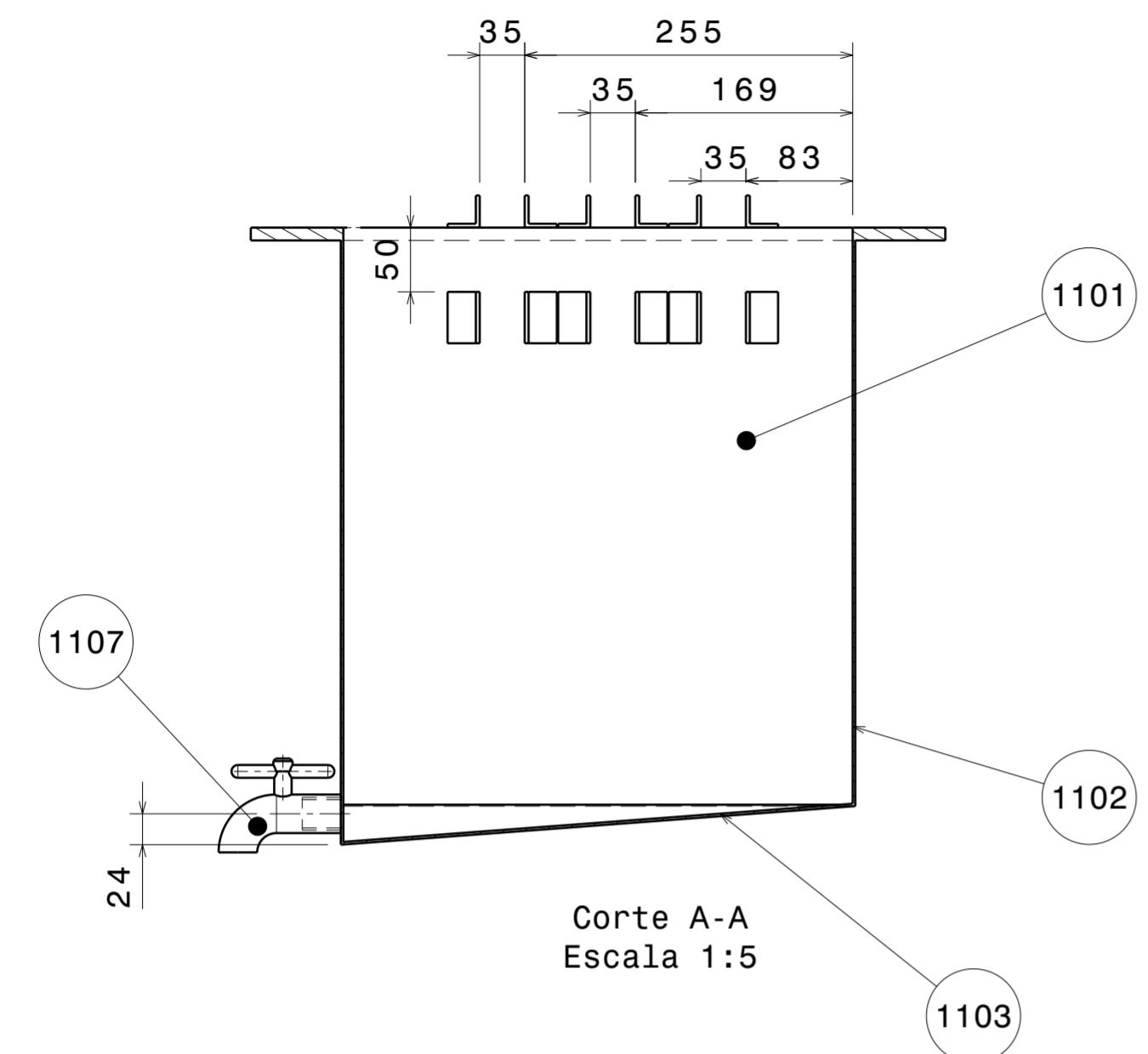


Vista Isométrica
Escala: 1:10

1004	Tubo rectangular 3	10	80x40x500	AISI 316
1003	Tubo rectangular 2	2	80x40x400	AISI 316
1002	Tubo rectangular 1	2	80x40x2700	AISI 316
1001	Tubo cuadrado	16	80x80x1100	AISI 316
1000	Conjunto mecano soldado estructura	1		
Marca	Denominación	Nº de piezas	Dimensiones	Material

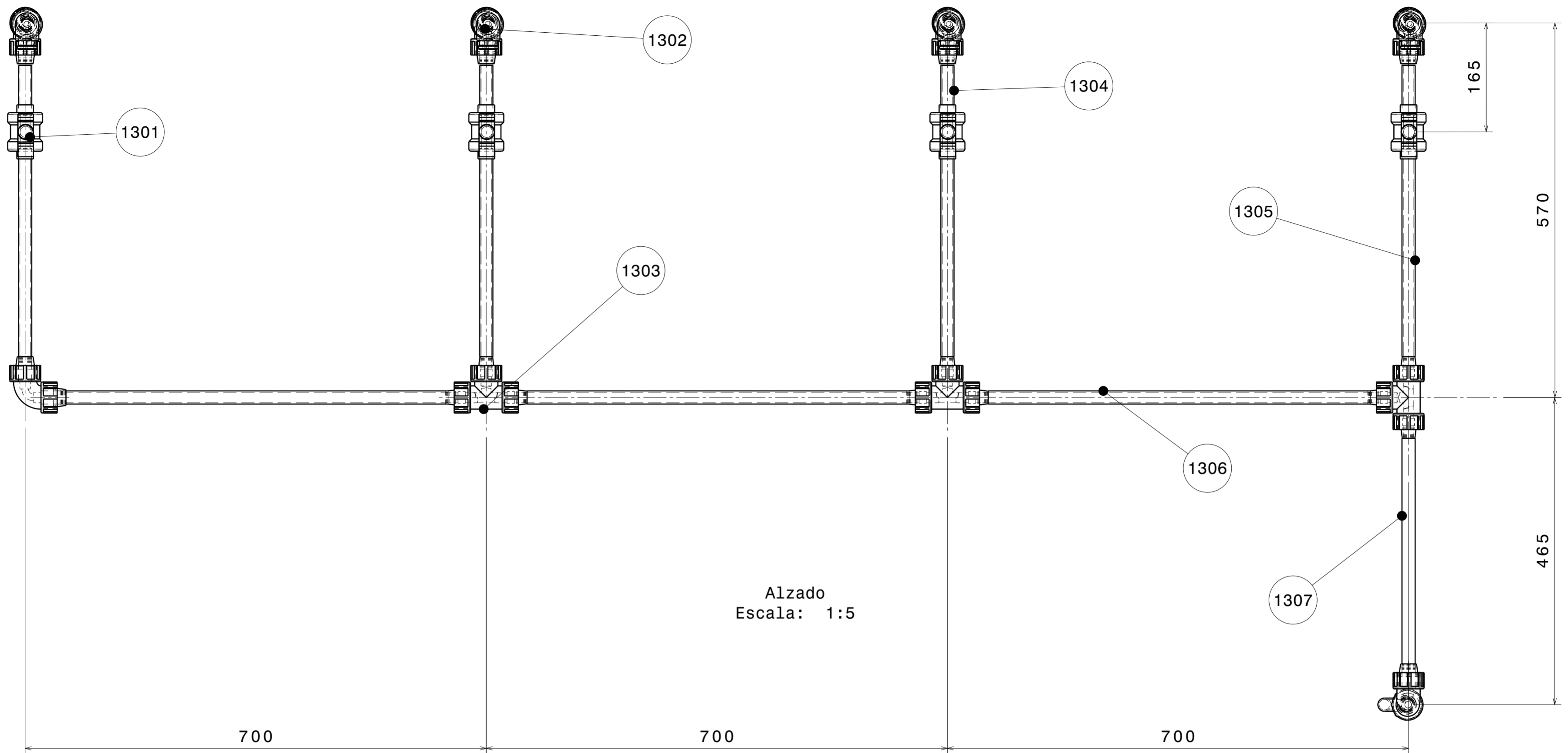
		Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio		
		NOMBRE		
		Estructura		
DIBUJADO POR	FECHA	Tamaño		NÚMERO
Irene Del Sol	01/07/2014	A2		01.1000
REVISADO POR	FECHA			REV
Miguel Álvarez	07/07/2014			A
DISEÑADO POR	FECHA	ESCALA 1:10		HOJA
Irene Del Sol	01/07/2014			1/1

Conjunto mecosoldado.
 Todos los perfiles en L 25x25x40 son soldados según indicación en plano.
 Las placas de la cuba se sueldan según indicación en plano.

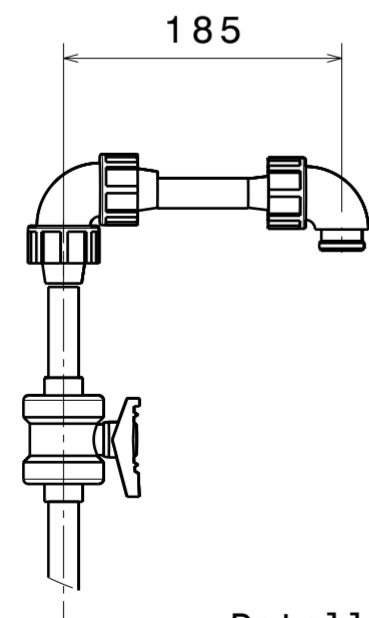


1113	Asa tapadera	1		
1112	Chapa lateral tapadera	1	90x500x2	AISI 316
1111	Chapa superior tapadera	1	500x500x2	AISI 316
1110	Conjunto mecano soldado Tapadera	1		
1108	Perfil L	24	25x25x50	AISI 316
1107	Grifo	1		
1106	Plancha	1	580x520x10	AISI 316
1105	Chapa trasera	1	520x400x2	AISI 316
1104	Chapa triangular	2	110x420x2	AISI 316
1103	Chapa inferior	1	400x450x2	AISI 316
1102	Chapa frontal	1	400x500x2	AISI 316
1101	Chapa lateral	2	450x500x2	AISI 316
1100	Conjunto mecano soldado Cuba	1		
Marca	Denominación	Nº de Piezas	Dimensiones	Material

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio				
NOMBRE				
Conjunto Cuba de Ataque				
DIBUJADO POR	FECHA	Tamaño	NÚMERO	REV
Irene Del Sol	01/07/2014	A2	01.1100	A
REVISADO POR	FECHA	ESCALA		HOJA
Miguel Álvarez	07/07/2014	1:5		1/1
DISEÑADO POR	FECHA			
Irene Del Sol	01/07/2014			



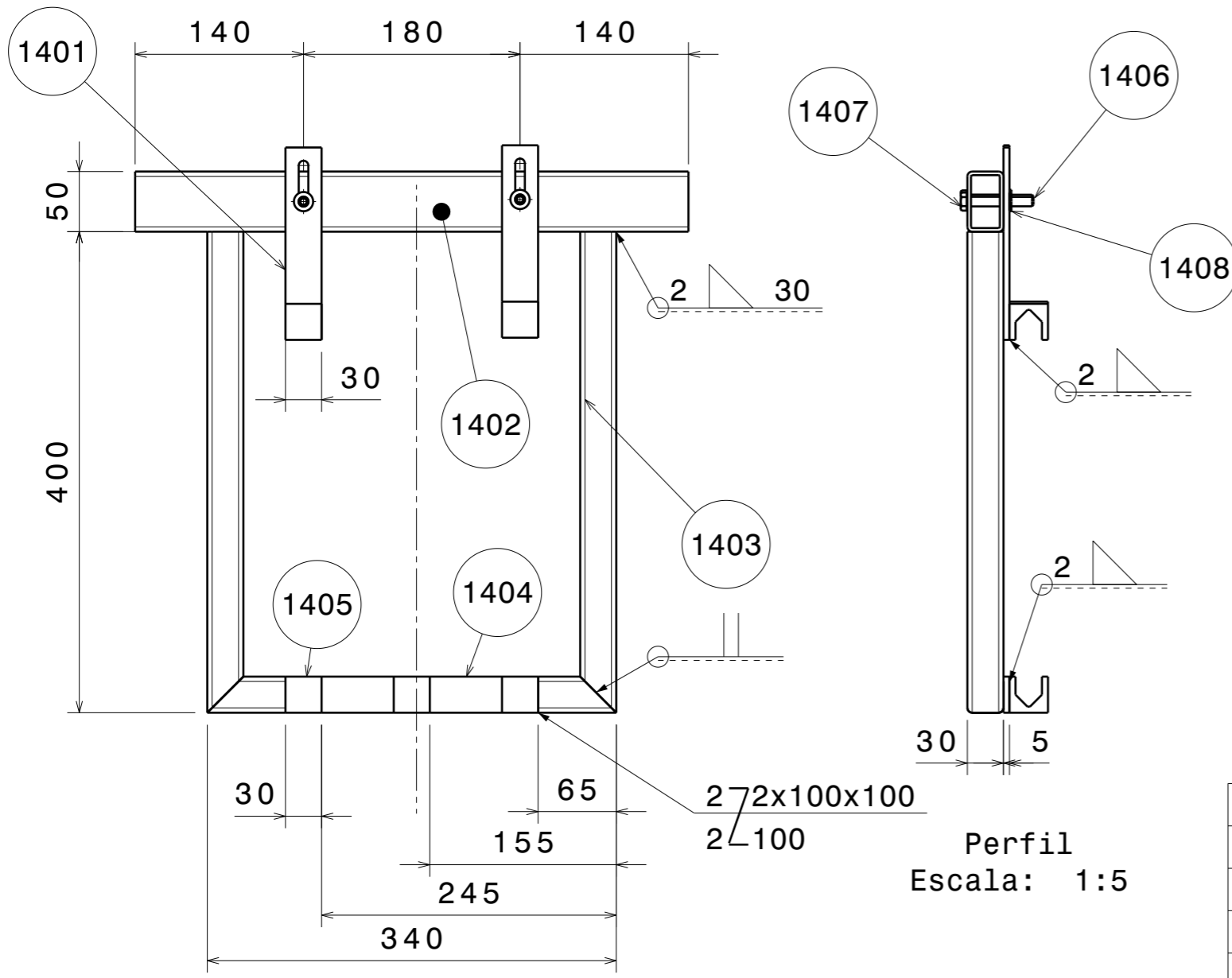
Alzado
Escala: 1:5



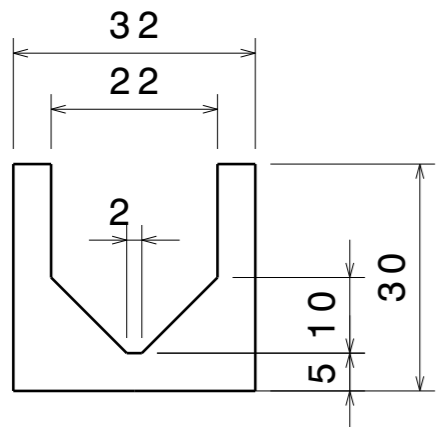
Detalle A
Escala: 1:5

1307	Tubo PVC 20x580	3	20x620	PVC
1306	Tubo PVC 20x350	1	20x400	PVC
1305	Tubo PVC 20x300	4	20x350	PVC
1304	Tubo PVC 20x60	8	20x100	PVC
1303	Te D20	3		
1302	Codo D20	10		
1301	Válvula D20	4		
1300	Sistema distribución agua de red	1		
Marca	Denominación	Nº de Piezas	Dimensiones	Material

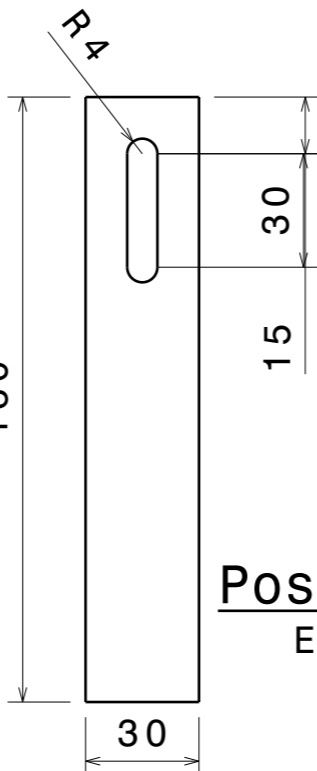
		Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio		
		NOMBRE		
		Sistema distribución Agua		
DIBUJADO POR	FECHA	Tamaño		NÚMERO
Irene Del Sol	01/07/2014	A2		01.1300
REVISADO POR	FECHA	REV		
Miguel Álvarez	07/07/2014	A		
DISEÑADO POR	FECHA	ESCALA		HOJA
Irene Del Sol	01/07/2014	1:5		1/1



Alzado
Escala: 1:5



Posición 1405
Escala: 1:1



Posición 1401
Escala: 1:2

1408	Arandela M8x16 ISO 7089	2	M8x16	AISI 316
1407	Tornillo M8x55, ISO 4014	7	M8x55	AISI 316
1406	Palometa fijación	2	M8	AISI 316
1405	Perfil en V	5	30x30x15	AISI 316
1404	Tubo cuadrado 340	1	30x30x400	AISI 316
1403	Tubo cuadrado 400	2	30x30x450	AISI 316
1402	Tubo rectangular	1	40x30x550	AISI 316
1401	Pletina	4	30x160x5	AISI 316
1400	Conjunto mecano soldado Útil Sujeción	1		
Marca	Denominación	Nº de Piezas	Dimensiones	Material

Diseño de una línea de fresado químico a escala de laboratorio

NOMBRE
Útil Sujeción

DIBUJADO POR Irene Del Sol	FECHA 01/07/2014	Tamaño NÚMERO A3 01.1400		REV A
REVISADO POR Álvaro Gómez	FECHA 07/07/2014	ESCALA 1:5		HOJA 1/1
DISEÑADO POR Irene Del Sol	FECHA 01/07/2014			