

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

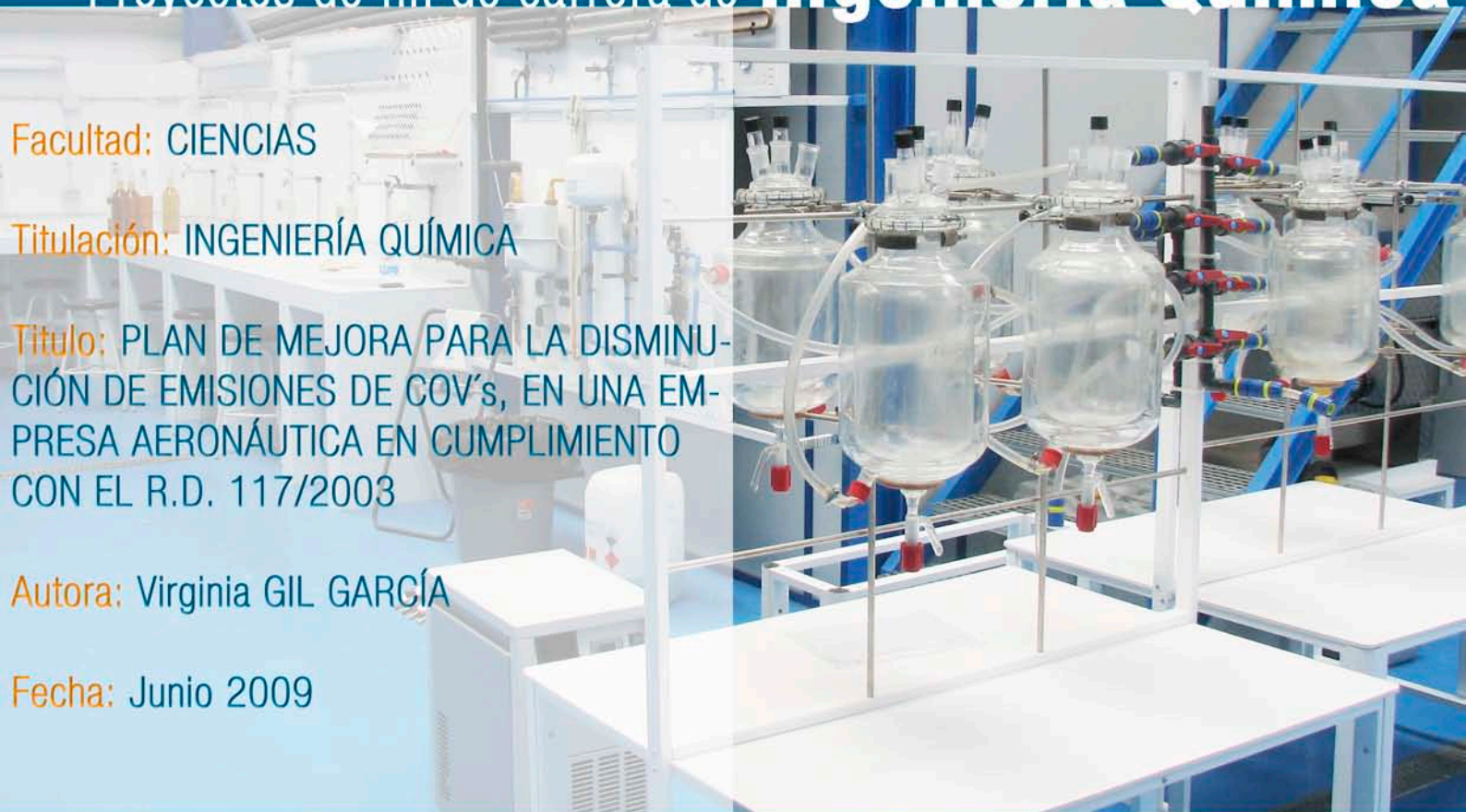
Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: PLAN DE MEJORA PARA LA DISMINUCIÓN DE EMISIONES DE COV's, EN UNA EMPRESA AERONÁUTICA EN CUMPLIMIENTO CON EL R.D. 117/2003

Autora: Virginia GIL GARCÍA

Fecha: Junio 2009





El Proyecto, se compone de los siguientes documentos:

✚ DOCUMENTO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA.
ANEXOS MEMORIA DESCRIPTIVA.

✚ DOCUMENTO 2: MEMORIA CÁLCULOS.
ANEXOS MEMORIA CÁLCULOS.

✚ DOCUMENTO 3: PLIEGO CONDICIONES.

✚ DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO.

✚ BIBLIOGRAFÍA.

ÍNDICE

DOCUMENTO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA

1. PROPUESTA PROYECTO FIN DE CARRERA	1
2. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. ANTECEDENTES	4
4. DISOLVENTES UTILIZADOS EN AIRBUS PUERTO REAL	12
5. MOVIMIENTO DE LOS DISOLVENTES EN AIRBUS PUERTO REAL	14
5.1. Consumo de disolventes	14
5.2. Procesos con uso de disolventes	15
6. APLICACIÓN REAL DECRETO EN LA PLANTA	17
6.1. Proceso de pintura	18
6.2. Proceso de montaje	20
6.3. Dispensa cumplimiento límites R.D	22
7. PLAN DE MEJORA CONTRA LA REDUCCIÓN DE COV's EN AIRBUS PUERTO REAL	26
7.1. Propuesta 1: Cambio disolvente	29
7.1.1. Diestone, DLS	30
7.1.2. Introducción del Diestone	32
7.2. Propuesta 2: Cambio formato material	36
7.3. Propuesta 3: Buenas prácticas ambientales	40
7.3.1. Experiencia piloto	41

7.3.1.1. Encuesta.....	43
7.3.1.2. Brainstorming.....	44
7.3.2. Elaboración catálogo buenas prácticas	46
7.4. Propuesta 4: Recuperación de los disolventes.....	48
7.4.1. Ensayos experimentales.....	50
7.4.2. Información diseño del prototipo.....	51
7.4.3. Selección del equipo industrial de recuperación.....	54
7.4.4. Elección secador	58
7.4.5. Secador bandejas al vacío.....	63
8. DISEÑO SECADOR BANDEJAS AL VACÍO	65
9. RESULTADOS ESPERADOS CON LA PUESTA EN PRÁCTICA DEL PLAN DE MEJORA.....	72

ANEXOS MEMORIA DESCRIPTIVA.

1. FICHA SEGURIDAD ETIL METIL CETONA.....	78
2. FICHA SEGURIDAD DIESTONE.....	85
3. ENCUESTA BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES	89
4. RESULTADOS BRAINSTORMING	93
5. FICHAS BUENAS PRÁCTICAS.....	96
6. CLASIFICACIÓN SECADORES SEGÚN LA TRANSFERENCIA DE CALOR	106
7. CLASIFICACIÓN BOMBAS DE VACÍO	107
8. PROPIEDADES ACERO	108
- Propiedades acero AISI 316	108
- Propiedades acero AISI 304	109
9. CARACTERÍSTICAS CONDUCCIONES.....	110

DOCUMENTO 2: MEMORIA DE CÁLCULOS.

1. ENSAYOS EXPERIMENTALES, PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES DE SECADO.....	111
2. CONSUMO ABSORBENTES IMPREGNADOS.....	119
3. CONSUMO DE DISOLVENTES DIARIO	120
4. DISEÑO COMPONENTES DEL SECADOR BANDEJAS AL VACÍO	121
4.1. DISEÑO MECÁNICO CÁMARA DE SECADO.....	121
- Cálculo número de bandejas	123
- Cálculo número de rejillas calefactoras	124
- Aislante térmico	126
- Dimensiones estructura externa cámara de secado.....	130
4.2. DISEÑO OPERATIVO CÁMARA DE SECADO	130
- Balance macroscópico de materia.....	131
- Cálculo velocidad de secado	132
- Cálculo de la transferencia de calor.....	133
- Cálculo de la potencia y resistencias eléctricas.....	139
- Cálculo de la presión interna	141
4.3. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR.....	143
- Cálculo del calor a retirar	145

- Cálculo caudal másico de agua de refrigeración	146
- Cálculo diferencia de temperaturas	146
- Coeficiente global de transferencia de calor sucio o de diseño	147
- Cálculo del área de transferencia de calor.....	147

ANEXOS MEMORIA DE CÁCULOS

1. ENSAYOS EXPERIMENTALES, QUE DETERMINAN LAS CONDICIONES DE SECADO.....	153
1.1. Etapa experimental I. Determinación de la temperatura mas adecuada.....	153
1.2. Etapa experimental II. Determinación de la temperatura mas adecuada para cada disolvente y de la cantidad impregnada de disolvente.....	155
1.3. Etapa experimental III. Determinación de la necesidad de instalar un sistema de refrigeración en el depósito receptor de absorbentes.....	157
1.4. Etapa experimental IV. Eficiencia de recuperación en caso real...	158
1.5. Etapa experimental V. Eficiencia de la recuperación en caso real, ampliación de la muestra tomada.....	162
1.6. Etapa experimental VI. Determinación cinética de evaporación de disolvente contenido en el absorbente en superficie abierta.....	164
2. PROPIEDADES AISLANTE TÉRMICO: LANA DE ROCA.....	169
3. CÁLCULO ESPESOR PARED CÁMARA DE SECADO.....	173
4. FICHA SEGURIDAD 1-METOXI-2-PROPANOL.....	178
5. COEFICIENTES PARA EL CÁLCULO DE CP DEL MEK.....	181
6. COEFICIENTES PARA EL CÁLCULO DE CP DEL 1- METOXI- 2-PROPANOL.....	183
7. CAPACIDAD CALORIFICA ALGODÓN.....	184
8. CONSTANTES DE ANTOINE PARA EL MEK.....	185
9. CONSTANTES DE ANTOINE PARA 1-METOXI-2-PROPANOL.....	186
10. METODO UNIFAC PARA EL CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE ACTIVIDAD.....	187

11. COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISIÓN DE CALOR SUCIO O DE DISEÑO.....	188
---	-----

DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES

- CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	189
1.1 Objetivo del pliego de condiciones.....	189
1.2 Documentación aplicable.....	189
1.3 Condiciones de acabado.....	190
- CAPÍTULO II: EQUIPOS Y MATERIALES.....	191
2.1 Materiales y referencias.....	191
2.2 Condiciones Generales Equipos.....	191
2.3 Condiciones Generales Materiales.....	194
- CAPÍTULO III: SEGURIDAD E HIGIENE.....	197
3.1 Operaciones de riesgo.....	197

DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO

- PRESUPUESTO.....209

MEMORIA

DESCRIPTIVA.

1. PROPUESTA PROYECTO FIN DE CARRERA.

DEPARTAMENTO: Ingeniería Química y Tecnología de Alimentos.

TÍTULO: *Plan de mejora para la disminución de emisiones de COV's, en una empresa aeronáutica, en cumplimiento con el RD 117/2003.*

TUTOR(ES): Manuel Galán Vallejo y María Dolores Gordillo Romero.

DESCRIPCIÓN (Breve información sobre el objetivo del PFC)

El objeto del presente proyecto es la elaboración de un Plan de Mejora, para reducir las emisiones de COV's, producidas por el uso de disolventes orgánicos volátiles en las operaciones de montaje, de una empresa aeronáutica, al incumplir con los límites establecidos por el RD 117/2003.

Se van a desarrollar varias líneas de acción, como respuesta, al cumplimiento del condicionado al que ha sido sometida por la Consejería de Medio Ambiente, dicha empresa.

Las vías de acción a desarrollar, van a ser:

- Cambio de material: Se estudiará y evaluará la sustitución de disolventes con alto contenido en COV's, por otros con un porcentaje menor.
- Cambio de formato del material utilizado: Se estudiará y valorará el empleo de gamuzas preimpregnadas de COV's.
- Elaboración de buenas prácticas ambientales, para disminuir el consumo innecesario y por tanto, la emisión excesiva de COV's.
- Diseño de un sistema de recuperación de COV's. Se diseñará una instalación para la recuperación de los COV's contenidos en los absorbentes utilizados, para la limpieza en la cadena de montaje. El equipo principal será un secador de bandejas al vacío. El modelo de recuperación se basa en la evaporación del disolvente, que impregna las gamuzas de limpieza y posteriormente, se lleva a cabo la condensación del disolvente evaporado, recogiendo por último el disolvente condensado.

Para el diseño del secador, realizarán ensayos de laboratorio con una gran aproximación al proceso planteado, para determinar así las condiciones factibles para el desarrollo del proceso y suministrando la información necesaria para el diseño.

REQUISITOS (Capacidad, producción, energía, normativa, legislación....)

La producción de gamuzas impregnadas de COV's es de aproximadamente 100 Kg/día.

Normativa: Real Decreto 117/2003, de 31 de Enero, sobre la limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades industriales.

2. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN.

El proyecto tiene como objeto la realización de un Plan de Mejora relativo al consumo de compuestos orgánicos volátiles (a partir de este momento, se hará referencia a ellos, a través de las siglas, COV's), para reducir las emisiones en las instalaciones de la planta Airbus Puerto Real llevando a cabo así, el condicionado al que ha sido sometida por la Consejería de Medio Ambiente, en cumplimiento con el **Real Decreto 117/2003**, de 31 de enero, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades.

Las instalaciones de Airbus Puerto Real desarrollan las siguientes actividades: "montaje y pintado de componentes aeronáuticos y realización de pruebas de estanqueidad e hidráulicas". Tanto los procesos de montaje como de pintura están incluidas en el ámbito de aplicación del Real Decreto 177/2003. Se ha realizado un estudio sobre la implicación de estas actividades con el Real Decreto.

Al demostrar ante la Junta de Andalucía que se estaban desarrollando en la planta de Airbus Puerto Real las Mejores Tecnologías disponibles y acogiendo al artículo 4 apartado 3 a) del RD 117/2003 la factoría obtuvo la dispensa del cumplimiento de los valores límite de emisión difusa en la actividad limpieza de superficies. A raíz de este condicionado se llevó a cabo el proyecto de reducción de emisiones de COV's, desarrollando el programa de mejora continua con el objetivo de conseguir esta reducción y cumplir con el condicionado al que ha sido sometida la factoría.

Esta dispensa lleva consigo un condicionado a cumplir por la empresa para poder mantenerla:

- Anualmente demostrar que las condiciones y circunstancias que dieron lugar a esta dispensa siguen estando vigentes.

- Llevar a cabo un programa de mejora continua consistente en el análisis de cambio de materias primas por otras con menor contenido en COV's, nuevos formatos de aplicación, aplicación de buenas prácticas ambientales, fomentando el uso racional de disolvente y búsqueda de soluciones de reutilización de disolventes mediante proyectos de investigación.

Los objetivos específicos que se pretenden alcanzar son:

- Elaboración de un Plan de mejora sobre el empleo y consumo de disolventes, desarrollando cada línea de acción que lo integra, especificando su grado de desarrollo.
- Investigación de las posibles vías para disminuir las emisiones de COV's y la posible recuperación del disolvente empleado.
- Conseguir, mediante la puesta en practica del plan, los objetivos de disminución de emisiones de COV's procedentes del empleo de disolventes en las operaciones de limpieza que se producen en los procesos de montaje, expuestos a la Consejería de Medio Ambiente.
- Cumplir con el condicionado al que ha sido sometida la planta de Airbus Puerto Real por la Consejería de Medio Ambiente, a raíz de la dispensa del cumplimiento de los límites impuestos por el RD 117/2003, sobre limitación de emisiones de COV's debidos al uso de disolventes en determinadas actividades.

3. ANTECEDENTES.

La factoría de Airbus Puerto Real se dedica al montaje, ensamblaje de estructuras aeronáuticas. Se encuentra ubicada en el polígono industrial el Trocadero, localizado en la zona sur del término municipal de Puerto Real.

Delimita en su flanco sur, sur-este con el parque natural de la bahía de Cádiz y concretamente con el paraje natural isla del Trocadero, inmerso en él, éste abarca desde la punta de San Luis, siguiendo el caño del Trocadero, hasta la punta del Trocadero. Constituye uno de los ecosistemas de marismas mareales del arco sur atlántico ibérico. Está situado en el parque natural de la bahía de Cádiz y se encuentra propuesto como lugar de Interés Comunitario.

Su ubicación contrasta con la delimitación, por su franja noroeste, con un sector del polígono industrial al que pertenece.



Fig.1. Vista del entorno factoría.

La factoría se encuentra sobre una única parcela en la que se ubican las tres naves adosadas que la conforman, dedicadas a los procesos principales que se desarrollan: procesos de montaje (Nave I, II y III), y procesos de pintura (Nave I y III).

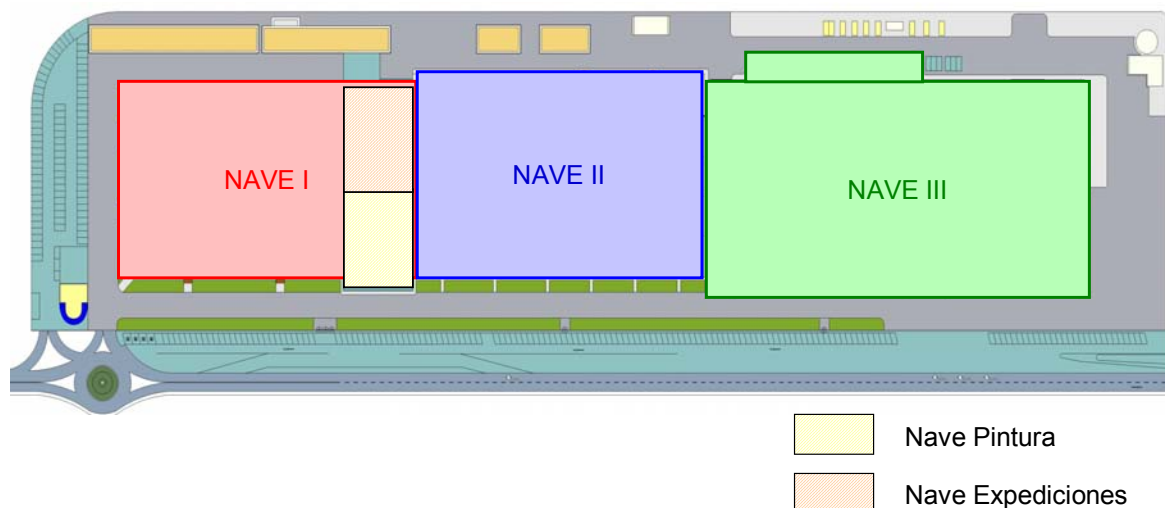


Fig.2. Plano factoría.

Los procesos en la planta están organizados por programas específicos según la naturaleza y función de los componentes ensamblados, los elementos montados pertenecen a los siguientes programas de la compañía Airbus:

- Airbus 320: Cajones laterales (estabilizador horizontal), Timones en altura (elevators).
- Airbus A330/340: Cajones laterales (estabilizador horizontal), Timones en altura (elevators).
- Airbus A330-500/600: Cajones laterales (estabilizador horizontal), Timones en altura (elevators).
- Airbus A 380: Timones en altura (elevators), Timones de dirección (rudder), HTP (Horizontal Tail Plane), Belly fairing.

En las instalaciones se realizan procesos de montaje de estructuras aeronáuticas en los cuales, debido a las condiciones de operación, se utiliza una elevada cantidad de disolventes en operaciones de pintura como en los procesos de limpieza de estructuras, en operaciones de montaje. Los consumos de estos últimos exceden los límites impuestos por la normativa aplicable sobre emisión de compuestos orgánicos volátiles, teniéndose que elaborar un plan de mejora para solucionar esta situación.

LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES

Los COV's son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. Suelen presentar una cadena con un número de carbonos inferior a doce y contienen otros elementos como oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. Su número supera el millar, pero los más abundantes en el aire son metano, tolueno, n-butano, i-pentano, etano, benceno, n-pentano, propano y etileno. Su definición técnica nos dice "Todo compuesto orgánico que tenga a 293,15 K una presión de vapor de 0,01 kPa o más, o que tenga una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso".

Los compuestos orgánicos volátiles poseen fundamentalmente dos orígenes:

- Fuentes naturales: Una gran parte de los compuestos orgánicos volátiles alrededor de un 70%, poseen un origen natural. Se producen por la descomposición de la materia orgánica o por las deposiciones de los rumiantes (el metano), y de origen vegetal, como los aceites esenciales y las saponinas constituidas por terpenos. Otro de los compuestos de origen natural más abundantes en la atmósfera, es el isopreno, molécula que se origina en las plantas y cuya función es alterar la floración de las especies vecinas.

- Fuentes antropogénicas: Las fuentes originarias de los compuestos orgánicos volátiles son:

- El transporte, mediante la combustión incompleta de los hidrocarburos que componen el combustible.
- Procesos de combustión en la planta de generación de energía, quema de combustibles como gasolina, madera, carbón o gas natural.
- Empleo de compuestos orgánicos volátiles a nivel industrial. Los principales preparados que contienen COV's son:
 - Pinturas y barnices, con base disolvente.
 - Disolventes.
 - Pegamentos.
 - Dispersantes.
 - Agentes desengrasantes y agentes limpiadores.

En cuanto a los tipos, no existe una única clasificación, sino que depende de distintos parámetros (peligrosidad, utilización, composición, etc.).

✓ Tipos según su peligrosidad:

- Extremadamente peligrosos para la salud; Benceno, cloruro de vinilo y 1.2 dicloroetano.
- Compuestos de clase A (pueden causar daños significativos al medio ambiente); acetaldehído, anilina, bencilcloruro, carbono tetracloruro, CFC's, acrilato de etilo, anhídrido maleico, etc
- Compuestos de clase B (con menor impacto ambiental); acetona y etanol.

✓ Tipos según sus propiedades físico-químicas:

- Oxigenados: alcoholes, esteres, cetonas.
- Hidrocarburos: alifáticos, aromáticos.
- Halogenados: clorados, fluorados.

✓ Tipos según sus aplicaciones industriales se emplean como:

- Combustibles.
- Disolventes.
- Desengrasantes.
- Dispersantes.
- Conservantes.
- Agentes de limpieza.

IMPORTANCIA DE LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES.

Son importantes tanto desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales como desde el punto de vista medio ambiental.

Desde el punto de vista medioambiental.

Los compuestos orgánicos volátiles pueden tener diferentes impactos sobre el medio ambiente, que pueden clasificarse en efectos directos e indirectos.

❖ Los principales efectos directos son los siguientes:

- Efectos nocivos sobre la salud humana y sobre los ecosistemas naturales debido a su toxicidad, efectos carcinógenos y otros efectos psicológicos adversos. Algunos de estos efectos, están fundamentalmente originados por inhalación: dolor de cabeza, dificultad para respirar, mareos, fatiga, etc.

Los riesgos para la salud asociados a la emisión de COV's a partir del uso de disolventes, se derivan de sus propiedades: volátiles, liposolubles, tóxicas e inflamables.

- o **Volatilidad:** El carácter volátil de estos compuestos hace que se evaporen rápidamente a la atmósfera, alcanzando concentraciones importantes en espacios confinados. El riesgo

más importante para el ser humano se produce por la absorción de estos por la piel y por inhalación. El contacto directo a través de la piel permite el paso del disolvente a la sangre causando efectos inmediatos y a largo plazo. La inhalación por su parte, constituye la vía de exposición más peligrosa, ya que a través de los pulmones la distribución por el organismo es muy eficaz, lo que puede provocar que pasen al organismo concentraciones muy elevadas en plazos breves de tiempo. Además esta vía es particularmente difícil de controlar, ya que no puede saberse con exactitud el punto de inicio del contacto.

- **Propiedades liposolubles:** Los disolventes orgánicos son liposolubles, es decir una vez que se introducen en el organismo presentan afinidad por los tejidos grasos y no suelen disolverse en agua, aunque algunos productos resultantes de su metabolismo si presentan un carácter hidrosoluble. Tras la inhalación, el contaminante pasa a la sangre, distribuyéndose por los distintos órganos, dónde tiende a acumularse. Esta circunstancia, provoca que, con el paso del tiempo, las concentraciones alcancen niveles que representen riesgos para la persona y, en particular, para el feto en el desarrollo embrionario.
- **Toxicidad:** Algunos estudios de toxicidad, relacionan lesiones neurológicas con la exposición crónica a los disolventes, además de otros efectos psiquiátricos significativos como la irritabilidad y dificultades de concentración, afectación visual, verbal o motora, memoria, etc.
- **Inflamabilidad:** La mayoría de estas sustancias presentan un carácter inflamable y explosivo. Algunos no arden necesariamente con facilidad, pero si tienden a descomponerse a altas temperaturas dando lugar a otros compuestos altamente tóxicos. El peligro de explosión varía con el tipo de disolvente, por lo que además es necesario conocer en cada caso, las condiciones de

concentración, presión, temperatura, entre otras, con el fin de evitar el riesgo.

- Efectos nocivos sobre el medio, como desperfectos sobre los materiales, olores, etc.
- Efectos sobre los ecosistemas naturales, interfiere en la actividad fotosintética, en el crecimiento y el metabolismo general de las plantas, además de aumentar la sensibilidad de los árboles a las heladas, al calor y la sequía, etc. Todos estos efectos también son causados por las sustancias que derivan de los COV's.

❖ Los principales efectos indirectos son:

- Efectos nocivos sobre el medio, como desperfectos sobre los materiales, olores, etc.
- La formación de oxidantes fotoquímicos troposféricos, ozono troposférico, producido como consecuencia de su reacción con los óxidos de nitrógeno presentes en la atmósfera y la luz solar. Se producen una serie de reacciones químicas que provocan formación de ozono a nivel del suelo. Estas reacciones son mucho más intensas en presencia de luz solar, que es la que necesitan para producirse. A este fenómeno se le conoce como smog fotoquímico, creándose atmósferas ricas en ozono de un color marrón - rojizo. El ozono es perjudicial para los seres humanos y las plantas, pues puede provocar graves daños respiratorios. También participan en el efecto invernadero.
- La destrucción del ozono estratosférico, los compuestos orgánicos volátiles pueden influir en la degradación de la capa de ozono. El protocolo de Kyoto y de Montreal contemplan actuaciones para disminuir las emisiones de estos compuestos a la atmósfera, de manera que se evite su efecto sobre el ozono estratosférico.

Desde la prevención de riesgos laborales.

Los efectos de los COV's se producen tanto a largo como a corto plazo. La principal vía de entrada es la inhalatoria, ya que, producen con facilidad vapores que son fácilmente inhalados. La otra vía de entrada es por contacto, de manera que la piel de las personas puede quedar impregnada de estas sustancias.

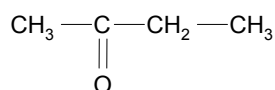
Estos compuestos son liposolubles, producen efectos psiquiátricos, otros son carcinogénicos.

Otro aspecto a tener en cuenta es el riesgo de explosión y de inflamabilidad.

4. DISOLVENTES UTILIZADOS EN AIRBUS PUERTO REAL.

El disolvente que se utiliza en mayor medida en la planta y que va a ser objeto del estudio es, metil etil cetona, que contiene aproximadamente un 100% de COV's.

Metil etil cetona (MEK): CH₃-CO-C₂H₅



Las cetonas junto con los aldehídos forman los compuestos carbonílicos (C=O). Muchos de estos compuestos son importantes materias intermedias en la industria química y disolventes de gran consumo (como es el caso del metil etil cetona); otros son productos naturales de gran interés y varios constituyen los aromas de distintos vinos, frutas y otros alimentos o se utilizan en perfumería.

La polaridad que presenta el grupo C=O hace que los puntos de ebullición de los aldehídos y cetonas sean más altos que los de los hidrocarburos de peso molecular análogo, pero más bajos que los de los alcoholes y aminas porque ellos no forman puentes de hidrógeno entre sus moléculas.

Los pares de electrones no compartidos del grupo C=O forman puentes de hidrógeno con el agua y por ello, los primeros aldehídos y cetonas son solubles en agua; a partir de los cinco carbonos son poco o insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos.

El MEK es el homólogo inmediato superior de la cetona. Se caracteriza por ser un líquido incoloro, estable y parcialmente miscible en agua. Su punto de ebullición es 78.5 – 81 C, mientras su punto de fusión es de -89,9 C. Posee una presión de vapor alta, 101,3 KPa, manifestándose en una elevada volatilidad. Los efectos, riesgos y demás propiedades pueden verse en el Anexo I.

A parte de los disolventes se utilizan otros productos para operaciones de pintura y de elaboración de sellante que poseen una fracción en COV's del 49% como media. Éstos están codificados internamente como productos Z's, al igual que los disolventes y el resto de productos utilizados en la planta. Debido a la diversidad de productos que poseen una fracción de COV's se les denominará a continuación como productos Z's, excepto a los disolventes. Ambos grupos de productos se distribuyen en las siguientes operaciones de la siguiente forma como media de los últimos tres años.

- Montaje: Uso del disolvente metil etil cetona (100% COV's), representa el 60.24% de la entrada de COV's de la planta.
- Taller de sellante: Uso del disolvente metil etil cetona (100% COV's), y de productos Z's con porcentaje de COV's, representa el 8.4% de la entrada de COV's de la planta.
- Pintura: Utilización de Etil Metil Cetona (100% COV's) y de productos con porcentaje de COV's, representa el 31.4% de la entrada de COV's de la planta.

5. MOVIMIENTO DE LOS DISOLVENTES EN AIRBUS PUERTO REAL.

Los disolventes llegan a la planta directamente del proveedor. Llegan en formato de botellas de 1 L de capacidad, en su mayoría, resultando más adecuado para su uso en el taller, siendo más manejable y evitando derrames por su facilidad en la manipulación. Una pequeña parte llega en bidones de 25 litros de MEK, que se utilizan en el taller de sellante. Tanto el formato de las botellas como el de los bidones, cumplen con las exigencias requeridas sobre el transporte de sustancias peligrosas.

Las botellas una vez llegan a la planta, se almacenan en el almacén de sustancias peligrosas. Posteriormente, se ubican en las naves de la planta, en los armarios de seguridad para sustancias peligrosas, en los que únicamente se albergan los disolventes. En los que se van reponiendo las botellas a medida que se van consumiendo. Las botellas generadas como residuo se reutilizan para el mismo fin, entregándoselas al proveedor quien las adecua para volver a almacenar disolvente. Las botellas de disolvente se encuentran en el plan de segregación de residuos de la planta, encontrándose bidones de recogida de botellas de disolvente utilizadas en las áreas ecológicas de la nave, de forma que se puede entregar de nuevo al proveedor.

5.1. CONSUMO DE DISOLVENTES.

La planta de Airbus Puerto Real ha consumido en los últimos años una elevada cantidad de disolventes debido a las exigencias técnicas de la operación, en los procesos de montaje y pintura.

En los últimos años ha habido un aumento del consumo de disolventes debido a un aumento de producción.

El disolvente Diestone. DLS, es un producto nuevo en la fábrica, introducido de forma experimental, contemplado en el Plan de mejora como cambio del disolvente por otro con menos proporción de COV's, en una sección en 2007.

5.2. PROCESOS QUE USAN DISOLVENTES.

El disolvente metil etil cetona es requerido para diversos procesos desarrollados en la planta clasificándose en los siguientes:

Disolventes en procesos de montaje:

Los procesos implicados en el montaje de las estructuras aeronáuticas requieren una limpieza exhaustiva de las superficies de los elementos y piezas a ensamblar, para conseguir las condiciones de desengrase requeridas, y una limpieza para eliminar la suciedad que se va acumulando en la superficie, por el trabajo que se realiza sobre las mismas: taladrado, aplicación de sellante, productos de protección. Dadas estas exigencias el uso de disolvente es generalizado a lo largo de toda la cadena de montaje.

Debido a la necesidad de limpieza en cada fase del proceso, y más concretamente, a las exigencias de desengrase de los elementos a ensamblar, la limpieza ha de realizarse de forma manual por personal altamente cualificado. Así manualmente se realiza la impregnación de absorbentes de algodón en disolventes, frotando con estos la superficie hasta obtener las exigencias de limpieza requeridas.

Las emisiones procedentes de los procesos de montaje, que tienen lugar en la planta no se encuentran controladas ni por confinamiento, para ser controladas, ni canalizadas, de forma que todas las emisiones que se producen son difusas.

La configuración de la fábrica impide el confinamiento de las emisiones al estar compuesta por tres naves contiguas, alineadas e interconectadas a través de puertas correderas, dispuestas para permitir el paso de las estructuras aeronáuticas entre las naves, lo que dificulta el confinamiento de los procesos con el fin de controlar las emisiones que se producen. Además si se quiere controlar las emisiones de disolventes, debido a su uso a lo largo de todo el proceso de montaje, no se pueden aislar zonas potencialmente confinables.

Disolventes en procesos de pintura:

Las exigencias que requieren las superficies de las estructuras a pintar hacen necesario un desengrase exhaustivo de las mismas, empleándose disolventes para cumplir dichos requisitos. A parte de los disolventes en los procesos de pintura también se utilizan productos con un contenido inferior, a éstos, de COV's. En las instalaciones donde tienen lugar todos los procesos de pintura, están canalizadas todas las emisiones que se producen, controlándose así las emisiones de COV's, encontrándose por tanto en cumplimiento con la normativa.

Disolventes en taller sellante:

En el proceso de elaboración de sellantes se emplea Metil Etil cetona para la limpieza de utensilios empleados. Además se emplean productos con una proporción en COV's para otros fines. Las emisiones que se producen en las instalaciones donde tiene lugar su elaboración se encuentran canalizadas.

6. APLICACIÓN REAL DECRETO EN LA PLANTA.

El uso de disolventes, formados principalmente por compuestos orgánicos, da lugar a la emisión de los mismos a la atmósfera, pudiendo ser perjudiciales para la salud y para el medio ambiente. Ante esta situación el Consejo de Ministros de la unión europea aprobó, el 11 de marzo de 1999, la **Directiva 1999/13/CE**, que tiene por objeto:

“...prevenir o reducir los efectos nocivos que para las personas y el medio ambiente pueden derivarse de algunas actividades que utilizan en sus procedimientos de fabricación o de trabajo disolventes orgánicos en cantidades importantes.”

Esta directiva impone determinadas obligaciones a los titulares de las empresas que lleven a cabo alguna actividad en la que utilicen disolventes orgánicos en sus procedimientos de fabricación o de trabajo, como las de no superar los distintos valores límite de emisión o la de reducir sus emisiones por otros medios. Para controlar estas actividades la directiva establece que aquellas actividades que no estén sometidas a autorización conforme a la directiva 96/61/CE del consejo, de 2 de septiembre de 1996, relativa al control integrado de la contaminación, deberán notificarse para su registro a la autoridad competente.

Conforme a lo anterior la incorporación al derecho interno de la Directiva 1999/13/CE quedaba supeditada a la previa transposición de la Directiva 96/61/CE, que se ha llevado a cabo a través de la **Ley 16/2002**, de 1 de julio, de prevención y control integrado de la contaminación, la cual establece el sometimiento a autorización ambiental integrada a determinadas actividades.

El **Real Decreto 117/2003**, de 31 de enero, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades, incorpora al derecho interno la citada directiva 1999/13/CE.

Así mismo dicho Real Decreto tiene por objeto “...evitar o cuando ello no sea posible reducir los efectos directos o indirectos de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles sobre el medio ambiente y la salud de las personas.” En su ámbito de aplicación se incluyen las instalaciones en las que se desarrollen algunas de las actividades incluidas en su anexo I, siempre que se realicen superando los umbrales de consumo de disolventes establecidos en su anexo II.

Las instalaciones de Airbus Puerto Real desarrollan las siguientes actividades: “montaje y pintado de componentes aeronáuticos y realización de pruebas de estanqueidad e hidráulicas”. Tanto los procesos de montaje como de pintura están incluidas en el ámbito de aplicación del Real Decreto 177/2003. Se ha realizado un estudio de la implicación de estas actividades con el Real Decreto.

6.1. PROCESO DE PINTURA.

Los procesos de pintura que se desarrollan en la planta se encuentran recogidos en el punto 2 del Anexo I (ámbito de aplicación) del Real Decreto.

2. Actividades de recubrimiento

Toda actividad en la que se aplique una o varias veces una película continua de recubrimiento sobre:

a) Vehículos, según se recoge a continuación:

- 1. Coches nuevos, los definidos en el Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, sobre homologación de tipos de vehículos, remolques, semiremolques y sus partes o piezas, como vehículos de la categoría M1 y de la categoría N1, en la medida en que se recubran en la misma instalación que los vehículos M1.*
- 2. Cabinas de camiones, definidas como el habitáculo del conductor y todo el espacio integrado para el equipo técnico de los vehículos de categorías N2 y N3 en el Real Decreto 2028/1986.*
- 3. Furgonetas y camiones, definidos como vehículos de las categorías N1, N2 y N3, pero sin incluir las cabinas de camiones, en el Real Decreto 2028/1986.*
- 4. Autobuses, definidos como vehículos de las categorías M2 y M3 en el Real Decreto 2028/1986.*
- 5. Remolques, tal y como se finen en las categorías O1, O2, O3 y O4 del Real Decreto 2028/1986.*

b) Superficies metálicas y de plástico incluidas las superficies de aviones, barcos, trenes, etc.

c) Superficies de madera.

d) Superficies de tejidos, telas, película y papel.

e) Cuero.

Por tanto le sería de aplicación los límites del punto 8, otro tipo de recubrimiento, incluido el recubrimiento de metal, plástico, textil, tejidos películas y papel, de la tabla A del Anexo II (A. umbrales de consumo y límites de emisión), en el caso de sobrepasar el umbral de consumo.

Actividad (umbral de consumo de disolvente en t/año)	Umbral (umbral de consumo de disolventes en t/año)	Valores límite de emisión en gases residuales (mg C/Nm ³)	Valores de emisión difusa (porcentaje de entrada de disolventes)		Valores límite de emisión total		Disposiciones especiales
			Instalac. nuevas	Instalac. exist.	Instalac. nuevas	Instalac. exist.	
8 Otros tipos de recubrimiento, incluido el recubrimiento de metal, plástico, textil (5), tejidos, películas y papel (>5).	5-15 >15	100 (1)(4) 50/75 (2) (3)(4)	25(4)				(1) El valor límite de emisión se aplica a las actividades de recubrimiento y secado llevados a cabo en condiciones confinadas. (2) El primer valor límite de emisión se aplica a las actividades de secado y el segundo a los de recubrimiento. (3) En las instalaciones para recubrimiento de textil que utilicen disolventes nitrogenados con técnicas que permitan la reutilización de los disolventes recuperados, el límite de emisión aplicado a las actividades de recubrimiento y secado en conjunto será de 150. (4) Las actividades de recubrimiento que no se puedan aplicar en condiciones confinadas (como la construcción de barcos, la pintura de aviones) quedarán exentos de dichos valores, con arreglo a lo dispuesto en la letra b) del apartado 3 del artículo 4. (5) La impresión serigráfica rotativa sobre textil quedará incluida en la actividad n.º 3.

Cuadro2. Anexo II RD 117/2003.

La cantidad consumida anualmente, como media en los años 2006, 2007 y 2008 (años considerados en el estudio que se realizó) de disolvente es de 7 toneladas, al ser mayor a 5 toneladas, le es de aplicación el Real Decreto, ya que supera el umbral de consumo, teniéndose que acoger a los valores límite de emisión del punto señalado anteriormente, encuadrándose en el Anexo II, punto 8.

Las instalaciones de pintura están canalizadas emitiéndose de forma canalizada los productos gaseosos generados, de forma que se puede controlar la concentración de las emisiones que se producen en ellas. Al

encontrarse canalizadas se le aplica, los valores límite de emisión en gases residuales (mgC/Nm^3).

La cantidad empleada se encuadra en el rango señalado:

Umbral de consumo	5 -15 t/año
Valores límite de emisión en gases residuales (mgC/Nm^3)	100mg
Valores de emisión difusa %	25

Las mediciones realizadas por la empresa ATISAE para Airbus en las instalaciones de Puerto Real, demuestran que las emisiones de COV's se encuentran por debajo de los valores límite. Se concluye así en este proceso que las emisiones producidas en las instalaciones de pintura se encuentran conforme al RD 117/2003, no sobrepasando los límites fijados para tal actividad.

6.2. PROCESO DE MONTAJE.

En cuanto al empleo de disolventes en limpieza de superficies en procesos de montaje, se encuadra en el punto 10 del anexo I (Limpieza de superficies).

10. Limpieza de superficies.

Toda actividad, salvo la limpieza en seco, con disolventes orgánicos para eliminar la suciedad de las superficies de materiales, con inclusión del desengrasado. Una actividad de limpieza que consista en más de una fase, antes o después de cualquier otra fase de tratamiento debe considerarse como una única actividad de limpieza de superficies. Esta actividad se refiere a la limpieza de la superficie del producto y no a la limpieza del equipo.

De este modo tendría que someterse a los umbrales de consumo y límites de emisión del punto 5 del Anexo II, en caso de superar el umbral de consumo.

Actividad (umbral de consumo de disolvente en t/año)	Umbral (umbral de consumo de disolventes en t/año)	Valores límite de emisión en gases residuales (mg C/Nm ³)	Valores de emisión difusa (porcentaje de entrada de disolventes)		Valores límite de emisión total		Disposiciones especiales
			Instalac. nuevas	Instalac. exist.	Intalac. nuevas	Instalac. exist.	
5 Otra limpieza de superficies (>2).	2-10 >10	75(1) 75(1)	20(1)	15(1)			(1) Las instalaciones que demuestren al órgano competente que el contenido medio de disolventes orgánicos de todo el material de limpieza utilizado no supera el 30 por 100 en peso estarán exentas de la aplicación de estos valores.

Cuadro 3. Anexo II RD 117/2003.

La cantidad media anual de consumo en los años 2006, 2007 y 2008, (años considerados en el estudio que se realizó) es de 19,191 toneladas, superior al umbral de consumo que es de 2 toneladas, por tanto, se le aplica el RD117/2003. En la tabla A del Anexo II (A. umbrales de consumo y límites de emisión) se encuadra en el umbral mayor a 10 toneladas, siéndole de aplicación los límite de este rango de emisión. Debido a las características de la operación y a las condiciones de la instalación todo el disolvente consumido en los procesos de montaje se emite íntegramente de manera difusa, no encontrándose ningún sistema de canalización en estas instalaciones que descargue de modo controlado los COV's. Al ser así se tiene que regir en función del límite valores de emisión difusa.

Umbral de consumo	> 10 t/año
Valores límite de emisión en gases residuales (mgC/Nm ³)	75mg
Valores de emisión difusa %	15

El valor límite de emisiones difusas es del 15%, estando por encima el valor de emisión de la planta, 100%. Por tanto de las 19,19 toneladas de disolvente sólo podían emitirse el 15% de manera difusa.

Límite legal de emisiones difusas [2,88 t/año (19,19t/año • 0,15)]

Como se ha comentado antes se emiten de manera difusa el 100% del disolvente consumido, por tanto se emite 19,19t/año de forma difusa, siendo el límite legal 2,88 t/año, por tanto no cumpliría el límite de emisiones difusas.

19,19 t/año > 2,88 t/año (Incumplimiento límite de emisión difusa)

Así la planta de Airbus Puerto Real, se encuentra en situación de incumplimiento del RD117/2003, sólo para las emisiones producidas en proceso de montaje, encontrándose las emisiones producidas en procesos de pintura bajo los requisitos legales establecidos por dicho RD.

6.3. DISPENSA CUMPLIMIENTO LÍMITES RD 117/2003.

Ante la situación de incumplimiento del RD 117/2003, referente al proceso de montaje, la empresa demostró a la Junta de Andalucía que la planta de Airbus Puerto Real, al igual que el resto de sus instalaciones utiliza la mejor Tecnología Disponible en el mercado.

Se estudiaron dos posibles alternativas al modo de operación con el objetivo de disminuir las emisiones producidas en la fábrica: confinamiento de las emisiones y canalización de las emisiones.

- Confinamiento de las emisiones:

Esta opción resultaría inviable dada la naturaleza del proceso, debido a la cual la limpieza de las diferentes partes de la estructura debe producirse antes y después de añadir cada elemento estructural u operación a lo largo de la cadena de montaje, no pudiendo determinar zonas potencialmente confinables ya que la limpieza se realiza a lo largo de toda la línea de montaje.

Además los elementos se ven sometidos a un continuo movimiento durante todo el proceso conforme se avanza en la cadena de montaje, por lo cual el confinamiento entorpecería el desarrollo de los trabajos.

Dicho movimiento de las piezas manifiesta la configuración de la factoría, la cual está formada por tres naves alineadas, contiguas e interconectadas a través de grandes puertas correderas, dispuestas para permitir el paso de las estructuras aeronáuticas entre las naves. Así ni siquiera se pueden independizar las naves desde un punto de vista funcional en el proceso de montaje, quedando la fábrica concebida como un todo interconectado.

- Canalización de las emisiones:

Se estudió la viabilidad de canalizar las emisiones, determinando por un lado las concentraciones previsibles que resultarían de la canalización y por otro estimando las ventajas previsibles en el consumo de energía eléctrica.

Los resultados que se obtuvieron de la concentración estimada de COV's en caso de canalización ($11,98\text{mg/m}^3$) quedaban muy por debajo del límite máximo aplicable según RD117/2003, Anexo II, Apdo. 5. (75mg/m^3), por lo que no aportaría ninguna ventaja, no disminuyéndose el consumo, ni las emisiones de COV's. Además esta situación podría presentar una connotación negativa desde un estricto punto de vista ambiental, ya que la obtención de concentraciones tan bajas como las previsibles podría provocar relajación indirecta en la búsqueda de alternativas de minimización.

Desde el punto de vista del consumo energético la canalización de las emisiones acarrearía un incremento del consumo de energía eléctrica asociado a la climatización de la fábrica, cuantificado en alrededor de 300Mw/h (3% del consumo anual de la fábrica). De este modo la canalización supondría un incremento del consumo energético de la fábrica innecesario.

Además la canalización de las emisiones encarecería la gestión interna en Airbus y en la administración ambiental, al tener que medir y controlar los focos de emisión resultantes de la canalización.

Por todo ello se concluyó sin obtener ventajas significativas de la canalización de las emisiones al igual que no se vio factible su confinamiento. De este modo se demostró ante la Junta de Andalucía que se estaban desarrollando en la planta de Airbus Puerto Real las Mejores Tecnologías disponibles y acogiéndose al artículo 4 apartado 3 a) del RD 117/2003 la factoría obtuvo la dispensa del cumplimiento de los valores límite de emisión difusa en la actividad limpieza de superficies.

Artículo 4. Régimen general aplicable a las instalaciones para la limitación de emisiones.

3. El titular de una instalación que pueda acreditar ante el órgano competente que está utilizando la mejor técnica disponible, podrá ser dispensado del cumplimiento de los siguientes valores límite:

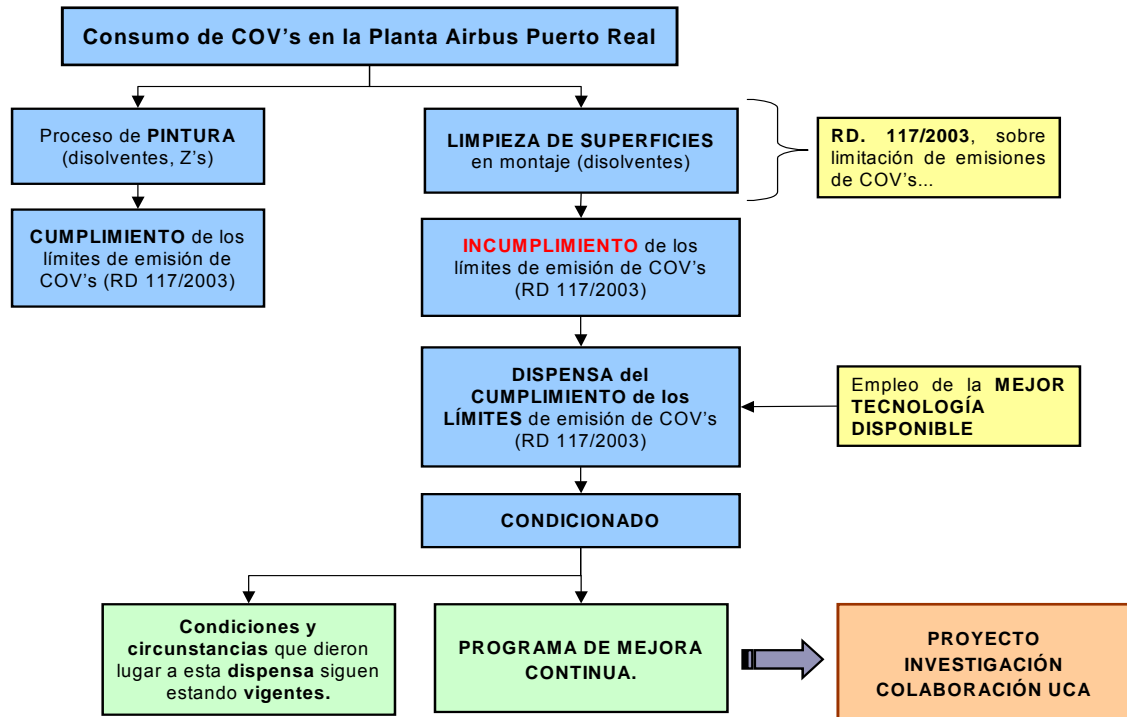
a) Los valores de emisión difusa, en los supuestos en que se pueda demostrar ante el órgano competente que dichos valores no son factibles, ni técnica, ni económicamente para la instalación, y siempre que no quepa esperar un riesgo significativo para la salud humana o el medio ambiente.

Esta dispensa lleva consigo un condicionado a cumplir por la empresa para poder mantenerla:

- Anualmente demostrar que las condiciones y circunstancias que dieron lugar a esta dispensa siguen estando vigentes.
- Llevar a cabo un programa de mejora continua consistente en el análisis de cambio de materias primas por otras con menor contenido en COV's, nuevos formatos de aplicación, aplicación de buenas prácticas ambientales fomentando el uso racional de disolvente y búsqueda de soluciones de reutilización de disolventes mediante proyectos de investigación.

A raíz de este condicionado se llevó a cabo el proyecto de reducción de emisiones de COV's, desarrollando el programa de mejora continua con el objetivo de conseguir esta reducción y cumplir con el condicionado al que ha sido sometida la factoría.

A continuación, se muestra a modo de esquema las situaciones de la planta respecto al RD. 117/2003 que dieron lugar a la realización del proyecto de investigación.



Cuadro 4. Esquema evolución de la planta respecto RD. 117/2003.

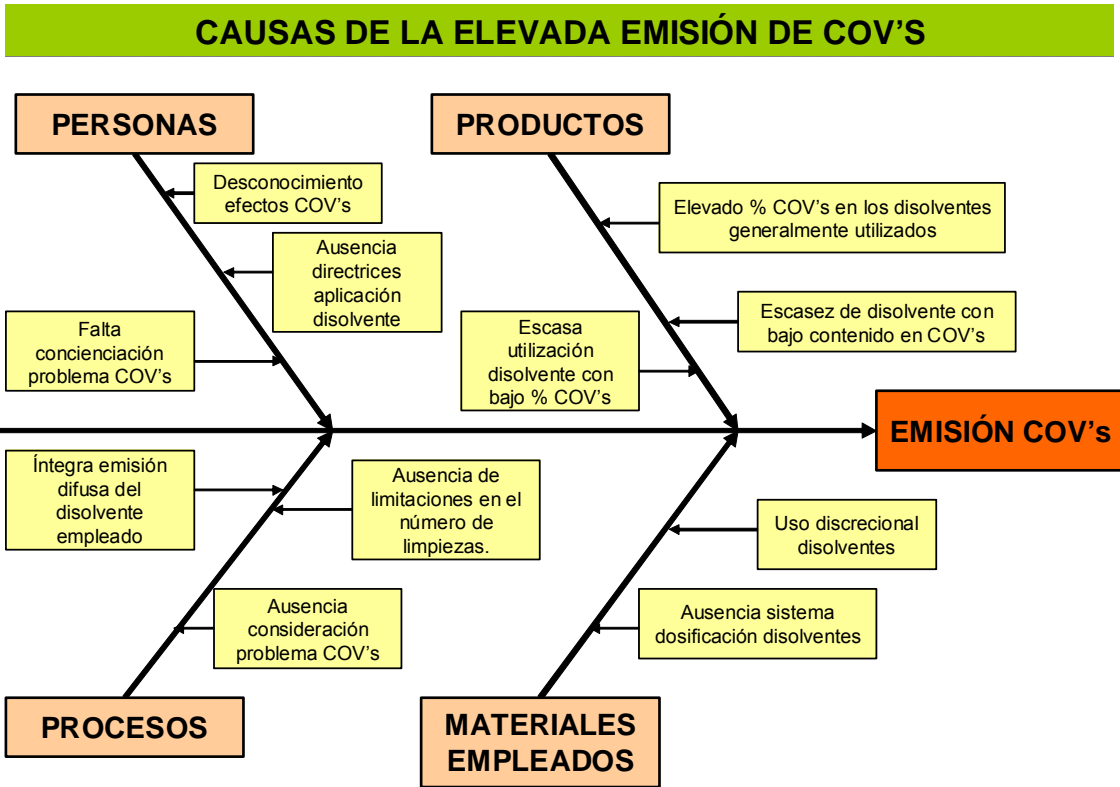
7. PLAN DE MEJORA.

Como quedó reflejado en la dispensa del cumplimiento del RD 117/2003, la empresa tiene que llevar a cabo un plan de mejora con el objeto de disminuir las emisiones de COV's, en los procesos de limpieza en montaje. Lograr esta reducción de las emisiones de COV's procedentes del consumo de disolventes en el taller, implica un compromiso ambiental por parte de todos los miembros de la planta, implicados directa e indirectamente en el empleo de los mismos. Así la colaboración de todos y cada uno de ellos es fundamental para el desarrollo de un plan de mejora.

El objetivo que se pretende alcanzar con un programa de mejora es reducir el consumo-emisión de COV's en la planta de Airbus Puerto Real hasta un 20% en el plazo de dos años. Esta es la previsión comunicada a la Junta de Andalucía, pero a medida que se vaya investigando y mejorando los procesos se espera poder aumentar esta reducción de forma paulatina.

La elevada emisión de COV's puede deberse a diversas circunstancias que se dan en la planta. Se analizará en un primer momento las causas de éste elevado consumo englobándolas por grupos, a través del siguiente diagrama causa-efecto.

Las áreas en las que englobamos las causas son las siguientes: procesos, personas, productos y materiales empleados.



Cuadro 5. Diagrama causa-efecto “causas emisiones de COV's.

Las posibles causas del elevado consumo de COV's se analizaron considerando las limitaciones y las posibilidades de aplicación en la planta, así como las limitaciones de mercado. La clave para poder conseguir el objetivo de disminución se puede centrar en el análisis de las causas de las áreas personas y productos.

Actuar sobre éstas es más asequible en este momento, estimándose una mayor reducción actuando sobre ellas y resultando menos costosa su introducción. Interferir en los procesos implica un cambio en las operaciones de producción y la implicación de los departamentos de ingeniería, I+D, resultando más compleja su actuación.

No se descartan estas soluciones, además, está propuesto el estudio del problema, a través de un grupo interdepartamental.

Una vez estudiado el problema y las posibles causas se establecieron las líneas de actuación del Plan de Mejora. Al mismo tiempo se analizó, hasta llegar a su determinación, la posibilidad de integración de estas líneas de actuación en la planta. A través de su puesta en práctica se pretende conseguir los objetivos de reducción, antes mencionados. Para conseguir una reducción en la emisión de componentes orgánicos volátiles se van a llevar a cabo varias líneas de acción, estas son:

- Cambio de material.
- Cambio formato del material.
- Buenas prácticas ambientales.
- Recuperación disolventes.

7.1. PROPUESTA 1: CAMBIO DE DISOLVENTE.

Encuadrada como una línea de acción del proyecto de disminución de las emisiones de COV's, se encuentra el empleo de otro material para la limpieza de superficies con un contenido considerablemente menor de COV's. El disolvente utilizado hasta el momento estaba compuesto aproximadamente del 100% de COV's, por tanto, la introducción de un nuevo producto con un porcentaje menor supone una gran reducción debido a la elevada proporción de COV's que poseen los productos utilizados.

El uso de un producto con bajo contenido en COV's nos permite adecuarnos en cierta medida al condicionado encomendado por la Junta de Andalucía, y además representa una gran ventaja ambiental. Utilizando estos tipos de productos podemos reducir la cantidad de COV's presente en la atmósfera, reduciendo los efectos producidos sobre el medio ambiente y sobre la salud de las personas.

La inserción de un nuevo producto implica un cambio en el modo de operar, teniéndose que adaptar al nuevo producto. Así la introducción se realizará de forma secuencial en todos los programas teniéndose en cuenta el periodo de adaptación de los operarios.

Se comienza a estudiar un nuevo producto "Diestone.DLS." Al cual ha sido utilizado ya, con éxito, en sedes de otros países. Como es lógico posee una proporción menor de COV's que el disolvente empleado. A continuación se analizará las características y la situación del nuevo disolvente a lo largo del estudio.

7.1.1. DIESTONE.DLS.

Éste nuevo producto, sustituto del MEK en algunos procesos, esta compuesto alrededor del 50% por COV's. A diferencia del MEK está formado por varios compuestos:

- Eter monometílico del propilenglicol (90%) : $C_4H_{10}O_2$
- Acetato del monometileter del propilenglicol (7,5%):
 $C_6H_{12}O_3/CH_3COOCH(CH_3)CH_2OCH_3$
- Nafta (petróleo), fracción pesada tratada con hidrógeno (2,5%).

Dada su composición presenta una cantidad de COV's del 50%. La mayor proporción del producto, lo forman compuestos de éter.

Los éteres son isómeros de los alcoholes ($C_nH_{2n+2}O$), no tienen hidrógenos activos y no pueden formar puentes de hidrógeno intermoleculares como los alcoholes. Puesto que no hay asociación molecular, sus puntos de ebullición son mucho más bajos que los de los alcoholes y parecidos o algo más altos que los de los alcanos del mismo peso molecular.

Los puntos de fusión son bajos (el éter ordinario funde a -116 C) y aumentan cuando se acoplan mejor.

Por los pares de electrones no compartidos del $-O-$ los éteres forman puentes de hidrógeno con el agua y esto les da solubilidad, aunque a partir de cuatro carbonos ya son poco solubles.

En cuanto a sus propiedades químicas, poseen una función muy estable, los éteres no reaccionan con el sodio ni con otras bases fuertes y son buenos disolventes inertes para muchas reacciones.

Al inicio de su estudio para su posible incursión se encontraba el producto codificado como "producto Z", pudiéndose aprovisionar. Además estaba aprobado su uso por I+D, para la actividad de limpieza de superficies en

montaje, estando incluido en la norma interna que regula tal actividad (I+D-P-147A, *Limpieza manual con disolventes*). Por tanto se puede utilizar en los procesos de limpieza establecidos por la mencionada norma.

La norma interna I+D-P-147A establece las bases para realizar los procesos de limpieza preliminar, consistente en la eliminación grosera de grandes cantidades de suciedad en la que se persigue únicamente que las piezas sean manejables, y los procesos de limpieza final, consistente en la limpieza esmerada de una superficie cuando se requiere eliminar impresiones digitales, marcas, polvo. En estos procesos se encuentra encuadrada la limpieza de superficies en procesos de montaje, siendo posible el empleo de Diestone.DLS al estar incluido en los materiales a utilizar en estos procesos.

El Diestone.DLS: también se encuentra incluido en la norma interna I+D-P-146 *Aplicación de sellantes*. En ella se detallan los tipos de sellados a realizar sobre los elementos, indicando los procesos a realizar (en los que se incluye la limpieza de las superficies de los elementos) y los materiales a utilizar. En este caso sólo podría utilizarse para limpiar rebose, y excesos de sellante, y no para limpiar las superficies previas a la operación de sellado.

Del análisis de las normas internas I+D se concluye con la limitación del uso de Diestone.DLS a los procesos de limpieza general en montaje, excluyéndose su utilización en procesos específicos que requieran un desengrasado de las superficies, siendo el caso de las operaciones de sellado.

Su posible empleo repercute positivamente sobre el medio ambiente debido a su menor contenido en COV's reduciéndose a un 50% aproximadamente respecto de los disolventes utilizados inicialmente.

Desde el punto de vista de la salud el Diestone.DLS constituye un elemento menos nocivo, sus afecciones son más leves. A continuación se comparan los posibles riesgos sobre la salud del nuevo producto con los disolventes utilizados anteriormente.

Éste producto ya ha sido utilizado en otras sedes de Airbus con resultados satisfactorios. Por ejemplo en Francia se está utilizando desde hace un tiempo para la limpieza de superficies y para la limpieza de excesos de sellante, obteniendo resultados equivalentes en los procesos de limpieza a los obtenidos con el MEK.

	MEK	DIESTONE.DLS.
Contacto ojos	Irritante, lesiona el tejido ocular si no se elimina rápidamente	Puede provocar irritaciones y daños reversibles
Contacto piel	El contacto prolongado puede desengrasar y deshidratar la piel, produciendo molestias y dermatitis	Contactos prolongados o repetidos puede retirar la grasa natural de la piel y provocar dermatitis de contacto no alérgicas
Inhalación	Altas concentraciones de vapor irrita tracto respiratorio, produce dolores de cabeza, mareos	Irritación de las mucosas y del sistema nervioso central produciendo: cefaleas, pesadez, mareos, vértigo, fatiga, astenia muscular
Ingestión	Bronconeumonía o enema pulmonar	

Las propiedades, riesgos, efectos, etc, del nuevo producto pueden verse en el Anexo II.

7.1.2. INTRODUCCIÓN DEL DIESTONE.DLS.

Se opta por introducir el nuevo producto de forma gradual y progresiva hasta integrarse en la totalidad de la factoría. Como se señaló anteriormente, éste producto tiene acotado su ámbito de aplicación a operaciones de limpieza general y eliminación de excesos de sellante en montaje, quedando restringido su uso para operaciones de sellado.

Ya en el primer semestre de 2007, se inició una experiencia con este producto en una sección de la Nave II (Cajones Laterales A/330/340). Se introdujo en formato de botellas de 1L, en la Fase IV de la sección, utilizándose en otras fases en formato de toallitas preimpregnadas. Su empleo era opcional para la limpieza de superficies, pudiendo emplear el disolvente tradicional, Etil Metil Cetona. Los resultados de la experiencia no fueron muy favorables siendo baja la aceptación del nuevo producto, sobre todo en formato de botellas de 1L. Sin embargo las toallitas preimpregnadas fueron acogidas satisfactoriamente por cierto sector, para determinadas operaciones de limpieza, extendiéndose su uso a otras secciones.

La introducción de un nuevo producto en las operaciones de montaje, implica una adaptación de los operarios al empleo de éste en las operaciones. Una pequeña modificación en la operación o en las características del nuevo producto respecto del anterior, es materia de rechazo. Así ocurrió con el Diestone.DLS. que implicaba pasar el paño por la superficie a limpiar, un mayor número de veces, para obtener los mismos resultados que se obtenían con MEK. Además ciertas características de éste como su untuosidad o su olor incrementaron el rechazo por los operarios.

A pesar de los resultados obtenidos en la experiencia piloto, a principios de 2008 se optó por su introducción provisional, haciendo mayor hincapié en la formación y concienciación, de las ventajas del nuevo producto. En esta ocasión, se introdujo como producto exclusivo, realizándose todas las operaciones de limpieza de superficies en proceso de montaje, excepto para operaciones de sellado, con Diestone.DLS. Quedando el uso de Etil Metil Cetona reducido al desengrase de superficies previo sellado y para operaciones específicas que requieran su uso. Además la introducción provisional comenzó en un área más extensa, en una nave de la factoría.

Se seleccionó la Nave I para acoger la introducción experimental, por predisposición del personal. El Diestone.DLS. se segregó del resto de disolventes, en un armario diferente. El uso de MEK se restringía guardándolo en armarios diferentes, de forma que lo utilicen exclusivamente personas que

vayan a realizar la operación de sellado. El Diestone.DLS. se encuentra a disposición de todos los operarios, en armarios que no se encuentran bajo llave.

La introducción experimental, ha ido acompañada de sesiones informativas sobre el empleo y las ventajas del nuevo producto hacia la salud y el medio ambiente frente al uso de MEK. Éstas se fueron realizando por grupos reducidos de operarios, por secciones del taller hasta formarse a todos los operarios.

Se continuó con la introducción de Diestone.DLS empleándolo en la Nave III, en las secciones que se encuentran allí: Cajones Laterales HTP A380, Belly Fairing A380, desplazando el uso de MEK.

Como se ha comentado anteriormente la introducción de Diestone.DLS. se ha ido realizando de forma progresiva. La evidencia de esta introducción se refleja en los datos de consumo, obtenidos de los pedidos realizados en el primer cuatrimestre de 2008. Comparando los consumos realizados en el año anterior y en el primer cuatrimestre del 2008, se observa dicha introducción.

	2007	Enero-abril 2008
DIESTONE.DLS. (kg)	210	290
MEK (kg)	22.078	8.048

Cuadro 6. Comparación consumo de disolventes en el 2007 y en el primer cuatrimestre de 2008.

En el primer cuatrimestre del 2008, se ha consumido mayor cantidad de Diestone.DLS. que en el transcurso del año anterior. La introducción se produjo a principios de Marzo, reduciéndose el periodo de empleo del producto en el cuatrimestre, a dos meses.

El Diestone.DLS. consumido en 2007 se empleó únicamente en una sección (Cajones Laterales A330/340) como experiencia piloto. La comparación no es proporcional, pero se refleja la mayor envergadura de la introducción en 2008.

Con el transcurso del tiempo se obtendrán resultados más concluyentes, esperando que los consumos de Diestone.DLS aumenten, reduciéndose los de MEK. Actualmente se continúa actualmente con el estudio de otros productos menos agresivos hacia el medio ambiente y hacia la salud de las personas. Se baraja también la posibilidad de utilizar en este caso productos como tensoactivos o sustancias jabonosas para operaciones de limpieza general, con el fin de producir un menor daño hacia el medio ambiente. Dentro de estos productos podemos ubicar el Elixair Skywash.

En un futuro se pretende conseguir un producto a través del cual se obtengan resultados de desengrase y adecuación de las superficies de las piezas, iguales a los obtenidos con MEK, pero con un contenido en COV's inferior, siendo menos agresivo hacia el medio ambiente y hacia la salud. Hasta entonces se continuará con el uso de Diestone.DLS para las operaciones de limpieza general y con el uso de MEK, para las operaciones de sellado.

7.2. PROPUESTA 2: CAMBIO FORMATO DEL MATERIAL.

El empleo de disolventes para la limpieza de superficies en el proceso de montaje, se ha venido realizando, impregnando absorbentes de algodón y frotando posteriormente la superficie de los elementos y las piezas a limpiar con los mismos. De este modo no se controlaba la cantidad de disolvente que se aplicaba sobre los absorbentes.

El disolvente se suministraba en taller en botellas de 1 litro las cuales tenían un tapón dosificador. A través de este método de aplicación la cantidad que se utilizaba no se controlaba, empapando en ocasiones, en exceso los absorbentes para las operaciones que tenían que realizar.

Ante esta situación, se estudió la posibilidad de aplicar los disolventes controlando la cantidad de disolventes a utilizar. Nace el estudio de un cambio de formato de material, para conseguir aplicar el disolvente con cierto grado de control, dejándolo de aplicar de forma discrecional.

Se concluyó finalmente con la introducción de gamuzas preimpregnadas en disolvente, de esta forma la cantidad de disolvente a utilizar está predeterminada por el fabricante. Se obtiene así una reducción de su consumo y por tanto de las emisiones de COV's, ya que se evita excesos en la cantidad de disolvente utilizada y posibles derrames.

Al inicio del estudio de este nuevo formato de aplicación, las gamuzas preimpregnadas de disolvente estaban codificadas como "producto z" para el disolvente empleado por el momento en la factoría MEK y para un nuevo disolvente con un contenido menor en COV's, Diestone.DLS. Además estaban aprobadas por I+D para la limpieza de superficies en montaje, estando incluidas en la norma I+D-P-147 A *Limpieza manual con disolventes*.

Pudiéndose utilizar los disolventes en este formato en los procesos, especificados por la norma.

Se analizó la posibilidad de introducir el nuevo formato para los diferentes tipos de disolvente empleados, incluyendo al nuevo producto Diestone.DLS. Paralelamente se estaba estudiando la posibilidad de introducir este último, el cual posee un contenido en COV's inferior al de los disolventes que se venían utilizando (50% aproximadamente). Al planear reducir el uso de MEK a operaciones de sellado, se optó por la introducción del formato de gamuzas preimpregnadas exclusivamente para el Diestone.DLS.

Es de tener en cuenta la particularidad de este formato en la forma de almacenarlo y guardarlo en el taller. Las gamuzas son suministradas en paquetes de 100 unidades, los cuales deben ser almacenados hasta su uso bajo unas determinadas condiciones de temperatura y humedad. En la planta, deben ser guardados en los almacenes de suministro bajo las condiciones indicadas y deben ser solicitados a ellos cada vez que se necesite uno nuevo, sin poder ubicarse en los armarios de almacenaje de disolvente situados en el taller. Una vez abierto el paquete debe ser guardado en unos dispensadores que poseen una pequeña apertura para poder ir cogiendo las gamuzas sin tener que abrir por completo el recipiente. De este modo se evita que se evapore el disolvente contenido en las mismas una vez abierto el paquete.

Su introducción, al igual que en el caso de un nuevo producto, implica un cambio en el modo de operar, por tanto requiere un periodo de adaptación por parte de los operarios. La introducción se llevará a cabo de forma secuencial para todos los programas.

Introducción nuevo formato aplicación: gamuzas preimpregnadas.

En el primer semestre de 2008 se introdujeron las gamuzas preimpregnadas en una sección del taller (Cajones Laterales A330/340) de forma experimental, para el Diestone.DLS. Se introdujeron a la vez que se introducía el nuevo producto en formato de botellas de 1L.

Éste nuevo formato de aplicación para el nuevo disolvente no tuvo una gran aceptación en general por los operarios, aunque para determinadas actividades y fases de la sección si tuvo buena acogida por un sector de los operarios, llegando incluso a ser solicitado por otras secciones (Cajones laterales HTP-A320, Timones A318/319/320,...). Aún así su utilización no fue masiva, estando reducida a una parte de las operaciones, de un sector de los operarios.

Al no alcanzarse una introducción satisfactoria de las gamuzas preimpregnadas en Diestone.DLS, el departamento tomó la decisión de introducirlas experimentalmente en una nave de la factoría, como el caso del Diestone.DLS en formato de botellas de 1 Litro. Ambas acciones fueron conjuntas generando la misma acción de mejora. Éste nuevo formato puede utilizarse en los mismos casos que el formato en botellas, es decir, para operaciones de limpieza general de superficies, quedando restringidas en operaciones de sellado.

Las fases en el proceso de introducción fueron las mismas que en el caso de formato de botellas. Se comenzó su introducción en la Nave I de la factoría, con el fin de utilizarla por los operarios para operaciones de limpieza general en los mismos casos que en el formato habitual. La peculiaridad en su introducción fue las exigencias de su almacenaje para mantener las características necesarias para alcanzar los requisitos de limpieza exigidos. Como se comentó anteriormente, las gamuzas deben almacenarse a una determinada temperatura y guardarse en los dispensadores, una vez abiertos los paquetes. De este modo se repartieron dispensadores de gamuzas a los operarios del taller y los primeros paquetes de gamuzas. A medida que se iban agotando los paquetes se iban solicitando nuevos a suministro.

La introducción provisional, como se indicó en el apartado anterior, comenzó el 4 de marzo de 2008 en la nave I. Se extendió al resto de las naves introduciéndolo en la Nave III el 24 de marzo, y en la nave II el 28 de abril.

En las sesiones informativas que se fueron realizando sobre la introducción de Diestone DLS, se encontraba recogida la utilización del nuevo formato de aplicación, gamuzas preimpregnadas, para el nuevo producto. Mencionaba su

utilización en los mismos casos que en formato de botellas de 1L, siendo opcional el formato de aplicación del disolvente.

Se pretende conseguir una mayor utilización de las gamuzas preimpregnadas, desplazando el uso del formato de botellas a determinadas operaciones de gran dificultad, que requieran el uso del disolvente de forma líquida. De esta forma se lograría reducir el consumo de COV's y por tanto sus emisiones a la atmósfera. No se descarta la inserción de nuevos formatos de aplicación más eficaces, con el fin de disminuir el consumo. Se continuará, como en el caso del cambio de material, con el estudio de nuevas alternativas que consigan reducir el consumo de COV's, empleándose formatos de aplicación que regulen en mayor medida la cantidad de disolvente empleada.



Fig.3. Gamuzas preimpregnadas Diestone.DLS.

7.3 BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES.

La limpieza de las piezas y de los elementos a montar y ensamblar es una operación que se realiza día a día en el taller. Las operaciones de limpieza que se pueden desarrollar son:

- Limpieza preliminar: eliminación grosera de grandes cantidades de suciedad, en la que se persigue únicamente que las piezas sean manejables.
- Limpieza final: Consiste en la limpieza esmerada de una superficie cuando se requieran eliminar impresiones digitales, marcas y polvo.
- Limpieza para acondicionar las superficies para determinadas operaciones (sellado): limpieza esmerada de la superficie consiguiendo un desengrase de la misma, cumpliendo así con las exigencias requeridas por la normativa interna I+D para determinados procesos.

Cada operación de limpieza requiere el empleo de determinados materiales y la realización de determinados procesos. El empleo de disolventes a través de gamuzas de algodón, es general en todas ellas, no siendo la única operación de limpieza a efectuar. Previamente se tiene que eliminar el grueso de suciedad con aspiradores (en caso de fibra de carbono), brocha o paños secos o empapados en agua.

El tipo de disolvente a emplear no es el mismo en todos los casos, restringiendo el uso de disolventes con un mayor porcentaje en COV's (MEK) para la limpieza en operaciones específicas que requieren un adecuado desengrasado (sellado). Así mismo el resto de limpiezas se realizarán utilizando el nuevo disolvente Diestone.DLS. cuyo porcentaje en COV's es menor (50%).

El modo de operar a la hora de realizar las tareas de limpieza de cada montador difiere levemente de uno a otro, pudiendo emplear mayor o menor cantidad de disolvente o ensuciando en mayor o menor grado, durante el

trabajo, las superficies de los elementos. Es por ello que se estudió la posibilidad de elaborar una colección de buenas prácticas con el objetivo de realizar la limpieza lo más eficientemente posible tratando de disminuir el consumo de disolventes.

Se pretende conseguir una colección que aconseje el modo de proceder, a la hora de realizar los procesos de limpieza, a los operarios, realizando un uso racional de los disolventes. A la hora de llevarlo a cabo se partió de la premisa de “ensuciar lo mínimo” reduciendo así, las operaciones de limpieza.

La colección engloba una serie de directrices, que se detallarán a través de una ficha, facilitando su comprensión y su posterior puesta en práctica.

La elaboración de la colección se basa en diferentes fuentes: información obtenida directamente del taller, encuestas a los operarios, sesión de brainstorming con maestros de taller, técnicos de ingeniería, personal de los departamentos I+D, calidad, medio ambiente, seguridad y salud, etc. Toda la información recogida se analizó tomando aquella que permitía elaborar la colección.

7.3.1 EXPERIENCIA PILOTO.

En primer lugar, con el fin de conocer la situación actual en planta, se determinó el consumo de disolventes en una sección acotada como piloto, destinada a albergar de forma experimental la colección. Una vez implantadas las buenas prácticas se procedería a determinar de nuevo el consumo, para evaluar así la eficacia de las prácticas.

El consumo se determinó a partir de las botellas consumidas situadas en sus bidones receptores, situados en las áreas ecológicas de la sección del taller. Tuvo una duración de un mes, en el cual cada tres o cuatro días se contabilizaba las botellas consumidas en ese periodo, las botellas se contaban en el almacén de sustancias peligrosas.

A continuación se muestra el consumo de los diferentes disolventes empleados por fases, así como el porcentaje consumido de cada tipo de disolvente en cada una de ellas.

CONSUMO DISOLVENTES			
	BOT. MEK	BOT. DIESTONE	TOTAL
FASE II	29		29
FASE III	50		50
FASE IV	115	3	118
TOTAL	194	3	197

Cuadro 7. Consumo diferenciado de los distintos disolventes en la sección piloto.

El consumo de cada tipo de disolvente por fases reflejaba a pequeña escala el uso que se realizaba de cada disolvente. Así el MEK era el disolvente más utilizado en cada una de ellas, siendo su consumo superior al resto de disolventes utilizados en todas las fases. En la fase IV se reduce levemente el consumo de MEK a un 93,22%, pudiendo ser debido a la presencia de un disolvente adicional, no presente en el resto de fases, Diestone.DLS. Ésta fue la que acogió la experiencia piloto de empleo de Diestone.DLS, en el primer semestre de 2007, continuando su empleo en determinadas operaciones de limpieza. Esta medida de consumo se realizó previamente a su inserción provisional, de ahí el hecho que sólo esté presente en esta fase y en pequeña proporción. Actualmente la distribución de consumo de los diferentes disolventes habrá variado con la introducción del Diestone.DLS, empleándose en todas las operaciones de limpieza, excepto en los procesos de sellado.

El mayor consumo de disolventes se produce en la fase IV, este dato manifiesta el hecho de la realización de la limpieza general final de las piezas en esta fase, en la cual se consume una gran cantidad de disolventes. Además esta sección acoge el montaje de los cajones laterales A 330/340, constituyendo depósitos integrales de combustible, los cuales requieren unas condiciones exigentes de desengrasado para realizar un adecuado sellado, evitando posibles fugas. Esto propicia un elevado consumo de disolvente.

Analizando el consumo en toda la sección, el MEK es el disolvente que más se ha consumido. Con la elaboración y posterior aplicación de las buenas prácticas, se pretende reducir esta cifra. La disminución del consumo va a depender en gran medida de la aceptación de la colección de buenas prácticas por los operarios involucrados. La formación, en este sentido, va a ser fundamental para conseguir una buena acogida.

Ésta medida de consumo establece una base para poder comparar el consumo una vez se implanten las buenas prácticas. Pudiéndose estimar la cantidad a reducir en una sección.

7.3.1.1. ENCUESTA.

El personal directamente involucrado en las operaciones de limpieza en montaje, es el que mejor conoce la situación de la utilización de disolventes en las mismas. Por ello, a través de la realización de una encuesta se pretende conocer su opinión, con objeto de recabar toda la información posible para la confección del catálogo de buenas prácticas. Estando dirigida tanto a operarios, como a técnicos y personal de ingeniería, pretendiendo abordar los siguientes aspectos:

- Los métodos.
- Las superficies a limpiar.
- Los productos.
- Los elementos auxiliares.
- Los posibles ahorros de materias primas.
- Las opciones de minimización.

La encuesta, se encuentra recogida en el Anexo III, ha sido elaborada con un sentido eminentemente práctico mediante preguntas de fácil comprensión, con el objeto de obtener una rápida idea de la percepción de la situación de los disolventes en el proceso por las personas involucradas.

A través de las cuestiones que integran la encuesta, se pretende abarcar los diversos aspectos que condicionan el proceso de limpieza, tratando de captar la opinión del personal involucrado sobre cada una de ellas. En ella también se deja la opción al planteamiento de opiniones, sugerencias o cuestiones, para recoger así todas las ideas posibles.

La encuesta es propuesta como método de recabar información para posibles modificaciones del catálogo de buenas prácticas. Éste va a estar sujeto a posibles modificaciones tratando de mejorar la eficacia de las directrices que lo componen.

7.3.1.2. BRAINSTORMING.

Dada la gravedad del alcance de la situación de incumplimiento de la normativa relativa a las emisiones de COV's por consumo de disolventes (RD.117/2003) se convocó una reunión para abordar el tema, desde diferentes perspectivas por parte del departamento de medio ambiente. Diversos departamentos intervinieron en la reunión exponiendo la situación de empleo de COV's y posibles soluciones, entre ellos, medio ambiente, ingeniería, calidad, I+D, seguridad y salud, etc. Además acudieron a la misma, maestros de taller, técnicos de ingeniería, directivos, representando a cada área de la planta, mostrando su opinión a cerca del tema.

La reunión concluyó con la realización de una sesión de “brainstorming”, estando formado el grupo de trabajo, por los asistentes a la misma. El objetivo definido de la sesión era: *“conseguir el mayor número posibles de acciones a llevar a cabo, para cambiar el hábito de uso de MEK dando lugar a la reducción de las emisión de COV's.* Se llevó a cabo bajo la pregunta:

¿Qué podemos hacer para modificar la conducta y conseguir cambiar el hábito de uso de MEK para reducir la emisión de COV's?

A través de la sesión se obtuvieron una serie de ideas tratando de minimizar el consumo de COV's. Éstas fueron posteriormente analizadas y valoradas desde los puntos de vista de eficacia, coste de su implantación y dificultad de su implantación. Las medidas que obtuvieron una valoración más alta son las que se van a llevar a cabo. (Anexo IV diagrama causa efecto, medidas a implantar).

Las medidas que se obtuvieron abarcaban diversos ámbitos de actuación. Algunas suponían cambios de hábitos en el taller, cambio en los procesos, cambios en las infraestructuras, etc. Se tomó como fuente para la elaboración de la colección de buenas prácticas, aquellas que implicaban cambios o especificaciones en la forma de actuar, a la hora de realizar las limpiezas en el taller, por parte de los operarios.

De la mencionada reunión y sesión de Brainstorming se propusieron cambios en los procesos para disminuir el uso de COV's. Cabe destacar la eliminación de limpiezas redundantes en los procesos de limpieza, con objeto de reducir el consumo innecesario de disolventes, sin perjuicio de la calidad del producto.

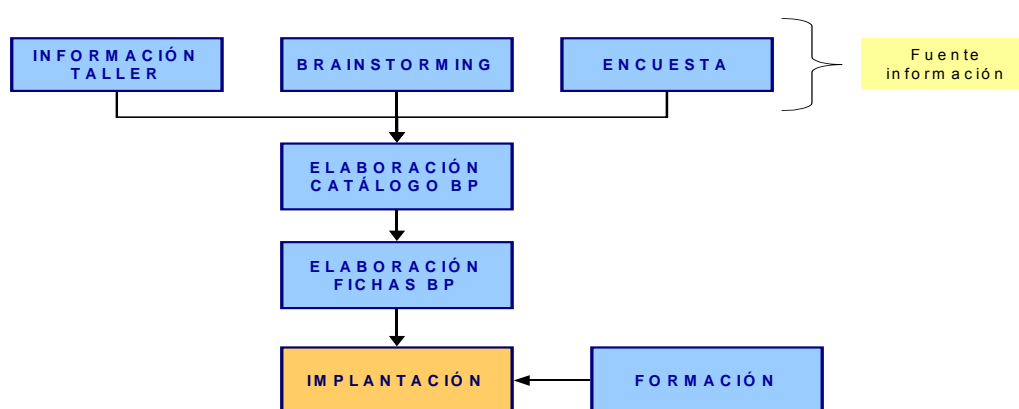
La dinámica de las operaciones de montaje ha llevado consigo la limpieza de las superficies de los elementos en cada operación a realizar, sin tener porque ser expresamente necesaria. Con esta medida se espera racionalizarlas, eliminando de los procesos a medio plazo toda referencia a las limpiezas intermedias, no estrictamente necesarias para asegurar el producto.

Mencionar también la creación de un equipo interdepartamental para el seguimiento del proyecto, para poder afrontar el problema de forma interdisciplinar debido a repercusiones en diferentes áreas. La actuación conjunta es la que permitirá poder llevar a cabo las diferentes acciones para lograr el objetivo marcado.

7.3.2. ELABORACIÓN CATÁLOGO BUENAS PRÁCTICAS.

La colección de buenas prácticas esta formada por una serie de directrices con el fin de lograr una aplicación más eficiente y racional de los disolventes, reduciendo la cantidad empleada. Cada una de ellas ha sido desarrollada a través de una ficha facilitando su comprensión, para su posterior aplicación.

En su elaboración se ha tomado como base, información recogida directamente del taller y de la sesión de brainstorming realizada.



La colección consta de nueve directrices, cada una de las cuales está desarrollada a través de su correspondiente ficha práctica (Anexo V fichas buenas prácticas). Éstas abarcan los aspectos que condicionan el proceso de limpieza:

- Protección de elementos contra la suciedad.
- Racionalización de limpiezas.
- Eliminación del grueso de suciedad, material suelto en la superficie y polvo.
- Elección del disolvente a usar.
- Empapado de absorbentes de algodón.
- Manipulación de piezas.
- Aplicación de sellante en la zona a limpiar.
- Uso correcto de los aspiradores en las operaciones de taladrado.

- Mantenimiento de puertas cerradas.

Cada directriz está codificada, pudiendo identificar de forma fácil y rápida su correspondiente ficha práctica. En cada una de ellas se detalla las acciones a realizar a la hora de aplicar la directriz. También incluye acciones a evitar para facilitar el proceso de limpieza.

Ya elaborada la colección, se prevé su implantación en el taller a corto plazo. Ésta irá acompañada de sesiones informativas a los operarios, formándolos acerca de las directrices de la misma. Se realizarán por grupos reducidos de unos quince operarios, facilitando su comprensión.

7.4. PROPUESTA IV: RECUPERACIÓN DE LOS DISOLVENTES.

Una de las condiciones expuestas por la Consejería de Medio Ambiente, es la puesta en práctica de un programa de recuperación de disolventes, tratando de recuperar una fracción del disolvente empleado. A raíz de esto se estudian las opciones posibles, para lograr esta recuperación con el objeto de reducir las emisiones de COV's y estudiar la viabilidad de reutilización del disolvente.

Dada la exhaustividad del proceso de limpieza, el disolvente se encuentra impregnado en los absorbentes empleados para su aplicación. Por esto, el modelo estudiado se fundamenta en la recuperación de disolvente a partir, de los absorbentes impregnados y de las toallitas preimpregnadas de disolvente, una vez utilizadas.

El modelo de recuperación pretende tomar el disolvente que queda albergado en el absorbente, una vez realizado el proceso de limpieza, evaporándolo en un primer momento. Ésta operación se realizaría en un habitáculo confinado, para posteriormente, condensar el disolvente evaporado, a través de un condensador, recogiendo el disolvente condensado.

Los absorbentes utilizados se depositan en los bidones específicos de residuos peligrosos de las áreas ecológicas de cada sección. Éstos bidones tendrían una apertura de entrada que recupera su forma cerrada, una vez se hayan introducido los absorbentes, de modo que se evite la salida de COV's. Los recipientes albergaran los absorbentes hasta su traspaso a la unidad de recuperación. La periodicidad del traslado, o lo que es lo mismo, la periodicidad del proceso, dependerá de las especificaciones finales del equipo.

La unidad de recuperación constará en primer lugar de un recipiente receptor de los absorbentes impregnados. En su interior se evaporarán los disolventes contenidos en los absorbentes, para ello se emplearán resistencias eléctricas que facilitaran la evaporación de los disolventes, aplicando una temperatura próxima al punto de ebullición de los disolventes. Se establecería un flujo de disolvente, canalizándolo para posteriormente, ser condensado mediante un

condensador. Los disolventes condensados se recogerían en un recipiente receptor.

Se está estudiando la posibilidad de someter a la unidad de recuperación a presión negativa, acelerando la evaporación de los disolventes bajando su punto de ebullición y facilitando el flujo de COV's en una dirección determinada. La elección del vacío a realizar establece una situación de compromiso, entre los costes económicos debidos al grado de vacío requerido y a la disminución de la temperatura de ebullición de la mezcla de disolventes.

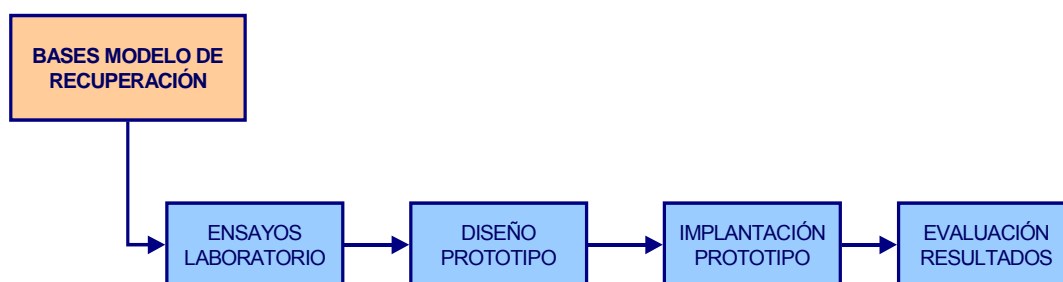
La citada unidad tiene prevista su instalación en el exterior de la nave junto al almacén de big-bags. Los absorbentes generados se trasladarían hasta ese lugar para someterlos al proceso.

En la planta se utilizan actualmente dos tipos de disolventes ya comentados en apartados anteriores, MEK y Diestone.DLS. El proceso de recuperación se va a realizar en conjunto, para los diferentes tipos de disolventes utilizados, de forma que se va a obtener una mezcla de los disolventes una vez realizado el proceso. Esto va influir en las posibilidades de reutilización del disolvente. Dados los requisitos de limpiezas establecidos por la norma interna I+D, en un primer momento, no se podrían utilizar para los procesos de limpieza de superficies de elementos que han realizado anteriormente. Esto no impide que se puedan emplear para otras operaciones que no requieran unas exigencias de limpiezas tan estrictas. En última instancia se optaría por la gestión del disolvente recuperado como residuo, a través de un gestor autorizado de residuos peligrosos.

Una vez establecidas las bases del modelo de recuperación, se determinó la necesidad de realizar ensayos de aproximación al proceso planteado, con objeto de determinar si es factible su desarrollo y puesta en práctica. Los resultados que se fueran obteniendo, irán guiando la modelización del proceso y suministrando la información necesaria para el diseño del recuperador.

Una vez realizados los ensayos se procedería al diseño del equipo, a través de la información suministrada por los mismos y de información recogida y elaborada procedente de las instalaciones.

A continuación se procedería a la instalación del prototipo, seguido de su evaluación y una vez realizada, su experiencia práctica en condiciones reales de trabajo.



Cuadro 8. Proceso investigación implantación proceso de recuperación.

7.4.1 ENSAYOS EXPERIMENTALES.

Se ha simulado el proceso de recuperación en el laboratorio comprobando la viabilidad de la recuperación de disolvente a través del proceso planteado.

Los ensayos se diseñaron intentando aproximarse al máximo a las condiciones reales.

Se emplearon absorbentes de algodón limpios del taller, impregnándolos de disolvente, simulando el proceso realizado en el taller y posteriormente, se realizan ensayos con absorbentes utilizados en la planta.

Los absorbentes impregnados fueron tratados, tanto en un rotavapor como en una estufa, sometidos a diferentes ensayos experimentales, para determinar la cinética de evaporación de los disolventes bajo diversas condiciones de operación, de los que se extraen las siguientes conclusiones:

- La temperatura más adecuada para el secado de los paños, es para el etil,metil,cetona de 80 C y para el Diestone la temperatura de 95C.
- La impregnación de los paños, al llegar al equipo de recuperación es de 7,5 gramos de disolvente por paño.
- No es necesario instalar en los bidones receptores de absorbentes, un sistema de refrigeración, si el traslado de los absorbentes a la unidad de recuperación se realiza en menos de 24 horas.
- La eficacia para una muestra real tomada del taller, estando compuesta la mezcla por un 20% de Diestone y un 80% de Etil Metil Cetona, es de aproximadamente de un 40%, aumentando a medida que aumenta la proporción en la muestra de Diestone.
- La importancia de trasladar los absorbentes impregnados a los bidones receptores, con la mayor brevedad posible una vez hayan sido utilizados, ya que los disolventes en superficie abierta se evaporarían rápidamente.

7.4.2. INFORMACIÓN DEL DISEÑO DEL EQUIPO.

El prototipo del equipo de recuperación constaría de un recipiente receptor de los absorbentes impregnados utilizados en el taller, formado por material metálico inoxidable. Con un aporte de calor procedente de unas resistencias eléctricas, para someter a los disolventes a una temperatura cercana a sus puntos de ebullición, dando lugar a su transformación a fase vapor. Esta unidad estaría conectada a través de una canalización a un condensador, refrigerando los disolventes evaporados, los cuales pasarían a un recipiente receptor formado también por un material metálico inoxidable. Cabe la posibilidad de realizar el proceso a vacío, acelerando las operaciones que se producen, disminuyendo el punto de ebullición de los disolventes, facilitando su volatilización y facilitando el flujo de COV's en una dirección determinada.

A la hora de diseñar las diferentes unidades del equipo de recuperación se partirá de los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados. A raíz de las curvas de cinética de evaporación de los disolventes y de las muestras tomadas se determinará la temperatura a aplicar en el proceso y las características de operación del condensador. Con objeto de complementar la información necesaria para dimensionar el equipo se llevaron a cabo una serie de medidas y recopilación de datos de interés en las instalaciones, en concreto se determinó:

- Consumo de absorbentes impregnados.

ABSORBENTES GENERADOS	
Paños por jornada	851
kg paños por jornada.	97,08
Vol. Paños jornada (m ³)	0,93

Cuadro 9. Absorbentes generados.

- Disolvente a recuperar de los absorbentes empleados, y disolvente evaporado sobre las superficies de las piezas.

DISOLVENTE EN ABSORBENTE Y EVAPORADO POR DÍA LABORAL.	
Peso disolvente paños a recuperar (kg)	55,08 – 64,26
Peso disolvente evaporado (kg)	97,92 – 88,74

Cuadro10. Cantidad disolvente susceptible de recuperar.

- Consumo diario de disolventes.

El consumo diario estimado de disolventes es de 153 kg / día.

A la hora de diseñar la unidad de recuperación se ha de tener en cuenta la información anteriormente tomada.

El recuperador va a constar de un recipiente metálico inoxidable, el cual recibirá los absorbentes utilizados en el taller. En su interior se pasa a fase vapor los disolventes líquidos, para ello se les someterá a una determinada temperatura cercana a sus puntos de ebullición. El rango de temperatura idóneo determinado, en los ensayos realizados, es de 80 - 95 C. Se colocarán resistencias eléctricas para aumentar la temperatura al rango deseado.

Las dimensiones de este recipiente receptor de absorbentes van a depender del volumen generado de absorbentes utilizados. En una jornada laboral se generan una media de 97,08 kg de absorbentes impregnados y un volumen de 0.93m³.

La canalización de la unidad de refrigeración estará conectada con un recipiente receptor del disolvente condensado, en la unidad de refrigeración. Las dimensiones de este recipiente receptor van a depender de la cantidad de disolvente a recuperar.

Se estima la cantidad a recuperar, a partir del dato de consumo diario de disolventes, aplicándole el porcentaje estimado de recuperación.

Consumo diario disolventes.	153 kg
Consumo por jornada de disolventes.	76.5 kg
% recuperación estimado	42 –36
Cantidad a recuperar en una jornada	32.13 – 27,54 kg

Cuadro 11. Cantidad de disolvente a recuperar.

En la última etapa de ensayos experimentales quedó constancia de la necesidad de albergar los disolventes en un bidón aislado, una vez utilizados. Su deposición debería realizarse en el instante que deja de ser utilizable el absorbente, inmediatamente después de su empleo. El hecho de precisar los

absorbentes utilizados, generados a lo largo del proceso de montaje, para la recuperación requiere incorporar una nueva línea de recogida exclusivamente para los absorbentes.

El recipiente a utilizar para albergar los absorbentes empleados antes de depositarlos en la unidad de recuperación, debe aislar y confinar a los absorbentes y a los disolventes contenidos en los mismos, evitando posibles pérdidas de disolvente por evaporación que entorpecerían el proceso. La apertura de entrada de los absorbentes debe diseñarse de forma que recupere su forma una vez introducidos, manteniéndose abierta el menor tiempo posible. El recipiente debe ser hermético, evitando posibles fugas.

7.4.3. SELECCIÓN DEL EQUIPO INDUSTRIAL DE RECUPERACIÓN DE DISOLVENTES.

Se toma como punto de partida, para la elección del equipo de recuperación, los datos obtenidos durante la fase de experimentación que va a limitar en mayor o menor grado, las posibles alternativas para la recuperación, ya que, los aparatos utilizados para la experimentación son equiparables en menor escala al equipo industrial a implantar.

Primeramente, se tiene en cuenta la operación unitaria que se ha llevado a cabo de forma experimental, anteriormente se mencionó que los diferentes ensayos experimentales se llevaban a cabo a través de un rotavapor o por medio de una estufa, a medida que las muestras se fueron ampliando quedó rechazado el uso del rotavapor, utilizándose a partir de ese momento una estufa para realizar ensayos de mayor magnitud, por tanto la operación unitaria que se da en primer lugar en la recuperación de disolventes es, el secado. Por lo que se implantará para la recuperación de los disolventes impregnados en los paños, un secador.

El secado es una operación básica de la ingeniería química, que consiste en separar un líquido de un sólido por conversión a vapor mediante evaporación. La energía para evaporar el líquido es suministrada en forma de calor. El

secado es un término relativo y sólo significa que hay una reducción del contenido de líquido, desde un valor inicial hasta un valor final aceptable.

El proceso de secado de sólidos es de considerable importancia práctica y económica en todas las industrias. La operación varía mucho según el material a secar, podemos encontrar secados que van desde unos pocos segundos hasta algunos días.

El secado de sólidos incluye dos procesos fundamentales y simultáneos:

- Transferencia de calor: Se transmite calor para evaporar el líquido, ésta transferencia procede de la superficie externa, los alrededores, hacia el interior del sólido a excepción del secado dieléctrico y por microondas, dónde la conducción se realiza dentro del sólido y de la evaporación producida en la superficie o, a veces, dentro del sólido.
- Transferencia de materia: Se transmite masa en forma de líquido o vapor dentro del sólido, hacia la superficie del mismo y como vapor desde la superficie a los alrededores. El movimiento dentro del sólido se debe a un gradiente de concentración que depende de las características del mismo. Es una función del tamaño, forma y disposición de las partículas componentes del material sólido y de la facilidad con que el vapor y el líquido puedan migrar a su superficie externa.

Cuando intervienen transferencia de materia y transmisión de calor, el mecanismo de secado depende de la naturaleza del sólido y del método de contacto entre el sólido y el gas. Los procesos que regulan las velocidades de estos procesos determinan la rapidez o el índice de secado.

El estudio de cómo se seca un sólido se puede basar uno de los dos procedimientos siguientes:

- Mecanismo interno del flujo del líquido.

- Efecto de las condiciones externas de temperatura, humedad, estado de subdivisión, flujo de aire...sobre la velocidad de secado del sólido.

El primer procedimiento requiere por lo común un estudio básico de las condiciones internas, mientras que el segundo procedimiento es menos fundamental, pero generalmente es más utilizado, debido a que los resultados obtenidos tienen mayor aplicabilidad inmediata en el diseño y evaluación de equipos. Por lo que, en el presente proyecto se realiza el diseño según los datos obtenidos del efecto de las condiciones externas.

La energía necesaria para evaporar el líquido es suministrada generalmente en forma de calor, a veces se usan otras formas de energía como campos de radiofrecuencia, trabajo mecánico o reacciones químicas.

El tratamiento teórico del secado de sólidos depende del mecanismo predominante en la transferencia de calor. Suelen ser predominantes la convección y la conducción, aunque en todos los secadores se transfiere calor por radiación, es raro que sea éste el mecanismo que predomina. Esto es debido a que al suministrar medios para el calentamiento por convección o conducción, se proveen automáticamente los medios para la eliminación del vapor; el transporte de calor por radiación no requiere ningún medio físico y no implica en sí mismo ninguna forma de eliminar el vapor. Haciendo de la radiación un efecto secundario, que debe tenerse en cuenta como correlación al mecanismo de transporte predominante.

- Secado por convección: El material es secado por contacto directo con una corriente de gas caliente que pasa a través o sobre él, proporcionando dos efectos, entregar calor y eliminar el vapor formado. En el secado por convección el coeficiente de transferencia de calor suele ser grande y no varía mayormente durante el transcurso del secado, ahora la limitación de la velocidad está dada principalmente por la transferencia de materia. En el secado por convección podemos encontrar dos regímenes muy diferentes: el período de velocidad constante limitada por la transferencia de calor al material, siendo más o

menos independiente de la naturaleza del material y el período de velocidad decreciente, la limitación está dada por el coeficiente de transferencia de materia, que depende de las propiedades del material a secar. El período de velocidad decreciente implica una parte sustancial del tiempo de secado. El punto donde se produce el cambio de velocidad constante a velocidad decreciente, se denomina humedad crítica, es una función de la velocidad de secado a velocidad constante, que viene impuesta por las condiciones externas y la disposición del secador y de la transferencia de materia, que depende del material a secar.

- Secado por conducción: El material a secar, el sólido húmedo, se sitúa en un recipiente calentado externamente, que tiene una salida para eliminar vapor, se suele mantener el recipiente a presión reducida con el objeto de aumentar la fuerza impulsora térmica. La velocidad de secado, en un secador por conducción disminuye a medida que el material se seca, debido a la disminución de la transferencia de calor de la pared, al sólido que se está secando. Para su estudio la operación se puede suponer controlada por la transferencia de calor al material y descrita mediante un coeficiente total de transferencia de calor desde el medio calefactor al sólido que se está secando, la temperatura de éste se toma como la temperatura de ebullición del líquido. Al final del secado este mecanismo deja de ser limitante y el secado comienza a ser controlado por la velocidad de eliminación del líquido desde el sólido, efecto que se evidencia por un aumento de temperatura por encima de la correspondiente a la ebullición del líquido, este efecto suele estar contemplado como efecto secundario en el coeficiente de conducción. Por lo que se deduce que la velocidad de secado es en gran parte independiente de la transferencia de materia desde la sustancia pero esto no significa que la velocidad de secado es independiente de las propiedades del material.

Clasificación secadores basada en la transferencia de calor, se encuentra en el Anexo VI.

El calor que se suministra al secador sirve para:

- Calentar la alimentación hasta la temperatura de evaporación, se calienta tanto el sólido como el líquido.
- Evaporar el líquido.
- Calentar los sólidos hasta su temperatura final.
- Calentar el vapor hasta su temperatura final.
- Calentar el aire u otro gas agregado hasta su temperatura final.

Todos los pasos son despreciables, comparados con el punto 2.

7.4.4. ELECCIÓN DEL SECADOR.

Se deben seleccionar los secadores que sean más adecuados para manejar el material que contiene el líquido y que generen un producto con las propiedades físicas deseadas. En el presente diseño, el material a manipular son gamuzas de algodón impregnadas de los disolventes Etil Metil Cetona y Diestone, el producto de interés es el disolvente recuperado, contenido en las gamuzas, para su posterior reutilización.

A pesar de la variedad de secadores industriales que existen en el mercado, es la naturaleza del problema de secado, la que se impone al tipo de secador que ha de utilizarse o al menos limita su selección, por tanto los diferentes tipos de secadores son en buena medida complementarios y no competitivos.

Para realizar la selección del secador más adecuado vamos a partir de los siguientes datos de partida:

- Producción de la alimentación; Se producen 97,08 kg de gamuzas impregnadas de disolvente por jornada laboral, siendo esta jornada de 8 horas, teniendo una producción por hora de 12,13 kg/h, aproximadamente.

- Naturaleza de la alimentación: Sólido fibroso, gamuzas de algodón impregnadas de Etil Metil Cetona y Diestone.
- Características del disolvente a recuperar Etil Metil Cetona y Diestone.

En función de estas condiciones de entrada y atendiendo a diferentes clasificaciones, se realiza la selección del secador, que más se adecue a las condiciones reales.

✓ *Según la forma física de la alimentación húmeda.*

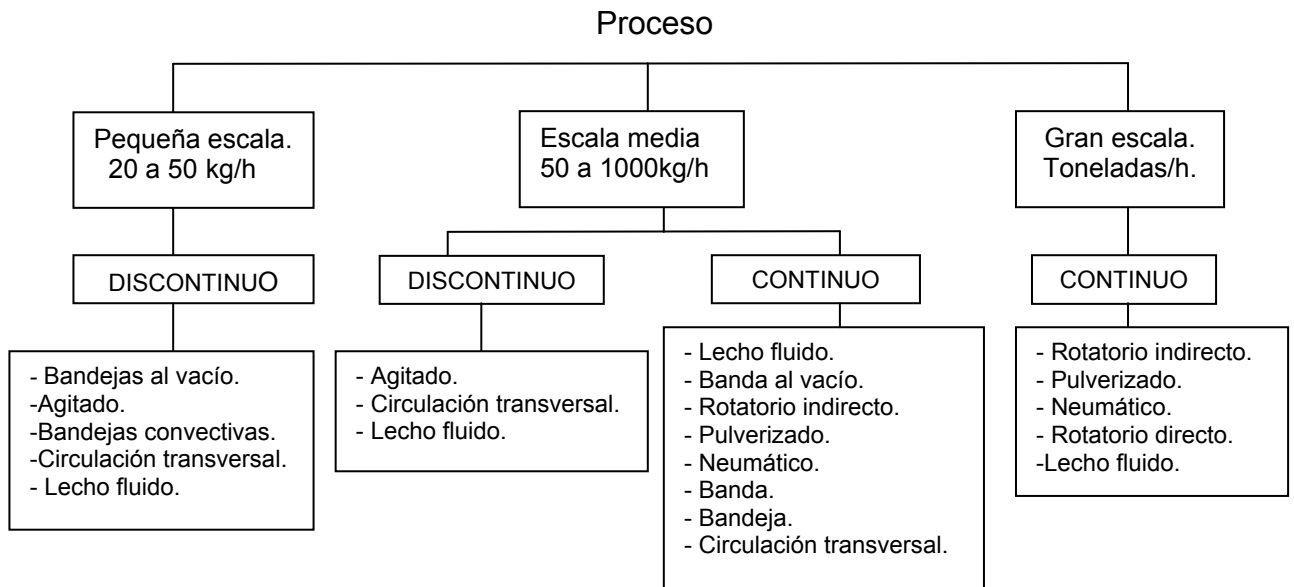
Se distinguen diferentes tipos de alimentación:

- Líquidos: Los secadores utilizados son secadores discontinuos con agitación.
- Sedimentos bombeables o suspensión: Secador discontinuo con agitación, banda al vacío, tambor, pulverización.
- Pasta blanda o barro: Bandejas al vacío, secadores discontinuos con agitación, bandejas convectivas, lecho fluido, banda al vacío, tambor, pulverización, neumático, banda convectiva, bandeja continua.
- Pasta preformada: Bandejas al vacío, bandejas convectivas, secadores discontinuos con circulación transversal, lecho fluido, neumático, banda convectiva, bandeja continua, secador continuo con circulación transversal.
- Pastas duras o moldeadas: Bandejas al vacío, bandejas convectivas, rotatorio indirecto, bandejas continuas.
- Polvos granulares: Bandejas al vacío, de cuba con agitación, bandejas convectivas, de cuba con circulación transversal, lecho fluido, rotatorio indirecto, neumático, rotatorio directo, bandejas continuas, continuo con circulación transversal.

- Sólidos fibrosos: Bandejas al vacío, bandejas convectivas, de cuba con circulación transversal, lecho fluido, rotatorio indirecto, neumático, rotatorio directo, bandas convectivas, bandejas continuas, secadores continuos con circulación transversal.
- Hojuelas: Bandejas al vacío, bandejas convectivas, tambor, bandejas continuas.

La forma física de la alimentación, objeto del estudio consiste en un sólido fibroso, ya que son gamuzas de algodón, siendo éste un polímero de la celulosa, perteneciendo por tanto al grupo de los sólidos fibrosos.

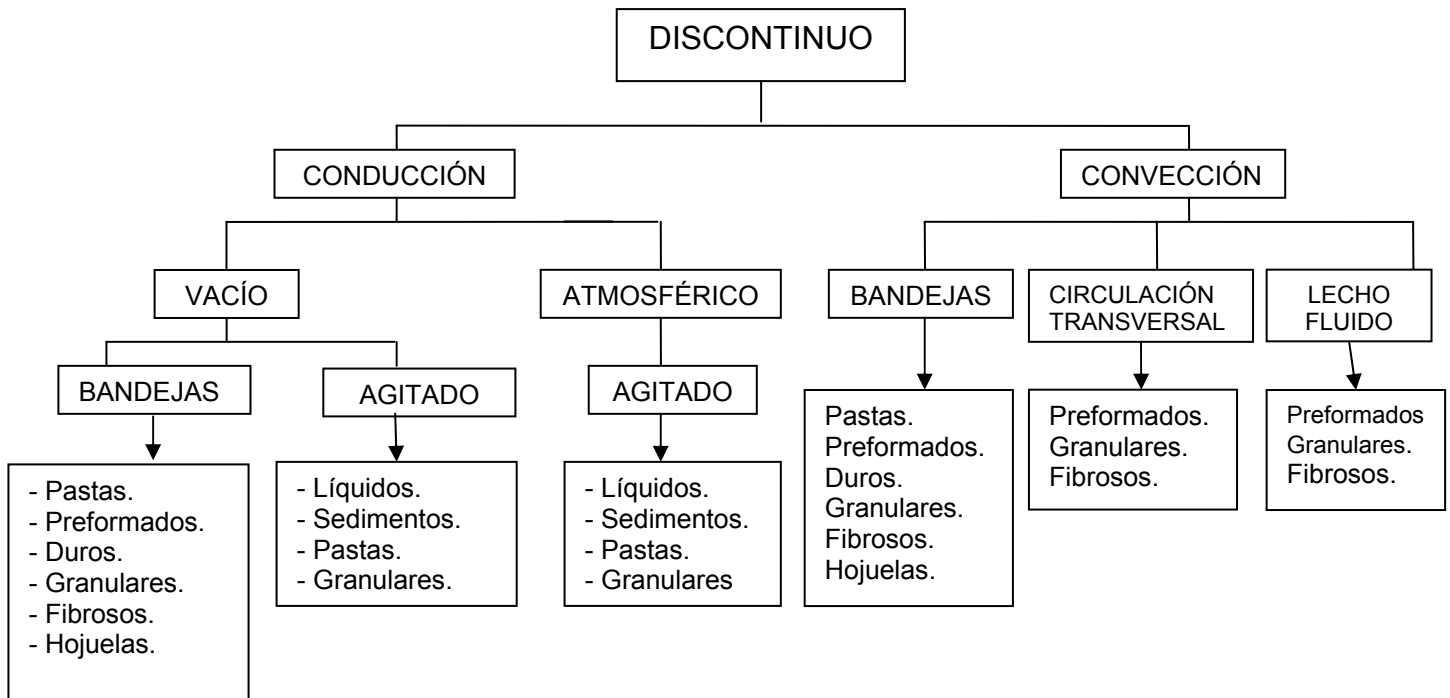
✓ *Secadores según la escala de producción.*



Según los datos de partida, el presente proyecto se encuentra dentro de la pequeña escala de producción, en la que los secadores más utilizados trabajan en discontinuo, es decir, por cargas. Además los secadores no adiabáticos o discontinuos son ampliamente utilizados para la separación y la recuperación de disolventes.

✓ Según el método de operación.

Cómo ya se ha mencionado anteriormente se trabajará por lotes, es decir, en discontinuo, dentro de los secadores que trabajan en discontinuo se distinguen:



En el este caso, la separación de los disolventes etil metil cetona y Diestone de las gamuzas de algodón, los ensayos simulados para el estudio del secado son realizados por medio de una placa caliente, cuya forma de propagación del calor es mediante conducción. Al ser los disolventes estudiados sensibles al calor, se aplica un cierto vacío, para disminuir la temperatura de ebullición de los disolventes y además favorecer la circulación de los vapores generados en un sentido determinado, concretamente hacia el condensador.

✓ Secadores según su conveniencia para casos especiales.

En ciertos casos, las condiciones de secado dependen de las propiedades características del producto, que puede ser tóxico o termosensible, o por condiciones físicas que se deseen dar al producto final.

Según esto, se clasifica a los secadores en:

- Procesos con peligros, éstos pueden ser:
 - Peligro de polvos: Se usan secadores discontinuos agitados, banda al vacío y secadores rotatorios indirectos.
 - Peligro tóxicos: Discontinuos agitados y banda al vacío.
 - Peligro de incendio: Discontinuos agitados y banda al vacío.
- Procesos con productos sensibles:
 - Productos sensibles a la temperatura: Secador discontinuo agitado, circulación transversal, lecho fluido, banda al vacío y secadores neumáticos.
 - Productos sensibles mecánicamente: Circulación transversal, banda al vacío, banda continua y bandejas continuas.
 - Productos sensibles a oxidación: Bandejas al vacío, banda al vacío y pulverizado.
 - Procesos con productos con forma especial: Se utilizan secadores como; banda al vacío, circulación transversal, pulverizado y de tambor.
 - Procesos con bajo costo de capital por unidad de producción; Utilizamos secadores de lecho fluido y rotatorio directo.

El presente proceso posee productos sensibles a la oxidación, por lo que se debe elegir el diseño de un secador que se encuentra dentro de este grupo.

Teniendo en cuenta, las diferentes clasificaciones expuestas y los diferentes requerimientos de diseño recabados mediante los ensayos experimentales, se propone el diseño de un secador de bandejas al vacío, para la recuperación de los disolventes impregnados en los absorbentes, al cumplir con todos los requisitos necesarios.

7.4.5. SECADOR SELECCIONADO: SECADOR DE BANDEJAS AL VACÍO.

Los secadores de bandejas al vacío funcionan con calefacción indirecta y presión reducida, la evaporación se efectúa por ebullición en ausencia de aire. La transferencia de calor, tiene lugar por contacto directo del sólido húmedo con las superficies calientes. Son de tipo discontinuo, es decir, trabajan por cargas. Se usan para el tratamiento de sólidos húmedos que pueden alterarse a temperaturas elevadas, además se usan para el secado de productos termosensibles, se utilizan también para productos fácilmente oxidables.

El proceso es esencialmente una evaporación, dónde el sólido tiende a adquirir la temperatura de ebullición del líquido y permanecer la mayor parte del tiempo a esa temperatura. La temperatura del sólido varía levemente, manteniéndose alrededor de la temperatura de ebullición del líquido, es conveniente suponer que la diferencia de temperatura es constante a lo largo del ciclo de secado.

Estos secadores constan de una cámara hermética al vacío, donde se realiza el secado de los sólidos, una fuente de vacío que hace disminuir la temperatura de ebullición del disolvente, aumentando la velocidad de evaporación y además dirige la corriente de vapor formado hacia una determinada dirección y por último, un condensador, donde se van a condensar los vapores procedentes de los disolventes.

Según el tamaño de la cámara donde se produce el secado tendremos una o dos puertas selladas con bridas elásticas de hulle o un material similar, suele estar construida casi siempre por hierro colado o placas de acero, posee rejillas de soporte calentadas dentro de la cámara, dónde se apoyarán las bandejas que contienen los sólidos a secar. Estas rejillas se encuentran fijadas a la cámara de forma permanente, en el diseño de este secador el calentamiento de las placas calefactoras se realizará por medio de resistencias eléctricas.

Las bandejas que transportan el material a secar, se colocan sobre las rejillas. Las bandejas son metálicas para asegurar una buena transmisión de calor

entre la rejilla y la bandeja. Se deben mantener tan planas como sea posible a fin de asegurar la máxima superficie de contacto con las rejillas calientes. A su vez las rejillas deben mantenerse libres de escamas y moho. Siendo de primordial importancia la carga uniforme de las bandejas.

El calor se transmite al material húmedo principalmente por conducción a través de las superficies metálicas y a la superficie de contacto entre la rejilla de calentamiento y el fondo de la bandeja, también existe transferencia de calor por radiación desde la rejilla superior, aunque es relativamente pequeña para temperaturas de secado de 100 °C, se obtiene un coeficiente de calor por radiación es $h_r \approx 5W / m^2 \cdot ^\circ C$, al trabajar a una temperatura menor, se supondrá despreciable. Se empezará a calentar la cámara, cuando se haya realizado el vacío correspondiente a la misma.

El vacío se aplica a la cámara y el vapor se extrae a través de una tubería, que se conecta a la cámara de tal manera que, si el vacío se interrumpe repentinamente, la entrada abrupta del aire no perturbe el lecho de material en vías de secado. Esta línea se conecta al condensador en donde se condensa el disolvente que se ha vaporizado.

Los secadores de bandejas al vacío se emplean mucho para secar materiales farmacéuticos, materiales sensibles a la temperatura o fácilmente oxidables. Tienen una utilidad muy especial para manejar cargas pequeñas de materiales húmedos con disolventes tóxicos o valiosos. La recuperación del disolvente se logra con facilidad sin correr peligro de pasar por una gama explosiva.

8. DISEÑO SECADOR BANDEJAS AL VACÍO.

En el diseño del secador toman gran importancia los ensayos experimentales realizados previamente, ya que la escala del experimento no reviste importancia crítica si se procura que el espesor del material en la bandeja sea el mismo que el espesor en el secador propuesto, para el trabajo a plena escala.

Al realizar el diseño de un secador de bandejas al vacío se tienen en cuenta todas sus partes; la cámara de secado, el condensador, la bomba de vacío y las conexiones entre ellas.

DISEÑO CÁMARA DE SECADO.

Para abordar el diseño de esta parte del equipo, se necesitan recabar los datos aportados de los ensayos experimentales, tanto para las condiciones de operación, como, para el dimensionamiento de la cámara de secado y por tanto del secador. Al producirse una gran cantidad de absorbente impregnados, se decide realizar la recuperación en dos fases debido a las grandes dimensiones que tomaría la cámara de secado y por consiguiente el secador.

Los cálculos realizados para la elaboración del siguiente cuadro, se encuentran recogidos en la memoria de cálculo.

Características mecánicas.

Datos dimensiones secador bandejas:

DIMENSIONES SECADOR BANDEJAS	
Anchura (m)	1,014
Altura (m)	1,664
Profundidad (m)	0,964

En el cuadro anterior, las dimensiones del secador de bandejas al vacío registradas tienen en cuenta los diversos espesores que forman parte el secador; la pared del secador, aislante térmico, pared de recubrimiento.

Características operativas.

Las características operativas en el secador, pueden resumirse, en el cuadro siguiente:

DATOS OPERACIÓN SECADOR BANDEJAS AL VACÍO	
Carga bandejas (kg / m ²)	7,8
Contenido inicial de disolvente (base seca) (kg dte / kg sólidos secos)	0,07
Contenido final de disolvente (base seca) (kg dte / kg sólidos secos)	0,018
Tiempo de secado.(h)	4
Velocidad de evaporación (g / m ² × s)	0,045
Temperatura rejillas calefactores (C)	75
Presión en el secador (atm).	0,926
Vacío (atm)	0,074
Calor requerido (kJ)	4826,87
Potencia requerida (W)	351,96
Resistencias eléctricas (Ω)	901,8

Cuadro 11. Resumen datos de funcionamiento del secador.

DISEÑO INTERCAMBIADOR DE CALOR.

A continuación se procede a especificar las características técnicas del equipo de transmisión de calor, utilizado para enfriar la corriente de salida de vapores producidos en el secador, produciéndose la condensación de los vapores de disolvente a estado líquido, para su posterior almacenamiento y reutilización.

Según la forma de trabajo los intercambiadores se pueden clasificar en:

- Recuperadores: Intercambiadores sin almacenamiento, dónde los dos flujos fluidos a distinta temperatura, están separados por un tabique sólido, el calor se transmite por convección y conducción a través de la pared separadora, y, si uno de los fluidos es un gas radiante, también por radiación térmica. Operan en régimen estacionario
- Regeneradores: intercambiadores de calor con almacenamiento, en los que la superficie calefactora, está expuesta durante cierto tiempo, primero a un fluido caliente y luego a uno frío. La superficie del regenerador primero absorbe calor del fluido caliente y se calienta en el proceso; luego la superficie entrega este calor al fluido frío. El proceso de transmisión de calor que es siempre de naturaleza transitoria.

Los regeneradores y recuperadores a menudo se llaman intercambiadores de superficie, porque el proceso de transmisión de calor en ellos está relacionado con la superficie de un sólido. El fluido refrigerante no entra en contacto con la corriente vapor que se va a condensar.

El intercambiador de calor elegido según los datos obtenidos, del área de transferencia de calor y la cantidad de disolvente a condensar, es del tipo tubos concéntricos, dónde el vapor de disolvente a enfriar circula por el tubo interior, mientras que por el tubo exterior circulará el agua de enfriamiento en contracorriente. Este tipo de intercambiador es el más simple que se puede encontrar de tubos rectos lisos.

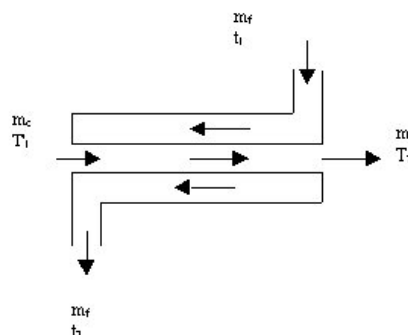


Fig.4. Esquema intercambiador de tubos en contracorriente.

Se presenta un cuadro resumen, con las características del condensador de tubos concéntricos a utilizar, para la condensación de los disolventes:

DATOS CONDENSADOR TUBOS CONCÉNTRICOS.	
Cantidad calor a retirar (kcal/h).	76,26
Masa fluido refrigerante (kg/h).	196,1
Área de transferencia de calor (cm ²)	49
Diámetro nominal tubo exterior (in).	$\frac{3}{4}$
Diámetro nominal tubo interior (in).	$\frac{1}{4}$
Longitud tubos concéntricos (cm).	11,37
Área tubo exterior (cm ²)	95,26
Área tubo interior (cm ²)	49
Eficacia condensador (%)	90

Cuadro 13. Resumen datos de funcionamiento del condensador.

BOMBA DE VACÍO.

Para seleccionar la bomba de vacío se parte del dato de la presión de operación en el secador, siendo de 0,926 atm. Y por tanto, se ha de aplicar un vacío de 0,074 atm. Se parte del cuadro que aparece en el Anexo VII, para la elección de la bomba de vacío, según el campo de presiones donde la bomba desarrolla su poder de aspiración.

El vacío a realizar es de 0,074 atm = 56,24 mmHg, siendo la bomba de vacío más adecuada para llevar a cabo la depresión necesaria en el secador, una bomba de inyección de agua.

ELECCIÓN DE ACCESORIOS NECESARIOS.

Además de los elementos principales de un secador de bandejas al vacío, ya mencionados anteriormente, se necesitan accesorios para la unión de éstos, así como, un sistema para equilibrar las presiones del sistema con la presión atmosférica, tras la recepción del disolvente, en el depósito de almacenamiento.

La conexión entre los elementos se realiza por medio de conducciones de acero inoxidable A-316 de diámetro nominal de $\frac{1}{4}$ in, con sus correspondientes accesorios; dos codos de 90° en acero inoxidable A-316 roscado, la finalidad de este accesorio consiste en cambiar la dirección del flujo original, con un ángulo específico, en este caso de 90°

Para equilibrar la presión existente en el sistema 0,926 atm con la presión atmosférica, cuando el recipiente receptor está lleno, se instalan en el sistema, antes del recipiente receptor las siguientes válvulas, todas ellas con un diámetro nominal de $\frac{1}{4}$ in, para así realizar las conexiones con las conducciones, sin necesitar ajustar cada accesorio al tamaño de las conducciones.

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos o gases mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

Las válvulas son uno de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos. Sus tamaños van desde una fracción de pulgada hasta 30 ft (9 m) o más de diámetro. Pueden trabajar con presiones que van desde el vacío hasta más de 20000 lb/in² (140 Mpa) y temperaturas desde las criogénicas hasta 1500 F (815

C). En algunas instalaciones se requiere un sellado absoluto; en otras, las fugas o escurrimientos no tienen importancia.

Las válvulas necesarias para equilibrar la presión del sistema son:

- Válvula antirretorno: Pertenece al grupo de las válvulas de bloqueo, impiden el retroceso del fluido a través de ellas, mediante un mecanismo accionado por el propio fluido, abriéndose en sentido normal al flujo y cerrándose al sentido inverso de éste. Bloquean el paso del fluido en un sentido, permitiendo sólo el paso en sentido contrario. Se usan como medida de seguridad para evitar que el fluido retroceda en la tubería.

- Válvula de paso: Sistema mecánico, gracias al cual se puede regular el flujo de líquidos y gases que circulan a través de una tubería. El proceso se efectúa mediante una pieza que tapa de forma parcial o completa el orificio de salida. Mediante este sistema, se puede controlar el paso tanto de los líquidos y gases más inocuos hasta de los más corrosivos. Se utiliza una válvula de compuerta, en ella el orificio se cierra con un disco plano. Se recomienda cuando se necesita un cierre o apertura completos y para cuando existe una pequeña cantidad de líquido en la tubería. Cierra herméticamente y cuesta poco, aunque para manejarla hace falta bastante fuerza.

- Válvula 3 vías: Formada por el cuerpo de la válvula en el que están establecidos tres conductos o vías, con una esfera central accionable mediante una maneta externa susceptible de ocupar las tres posiciones, que son; una obturando el correspondiente conducto o vía de entrada, otra posición es la obturación de un conducto donde previamente estaba montado el tapón de cierre y una tercera que cierra el conducto o vía de salida de la propia válvula y en el que esta situado un elemento verificador del antirretorno cuando se cierra mediante la

esfera el conducto o vía de salida de la propia válvula, y en el que está situado un elemento verificador del antirretorno cuando se cierra mediante la esfera el conducto o vía de entrada y se comunican los conductos del tapón, previa retirada de éste, y el conducto de salida, habiéndose previsto que en la posición de la esfera obturando el conducto de salida, la comunicación entre el conducto o vía de entrada y el conducto del tapón, previa extracción de éste, permite verificar el purgado de la instalación y el chequeo del contador de la instalación montando a la salida de ese conducto o vía del tapón un contador patrón.

Tanto las conducciones como los accesorios necesarios para el equipo, están fabricados en acero inoxidable A-316, las características de las conducciones que unen los elementos del sistema se encuentran en el anexo IX.

9. RESULTADOS ESPERADOS CON LA PUESTA EN PRÁCTICA DEL PLAN DE MEJORA.

El compromiso ambiental alcanzado por la empresa, demostrado en la compatibilización del desarrollo económico y la preservación del medio ambiente, demanda el cumplimiento de la legislación ambiental aplicable.

El cumplimiento de las disposiciones del RD 117/2003, sobre limitación de emisiones de COV's debidos al uso de disolventes en determinadas actividades, es indispensable para continuar con el compromiso actual de la línea de trabajo. Para ello es necesario llevar a cabo el condicionado al que ha sido sometida la planta, elaborando y poniendo en práctica el Programa de Mejora continua, descrito en el presente proyecto.

Lograr la disminución de emisiones de COV's deseada es una ardua tarea que requiere el compromiso del personal de diversas áreas; medio ambiente, ingeniería, I+D, operarios, maestros de taller, etc. La puesta en práctica y la evolución de cada una de las líneas de actuación, hacia resultados deseados se conseguirá con la colaboración de todos y cada uno de ellos.

Las acciones de mejora están conectadas entre sí, el desarrollo de cada una de ellas repercutirá sobre las demás. Debe producirse una evolución conjunta de todas ellas, para conseguir los resultados esperados.

La aceptación en el taller de los cambios producidos al desarrollar cada línea de actuación es de vital importancia. Si las buenas prácticas, los nuevos productos y formatos no se acogen bien, se entorpecerá el desarrollo del plan de mejora, para que esto no ocurra la información y formación son aspectos fundamentales en los que hay que incidir. En este aspecto hay que tener en cuenta la progresión de la introducción de cada una de ellas, teniendo en cuenta los periodos de adaptación.

El resultado esperado de la implantación y desarrollo de cada línea de actuación es el siguiente:

- Cambio de material. Se espera que, en el tercer cuatrimestre del 2009 la introducción de Diestone.DLS., se haya producido en toda la factoría, en torno al 20% del disolvente consumido, desplazando significativamente el uso del disolvente Etil Metil Cetona, reduciendo su consumo. A finales de 2009 se espera un consumo de Diestone. DLS en torno a un 60%, una vez en funcionamiento el plan de mejora.
- Cambio de formato del material. Como en la introducción del disolvente Diestone.DLS; se espera la misma introducción en el cambio de formato del disolvente, esperándose una masiva utilización de este nuevo formato de disolvente, en todas aquellas operaciones que resulten más propicias. En el tercer cuatrimestre del 2009 se espera un consumo de toallitas impregnadas del 10%, estimándose un porcentaje del 25% a finales de año cuando el plan de mejoras está afianzado, disminuyendo así un porcentaje considerable de emisiones de COV's.
- Buenas prácticas ambientales. En primer lugar se espera la puesta en práctica de las mismas y una buena acogida por parte de los operarios del taller. Se prevé un grado de reducción de consumo de disolventes a través de su aplicación favorable, alcanzando el porcentaje de disminución expuesto a la Consejería de Medio Ambiente. La implicación de los operarios en este aspecto es fundamental, teniendo en cuenta su periodo de adaptación.

Aunque en este sentido no se esperan resultados inmediatos, como en las otras tres medidas, se estima que se disminuirán las emisiones producidas en torno a un 9%, debido a la aplicación de la colección de las buenas prácticas ambientales.

- Recuperación del disolvente. Se diseñará el equipo de recuperación, basándose en los resultados obtenidos en los ensayos realizados, esperando concluir con un equipo eficiente y funcional obteniendo resultados próximos a los esperados. El porcentaje de recuperación partiendo de datos experimentales ha sido aceptable.

Al ir evolucionando el plan de mejora, el porcentaje de recuperación en el recuperador será mayor, cuanto mayor sea el porcentaje de Diestone.DLS en la mezcla de disolventes, debido a la menor volatilidad del Diestone respecto del Etil Metil Cetona.

Los cambios introducidos en el taller; cambio de material, cambio de formato, buenas prácticas; influirán en la colaboración del desarrollo del sistema de mejora, debido a una mayor concienciación del problema existente y en la predisposición en la introducción de cambios.

Todas estas medidas van a repercutir, en una disminución considerable de las emisiones de COV's producidas en la empresa, además se seguirá acogiendo a la dispensa concedida por la Junta de Andalucía.

ANEXOS

MEMORIA

DESCRIPTIVA

1. FICHA SEGURIDAD ETIL METIL CETONA.

1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA / PREPARACIÓN Y EMPRESA

Nombre del material	METIL ETIL CETONA (MEK)
Proveedor	Dideval Ltda. General Velásquez N°1966- Est. Central
Teléfono	684 33 56 684 33 57
Fax	683 63 31
Teléfono de Emergencia	684 33 56 Teléfono de Emergencia Médica: 635 38 00; Centro de Información Toxicológica de la Universidad Católica (CITUC)

2. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES

Nombre químico:	2-Butanona
Fórmula química:	C4 H8 O
Sinónimos:	Metil-etil-cetona, 3-Butanona; Metil-Acetona; MEK
Familia química:	Cetonas
Nº CAS	78-93-3
Nº N.U.	1193

3. IDENTIFICACION DE LOS PELIGROS

Marca en etiqueta: "INFLAMABLE"

Clasificación de riesgo del producto químico.

SALUD:1

INFLAMABILIDAD: 3

REACTIVIDAD: 0

a) Peligro para la salud: Irritante de ojos y mucosas. Puede causar anestesia, náuseas, vómitos, dolor de cabeza y pérdida de la conciencia. Afecta al sistema nervioso central y periférico. El contacto prolongado con líquido puede causar lesiones a la piel.

Efectos por sobreexposición aguda (por una vez):

Una sobreexposición a vapores del producto, o la absorción cutánea de cantidades significantes, así como, la ingestión del producto, tienen un efecto tóxico sobre el Sistema Nervioso Central "Narcosis", caracterizado por dolor de cabeza, vértigo, náuseas, pérdida de la coordinación. La inhalación continuada o la ingestión, pueden causar inconciencia y la muerte.

Inhalación:

Nocivo por inhalación. Los vapores son irritantes a las membranas y mucosas del tracto respiratorio

	superior (nariz, garganta, etc.) Inhalar altas concentraciones de vapor puede causar Narcosis.
Contacto con la piel:	El líquido irrita levemente la piel, por lo tanto, un contacto repetitivo o prolongado puede derivar en un resecaimiento de la piel, pudiendo ocasionar una dermatitis.
Contacto con los ojos:	El líquido o altas concentraciones de vapor, irritan severamente los ojos. Puede producir "Narcosis". El producto en forma líquida irrita moderadamente los ojos, causa una sensación de ardor, enrojecimiento y visión borrosa.
Ingestión:	Irrita el tracto Gastrointestinal, causando dolor abdominal y vómitos, sangramiento. Puede causar Narcosis, baja de presión arterial, y ritmo cardíaco acelerado.
Efectos por sobreexposición crónica (largo plazo):	El contacto prolongado y / o repetido puede causar sequedad en la piel que puede producir dermatitis.
Condiciones médicas agravadas por la exposición al producto:	Si preexisten desórdenes o trastornos en los ojos, piel, vías respiratorias y gastrointestinales, éstos pueden verse agravados por la exposición a este producto. Las personas con problemas crónicos en el sistema respiratorio no deben ser expuestas al contacto con el producto.
b) Peligro medio ambiente:	El M.E.K. es un producto de baja toxicidad, pero presenta un riesgo indirecto en el ambiente acuático por la posible reducción del oxígeno. El producto en altas concentraciones inhibe la germinación de semillas de plantas.
c) Peligro especial:	Producto extremadamente inflamable.

4. PRIMEROS AUXILIOS

En caso de contacto accidental con el producto, proceder de acuerdo a:

Síntomas y efectos:	Dolor de cabeza, vértigo, náuseas, Narcosis. Irritación de la piel, ojos y vías respiratorias, sequedad de la piel. Su ingestión puede causar embriaguez, coma.
Inhalación:	Trasladar a la persona afectada a una atmósfera no contaminada para que respire aire puro, y proveer de oxígeno a la víctima si su respiración es dificultosa, está mareada o no responde. Si no se

	produce una rápida recuperación, obtener atención médica.
Contacto con los ojos:	Lavar de inmediatamente con abundante agua manteniendo los párpados abiertos por lo menos 15 minutos. OBTENER ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATAMENTE.
Contacto con la piel:	Lavar con agua y jabón, remover la ropa contaminada. Si ocurre una irritación buscar atención médica. Lave la ropa antes de usarla nuevamente.
Ingestión:	NO PROVOCAR EL VÓMITO. NO DAR LÍQUIDOS A LA VÍCTIMA SI ESTA SE ENCUENTRA INCONSCIENTE O MUY ADORMECIDA. Haga que la víctima se enjuague la boca con dos sorbos de agua para eliminar el sabor de la boca, si vomita espontáneamente, mantenga su cabeza bajo las caderas para evitar aspiración. Si no se produce una rápida recuperación, obtener atención médica.
Información para el médico:	Causa depresión en el sistema nervioso central "Narcosis". Una exposición prolongada o repetida puede originar dermatitis.

5. MEDIDAS PARA LUCHAR CONTRA EL FUEGO

Agentes de extinción	Espuma antialcohol, agua pulverizada o nebulizada. Sólo para incendios pequeños, puede utilizarse polvo químico seco, dióxido de carbono, arena o tierra.
Procedimientos especiales de combate:	En lo posible, mantenga el viento en la espalda, ataque al fuego de la mayor distancia posible. Refrigere los contenedores expuestos al fuego.
Equipos de protección:	Ropa protectora de cobertura completa y equipo respiratorio autónomo.

6. MEDIDAS PARA CONTROLAR DERRAMES O FUGAS

Medidas de emergencia en caso de derrame:

	Contener con material absorbente para que no alcance cursos de agua, alcantarillas o subterráneos. Aísle el sector y aleje las posibles fuentes de ignición. Evacue el área en prevención de cualquier incendio.
Equipos de protección:	Usar detector de vapores para limitar el radio de aproximación y protección, usar protección de vista y manos, no exponerse a contacto con MEK o vapores (peligro de fuego).

	Use equipo de respiración autónoma, buzo protección química completa.
Método de limpieza:	Recuperar con material absorbente (turba absorbente). Los desechos pueden eliminarse por incineración en una instalación especialmente autorizada por la autoridad competente.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO.

Recomendaciones técnicas:	Este producto se debe usar en zonas bien ventiladas, puede ser necesaria una ventilación local forzada. La electricidad estática puede acumularse y crear un riesgo de incendio por lo tanto, los equipos deben estar conectados a tierra. No deben existir fuentes de ignición.
Precauciones:	No ingerir ni probar. Evitar el contacto con ojos. Lavarse abundantemente después de manipular. Evitar el contacto prolongado o repetido con la piel. No fumar. No tirar los residuos por el desagüe. Eliminar fuentes de ignición. Evitar chispas. Extinguir llamas. No cortar, taladrar, moler, soldar o efectuar alguna operación similar sobre o cerca de los envases o contenedores.
Recomendaciones para la manipulación:	Para los ojos usar gafas de una sola pieza y resistentes a productos químicos, ropa de trabajo protectora, guantes de PVC y zapatos o botas de seguridad resistentes a productos químicos. Si hay riesgo de inhalación de vapores, usar máscara respiratoria de media cara con cartucho para vapores orgánicos y filtro para gases.
Condiciones de almacenamiento:	Manténgase lejos de la luz directa del sol y de otras fuentes de calor o ignición. No fumar en áreas de almacenamiento. Manténgase el recipiente bien cerrado y consérvase en lugar bien ventilado.
Envase adecuado y no adecuado:	Envases metálicos. No usar plásticos, cauchos naturales de neopreno o nitrilo ni aluminio.

8. CONTROL DE EXPOSICIÓN - PROTECCIÓN ESPECIAL

Medidas para reducir la posibilidad de exposición:	Saque los envases sólo la cantidad que se necesita en el proceso. Mantenga los envases cerrados. Almacenar en recintos abiertos o con ventilación natural o forzada. Use siempre su equipo de protección personal.
Parámetros para control:	Límite permisible: 160 ppm o 472 mg/m ³ . Límite permisible absoluto: 885 ppm.
Protección respiratoria	Trompa respiratoria con filtros para vapores

	orgánicos. Si las condiciones locales lo hacen necesario, equipo de respiración autónoma.
Guantes de protección:	De neopreno, de puño largo. La resistencia del neopreno es limitada, ya que la acción solvente del MEK es muy fuerte.
Protección a la vista:	Lentes de protección química.
Otros equipos de protección:	No usar ropa sintética.
Ventilación:	Debe ser natural o forzada

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico:	Líquido móvil.
Color:	Incoloro.
Olor:	Suave olor dulce similar a acetona.
Punto de ebullición:	79 - 80.5°C (ASTM D-1078)
Punto de inflamación:	"-4°C (Abel), - 5°C (copa cerrada Tagliable)
Temperatura de autoignición:	515 °C (ASTM E-659)
Intervalo en el aire de explosión/inflamabilidad:	Inferior: Aprox. 1.8% (v/v) Superior: Aprox. 11.5% (v/v)
Presión de vapor:	9500 Pa a 20° C, 70.9 mmHg a 20°C
Índice de evaporación:	3.7 (ASTM D 3539 v/s n-Butil Acetate =1)
Densidad:	804 - 806 kg/m ³ a 20° C (ASTM D-4052)
Densidad vapor:	2.4 A 20 ° C
Solubidad en agua:	25% (m/m) a 20°C, miscible
Coeficiente de partición n-octanol/agua:	0.3 +/- 0 HPLC
Viscosidad dinámica	0.42 mPa.s a 20°C (ASTM D-445)
Masa molecular	72.11 g/mol
Conductividad eléctrica	20 micro S/m a 20° C (ASTM D-4308)
Tensión superficial	24,8 mN/m a 20° C
Contenido en carbonos orgánicos volátiles.	66.6%

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad:	Estable en condiciones normales de uso. Reacciona con agentes oxidantes fuertes. Puede ser oxidado por el ácido crómico o ácido nítrico caliente a ácidos carboxílicos.
Condiciones a evitar	Calor, llamas y chispas, acumulación de vapores.
Productos peligrosos de la descomposición:	No se ha encontrada nada conocido.
Productos peligrosos de la combustión:	Durante la combustión se puede formar Monóxido de carbono y compuestos orgánicos no identificables.
Polimerización peligrosa:	No se produce.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda:	El principal efecto tóxico es la "Narcosis", que puede ser originada por inhalación o ingestión. Grado 2 : LD50 = 0,5 a 5 g/kg (ratas).
Toxicidad crónica o de largo plazo:	No se conoce efectos de largo plazo del producto.
Efectos locales:	Irritante de la piel y las mucosas. Afecta también los sistemas nervioso central y periféricos.
Sensibilización:	No se producirá.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Inestabilidad:	El producto persiste por un período de tiempo relativamente corto.
Persistencia/degradabilidad:	Degradable en el mediano y largo plazo.
Bio-acumulación:	No se bioacumula significativamente.
Efectos sobre el ambiente:	La entrada del producto en cursos de agua es dañina para la vida acuática.

13. CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICIÓN FINAL

Métodos de eliminación del producto:	Incineración en una instalación especialmente diseñada al efecto.
--------------------------------------	---

Métodos de eliminación del envase:

Drenar el contenedor completamente. Una vez vaciado, ventilar en lugar seguro lejos de chispas y fuego. Los residuos pueden causar riesgos de explosión. No perforar, cortar o soldar los bidones sucios y sin limpiar. Enviar los bidones a recuperador autorizado. Deberá cumplir con la legislación vigente.

14. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

NCh 2190, marcas aplicables: Etiqueta y rótulo Clase 3.1
INFLAMABLE. N° N.U. : 1193

15. NORMAS VIGENTES

Normas nacionales aplicables: N Ch 382; N Ch 2190; D.S. 298; D.S. 90.; N ch 2190

Marca en la etiqueta: LIQUIDO INFLAMABLE.

16. OTRAS INFORMACIONES

Los datos consignados en estas hojas fueron obtenidos de fuentes confiables. Sin embargo, se entregan sin garantía expresa o implícita respecto de su exactitud o corrección. Las opiniones expresadas en este formulario son las de profesionales capacitados. La información que se entrega en él es la conocida actualmente sobre la materia.

Considerando que el uso de esta información y de los productos está fuera del control del proveedor, la empresa no asume responsabilidad alguna por este concepto. Determinar las condiciones del uso seguro de producto es obligación del usuario.

2. FICHA SEGURIDAD DIESTONE DLS.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD (91/155/EEC - 2001/58/CE - ISO 11014-1)	page : 1/5
Revision : 3 (05-12-2002)	Version : 13 (19-01-2007)
28280A - DIESTONE DLS	

Socomor
Finishing Technologies

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

1 - IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA

Identificación de la sustancia o del preparado:

Nombre: DIESTONE DLS
Código del producto: 28280A

Identificación de la sociedad o empresa:

Denominación Social: SOCOMOR Espagne
Dirección: c/DIESEL, nº 1 bis Nave 8 Polígono Sector Autopista - 08150 Parets del Valles - Barcelona
Teléfono: (34) 93 573 82 60. Fax: (34) 93 573 82 61. Télex: .

Dystrybutor : SOCOMOR / 7 d'Armor S.P.z.o.o. - Al. Szucha 16 lok. 31,00-582 Warasawa, Polska Tel +48 22 622 84 57 Fax +48 22 621 61 09
Tel Francia: +33 (0) 2 97 43 76 83
Email: socomor@socomor.com

Teléfono de urgencias: .

Sociedad/Organismo: .

Uso de la sustancia o preparado:

Desengrasante solvente

2 - COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Descripción de las frases de riesgos que figuran en el apartado 2: ver apartado 16.

Sustancias peligrosas representativas:

(presente en la preparación a una concentración suficiente para imponerle los caracteres toxicológicos que tendría al estado puro al 100%).
Esta preparación no contiene ninguna sustancia peligrosa de esta categoría.

Otras sustancias que presenten un peligro:

No está presente ninguna sustancia conocida de esta categoría.

Sustancias presentes a una concentración inferior al umbral mínimo de peligro:

INDEX	CAS	CE	Nombre	Simb.	R:	%
607-195-00-7	108-65-6	203-603-9	MPA	Xi	10 36	10 <= x % < 25

Otras sustancias que tienen Valores Limite de Exposición profesional:

INDEX	CAS	CE	Nombre	Simb.	R:	%
603-064-00-3	107-98-2	203-539-1	ETER MONOMETILICO DEL PROPILENGLICOL		10	50 <= x % < 100

Otros componentes:

INDEX	CAS	CE	Nombre	Simb.	R:	%
649_327_00_6	64742-48-9	265_150_3	NAFTA (PETRÓLEO), FRACCIÓN PESADA TRATADA CON HIDRÓGENO	Xn	65 66 67 10	2.5 <= x % < 10

3 - IDENTIFICACION DE LOS PELIGROS

Este producto está clasificado: Inflamable.

Esta preparación no está clasificada como peligrosa para la salud por la directiva 1999/45/CE.

4 - PRIMEROS AUXILIOS

De forma general, en caso de duda o si persisten los síntomas, llamar siempre a un médico
NO hacer ingerir NUNCA nada a una persona inconsciente.

En caso de exposición por inhalación:

En caso de inhalación masiva transportar al paciente al aire libre y mantenerle caliente y en reposo

En caso de proyecciones o de contacto con los ojos:

Lavar abundantemente con agua dulce y limpia durante 15 minutos, manteniendo los párpados separados

Made under licence of European Label System, Software of INFODYNE (<http://www.infodyne.fr>)

Quick-FDS [14729-50695-29786-000101] - 2008-04-28 - 14:04:56

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD (91/155/EEC - 2001/58/CE - ISO 11014-1)	page : 2/5
Revision : 3 (05-12-2002)	Version : 13 (19-01-2007)
28280A - DIESTONE DLS	

Enviar el sujeto a un oftalmólogo, especialmente si aparecen rojeces, dolor o molestias visuales

En caso de proyecciones o de contacto con la piel:

Retirar las ropas impregnadas y lavar cuidadosamente la piel con agua y jabón o utilizar un producto de limpieza conocido
NO utilizar disolventes o diluyentes

En caso de ingestión:

En caso de ingestión, si la cantidad es poco importante (no más de un trago), enjuagar la boca con agua y consultar a un médico
En caso de ingestión accidental, llamar a un médico para que indique si es conveniente una vigilancia médica y un tratamiento ulterior en medio hospitalario, si fuera necesario. Mostrarle la etiqueta.

5 - MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Polvo químico, dióxido de carbono y otros gases son adecuados para la extinción de pequeños incendios.

Medios de extinción adecuados:

Las espumas especiales para líquidos polares (denominados resistentes a los alcoholes), polvos y dióxido de carbono
En caso de incendio, utilizar medios de extinción específicamente adaptados. No utilizar nunca agua.

Medios de extinción que no deban utilizarse por razones de seguridad:

Por lo general, no se recomienda agua, ya que puede ser ineficaz. No obstante puede utilizarse útilmente para enfriar los recipientes expuestos al fuego y dispersar los vapores

Un incendio produce frecuentemente un espeso humo negro. La exposición a los productos de descomposición puede conllevar riesgos para la salud

No respirar los humos

Impedir que los efluentes utilizados para la lucha contra el fuego penetren en desagües o cursos de agua

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:

El personal de intervención deberá estar equipado de aparatos de protección respiratoria autónomos aislantes

6 - MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Precauciones personales:

Eliminar toda posible fuente de ignición y ventilar los locales
Debido a los disolventes orgánicos contenidos en la preparación, eliminar las fuentes de ignición y ventilar los locales
Evitar inhalar los vapores
Remitirse a las medidas de protección enumeradas en las rúbricas 7 y 8

Precauciones para la protección del medio ambiente:

Contener y recoger las fugas con materiales absorbentes no combustibles, como por ejemplo: arena, tierra, vermicular, tierra de diatomeas en bidones para la eliminación de los residuos
Impedir toda penetración en alcantarillas o cursos de agua.
Colocar bidones para la eliminación de residuos recuperados según las normativas vigentes (ver rúbrica 13)
Si el producto contamina capas freáticas, ríos o alcantarillas, alertar a las autoridades competentes según los procedimientos reglamentarios

Métodos de limpieza:

Limpiar preferentemente con un detergente y evitar la utilización de disolventes

7 - MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO

Las prescripciones relativas a los locales de almacenamiento son aplicables a los talleres en donde se manipula el producto

Manipulación:

Manipular en zonas bien ventiladas
Los vapores son más pesados que el aire. Estos vapores pueden expandirse por el suelo y formar mezclas explosivas con el aire
Impedir la creación de concentraciones inflamables o explosivas en el aire y evitar las concentraciones de vapores superiores a los valores límite de exposición profesional

Prevención de incendios:

Evitar la acumulación de cargas electrostáticas con conexiones a tierra
La preparación puede cargarse electrostáticamente: no obstante, conectar a tierra durante los trasvases. Llevar calzado y ropa antiestáticos y realizar los suelos en material conductor
Utilizar el producto en locales desprovistos de toda llama desnuda u otras fuentes de ignición y disponer de un equipo eléctrico protegido
Guardar los embalajes firmemente cerrados y alejarlos de las fuentes de calor, chispas y llamas desnudas
No utilizar herramientas que puedan provocar chispas, No fumar.
Prohibir el acceso a las personas no autorizadas

Equipos y procedimientos recomendados:

Made under licence of European Label System, Software of INFODYNE (<http://www.infodyne.fr>)

Quick-FDS [14729-50695-29786-000101] - 2008-04-28 - 14:04:56

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD (91/155/EEC - 2001/58/CE - ISO 11014-1)	page : 3/5
Revision : 3 (05-12-2002)	Version : 13 (19-01-2007)
28280A - DIESTONE DLS	

Para la protección individual, ver 8
 Observar las precauciones indicadas en la etiqueta, así como las normativas de la protección en el trabajo
 Los embalajes abiertos deben cerrarse cuidadosamente y conservarse en posición vertical
 Evitar la inhalación de vapores

Equipos y procedimientos prohibidos:

Se prohíbe fumar, comer y beber en los locales donde se utiliza la preparación.
 No abrir nunca los embalajes por presión

Almacenamiento:

Conservar el recipiente bien cerrado en un lugar seco
 Conservar apartado de toda fuente de ignición - no fumar
 Mantener alejado de cualquier fuente de ignición, calor y de la luz solar directa
 El suelo de los locales será impermeable y en declive para que en caso de vertido accidental, el líquido no pueda expandirse al exterior

8 - CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL**Medidas de orden técnico:**

Disponer de una ventilación adecuada, si fuera posible por aspiración, en los puestos de trabajo y una extracción general conveniente
 Si esta ventilación es insuficiente para mantener las concentraciones de los vapores de disolventes dentro de los valores límite de exposición, utilizar aparatos respiratorios

Valores límite de la exposición según INRS ND 2098-174-99 y ND 2114-176-99:

Francia	VME-ppm:	VME-mg/m3:	VLE-ppm:	VLE-mg/m3:	Notes:	TMP N°:
108-65-6	50	275	100	550	*	-
107-98-2	100	375	150	568	*	84

Valores límite de la exposición según 2006/15/CE, 2000/39/CE y 98/24/CE:

CE	VME-ppm:	VME-mg/m3:	VLE-ppm:	VLE-mg/m3:	Notes:
108-65-6	50	275	100	550	Peau
107-98-2	100	375	150	568	Peau

Valores límite de la exposición (2003-2006):

Alemania/AGW	AGW:	AGW:	Faktor:	Bemerkungen:	
108-65-6	50 ml/m3	270 mg/m3	1(l)	DFG, EU, Y	
107-98-2	100 ml/m3	370 mg/m3	2(l)	DFG, Y	
ACGIH/TLV	TWA:	STEL:	Ceiling:	Definition:	Criterion:
107-98-2	100 ppm	150 ppm	-	-	-
Alemania/MAK	TWA:	STEL:	Ceiling:	Definition:	Criterion:
108-65-6	50 ppm	50 ppm	-	-	-
107-98-2	100 ppm	200 ppm	-	-	-
UK/OES	TWA:	STEL:	Ceiling:	Definition:	Criterion:
108-65-6	50 ppm	100 ppm	-	-	-
107-98-2	100 ppm	150 ppm	-	-	-
Nederland	TWA:	STEL:	Ceiling:	Definition:	Criterion:
108-65-6	100 ppm	-	-	-	-
107-98-2	100 ppm	-	-	-	-
Belgique	TWA:	STEL:	Ceiling:	Definition:	Criterion:
108-65-6	50 ppm	100 ppm	-	-	-
107-98-2	100 ppm	150 ppm	-	-	-
Polska	TWA:	STEL:	Ceiling:	Definition:	Criterion:
108-65-6	260 mg/m3	520 mg/m3	-	-	-
107-98-2	180 mg/m3	360 mg/m3	-	-	-
España	TWA:	STEL:	Ceiling:	Definition:	Criterion:
108-65-6	50 ppm	100 ppm	-	-	-
107-98-2	100 ppm	150 ppm	-	-	-

Protección respiratoria:

Cuando los trabajadores se enfrentan a concentraciones superiores a los límites de exposición, debe utilizar mascarillas apropiadas oficialmente admitidas

Protección de las manos:

Pueden utilizarse cremas protectoras para las partes expuestas de la piel, pero no obstante, no deberán ser aplicadas después del contacto con el producto

Debido a los disolventes presentes, el tipo de guante aconsejado es el alcohol polivinilo o el caucho neopreno

Protección de los ojos y de la cara:

Made under licence of European Label System, Software of INFODYNE (<http://www.infodyne.fr>)

Quick-FDS [14729-50695-29786-000101] - 2008-04-28 - 14:04:56

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD (91/155/EEC - 2001/58/CE - ISO 11014-1)	page : 4/5
Revision : 3 (05-12-2002)	Version : 13 (19-01-2007)
28280A - DIESTONE DLS	

Utilizar protecciones oculares diseñadas contra las proyecciones de líquidos

Protección cutánea:

Para más detalles, ver el apartado 11 de la Ficha de Datos de Seguridad - Informaciones toxicológicas

9 - PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Información general:

Estado Físico:	Líquido Fluido
----------------	----------------

Información importante en relación con la salud, la seguridad y el medio ambiente:

pH de la sustancia o del preparado:	No concernido.
-------------------------------------	----------------

La medida del pH es imposible o no se ha precisado su valor.

Punto/intervalo de ebullición:	No precisado.
--------------------------------	---------------

Intervalo de Punto de inflamación:	23°C. < Punto de inflamación: <= 55°C.
------------------------------------	--

Punto de inflamación:	30.00 °C.
-----------------------	-----------

Presión de vapor:	inférieure à 110kPa (1.10 bar).
-------------------	---------------------------------

Densidad:	< 1
-----------	-----

Hidrasolubilidad:	Insoluble.
-------------------	------------

Otros datos:

punto/intervalo de fusión:	No concernido.
----------------------------	----------------

Temperatura de autoinflamación:	no precisado.
---------------------------------	---------------

punto/intervalo de de descomposición:	No concernido.
---------------------------------------	----------------

10 - ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Expuesta a temperaturas elevadas, la preparación puede desprender productos de descomposición peligrosos, como monóxido y dióxido de carbono, humos y óxido de nitrógeno

11 - INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

No hay ningún dato disponible sobre la propia preparación

La exposición a los vapores de disolventes contenidos en la preparación más allá de los límites de exposición indicados, puede tener efectos nefastos para la salud, como:

La irritación de las mucosas y del sistema respiratorio, riñones, hígado y sistema nervioso central

Los síntomas se producirán en forma de cefaleas, pesadez, mareos, vértigo, fatiga, astenia muscular y, en casos extremos, pérdida de consciencia, entre otros

Los contactos prolongados o repetidos con la preparación pueden retirar la grasa natural de la piel y provocar dermatitis de contacto no alérgicas y una absorción a través de la epidermis

Las salpicaduras a los ojos pueden provocar irritaciones y daños reversibles

12 - INFORMACIÓN ECOLÓGICA

No se dispone de ningún dato ecológico sobre la propia preparación

Deberá evitarse toda circulación del producto en alcantarillas o cursos de agua

Otros efectos nocivos:

VOC : 0.50 Kg./L

13 - CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACION

No verter en las alcantarillas ni en los cursos de agua

Desechos:

Reciclarlos o eliminarlos según la legislación en vigor, de preferencia por un recolector o una empresa habilitada.

No contaminar el suelo o el agua con los desechos, y no eliminarlos en el medio ambiente.

Envases manchados:

Vaciar completamente el recipiente. Conservar la(las) etiqueta(s) en el recipiente.

Entregar a un recolector habilitado.

Códigos de residuos (Decisión 2001/573/CE, Directiva 2006/12/CEE, Directiva 94/31/CEE sobre residuos peligrosos):

14 06 03 * Otros disolventes y mezclas de disolventes

3. ENCUESTA BUENAS PRÁCTICAS.



Encuesta: Uso de disolventes en las operaciones de montaje

En el marco de la aplicación del RD 117/2003, de 31 de enero, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades, y en cumplimiento de los requisitos exigidos por las autoridades ambientales en materia de disminución de emisiones de compuestos orgánicos volátiles, realizamos la siguiente encuesta exploratoria que tiene por objeto conocer la opinión de las personas directamente involucradas en el uso y manejo de disolventes en las operaciones de montaje.

Tu colaboración es importante más allá del ámbito estrictamente legal dado que el ahorro de recursos favorece al medio ambiente y por tanto a nosotros mismos.



Situación:

Nave I

Nave III

Nave II

Edad:

Entre 25 y 35 años

Mayor de 55 años

Entre 36 y 55 años

1. ¿Cree conveniente una mayor protección de las superficies de las piezas, frente a la acumulación de suciedad, a través de algún dispositivo de cubrimiento,..?

SÍ

NO

2. En caso afirmativo, ¿Cómo aumentarías la protección?

3. ¿Considera efectivo realizar una limpieza preliminar sin utilizar disolventes, empleando trapos secos, antes de realizar limpieza con ellos?

SÍ

NO

4. ¿Considera efectivo una regulación de la dosificación de la impregnación de los absorbentes con disolventes, reduciéndola a la cantidad necesaria?

SÍ

NO

5. En caso afirmativo; ¿Cómo lo regularías?

6. ¿Considera adecuada la sectorización de la limpieza y la instauración de pautas escritas a la hora de aplicar el disolvente para disminuir su consumo?

SÍ

NO



7. En caso afirmativo ¿Qué pautas seguirías para reducir el consumo?

8. ¿Piensa que se podría aprovechar la eliminación como residuos de los absorbentes impregnados hasta agotar su capacidad para limpiar, obteniendo con ello un menor consumo y un mayor rendimiento de los elementos de limpieza?

SÍ NO

9. ¿Cómo valorarías la eficacia del uso de toallitas preimpregnadas en disolvente?

Excelente	<input type="checkbox"/>	Aceptable	<input type="checkbox"/>
Muy bien	<input type="checkbox"/>	Mal	<input type="checkbox"/>
Bien	<input type="checkbox"/>	Muy mal	<input type="checkbox"/>

10. Valora las siguientes medidas propuestas para disminuir el uso de disolventes:

a) Limpiar previamente las superficies de las piezas con un absorbente seco antes de aplicar los disolventes (MEK, IPA), así será menor la suciedad a eliminar.

Excelente	<input type="checkbox"/>	Aceptable	<input type="checkbox"/>
Muy bien	<input type="checkbox"/>	Mal	<input type="checkbox"/>
Bien	<input type="checkbox"/>	Muy mal	<input type="checkbox"/>

b) Evitar la suciedad, el contacto de las piezas con productos, otras piezas, y la manipulación para impedir contaminación por sudor, grasa, aceites; con el fin de minimizar la suciedad a eliminar de su superficie.

Excelente	<input type="checkbox"/>	Aceptable	<input type="checkbox"/>
Muy bien	<input type="checkbox"/>	Mal	<input type="checkbox"/>
Bien	<input type="checkbox"/>	Muy mal	<input type="checkbox"/>

c) Realizar limpieza de las superficies con orden para no ensuciar o volver a limpiar una zona ya limpia de la pieza.

Excelente	<input type="checkbox"/>	Aceptable	<input type="checkbox"/>
Muy bien	<input type="checkbox"/>	Mal	<input type="checkbox"/>
Bien	<input type="checkbox"/>	Muy mal	<input type="checkbox"/>



d) Mantener las botellas cerradas mientras no se vayan a utilizar, teniendo especial cuidado en evitar derrames.

Excelente	<input type="checkbox"/>	Aceptable	<input type="checkbox"/>
Muy bien	<input type="checkbox"/>	Mal	<input type="checkbox"/>
Bien	<input type="checkbox"/>	Muy mal	<input type="checkbox"/>

11. ¿En qué operaciones de limpieza emplea MEK y Alcohol isopropílico?

	MEK	ALCOHOL ISOP.
Limpieza de superficies previo		
Limpieza general de la pieza		
Retirada excesos de sellante		
Limpieza posterior al taladrado		
Otros _____		

12. ¿Qué sugerencias podría aportar para la disminución del empleo de disolventes, en las operaciones de limpieza en el montaje?

Sugerencia 1

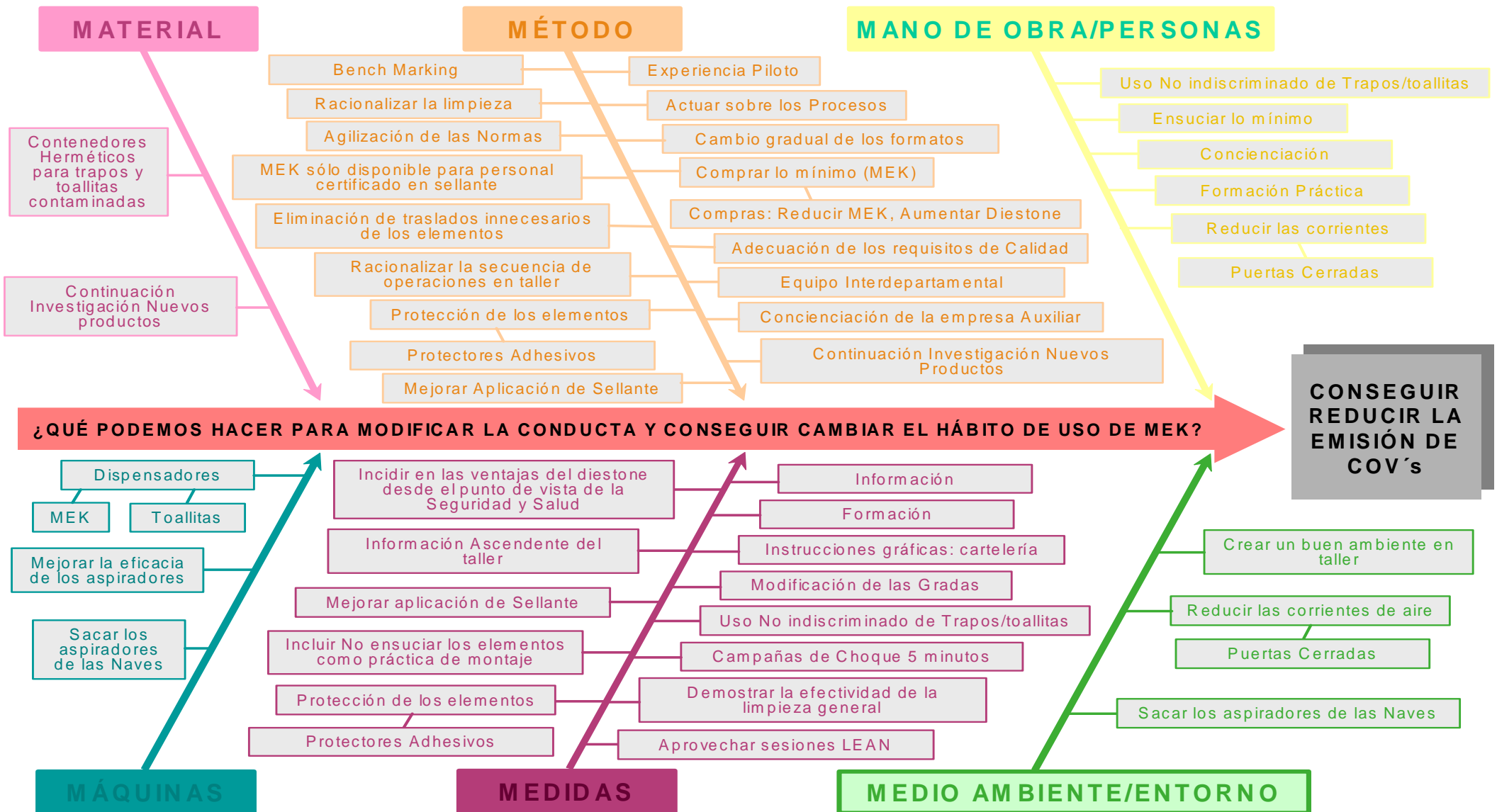
Sugerencia 2

Sugerencia 3



4. RESULTADOS BRAINSTORMING.

DIAGRAMA CAUSA-EFECTO. RESULTADOS BRAINSTORMING



ACCIONES A REALIZAR POR LA EMPRESA PROCEDENTES DE LA VALORACIÓN DE LAS PROPUESTAS DEL BRAINSTORMING

41. APROVECHAR LAS SESIONES "LEAN" PARA INFORMAR
42. INCIDIR EN LAS VENTAJAS DEL DIESTONE.DLS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SEGURIDAD Y SALUD
43. REDUCIR LA COMPRA DE MEK Y AUMENTAR LA COMPRA DE DIESTONE.DLS
44. COMPRAR LO MÍNIMO
45. EQUIPO INTERDEPARTAMENTAL PARA EL SEGUIMIENTO DE LA SUSTITUCIÓN
46. CAMPAÑA DE CHOQUE 5 MINUTOS SEMANALES
47. RACIONALIZAR LA LIMPIEZA
48. RECABAR INFORMACIÓN DE LA PRIMERA LÍNEA: INFORMACIÓN ASCENDENTE DE TALLER
49. DISPENSADORES DE TOALLITAS
410. MEJORAR LA EFICACIA DE LOS ASPIRADORES
411. USO NO INDISCRIMINADO DE TRAPOS/TOALLITAS
412. ADECUACIÓN DE LOS REQUISITOS DE CALIDAD
413. DEMOSTRAR LA EFECTIVIDAD DE LA LIMPIEZA GENERAL
414. ENTRENAR DE FORMA PRÁCTICA: FORMACIÓN PRÁCTICA
415. CUIDAR LA PROTECCIÓN DE LAS PIEZAS
416. MEJORAR LA APLICACIÓN DE SELLANTE
417. ACTUAR SOBRE LOS PROCESOS
418. CREAR BUEN AMBIENTE EN TALLER (aspiración: evitar la generación de polvo)
419. REDUCIR LAS CORRIENTES DE AIRE
420. PUERTAS CERRADAS
421. ENSUCIAR LO MÍNIMO
422. INFORMACIÓN
423. EXPERIENCIA PILOTO
424. CONTENEDORES HERMÉTICOS PARA TRAPOS Y TOALLITAS USADOS
425. FORMACIÓN
426. BEST PRACTISE (bench marking: comparar tu centro con otro de la misma compañía u otra empresa)
427. CONCIENCIACIÓN
428. CONCIENCIACIÓN DE LAS EMPRESAS AUXILIARES
429. NO CAMBIO RADICAL DE LOS FORMATOS (CAMBIO GRADUAL de MEK a Diestone.DLS)
430. MEJORAR LA APLICACIÓN DE SELLANTE
431. INCLUIR NO ENSUCIAR LOS ELEMENTOS COMO PRÁCTICA DE MONTAJE (en los procedimientos, procesos I+ D -P)
432. AGILIZACIÓN DE LAS NORMAS

- 433. MEK SÓLO PARA PERSONAL CERTIFICADO EN SELLANTE
 - 434. INSTRUCCIONES GRÁFICAS: CARTELERÍA...
 - 435. CUIDAR LA PROTECCIÓN DE LAS PIEZAS
 - 436. MODIFICACIÓN DE GRADAS: EVITAR QUE PROVOQUEN SUCIEDAD EN LOS ELEMENTOS
 - 437. ELIMINACIÓN DE TRASLADOS INNECESARIOS DE LOS ELEMENTOS
 - 438. RACIONALIZAR LA SECUENCIA DE OPERACIONES EN TALLER
 - 439. USO NO INDISCRIMINADO DE TRAPOS/TOALLITAS
 - 440. APROVECHAR LAS SESIONES "LEAN" PARA INFORMAR.
-

5. FICHAS BUENAS PRÁCTICAS.

COLECCIÓN BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES	
ACTIVIDAD:	<i>Empleo disolventes en limpieza de superficies procesos de montaje</i>
CÓDIGO	BUENA PRÁCTICA
BP.1.	Protección de elementos contra la suciedad.
BP.2.	Racionalización de limpiezas.
BP.3.	Eliminación del grueso de suciedad, material suelto en la superficie y polvo.
BP.4.	Elección del disolvente a usar.
BP.5.	Empapado de absorbentes de algodón.
BP.6.	Manipulación de piezas.
BP.7	Aplicación de sellante en la zona a limpiar.
BP.8.	Uso correcto de los aspiradores en las operaciones de taladrado.
BP.9.	Mantenimiento de puertas cerradas.

BP. 1

Protección de elementos frente a la suciedad

Proceso a realizar:

1	Proteger la superficie de los elementos con plásticos, en aquellos que sean susceptibles, una vez montada la estructura básica. Pegar con cinta adhesiva todo el borde de la protección de plástico para no dejar que se acumule suciedad, evitando el desplazamiento o rotura de la protección.
2	Dejar sin protección de plástico las zonas que se vayan a trabajar para no tener que romperla posteriormente llenándose de suciedad.
3	En caso de utilizar lonas para evitar dañar la superficie del elemento, mantenerlas limpias evitando ensuciar en exceso.

Actuaciones y situaciones a evitar:

1	Dejar sin ninguna protección frente a la suciedad a las estructuras.
2	Manchar las lonas de protección de la superficie de los elementos, ensuciando así la superficie de los mismos.

BP. 2

Racionalización de limpiezas.

Proceso a realizar:

1	En caso de necesidad de limpieza, de una zona a trabajar, limpiar exclusivamente esa zona, dejando la limpieza de todo el elemento para el final de la fase.
2	Inspeccionar visualmente la pieza, antes de proceder a la operación de limpieza, verificando que la pieza no requiere un proceso previo, para no realizar la operación en más de una ocasión.
3	Realizar limpieza general del elemento de forma ordenada, para no repetir la limpieza sobre parte de la superficie, salvo que haya quedado suciedad.
4	Realizar la limpieza final justo antes de enviar la pieza a su próximo destino.

Actuaciones y situaciones a evitar:

1	Realizar limpiezas sin orden, limpiando en más de una ocasión zonas de la superficie.
2	Realizar limpieza general en las fases en más de una ocasión.

BP. 3

Eliminación del grueso de suciedad, material suelto en la superficie y polvo.

Proceso a realizar:

- | | |
|----------|--|
| 1 | Visualizar la superficie a limpiar, identificando material suelto en la superficie y grueso de suciedad a eliminar. |
| 2 | Eliminar este grueso de suciedad y material suelto con brocha, cepillo o paño seco, según norma I+D-P-147 evitando utilizar disolventes, a no ser que sea necesario. |
| | |
| | |

Actuaciones y situaciones a evitar:

- | | |
|----------|--|
| 1 | Utilizar aspiradores para eliminar material suelto o grueso de suciedad que no sea fibra de carbono. |
| 2 | Eliminar grueso de suciedad directamente con absorbentes empapados de disolvente. |
| | |
| | |

BP. 4

Elección y manipulación del disolvente a usar.

Proceso a realizar:

1	Uso del nuevo disolvente, Diestone.DLS, para la limpieza general en montaje.
2	Uso de metil etil cetona y alcohol isopropílico sólo para la limpieza en operaciones de sellado.
3	Uso de Diestone.DLS en el nuevo formato de aplicación, toallitas preimpregnadas, para los mismos casos que en formato de botellas.
4	Mantener las botellas cerradas mientras no se vayan a utilizar, teniendo especial cuidado en evitar derrames.
5	Utilizar el disolvente y las toallitas preimpregnadas imprescindibles para cada operación.

Actuaciones y situaciones a evitar:

1	Uso de Metil etil cetona y alcohol isopropílico para limpieza en operaciones que no sean sellado.
2	Uso de Diestone para limpieza en operaciones de sellado.
3	Mantener en los puestos de trabajo las botellas de disolvente abiertas.
4	Uso a discreción de toallitas preimpregnadas en disolvente.

BP. 5

Empapado de absorbentes de algodón.

Proceso a realizar:

- | | |
|----------|--|
| 1 | Empapar los absorbentes de algodón en disolventes para limpiar la superficie de los elementos con ellos, en el caso que sea necesario. |
| 2 | Posteriormente a la aplicación de disolventes, secar la superficie con paño limpio y seco, evitando que el disolvente se evapore sobre la misma. |
| | |
| | |

Actuaciones y situaciones a evitar:

- | | |
|----------|--|
| 1 | No aplicar directamente los disolventes, en el caso que se tenga que utilizar, sobre la superficie de los elementos. |
| 2 | Dejar los absorbentes utilizados en las zonas de trabajo retrasando su ubicación en el bidón receptor, evaporándose el disolvente impregnado en ellos. |
| | |
| | |

BP.6

Manipulación de piezas.

Proceso a realizar:

- | | |
|----------|--|
| 1 | Manipular las piezas a trabajar exclusivamente, evitando manchar otras piezas de los productos utilizados. |
| 2 | Manejar las piezas con las manos libres de contaminación. |
| 3 | Manejar las piezas limpias con guantes de nylon o algodón evitando su nueva contaminación. |
| | |

Actuaciones y situaciones a evitar:

- | | |
|----------|---|
| 1 | Manipular las piezas y los elementos teniendo las manos contaminadas de productos, ensuciando la superficie de estas. |
| | |
| | |
| | |

BP. 7

Aplicación de sellante en la superficie a limpiar.

Proceso a realizar:

- | | |
|---|--|
| 1 | Aplicar el sellante siguiendo las normas establecidas en la I+D-P-146. |
| 2 | Aplicar el sellante sólo en la zona requerida, teniendo especial cuidado evitando manchas sobre la superficie. |
| 3 | Realizar un adecuado enmascarado de la superficie a sellar, en los casos de obligado cumplimiento y en aquellos susceptibles de realizar, evitando manchar de sellante zonas cercanas. |

Actuaciones y situaciones a evitar:

- | | |
|---|---|
| 1 | Aplicar sellante en zonas cercanas a la de sellado. |
| 2 | Realizar sellado produciendo excesos de rebose y goteos de sellante sobre la superficie de los elementos y de las piezas. |
| 3 | Manchar de sellante las piezas o elementos por la manipulación de los mismos. |

BP. 8

Uso correcto de los aspiradores en las operaciones de taladrado.

Proceso a realizar:

- | | |
|----------|--|
| 1 | Utilizar los aspiradores en las operaciones de taladrado, evitando la emisión de partículas de fibra de carbono. |
| 2 | Utilizar los aspiradores para eliminar de la superficie las partículas emitidas de fibra de carbono. |
| | |
| | |

Actuaciones y situaciones a evitar:

- | | |
|----------|--|
| 1 | Taladrar sin utilizar aspiradores de fibra de carbono. |
| 2 | Limpiar con absorbentes empapados de disolvente las superficies sucias de los elementos por partículas de fibra de carbono, sin haber utilizado previamente aspiradores. |
| 3 | Utilizar los aspiradores para fibra de carbono para aspirar otros materiales como virutas de aluminio, restos de remaches, restos de sellante, tuercas, guantes, trapos, depresores... |
| | |

BP. 9

Mantenimiento de puertas cerradas

Proceso a realizar:

- | | |
|----------|--|
| 1 | Cerrar las puertas de acceso a la zona del taller requerida, una vez traspasadas, en el caso que se puedan cerrar manualmente. |
| 2 | Abrir las puertas lo estrictamente necesario, evitando la formación de corrientes de aire. |
| | |
| | |

Actuaciones y situaciones a evitar:

- | | |
|----------|--|
| 1 | Dejar abiertas las puertas de acceso al taller. |
| 2 | Situarse debajo de los sensores de apertura de las puertas sin intención de atravesarla. |
| | |
| | |

6. CLASIFICACIÓN DE SECADORES, BASADA EN LA TRANSMISIÓN DE CALOR.

Secadores directos o adiabáticos.

La transferencia de calor para el secado se logra por contacto directo entre los sólidos húmedos y los gases calientes. El líquido vaporizado se arrastra con el medio de secado. Los secadores directos se llaman también secadores por convección.

Secadores infrarrojos o de calor radiante, secadores de calor dieléctrico.

El funcionamiento de los secadores de calor radiante depende de la generación, la transmisión y la absorción de rayos infrarrojos.

Los secadores de calor dieléctrico operan sobre el principio de la generación de calor dentro de los sólidos, colocándolos dentro de un campo eléctrico de alta frecuencia.

Secadores indirectos o no adiabático.

El calor de secado se transfiere al sólido húmedo a través de una pared de retención. El líquido vaporizado se separa independientemente del medio de calentamiento. La velocidad de secado depende del contacto que se establezca entre el material mojado y las superficies calientes. Los secadores indirectos se llaman también secadores por conducción o de contacto.

Continuos. Operación continúa sin interrupciones, en tanto se suministre la alimentación húmeda. Puede funcionar en forma intermitente o por lotes si se desea.

Discontinuos. Los secadores se diseñan para operar con un tamaño específico, de carga de alimentación húmeda, para ciclos de tiempo dados. Las condiciones de contenido en humedad y temperatura varían continuamente en cualquier punto del equipo.

Continuos.

El secado se efectúa haciendo pasar el material de manera continua por el secador; y poniéndolo en contacto con las superficies calientes.

Discontinuos.

En general, este tipo de secadores se adaptan muy bien al vacío. Se subdividen en agitados y no agitados.

- 1. Secadores continuos de bandejas.** Tales como los de bandejas metálicas continuas, bandejas vibratorias que emplean gases calientes, los turbosecadores verticales.
- 2. Secadores continuos de material dosificado en una capa.** Se hace pasar por el secador una capa o lámina continua de material, ya sea como festones o en una lámina tensa y distendida sobre un marco con clavija.
- 3. Secadores de transportador neumático.** Se suele dar junto con trituración. La materia se transporta dentro de gases a alta temperatura y velocidades elevadas hasta un colector de ciclón.
- 4. Secadores rotatorios.** El material se transporta y rocía dentro de un cilindro rotatorio por el que circulan gases calientes.
- 5. Secadores por aspersión.** La alimentación del secador debe poderse atomizar; ya sea mediante un disco centrífugo o una boquilla.
- 6. Secadores de circulación directa.** El material se mantiene en un tamiz de transporte continuo, mientras sopla aire caliente a su través.
- 7. Secadores de túnel.** El material colocado en carretillas se desplaza a través de un túnel en contacto con gases calientes.
- 8. Lechos fluidos.** Los sólidos se fluidizan en un tanque estacionario. También pueden tener superficies de calor indirecto.

1. Secadores discontinuos de circulación directa.

El material se coloca en bandejas con base tamiz a través de las cuales se impulsa el aire caliente.

2. Secadores de bandejas y compartimentos. El material se coloca en bandejas que pueden o no montarse en vagones eliminables. El aire se impulsa sobre el material contenido en las bandejas.

3. Lechos fluidos. Los sólidos se fluidizan en un carro en reposo sobre el cual va montado un filtro de polvo.

1. Secadores de cilindro. Para hojas continuas, como papel, celofán. Los cilindros se calientan con vapor y rotan.

2. Secadores de tambor. Éstos se pueden calentar con vapor o agua caliente.

3. Secadores de transportador de tornillo. Aunque estos equipos son continuos, pueden funcionar al vacío. También es posible recuperar el disolvente durante el secado.

4. Secadores rotatorios de tubería de vapor. Se puede utilizar vapor o agua caliente. Es posible operar con una ligera presión negativa para permitir la recuperación del disolvente durante el secado, si se desea.

5. Secadores de bandejas vibratorios. El calentamiento se logra con vapor o agua caliente.

6. Tipos especiales, como bandas de tejidos continuas que se mueven en contacto estrecho con una platina calentada al vapor. El material que se va a secar reposa sobre la banda y recibe calor por contacto.

1. Secadores con agitación.

Éstos pueden operar atmosféricamente o al vacío y manejan una producción pequeña de casi cualquier forma de sólidos húmedos; líquidos, lechadas, pastas o sólidos granulares.

2. Secadores por congelación. El material se congela antes de secarse. A continuación se efectúa el secado en este estado, a elevado vacío.

3. Secadores rotatorios al vacío. El material se agita bajo una cubierta horizontal y estacionaria. No siempre es necesario aplicar vacío. El agitador se puede calentar con vapor además de hacer lo mismo con la cubierta.

4. Secadores de bandejas al vacío. El calentamiento se hace por contacto con parrillas calentadas, sobre las que se coloca el material. No interviene la agitación.

7. CLASIFICACIÓN BOMBAS DE VACÍO, SEGÚN SU CAMPO DE UTILIZACIÓN.

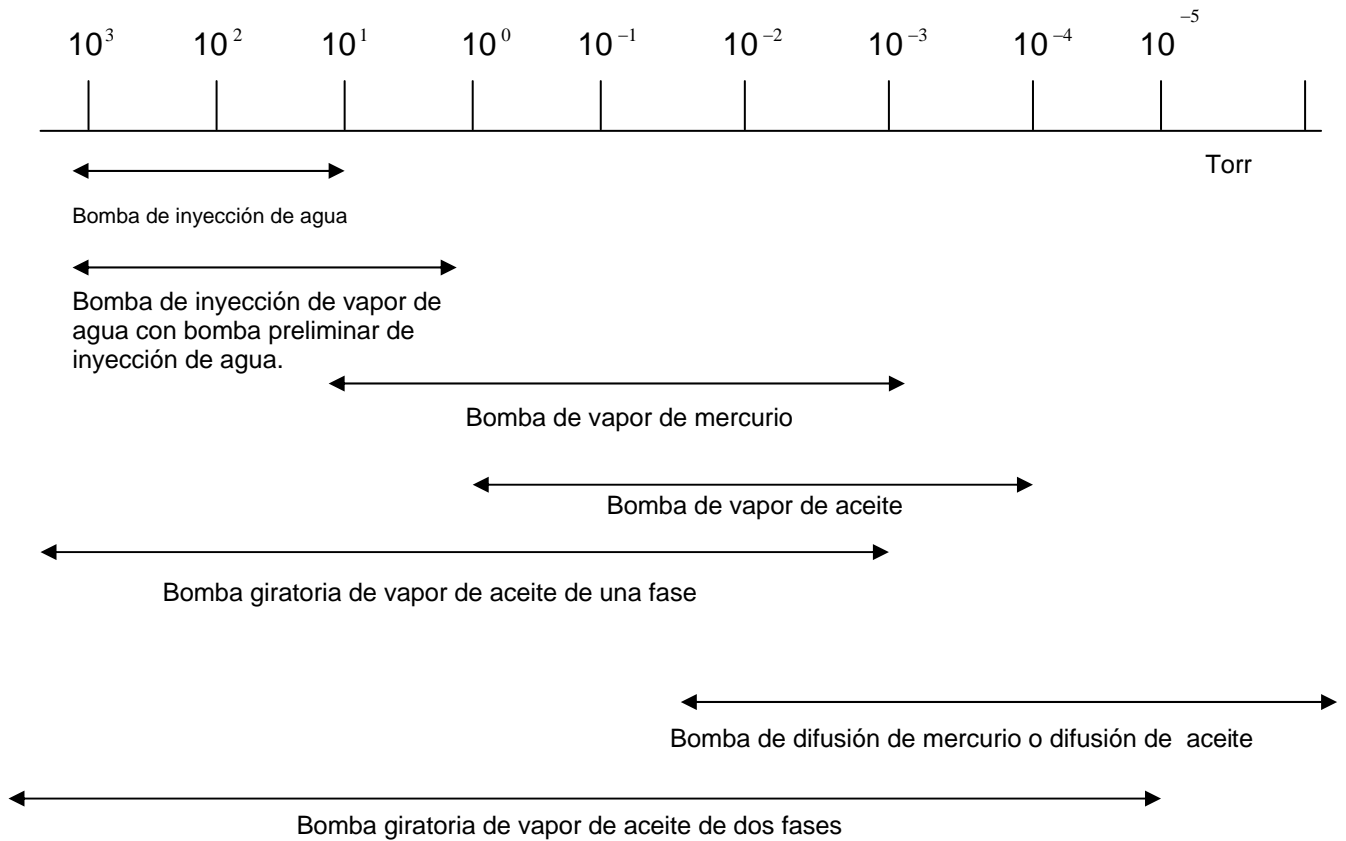


Fig. Campos de utilización de las bombas de vacío, según R. Jaeckel.

8. PROPIEDADES DE LOS ACEROS UTILIZADOS.

PROPIEDADES DEL ACERO AISI 316.

Acero Inoxidable – AISI 316 (Fe/Cr18/Ni10/Mo 3)

Descripción General:

Los aceros inoxidable son aleaciones de hierro con un mínimo de un 10,5% de cromo. Sus características se obtienen mediante la formación de una película adherente e invisible de óxido de cromo. La aleación 316 es un acero inoxidable austenítico de uso general con una estructura cúbica de caras centradas. Es esencialmente no magnético en estado recocido y sólo puede endurecerse en frío. Se añade molibdeno para aumentar la resistencia a la corrosión especialmente en entornos que contienen cloruros. El bajo contenido en carbono de la aleación 316L otorga una mejor resistencia a la corrosión en estructuras soldadas.

Propiedades Eléctricas

Resistividad Eléctrica (μOhmcm)	70-78
--	-------

Propiedades Físicas

Densidad (g cm^{-3})	7,96
Punto de Fusión (C)	1370-1400

Propiedades Mecánicas

Alargamiento (%)	<60
Dureza Brinell	160-190
Impacto Izod (J m^{-1})	20-136
Módulo de Elasticidad (GPa)	190-210
Resistencia a la Tracción (MPa)	460-860

Propiedades Térmicas

Coefficiente de Expansión Térmica @20-100C ($\times 10^{-6} \text{K}^{-1}$)	16-18
Conductividad Térmica a 23C ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$)	16,3

Todos los datos técnicos e informaciones sirven para su orientación únicamente. A pesar de todos nuestros esfuerzos para asegurar que toda la información es correcta, no podemos garantizar su perfección ni su precisión.

Los productos estándar están disponibles en estas formas



PROPIEDADES DEL ACERO AISI 304.

Acero Inoxidable - AISI 304 (Fe/Cr18/Ni 10)

Descripción General:

Los aceros inoxidable son aleaciones de hierro con un mínimo de un 10,5% de cromo. Sus características se obtienen mediante la formación de una película adherente e invisible de óxido de cromo. La aleación 304 es un acero inoxidable austenítico de uso general con una estructura cúbica de caras centradas. Es esencialmente no magnético en estado recocido y sólo puede endurecerse en frío. Su bajo contenido en carbono con respecto a la aleación 302 otorga una mejor resistencia a la corrosión en estructuras soldadas.

Propiedades Eléctricas

Resistividad Eléctrica (μOhmcm)	70-72
--	-------

Propiedades Físicas

Densidad (g cm^{-3})	7,93
Punto de Fusión (C)	1400-1455

Propiedades Mecánicas

Alargamiento (%)	<60
Dureza Brinell	160-190
Impacto Izod (J m^{-1})	20-136
Módulo de Elasticidad (GPa)	190-210
Resistencia a la Tracción (MPa)	460-1100

Propiedades Térmicas

Coefficiente de Expansión Térmica @20-100C ($\times 10^{-6} \text{K}^{-1}$)	18,0
Conductividad Térmica a 23C ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$)	16,3

Todos los datos técnicos e informaciones sirven para su orientación únicamente. A pesar de todos nuestros esfuerzos para asegurar que toda la información es correcta, no podemos garantizar su perfección ni su precisión.

Los productos estándar están disponibles en estas formas



9. CARACTERÍSTICAS CONDUCCIONES.

DIAMETROS INTERIORES Y ESPESORES DE TUBERIA Y CONEXIONES SOLDABLES DE ACERO INOXIDABLE							
=	=	CEDULA 5S		CEDULA 10S		CEDULA 40S Y ESTÁNDAR WT	
DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR	ESPESOR	DIAMETRO INTERIOR	ESPESOR	DIAMETRO INTERIOR	ESPESOR	DIAMETRO INTERIOR
1/8	.405	.....	.....	.049	.307	.068	.269
1/4	.540	.....	.....	.065	.410	.088	.364
3/8	.675	.....	.....	.065	.545	.091	.493
1/2	.840	.065	.710	.083	.674	.109	.622
3/4	1.050	.065	.920	.083	.884	.113	.824
1	1.315	.065	1.185	.109	1.097	.113	1.049
1 1/4	1.660	.065	1.530	.109	1.445	.140	1.380
1 1/2	1.900	.065	1.770	.109	1.682	.145	1.610
2	2.375	.065	2.245	.109	2.153	1.54	2.067
2 1/2	2.875	.083	2.709	.120	2.635	.203	2.469
3	3.500	.083	3.334	.120	3.260	.216	3.068
3 1/2	4.000	.083	3.834	.120	3.760	.226	3.548
4	4.500	.083	4.334	.120	4.260	.237	4.026
5	5.563	.109	5.345	1.34	5.295	.258	5.047
6	6.625	.109	6.407	.134	6.357	.280	6.065
8	8.625	.109	8.407	.184	8.329	.322	7.981
10	10.750	.134	10.482	.165	10.420	.365	10.020
12	12.750	.156	12.438	.180	12.390	.375	12.000
14	14.000	.156	13.688	.188	13.624	.375	13.250
16	16.000	.165	15.670	.188	15.624	.375	15.250
18	18.000	.165	17.670	.188	17.624	.375	17.250
20	20.000	.188	19.624	.218	19.564	.375	19.250
24	24.000	.218	23.564	.250	23.500	.375	23.250

Medidas en pulgadas en in.

MEMORIA

CÁLCULOS.

1. ENSAYOS EXPERIMENTALES, PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES DE SECADO.

Se ha simulado el proceso de recuperación en el laboratorio para comprobar la viabilidad de recuperación del disolvente usado en los procesos planteados.

Los ensayos experimentales, se diseñan intentando aproximarse al máximo a las condiciones reales. Para ello se utilizan un rotavapor y una estufa, simulando el proceso que tendría lugar en el recuperador de disolventes. El rotavapor se utilizó en experimentaciones con un número bajo de absorbentes y para muestras mayores, se utiliza una estufa. Se emplearon absorbentes de algodón limpios del taller, impregnándolos de disolvente, simulando el proceso real.

Los absorbentes impregnados se someten a ensayo en un rango variable de temperaturas, en función de la experiencia planteada. En cada una se controlaba, en principio, la cantidad de disolvente condensada. En la práctica se controló la evaporación que sufría el disolvente en el matraz situado en el baño, determinando la cinética de evaporación en diversas condiciones de operación.

Los ensayos se desarrollan en etapas, analizando los resultados obtenidos, una vez concluida las etapas; tras cada una de las etapas y diseñando en función de éstos, la siguiente etapa a desarrollar. De este modo se van aproximando a las situaciones reales y a las condiciones más propicias para la recuperación. Se barajaron en un primer momento diversas condiciones en los ensayos; temperaturas, tamaño de los paños y cantidad de disolventes.

Las gráficas obtenidas de cada etapa de experimentación se encuentran en el anexo I, del anexo de cálculos.

- ✓ En la primera etapa de ensayos, se barajó la temperatura más idónea a aplicar en el proceso, para obtener un porcentaje elevado de recuperación

de disolvente, tratando de aproximarse lo máximo posible a la realidad. Se estudia la cinética de evaporación en un intervalo de temperaturas de 50 C a 80 C.

Concluyéndose, que se obtiene un mayor porcentaje de recuperación de los disolventes empleados a una temperatura mayor, para un mismo periodo de tiempo. Para el etil metil cetona, se obtienen resultados favorables a una temperatura de 80 C, siendo la evaporación del disolvente más rápida, ya que su punto de ebullición está próximo a dicha temperatura. Sin embargo no se obtuvieron los mismos resultados de evaporación, para el Diestone en el mismo período de estudio, concluyéndose en que habría que aumentar la temperatura, para obtener un porcentaje de evaporación mayor. En esta etapa experimental la impregnación de disolventes aplicada a los absorbentes es de 10 gramos por paño.

- ✓ En la segunda etapa, partiendo del análisis de los datos anteriores se determina la temperatura más adecuada para cada disolvente y la cantidad de disolventes impregnada en los absorbentes.

Ya que la impregnación que se había realizado sobre los trapos se consideró excesiva, alejándose de las condiciones reales de tal forma que se consideró oportuno reducir la impregnación de los absorbentes en esta etapa a 7,5 gramos.

En cuanto a la temperatura de operación, se consideró como temperatura más adecuada para recuperación de MEK 80 C, por una velocidad más alta en el proceso, tomándose esta temperatura como la adecuada para realizar el ensayo de menor impregnación de los absorbentes. En el caso del Diestone.DLS no se obtenía una velocidad de recuperación tan alta como en el caso del MEK, de modo que se aumentó la temperatura a 95 C.

Se obtienen resultados similares a la primera etapa para el Etil Metil Cetona (MEK), resultando un poco más lenta la recuperación, en esta etapa debido a la menor impregnación del absorbente. Para el Diestone.DLS se obtiene una cinética de evaporación mejor que en la etapa anterior y similar a la del MEK, sometiéndolo a 95 C, evaporándose el 95% al cabo de 6 horas.

- ✓ La tercera etapa experimental estudia la necesidad de instalar un sistema de refrigeración en el depósito receptor de absorbentes, debido a la elevada volatilidad de los disolventes usados.

El ensayo se diseña para estimar la cantidad de disolvente, que se evaporaría durante un día en el recipiente receptor de absorbentes impregnados. Para ello se realizó el ensayo a 25 C durante 24 horas.

Los resultados que se obtienen son prometedores, siendo bajos los porcentajes de evaporación alcanzados.

DISOLVENTE	5 Horas	24 Horas
MEK (evaporado)	11%	26%
DIESTONE. DLS (evaporado)	2%	3%

Cuadro 1. Resultados ensayos simulando recipiente receptor de disolventes (25 C).

De la presente etapa experimental se concluye, que no sería necesario instalar un sistema de refrigeración en los bidones receptores de absorbentes, si se tarda menos de 24 horas en traspasar los paños a la unidad de recuperación.

En este punto, con los resultados obtenidos de la evaporación de los diferentes disolventes, se puede afirmar, que se pueden recuperar los disolventes impregnados en los absorbentes utilizados.

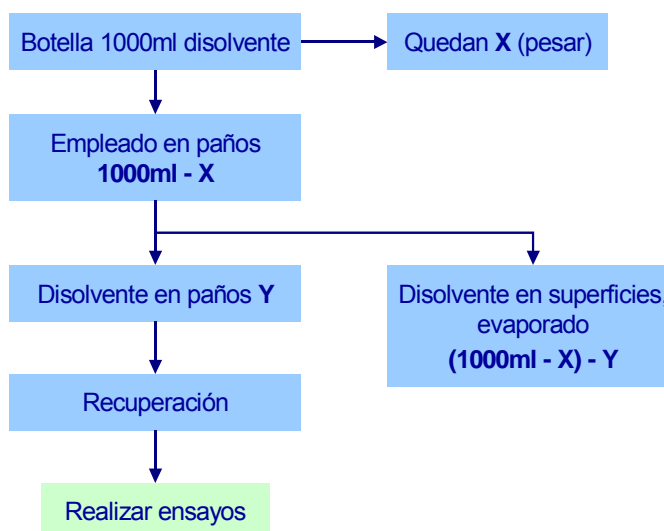
- ✓ La cuarta etapa experimental, se aproxima más a la situación real de la planta ya que, las experiencias son realizadas con los absorbentes impregnados utilizados en el taller, en la limpieza de superficies en procesos de montaje.

Se pretende estimar la eficiencia del proceso, determinando el porcentaje de recuperación de una cantidad específica empleada.

Para ello se realizó el seguimiento del disolvente y de los paños empleados por un operario en una jornada de limpieza. Se le suministraron 1 ó 2 litros de disolvente a utilizar solamente por él. Los paños empleados se recogieron en un bidón especial, destinado a la recepción de absorbentes de dicho operario. Una vez concluida la jornada y recogidos los paños, se transportan al laboratorio para realizar los ensayos pertinentes, estimando la cantidad a recuperar.

En un primer momento se determina la cantidad empleada en la jornada sobre los trapos, al diferenciar la cantidad inicial y final del disolvente suministrado. A continuación, se realizan los ensayos con los absorbentes generados en la jornada por el operario, determinando la cantidad que se recupera de la empleada. Al conocer ambos datos se puede estimar la fracción de disolvente que queda retenida sobre las superficies de las piezas y se evapora, por diferencia entre la cantidad empleada en los paños y la cantidad recuperada.

La toma de paños utilizados, se realizó a través del seguimiento de un operario que realizaba operaciones de limpieza. En primer lugar, se eliminan las partículas de fibra de carbono, que quedan del taladrado, por medio de un aspirador. Posteriormente, comenzó la limpieza con disolventes y paños. Vertía el disolvente sobre los paños y en muchas ocasiones, sobre la estructura debido a la dificultad de limpieza por la presencia de remaches, de esta forma se consume mayor cantidad de disolventes.



Cuadro 2. Proceso ensayos con absorbentes utilizados en taller.

Los absorbentes generados se trasladaron inmediatamente a los laboratorios, sometiéndoles a una temperatura de 80 C, midiendo la cantidad evaporada cada media hora. No se obtuvieron resultados satisfactorios en esta etapa de ensayos, la proporción de disolventes recuperados fue muy pequeña.

RECUPERACIÓN DISOLVENTE	
Disolvente empleado(g)	409,4
Disolvente evaporado (g)	6,21
Disolvente evaporado en proceso (g)	403,2
% disolvente a recuperar	1,5
% evaporado en proceso	98,5

Cuadro 3. Resultados ensayos realizados con absorbentes utilizados en el taller.

El porcentaje de disolvente a recuperar, depende en gran medida del modo de operar de cada operario, además, de posibles desviaciones en los resultados debido al transporte y almacenaje de la muestra tomada. Así se determinó ampliar la muestra a un mayor número de operarios, esperando obtener mejores resultados y más representativos.

- ✓ Quinta etapa de experimentación, se procede del mismo modo que en la etapa anterior, tomando paños utilizados en el taller para determinar la eficiencia de la operación. Pero en esta etapa se amplía la muestra de absorbentes, en concreto, para un 10% de los operarios de una jornada. Se toman tres muestras, de los procesos de limpieza realizados, en diferentes fases del montaje.

Debido al elevado volumen de absorbentes generados, al ampliar la muestra, se realizó la determinación de disolvente a recuperar empleando dos métodos: rotavapor y estufa. Se decide realizar gran parte del ensayo, mediante una estufa para aumentar el número de absorbentes sometidos a estudio al mismo tiempo.

En los ensayos realizados mediante el rotavapor, se determina la cantidad evaporada cada media hora. Mientras que en la estufa se determina el tiempo de secado, pesando los paños al ser introducidos y una vez secos.

Terminados los ensayos y analizados los datos obtenidos se obtuvieron los siguientes resultados sobre la evaporación de los disolventes. Éstos están diferenciados según la toma de muestra y según el tipo y cantidad de disolvente utilizado.

El intervalo de recuperación obtenido, ofrece un porcentaje de eficiencia considerable, en torno a un 40%, ya que se toma como situación representativa la muestra 2. Se puede afirmar que se puede llevar a cabo el proceso de recuperación, a partir de absorbentes impregnados generados en los procesos de montaje. Además la planta se sitúa bajo las exigencias de la Consejería de Medio Ambiente.

El porcentaje de recuperación es más elevado, cuanto mayor es la cantidad de Diestone ya que, su volatilidad es menor que la del metil etil cetona, se puede recuperar mayor cantidad de disolvente al evaporarse

sobre la superficie menor cantidad, dando lugar a un mayor porcentaje de recuperación.

Los datos de los porcentajes evaporados nos indican, que se evapora una cantidad considerable sobre la superficie de las piezas, mientras que se colocan en los bidones de residuos peligrosos. Debido a esta última situación se realizó un ensayo determinando la cinética de evaporación de los disolventes contenidos en los paños al dejarlos al aire libre sobre una superficie, en la siguiente etapa.

A través del análisis de las muestras tomadas, para un 10% de los operarios de una jornada laboral, se ha determinado la cantidad de disolvente a recuperar. Extrapolando este dato al número total de operarios de la planta se obtiene la cantidad a recuperar en una jornada de trabajo, o en un día laboral:

OPERARIOS	CANTIDAD A RECUPERAR
18 Operarios (10% jornada)	0,79 kg
156 Operarios (1 jornada)	6,83 kg
312 Operarios (1 día laboral)	13,66 kg

Cuadro 4. Cantidad a recuperar.

- ✓ Sexta etapa de experimentación. Se determina la cinética de evaporación del disolvente contenido en el absorbente en superficie abierta.

Para poder realizar el proceso de recuperación, es necesaria la presencia de disolventes en los absorbentes cuando se vaya a realizar el proceso. En el apartado anterior, se determinó el porcentaje de disolvente evaporado de la superficie de las piezas y de los absorbentes antes de colocarlo en el bidón de recepción correspondiente, siendo elevado para determinados casos. La velocidad de evaporación de los disolventes va a

influir en el proceso, por ello se realizan experiencias para determinar la cinética de evaporación de los disolventes de los absorbentes sobre superficie abierta.

Se tomaron gamuzas de algodón y se impregnaron de una cierta cantidad de disolvente, realizándose la experiencia por separado, para los dos tipos de disolventes empleados en la planta. Se llevaron a cabo tres ensayos para cada tipo de disolvente, obteniendo los siguientes resultados.

Para el Etil Metil Cetona se evapora la mayoría del disolvente en los primeros treinta minutos, en concreto, se evapora el 86% del disolvente en los primeros 10 minutos.

Analizando cada disolvente, se observa que en el caso del Diestone.DLS la curva de evaporación no es tan pronunciada, alcanzándose porcentajes de evaporación significativos para el proceso, al cabo de una hora (56%). Por lo que también se ve afectado por este problema, teniendo que modificar el modo de proceder

Para obtener resultados satisfactorios en la recuperación no se puede dejar los absorbentes sobre las mesas de taller o en los puestos de trabajo, hay que retirarlos al bidón correspondiente una vez se hayan utilizado, sin demorar su deposición.

Se concluye en esta etapa que el tiempo que se tarde en depositar los absorbentes impregnados en el bidón receptor es de vital importancia para obtener un mayor porcentaje de recuperación

2. CONSUMO ABSORBENTES IMPREGNADOS.

Se determinan los absorbentes consumidos en una jornada laboral en la planta, con objeto de estimar la cantidad de absorbentes que va a recibir la unidad de recuperación de disolventes. Para ello, se cuentan los absorbentes depositados en uno de los bidones de residuos peligrosos, ubicados en las distintas secciones, al final de la jornada. Realizándose, una media de los absorbentes depositados en un bidón, extrapoliándolo posteriormente al número total de bidones en la planta, obteniendo así una estimación del número de absorbentes utilizados en la planta, en una jornada laboral.

Además se determinó el peso de 10 absorbentes impregnados en disolvente tomándolo como patrón, resultando 1140,9 gramos, se extrapola al número total de absorbentes empleados, obteniendo así la masa de absorbentes impregnados producida en una jornada laboral. Se determina también el volumen de absorbentes generados, a través de un recipiente de volumen conocido. Se llena el recipiente de absorbentes, obteniendo el valor para un número de paños, extrapoliándolo posteriormente al número total de paños generados (volumen un paño 0,0011 m³).

ABSORBENTES GENERADOS	
Nº Bidones receptores	78
Media Absorbentes / Bidón	10,91
Paños por jornada	851
Kg paños por jornada.	97,08
Vol. Paños jornada (m ³)	0,93

Cuadro 5. Absorbentes generados.

En una jornada laboral se generan una media de 851 absorbentes impregnados, con una masa de 97,08kg y un volumen de 0.93 m³.

3. CONSUMO DE DISOLVENTES DIARIO.

El consumo de disolvente se determina a través de las compras de disolvente a lo largo del año, mediante los pedidos realizados. Cuando se realiza un pedido es debido, a que se ha agotado el pedido anterior determinando así, la cantidad de disolvente consumido.

Se consume como media en los tres últimos años, una cantidad de 32.873kg/año. Con este dato se obtiene una media de la cantidad consumida en un día, al considerar el número de días laborables al año.

$$\text{Consumo diario: } \frac{\text{Consumo anual disolventes}}{\text{Días laborables al año}} = \frac{32.873\text{kg}}{215} = 153\text{kg / día}$$

Éste dato es de tener en cuenta a la hora de diseñar el recuperador ya que se podrá determinar el volumen de disolvente a recuperar en un día, aplicando el porcentaje de recuperación estimado, a la cantidad que se consume en un día. De este consumo diario, sólo un 40% es susceptible de recuperación ya que, aproximadamente el 60% restante se volatiliza en las operaciones en las que se utilizan, en el transporte de los absorbentes, en las superficies de las piezas...

4. DISEÑO COMPONENTES DEL SECADOR BANDEJAS AL VACÍO.

Un secador de bandejas al vacío está formado por: una cámara hermética donde se produce el secado de los sólidos, un condensador donde los vapores procedentes de la cámara de secado son transformados a estado líquido y una bomba de vacío que eliminará al principio de la operación de secado, parte del aire contenido en la cámara, aumentará la velocidad de secado de los sólidos disminuyendo la temperatura de ebullición y además, dirigirá los vapores formados durante el secado hacia una dirección determinada, concretamente hacia el condensador.

A continuación, se procede al diseño y elección de cada uno de estos componentes por separado.

4.1. DISEÑO MECÁNICO CÁMARA DE SECADO.

La cámara de secado está formada por una estructura rectangular hermética, en cuyo interior se hayan fijas las rejillas de calentamiento, sobre las cuales se colocarán las bandejas que contienen los sólidos a secar. En las medidas totales de la cámara de secado se deben tener en cuenta los espesores del aislante térmico, usado para aislar la cámara de secado y el espesor del recubrimiento que aporta estética al equipo.

Debido al elevado volumen de absorbentes generados durante la jornada, se estima oportuno realizar el proceso de recuperación de disolventes en dos veces, por cada jornada laboral, se aprovecha para realizar la recogida de los absorbentes utilizados el tiempo de descanso, que se produce a la mitad de la jornada laboral.

Como punto de partida para el diseño, se toman los siguientes datos:

ABSORBENTES GENERADOS	
Paños por jornada	426
kg paños por jornada.	48,54
Vol. Paños jornada (m ³)	0,465

Cuadro 6. Datos de partida de absorbentes a recuperar en una carga.

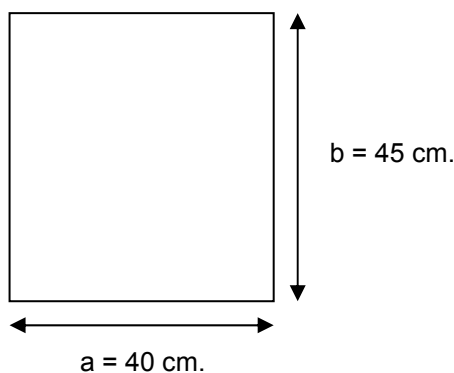
Se sabe de los ensayos experimentales realizados, que el peso de 10 absorbentes impregnados en disolvente es de 1140,9 gramos, el peso de un paño impregnado es de 114 gramos Dato que se corrobora al dividir el peso total de los paños obtenidos en cada jornada, entre el número de paños que se producen durante el mismo período.

$$97,08 \text{ kg} / 851 = 0,114 \text{ kg}$$

De la misma forma calculamos el volumen de un paño:

$$0,93 \text{ m}^3 / 851 = 1,09 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Las dimensiones del absorbente impregnado se obtienen al tomarlas experimentalmente:



$$\text{masa paño} = 0,114 \text{ kg}$$

$$\text{espesor paño} = 6 \times 10^{-3} \text{ m.}$$

$$A \text{ paño} = 0,18 \text{ m}^2$$

$$V. \text{ paño} = 1,09 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

A partir de los datos obtenidos de los absorbentes, se puede calcular el número de bandejas y por consiguiente, el número de parrillas calentadoras que se necesitan para la recuperación de los disolventes generados durante la mitad de una jornada laboral, para una carga del secador.

✓ CÁLCULO NÚMERO DE BANDEJAS:

Las bandejas que forman parte de un secador de bandejas al vacío, son bandejas metálicas, en este caso acero inoxidable AISI 316, para asegurar una buena transmisión de calor entre la parrilla y la bandeja, además, se evita el deterioro debido, por ejemplo, a la corrosión del equipo. Las bandejas deben mantenerse tan planas como sea posible, para proporcionar la máxima superficie de contacto con las parrillas calientes.

Las dimensiones de las bandejas objeto del presente diseño serán:

a = 80 cm.

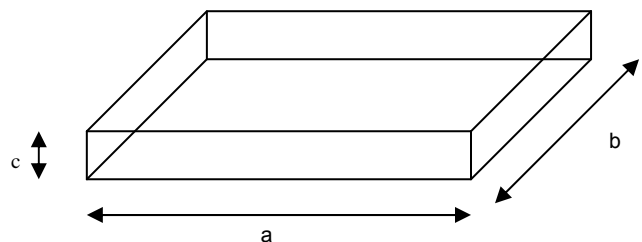
b = 75 cm.

c = 15 cm.

espesor bandeja = 2mm.

A bandeja = $0,6 \text{ m}^2$

V bandeja = $0,09 \text{ m}^3$



Conforme a la bibliografía consultada, "El secado de sólidos en la industria química" Nonhebel y Moss. La carga promedio de una bandeja en un secador de bandejas al vacío, se encuentra entre los 6 y 35 kg de sólidos húmedos por m^2 de bandeja.

Para el diseño de la cámara de secado, se supone de acuerdo con lo expuesto anteriormente, una carga media de 13 kg por m² de bandeja.

Si las bandejas objeto del presente diseño poseen un área de 0,6 m², se estima una carga media por bandeja de 7,8 kg. A partir de este dato, se calcula el número de bandejas necesarias para la recuperación de los disolventes que se producen en una carga del secador. Los kilogramos de paños impregnados producidos durante la mitad de una jornada son 48,54 kg

$$48,54 \text{ kg} / 7,8 \text{ kg por bandeja} = 6 \text{ bandejas.}$$

Cada bandeja contiene aproximadamente 68 paños, ocupando un volumen de 0,075 m³.

Por tanto, para el diseño de la cámara de secado se tienen los siguientes datos de diseño:

BANDEJAS	
nº de bandejas	6
Área bandeja (m ²)	0,6
Volumen bandeja (m ³)	0,8 x 0,75 x 0,15
Espesor bandeja (mm)	2
Espacio entre bandejas (cm)	10
Carga bandeja (kg / m ²)	7,8

Cuadro 7. Resumen datos de diseño de las bandejas del secador.

✓ CÁLCULO NÚMERO DE REJILLAS CALEFACTORAS.

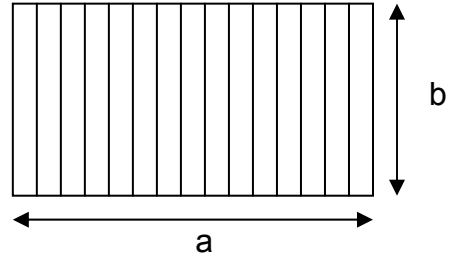
El número de rejillas va a ser el mismo que el número de bandejas.

N ° rejillas = 6

Las dimensiones de las rejillas en nuestro diseño serán:

a = 90 cm

b = 85 cm



PARRILLAS	
n° de parrillas	6
Área parrilla (m ²)	0,765
Espacio entre parrillas (cm)	25

Cuadro 8. Resumen datos de diseño de las parrillas calentadoras.

Una vez obtenidas las medidas de estos elementos, se determinan las medidas que debe tener la cámara de secado, para llevar a cabo el proceso de recuperación.

Quedando las dimensiones de la cámara de secado:

DIMENSIONES CÁMARA SECADO.	
Altura (m)	1,55
Anchura (m)	0,9
Profundidad (m)	0,85

Cuadro 9. Resumen datos de diseño cámara de secado.

Una vez que se obtienen las medidas de la cámara de secado, se procede a determinar los espesores del aislante térmico y del recubrimiento de estructura.

✓ AISLANTE TÉRMICO.

Los aislantes térmicos se utilizan como recubrimiento de estructuras, para evitar las pérdidas caloríficas debidas a la disipación del calor suministrado al equipo, por el aire que lo rodea y por seguridad de los operarios, ya que la temperatura de trabajo es alta, 75 C existiendo riesgo de quemaduras en toda persona que trabaje cerca, se va a reducir éste riesgo de quemaduras haciendo que la temperatura en las paredes exteriores sea inferior.

Los aislantes térmicos se caracterizan por su alta resistencia eléctrica, estableciendo una barrera al paso del calor entre dos medios que, naturalmente tenderían a igualarse en temperatura. Poseen una baja conductividad térmica y un bajo coeficiente de absorción de la radiación. Se utilizan para la elaboración de aislantes, materiales porosos o fibrosos, capaces de inmovilizar el aire confinado en el interior de celdillas más o menos estancas, ya que el fenómeno de convección que se origina en las cámaras de aire, aumenta sensiblemente su capacidad de transferencia térmica.

Permiten minimizar el consumo de energía necesaria para mantener la temperatura requerida. Son caracterizados por su resistencia térmica y su inercia térmica.

Se va a utilizar como aislante térmico lana de roca, por su bajo coeficiente de transmisión de calor, es una gran barrera al flujo de calor. Es químicamente inerte, posee un PH neutro, una estructura estable, es inatacable por agentes químicos y no causa, ni favorece la corrosión en el material del secador. La temperatura máxima de operación de éste material es de 420 C, posee una densidad de $\rho = 145 \text{ kg} / \text{m}^3$ y un coeficiente de transmisión de calor de $k =$

0,04W / mK . Los detalles del aislante térmico seleccionado se encuentran en el anexo II, del anexo de cálculos.

La lana de roca a utilizar se adquiere en forma de paneles rígidos que se instalan mediante fijaciones rocdan 40 o utilizando adhesivo asfáltico PA-200, en este caso se utilizan fijaciones rocdan 40.

La estructura abierta de fibras entrecruzadas de la lana de roca frena los movimientos del aire por medio del rozamiento con las fibras. Esta propiedad, que se debe no sólo a la materia prima sino también al proceso de fabricación, presenta dos ventajas: la lana de roca crea una barrera aislante térmica, tanto del frío como del calor, y acústica, puesto que absorbe el ruido. De este modo cumple las normativas más estrictas y proporciona un gran bienestar térmico y acústico.

Con respecto a su comportamiento frente al fuego es un material incombustible, posee una resistencia al fuego tanto mecánica como térmica, al tiempo que limita la emisión de gases. La inclusión de éste producto permite evitar la formación y transmisión del fuego por el aislante y proteger las áreas aisladas frente a la acción del fuego. Además no es hidrófila, con lo que se garantiza una estabilidad perfecta frente a la humedad

Se determina la eficiencia del aislante, por medio de los cálculos de las pérdidas de calor producidas en el secador, con el uso del aislante o sin su utilización. Partiendo de las ecuaciones básicas de transferencia de calor tanto por conducción como por convección.

$$Q = U \times A \times \Delta T \quad (\text{ecuación 1})$$

$$Q = h \times A \times \Delta T \quad (\text{ecuación 2})$$

Siendo:

Q : Velocidad de transmisión de calor (W).

ΔT : Incremento de temperaturas, entre el fluido caliente disolventes y el fluido frío, aire.

U : Coeficiente global de transmisión de calor ($W/ m^2 K$).

A : Área de transferencia de calor (m^2).

h : Coeficiente de calor por convección del aire

Para calcular el área de transferencia de calor tendremos en cuenta el área superior, el área inferior así como las áreas laterales del secador.

$$A \text{ lateral} = 4 \times (0,85 \times 1,55) = 5,27 \text{ m}^2$$

$$A \text{ inferior} = A \text{ superior} = (2 \times 0,765) = 1,53 \text{ m}^2$$

$$A \text{ total} = 6,8 \text{ m}^2$$

El incremento de temperaturas está dado por los valores de $T = 75 \text{ C}$, temperatura a la que se encuentran los disolventes y la temperatura en el exterior del secador $T = 22 \text{ C}$.

El coeficiente global de transmisión de calor, se calcula teniendo en cuenta las resistencias existentes en el sistema.

$$U = \frac{1}{\left(\frac{t_{pared}}{k_{pared}}\right) + \left(\frac{t_{aislante}}{k_{aislante}}\right) + \left(\frac{t_{recubrimiento}}{k_{recubrimiento}}\right) + \left(\frac{1}{h}\right)} \quad (\text{ecuación 3}).$$

Los términos k son los coeficientes de transmisión de calor de cada material, t representa los espesores y h es el coeficiente de transmisión de calor por convección del aire.

El primer término de la ecuación representa la resistencia por conducción debido a la pared del secador, el segundo es la resistencia a la conducción producida por el aislante, el tercer término es la resistencia por conducción al recubrimiento de la estructura y el último término es la resistencia a la convección por el aire. Se ha despreciado la transmisión de calor por

convección desde los absorbentes que contienen los disolventes a la pared del secador, ya que se considera que las paredes y los paños que contienen los disolventes están a la misma temperatura.

En este caso, los valores de estos parámetros son:

$$\begin{aligned}t_{\text{pared}} &= 0,006 \text{ m} . & k_{\text{acero-304}} &= 15 \text{ W / m} \cdot \text{K} \\t_{\text{aislante}} &= 0,05 \text{ m} . & k_{\text{aislante}} &= 0,04 \text{ W / m} \cdot \text{K} \\t_{\text{recubrimiento}} &= 0,001 \text{ m} . & h_{\text{aire}} &= 8 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K} \\k_{\text{acero-316}} &= 13,5 \text{ W / m} \cdot \text{K}\end{aligned}$$

Partiendo de los datos anteriores se obtiene un coeficiente global de transmisión de calor de U, para el equipo construido con aislamiento térmico y sin él, en el cálculo de éste último no se tiene en cuenta la resistencia debida al aislamiento.

$$U_{\text{aislante}} = 0,73 \quad \text{y} \quad U_{\text{sin_aislante}} = 7,96$$

A continuación se calculan las pérdidas de calor producidas en el secador, teniendo en cuenta la introducción o no del aislante térmico en la estructura.

$$Q_{\text{aislante}} = U \cdot A \cdot \Delta T = 0,73 \cdot 6,8 \cdot 53 = 263,09W$$

$$Q_{\text{sin_aislante}} = U' \cdot A \cdot \Delta T = 7,96 \cdot 6,8 \cdot 53 = 2868,78W$$

Posteriormente, se determina la eficacia del aislamiento térmico en este caso, lana de roca de 50 mm de espesor.

$$\text{eficacia} = \frac{Q_{\text{sin_aislante}} - Q_{\text{aislante}}}{Q_{\text{sin_aislante}}} \quad (\text{ecuación 4.})$$

Obteniendo una eficiencia del aislante de 90,83%, la eficacia del aislante es alta, optimizando el proceso, además del consiguiente ahorro energético y aporte de seguridad.

✓ **DIMENSIONES ESTRUCTURA EXTERNA CÁMARA SECADO.**

Para realizar el cálculo de las medidas totales de la cámara de secado, además de sus propias dimensiones, se deben tener en cuenta el espesor del aislante que la recubre para evitar pérdidas de calor, el espesor de la pared de la cámara de secado (cuyo cálculo se encuentra en el anexo III del anexo de cálculos) y la chapa de recubrimiento de la estructura, que confiere estética al equipo.

DIMENSIONES TOTALES CÁMARA SECADO	
Anchura (m)	1,014
Altura (m)	1,664
Profundidad (m)	0,964

Cuadro 10. Resumen datos de diseño cámara secado.

4.2. DISEÑO OPERATIVO CÁMARA DE SECADO.

A continuación se realizan los cálculos, referentes al funcionamiento de la cámara de secador, del secador de bandejas diseñado.

En primer lugar, se plantea el balance macroscópico de materia al secador, obteniendo el dato de recuperación de los disolventes, éste dato es también utilizado a la entrada del condensador, ya que el disolvente evaporado en el secador, se condensa posteriormente en el condensador.

1. Balance macroscópico de materia.

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Velocidad de} \\ \text{acumulación de} \\ \text{materia en el} \\ \text{elemento de} \\ \text{volumen.} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Caudal neto de} \\ \text{entrada de} \\ \text{materia en el} \\ \text{elemento de} \\ \text{volumen.} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Velocidad neta} \\ \text{de generación} \\ \text{de materia en} \\ \text{el elemento de} \\ \text{volumen.} \\ \hline \end{array}$$

Al no producirse reacción química en el secador, la velocidad neta de generación de materia se hace nula en la expresión anterior, quedando por tanto:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Velocidad de} \\ \text{acumulación de} \\ \text{materia en el} \\ \text{elemento de} \\ \text{volumen.} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Caudal neto de} \\ \text{entrada de materia} \\ \text{en el elemento de} \\ \text{volumen.} \\ \hline \end{array}$$

La entrada en el secador es de 48,54 kg estando formada por 45,35 kg de paños secos y 3,19 kg de disolventes susceptibles de recuperar.

El balance a los absorbentes, quedaría igual ya que no se transforman, se comportan como inertes y por tanto, la entrada y la acumulación serán iguales.

Mientras que para los disolventes, se va a producir un cambio de fase de líquido a vapor, disminuyendo así la cantidad de disolvente líquido contenido en el secador. Por lo que se realiza el balance de materia a los disolventes presentes en el secador.

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Acumulación} \\ \text{de disolventes} \\ \text{en los paños} \\ \text{impregnados} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Entrada} \\ \text{disolventes} \\ \text{líquidos, en los} \\ \text{paños} \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|} \hline \text{Salida} \\ \text{disolventes en} \\ \text{fase vapor del} \\ \text{secador.} \\ \hline \end{array}$$

Según la bibliografía consultada “Manual del Ingeniero Químico” de Robert H. Perry y Don W. Green, sobre los datos de operación para secadores de parrillas al vacío. La eficacia térmica, para este tipo de secadores es casi siempre, del orden del 60% al 80%, por lo que se va a suponer una eficacia del 75%. Estimándose que de los 3,19 kg que entran en el secador, salen con dirección al condensador para su recuperación 2,39 kg de disolventes. Quedando acumulado en las gamuzas impregnadas 0,80 kg de disolventes, que serán enviados junto con las gamuzas al correspondiente gestor de residuos.

Seguidamente se procede a calcular las condiciones operativas que se dan en la cámara de secado.

2. Cálculo velocidad de secado.

$$R_m = \frac{1000 \times W \times (M_s - M_f)}{A_h \times \theta} \quad (\text{ecuación 5})$$

* Ecuación general de secado por conducción, integrada sobre todo el ciclo de secado.

Siendo:

R_m: Velocidad de secado (g / s × m²)

M_s: Contenido inicial de disolvente (kg disolvente/ kg sólidos)

M_f: Contenido final de disolvente (kg disolvente/ kg sólidos)

W: Peso de producto seco (kg)

A_h: Superficie del secador (m²)

θ : Tiempo de secado (h)

A continuación se calculan todos los parámetros necesarios para el cálculo de la velocidad de secado, a través de los datos anteriores:

- M_s = kg disolvente/ kg sólidos secos = 3,19/45,35 M_s = 0,07 kg/kg

- $M_f = \text{kg disolvente final} / \text{kg sólidos secos} = 0,80 / 45,35 \quad M_f = 0,018 \text{ kg/kg}$
- $W = 45,35 \text{ kg}$
- Para calcular la superficie del secador, se tiene en cuenta el área de cada bandeja y el número de bandejas necesarias.

$$Ah = 6 \times (0,8 \times 0,75)$$

$$Ah = 3,6m^2$$

- El tiempo de secado, según los ensayos experimentales realizados, se puede suponer que es, de aproximadamente 4 horas. $\theta = 4h$

$$Rm = \frac{1000 \times 45,35 \times (0,07 - 0,018)}{3,6 \times 4 \times 3600}$$

$$Rm = 0,045 \text{ g} / m^2 \times s$$

3. Cálculo de la transferencia de calor en la cámara de secado.

Se procede a calcular, la cantidad de calor que hay que aportar al secador, para aumentar la temperatura de entrada hasta la temperatura seleccionada, donde se produce el cambio de fase del disolvente, de líquido a vapor. La ecuación que se utiliza para calcular el calor a suministrar al secador contempla tanto el calor que se ha de aportar para que se produzca el cambio de fase, como el calor a suministrar para elevar la temperatura de los absorbentes y del disolvente a la temperatura requerida, para que se lleve a cabo el proceso.

Por tanto el calor a suministrar viene dado por la expresión:

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T + m' \cdot Cp' \cdot \Delta T' + m \cdot \Delta H_v \quad (\text{ecuación 6})$$

Siendo:

- Q : Cantidad de calor a aportar al secador (J)
- m : Cantidad de disolventes en el secador (kg)

- C_p : Capacidad calorífica de los disolventes (J/mol K)
- m' : Cantidad de absorbentes en el secador (kg)
- C_p' : Capacidad calorífica del algodón (J/kg K)
- ΔT : Diferencia de temperatura en los disolventes (K)
- $\Delta T'$: Diferencia de temperatura en los absorbentes (K)
- ΔH_v : Entalpía de vaporización de los disolventes.

Se calculan cada uno de los tres términos de la ecuación por separado:

En el primer término, se tiene en cuenta el calor a aportar, para calentar los disolventes contenidos en los absorbentes desde la temperatura inicial de 22 C hasta la temperatura de operación de 75 C.

Las capacidades caloríficas se calculan de forma individual para cada disolvente, utilizando posteriormente las proporciones de los disolventes en la mezcla para estimar el valor de C_p en el sistema.

Los valores para el cálculo de las C_p de cada disolvente han sido tomados de "The Properties of Gases and Liquids". 4ª edición.

$$C_p = CPVAPA + (CPVAPB) \cdot T + (CPVAPC) \cdot T^2 + (CPVAPD) \cdot T^3 \quad (\text{ecuación 7}).$$

Los parámetros para el Etil Metil Cetona son los siguientes, reflejados en el anexo de cálculos V.

- $CPVAPA = 1,094 \cdot 10^1$
- $CPVAPB = 3,559 \cdot 10^{-1}$
- $CPVAPC = -1,90 \cdot 10^{-4}$
- $CPVAPD = 3,92 \cdot 10^{-8}$

Se calcula la capacidad calorífica para el Etil Metil Cetona a las temperaturas de entrada (295 K) y salida (348 K), obteniéndose al hacer la media de éstos valores, el valor de C_p para este compuesto. Resultando el valor de:

$$C_p = 1485 \text{ J/kg K}$$

Para el disolvente 1-metoxi-propan-2-ol, (ficha técnica de seguridad en el anexo IV del anexo de cálculos) componente mayoritario del Diestone, que se ha tomado como el segundo disolvente componente de la mezcla, se desarrolla el cálculo de la capacidad calorífica de la misma forma, éstos datos se encuentran en el anexo VI, del anexo de cálculos .

$$-CPVAPA = 3,223 \cdot 10^1$$

$$-CPVAPB = 3,567 \cdot 10^{-1}$$

$$-CPVAPC = -1,336 \cdot 10^{-4}$$

$$-CPVAPD = 8,399 \cdot 10^{-9}$$

Obteniendo un valor de C_p de:

$$C_p = 1480,89 \text{ J/kg K}$$

El primer término de la ecuación queda por tanto:

$$(1) = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Tomando los datos y sustituyendo los valores, obtenemos:

$$(1) = 3,19 \text{ kg} \cdot (0,8 \cdot 1485 + 0,2 \cdot 1480,89) \text{ J / kg} \cdot \text{K} \cdot (348 - 295) \text{ K} = 250929,97 \text{ J}$$

En el segundo término de la ecuación, que representa el calor que hay que aportar a los absorbentes de algodón, para alcanzar la temperatura de operación, se aplica:

$$(2) = m' \cdot C_p' \cdot \Delta T'$$

Tomando los datos correspondientes a los absorbentes de algodón, dados en el anexo de cálculos VII, se tiene:

$$(3) = 45,35 \text{ kg} \cdot 1300 \text{ J / kg} \cdot \text{K} \cdot (348 - 295) \text{ K} = 3124615 \text{ J}$$

Dato $C_{p\text{algodón}}$ recabado de “*Procesos de transferencia de calor*” Donald Q. Kern.

El tercer término, define el calor necesario para que los disolventes pasen de estado líquido a vapor, es decir, el calor necesario para la vaporización.

$$(4) = m \cdot \Delta H_v$$

Al no encontrar en la bibliografía datos de ΔH_v para el 1-metoxi-propan-2-ol, se estiman ambas entalpías de vaporización a partir de la linealización de la ecuación de Clasius-Clapeyron, para aplicar ésta ecuación son necesarios los datos de equilibrio, para la obtención de éstos datos se utiliza la ecuación de Antoine.

- Cálculo ΔH_v para Etil Metil Cetona:

Primeramente se obtienen los datos de equilibrio del sistema a partir de la ecuación de Antoine.

$$\log_{10} P = A - \frac{B}{T(C) + C} \quad (\text{ecuación 8})$$

Estando los valores de las constantes de Antoine para el MEK, registrados en el anexo de cálculo VIII.

$$A = 7,06356$$

$$B = 1261,339$$

$$C = 221,969$$

Ecuación tomada del Manual del Ingeniero Químico, Perry & Chilton. Donde la presión viene dada en mmHg y la temperatura en C.

Temperatura (C)	Presión (mmHg)	Presión (bar)
70	553,92	0,803
75	654,91	0,949
80	770,04	1,116

A continuación se aplica la ecuación de Clasius-Clapeyron, de forma linealizada, la pendiente de la recta nos dará el valor de $-\Delta H_v/R$.

$$\ln P_v = -\frac{\Delta H_v}{R \cdot T} + C \quad (\text{ecuación 9})$$

De los datos de equilibrio que se obtienen mediante la ecuación de Antoine, se puede linealizar la ecuación y así poder calcular la pendiente de la recta.

T (K)	1/T	Pv (bar)	Ln Pv
343	$2,91 \cdot 10^{-3}$	0,803	-0,219
348	$2,87 \cdot 10^{-3}$	0,949	-0,052
353	$2,83 \cdot 10^{-3}$	1,116	0,109

Se representa en el eje x los valores de 1/T y en el eje y los valores de ln Pv, obteniendo una recta de parámetros.

$$o.o = 11,71$$

$$pte = -4100$$

$$r^2 = 0,999$$

Con el valor de la pendiente y tomando la constante $R = 8,314 J / mol \cdot K$, se obtiene un valor de entalpía de vaporización para el Etil Metil Cetona de:

$$pte = -\Delta H_v / R \quad \Delta H_v = 34087,4 J / mol$$

Se realiza el mismo procedimiento en el cálculo de la entalpía de vaporización, para el otro disolvente, 1-metoxi-propan-2-ol (C₄H₁₀O₂). Constantes de Antoine registradas en el anexo de cálculo IX.

Se aplica la ecuación de Antoine, para obtener datos de equilibrio.

$$\ln P_{vp} = VPA - \frac{VPB}{T(K) + VPC} \quad (\text{ecuación 10}).$$

Siendo los valores de las constantes de Antoine para éste compuesto de:

$$VPA = 9,4039$$

$$VPB = 2869,79$$

$$VPC = -53,15$$

Ecuación tomada de “*The Properties of Gases and Liquids*” donde la temperatura se expresa en Kelvin y la presión en bar. Aplicando ésta ecuación se obtiene los siguientes datos:

Temperatura (K)	Presión (bar)
343	0,608
348	0,719
353	0,846

A continuación se aplica la ecuación de Clasius-Clapeyron obteniendo los valores:

T (K)	1/T	Pv (bar)	Ln Pv
343	2,91 · 10 ⁻³	0,608	-0,497
348	2,87 · 10 ⁻³	0,719	-0,329
353	2,83 · 10 ⁻³	0,846	-0,167

Donde:

$$o.o = 11,51$$

$$pte = - 4125$$

$$r^2 = 0,999$$

$$Pte = -\Delta H_v / R \quad \Delta H_v = 34295,25 J / mol$$

Con los datos de las entalpías de vaporización, se calcula el tercer miembro de la ecuación, se designa con el subíndice 1 al disolvente mayoritario, es decir, Etil Metil Cetona y con el subíndice 2 al minoritario 1-metoxi-propan-2-ol.

$$(3) = m \cdot \Delta H_v = m(x_1 \Delta H_{v_1} + x_2 \cdot \Delta H_{v_2})$$

$$\Delta H_{v_1} = 34087,4 \frac{J}{mol} \cdot \frac{1mol}{72g} \cdot \frac{1000g}{1kg} = 473436,1 J / kg$$

$$\Delta H_{v_2} = 34295,25 \frac{J}{mol} \cdot \frac{1mol}{90g} \cdot \frac{1000g}{1kg} = 381058,3 J / kg$$

$$(3) = 3,19 \cdot (0,8 \cdot 473436,1 + 0,2 \cdot 381058,3) = 1451324,1 J$$

El calor que hay que aportar al secador para que se produzca el aumento de temperatura y la vaporización de los disolventes es la suma de los tres términos calculados, obteniendo un valor de:

$$Q = 4826869,1 J = 4826,87 kJ$$

Con el calor a aportar se procede a calcular a continuación, la potencia necesaria en el secador y las resistencias eléctricas necesarias.

4. Cálculo de la potencia del secador y de las resistencias eléctricas.

La potencia necesaria en el secador es función de la energía a suministrar y del tiempo de operación.

$$Potencia = \frac{Energía(J)}{tiempo(s)} \quad (\text{ecuación 11}).$$

A la energía calculada anteriormente se le va a suponer un 5% adicional, para evitar que la operación no se lleve a cabo satisfactoriamente, si cambian levemente algunas condiciones del sistema. El tiempo de operación ya estimado, es de 4 horas.

$$Potencia = \frac{(4826869,1 + 241343,45)J}{4h \cdot \frac{3600s}{1h}} = 351,96W$$

A continuación, se calculan las resistencias eléctricas necesarias para el funcionamiento del secador, a partir de la ley de Joule.

$$P = R \cdot I^2 \quad (\text{ecuación 12}).$$

Con la ley de Ohm $V = I \cdot R$, se transforma la ecuación en:

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (\text{ecuación 13}).$$

Para la aplicación de esta ecuación se supone un valor de $U = 230V$, valor de tensión habitual. Se calcula el valor de la resistencia a instalar.

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{230^2}{351,96} = 150,30\Omega$$

Este valor corresponde a la resistencia total necesaria para el secador en su conjunto, sabiendo que el secador consta de 6 parrillas eléctricas de calefacción, que se encuentran asociadas en paralelo, se calcula la resistencia eléctrica necesaria para cada parrilla:

$$\frac{1}{R_T} = \sum \frac{1}{R_i} = 6 \cdot \left(\frac{1}{R} \right) \quad R = 901,8\Omega \quad (\text{ecuación 14}).$$

5. Cálculo de la presión en el secador.

Se necesita conocer la presión en el interior del secador, para que la mezcla de disolventes se evapore a una temperatura menor, que la correspondiente a la temperatura de ebullición de la mezcla, ésta temperatura es de 75 C, al obtener la presión interna se conoce el vacío que se debe aplicar en el secador.

Los datos de partida son; temperatura requerida en el secador 75 C, para el cálculo de la presión requerida se ha utilizado el subíndice 1 para el disolvente Etil Metil Cetona y el subíndice 2 para el 1-metoxi-propan-2-ol, siendo las fracciones de los disolventes en el líquido, $X_1 = 0,8$ y $X_2 = 0,2$. Se plantea un problema de equilibrio líquido-vapor a presiones bajas o moderadas.

$$\text{En el equilibrio } f_i^V = f_i^L \quad (\text{ecuación 15})$$

Siendo la fugacidad en la fase vapor, $f_i^V = y_i \cdot \phi_i \cdot P$, en el secador el equilibrio líquido-vapor se produce a menor presión que la atmosférica, por lo que la fase vapor se aproxima al gas ideal, siendo el valor de $\phi_i = 1$.

La fugacidad en la fase líquida, se expresa como $f_i^L = x_i \cdot \sigma_i \cdot P_i^{sat}$ ya que la fugacidad de las especies i en la fase líquida, se pueden tomar de forma aproximada, como la presión parcial de las especies i en la fase vapor. En el límite donde $x_i = y_i = 1$, la presión total es igual a la presión de vapor de las especies i puras, y $f_i^L = P_i^{sat}$. La fase líquida no se puede considerar ideal, ya

que, al calcular los coeficientes de actividad para las especies i se obtienen valores superiores a la unidad.

Para el cálculo de los coeficientes de actividad para éste sistema, al no encontrarse datos tabulados, se utiliza el método UNIFAC, a través de una hoja de cálculo en Excel, recogida en el anexo de cálculos X, se obtienen los siguientes parámetros:

$$\sigma_1 = 1,0499 \quad \text{y} \quad \sigma_2 = 1,5475$$

Se aplica la ecuación de Raoult modificada, para el cálculo de la presión en el interior del secador.

$$x_1 \cdot \sigma_1 \cdot P_1^{sat} + x_2 \cdot \sigma_2 \cdot P_2^{sat} = (y_1 + y_2) \cdot P \quad (\text{ecuación 16})$$

En principio se realiza la simplificación de ésta ecuación, teniendo en cuenta que $y_1 + y_2 = 1$.

Quedando por tanto la ecuación como:

$$x_1 \cdot \sigma_1 \cdot P_1^{sat} + x_2 \cdot \sigma_2 \cdot P_2^{sat} = P$$

Sustituyendo los datos siguientes en la ecuación, se obtiene el valor de la presión interna en el secador:

$x_1 = 0,8$	$x_2 = 0,2$	$P=0,926 \text{ atm.}$
$\sigma_1 = 1,0499$	$\sigma_2 = 1,5475$	
$P_1^{sat} = 0,862 \text{ atm}$	$P_2^{sat} = 0,653 \text{ atm}$	

Para concluir se comprueba la suposición inicial, $y_1 + y_2 = 1$, se calculan las y_i como:

$$y_1 = \frac{x_1 \cdot \sigma_1 \cdot P_1^{sat}}{P} \qquad y_2 = \frac{x_2 \cdot \sigma_2 \cdot P_2^{sat}}{P}$$

Se obtienen los valores de $y_1 = 0,782$ y $y_2 = 0,229$, siendo el valor de la suma de ambos de 1,011, por lo que la suposición inicial se considera válida.

Al finalizar éstos cálculos, se pueden sintetizar las características de funcionamiento del secador, en el siguiente cuadro:

DATOS OPERACIÓN SECADOR BANDEJAS AL VACÍO	
Carga bandejas (kg / m ²)	7,8
Contenido inicial de disolvente (base seca) (kg dte / kg sólidos secos)	0,07
Contenido final de disolvente (base seca) (kg dte / kg sólidos secos)	0,018
Tiempo de secado(h)	4
Velocidad de evaporación(g / m ² × s)	0,045
Temperatura rejillas calefactores (C)	75
Presión en el secador (atm)	0,926
Vacío (atm)	0,074
Calor requerido (kJ)	4826,87
Potencia requerida (W)	351,96
Resistencias eléctricas (Ω)	901,8

Cuadro 11. Resumen datos de operación cámara secado.

4.3. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR.

El condensador utilizado en éste proceso, es un condensador de superficie, en el cual el refrigerante no entra en contacto con la corriente de vapor. Los vapores de disolventes van a circular por el tubo interior mientras que el agua de refrigeración circula por el tubo exterior, en contracorriente.

Se representa el proceso en el condensador, mediante el siguiente diagrama:

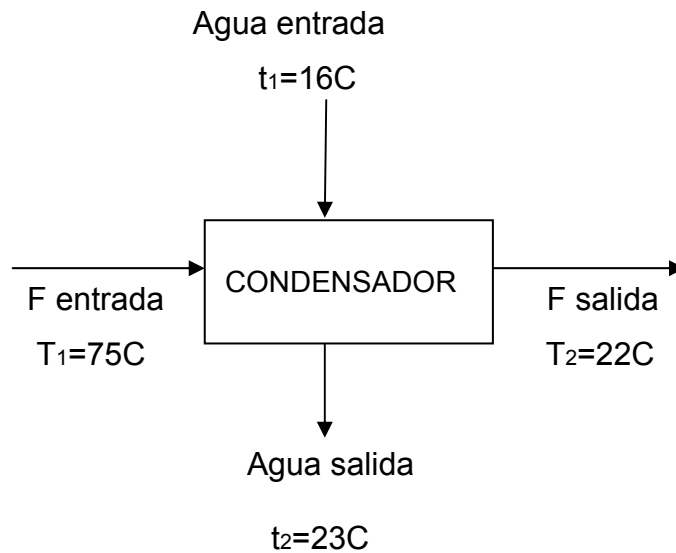
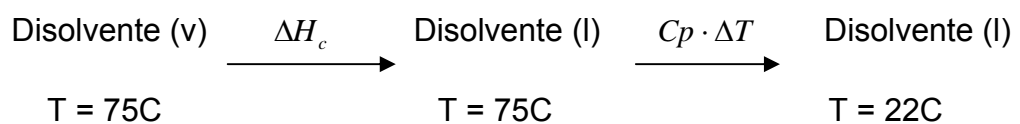


Figura 1. Esquema proceso en el condensador.

Donde $F \text{ entrada} = F \text{ salida} = \frac{2,39\text{kg}}{4\text{h}} = 0,60\text{kg} / \text{h}$

En el condensador se van a producir las siguientes operaciones:



$$Q_{\text{retirado}} = F \cdot \Delta H_c + F \cdot C_p \cdot \Delta T$$

(ecuación 17)

En este tipo de procesos el calor a retirar, es la suma del calor de condensación, necesario para que se produzca el cambio de fase de vapor a líquido y además se retira el calor del líquido, una vez condensado para que alcance la temperatura deseada de salida.

1. Cálculo del calor a retirar del condensador.

La entalpía de condensación posee el mismo valor numérico, que la entalpía de evaporación, aunque son conceptos contrarios.

Por lo tanto los datos necesarios para calcular el calor retirado en el condensador, son tomados del cálculo del calor aportado, para que tenga lugar la vaporización de la mezcla de disolventes.

> Datos necesarios:

- $\Delta H_v C_4H_8O = 473436,1J / kg$
- $\Delta H_v C_4H_{10}O_2 = 381058,3J / kg$
- $CpC_4H_8O = 1485J / kg \cdot K$
- $CpC_4H_8O = 1480,89J / kg \cdot K$
- $\Delta T = (348 - 295)K$

Calculo del calor que ha de retirarse en el condensador:

$$Q_{retirado} = F \cdot \Delta H_c + F \cdot Cp \cdot \Delta T$$

El primer término de la ecuación se tiene:

$$F \cdot \Delta H_c = 0,60 \frac{kg}{h} \cdot (0,78 \cdot 473436,1 + 0,22 \cdot 381058,3) \frac{J}{kg} = 271867,8 \frac{J}{h}$$

Mientras que el segundo término:

$$F \cdot Cp \cdot \Delta T = 0,60 \frac{kg}{h} \cdot (0,78 \cdot 1485 + 0,22 \cdot 1480,89) \frac{J}{kg \cdot K} \cdot (348 - 295)K = 47194,25 \frac{J}{h}$$

Por tanto obtenemos un valor del calor a retirar de:

$$Q_{\text{retirado}} = 271867,8 \frac{J}{h} + 47194,25 \frac{J}{h} = 319062,05 \frac{J}{h} \cdot \frac{1 \text{ cal}}{4,184 J} = 76257,66 \frac{\text{cal}}{h} = 76,26 \text{ kcal/h}$$

2. Cálculo caudal másico de agua de refrigeración.

A continuación se calcula el caudal de agua que hay que suministrar para retirar el calor calculado, en el condensador:

$$W_{H_2O} = \frac{Q_{\text{retirado}}}{C_{p_{H_2O}} \cdot (T_s - T_e)} \cdot P_{m_{H_2O}} \quad (\text{ecuación 18})$$

siendo:

- $Q_{\text{retirado}} = 76,26 \text{ Kcal/h}$.
- $C_{p_{H_2O}} = 1 \text{ Kcal / Kmol} \cdot C$
- $P_{m_{H_2O}} = 18 \text{ kg / Kmol}$.
- $T_s - T_e = (23 - 16)C$

Obteniendo un valor del caudal de agua necesario de:

$$W_{H_2O} = 196,1 \text{ kg/h}$$

3. Cálculo diferencia de temperatura.

Como se ha mencionado anteriormente, los fluidos van a circular en contracorriente, por conveniencia, el método para calcular la diferencia de temperatura entre los dos, deberá emplear únicamente las temperaturas de proceso, ya que generalmente son las únicas conocidas, la media logarítmica de la diferencia de temperaturas, se determina según la expresión:

$$\Delta t = MLDT = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln(T_1 - t_2 / T_2 - t_1)} \quad (\text{ecuación 19})$$

donde:

- T_1 : Temperatura entrada fluido caliente, $T_1 = 75 \text{ C} = 348 \text{ K}$
- T_2 : Temperatura salida fluido caliente, $T_2 = 22 \text{ C} = 295 \text{ K}$
- t_1 : Temperatura entrada fluido frío, $t_1 = 16 \text{ C} = 289 \text{ K}$
- t_2 : Temperatura salida fluido caliente, $t_2 = 23 \text{ C} = 296 \text{ K}$

Se obtiene un valor de $MLDT = 21,3 \text{ C}$.

4. Coeficiente global de transmisión de calor sucio o de diseño.

Se estima el coeficiente global de diseño, U_d , en función de la naturaleza de los fluidos y de la experiencia industria; se estiman valores medios, ver anexo XI en los anexos de cálculos.

Los fluidos que entran en juego en el intercambiador son; una mezcla de vapores orgánicos formados por Etil Metil Cetona y 1-metoxi-2-propanol, se consideran hidrocarburos ligeros ya que su viscosidad es menor de 0,5 c.p y agua como fluido refrigerante. Estimándose un coeficiente global de diseño de $U_d = 730 \text{ kcal} / \text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$.

5. Cálculo área de transferencia de calor.

Para realizar este calculo, se utiliza la ecuación integrada de Fourier.

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta t \quad (\text{ecuación 20})$$

siendo:

- Q : Calor a retirar en el condensador. $Q = 76,26 \text{ kcal} / \text{h}$.

- U : Coeficiente global de diseño, $Ud = 730kcal / h \cdot m^2 \cdot C$
- Δt :Diferencia media de temperatura, $\Delta t = 21,3C$

Resultando un área de transferencia de valor, $A = 4,9 \cdot 10^{-3} m^2$ o bien, $A = 49cm^2$.

Al resultar el valor del área de transferencia necesaria pequeña, se opta por el diseño de un intercambiador de tubos concéntricos, dónde por el tubo interno circularán los vapores de disolvente mientras que por el tubo externo circula el agua de refrigeración.

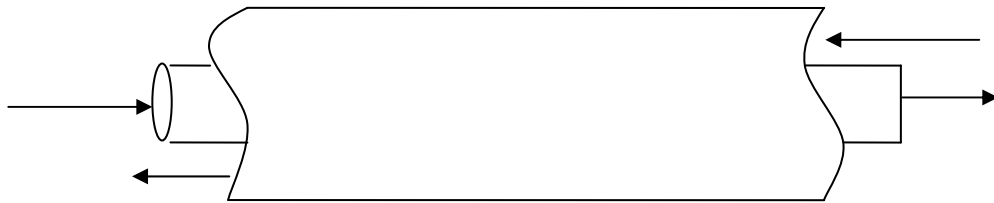


Figura 2. Esquema condensador tubos concéntricos.

Se procede a calcular el diámetro de cada tubo, partiendo del área de transferencia que será el área de contacto de ambos tubos.

Se designa con el subíndice 1, el tubo de menor tamaño, por donde circulan los vapores a condensar y con el subíndice 2, al tubo de mayor tamaño por el cual circula el agua de refrigeración.

$$A_1 = 2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot L_1 \quad (\text{ecuación 21})$$

$$A_2 = 2 \cdot \pi \cdot r_2 \cdot L_2$$

Las tuberías se fabrican en dimensiones normalizadas, es decir, con un diámetro interno y un espesor de pared fijo. Los diámetros nominales normalizados están comprendidos en el intervalo de 1/8 in a 30 in. En tuberías pequeñas, menores de 3 in, el diámetro nominal no se corresponde con ninguna dimensión real. Al trabajar con los diámetros nominales, se podrán intercambiar los diferentes accesorios, al estar todos referidos a la misma medida.

Se supone un diámetro nominal para el tubo interior de 1/4 in, a continuación se calcula la longitud del tubo por el que circula el vapor del disolvente, tomando como área del tubo de menor tamaño, el área de transferencia anteriormente calculada, obteniendo una longitud de tubo de:

Diámetro nominal (in)	Diámetro exterior (cm)	Diámetro interior (cm)	Espesor de pared (cm)	Número de catalogo
1/4	1,37	0,924	0,33	CELULA 40S y ESTANDAR WT

$$L_1 = \frac{A_{transferencia}}{\pi \cdot \phi_1} \qquad L_1 = \frac{49cm^2}{\pi \cdot 1,372cm} = 11,37cm.$$

Al ser un intercambiador de tubos concéntricos la longitud de ambos tubos va a ser la misma, es decir, $L_1 = L_2 = L = 11,37cm$

Se toma como diámetro nominal del tubo exterior 3/4 in, y sabiendo que la longitud de los tubos concéntricos será la misma, se obtiene un área del tubo exterior de:

Diámetro nominal (in)	Diámetro exterior (cm)	Diámetro interior (cm)	Espesor pared (cm)	Número de catálogo.
3/4	2,667	2,093	0,287	CEDULA 40S ESTÁNDAR WT

$$A_2 = 2 \cdot \pi \cdot r_2 \cdot L_2 = \pi \cdot 2,667 \cdot 11,37 = 95,26cm^2$$

Se esquematizan a continuación, los datos para el diseño del condensador de tubos concéntricos seleccionado:

DATOS CONDENSADOR TUBOS CONCÉNTRICOS.	
Cantidad calor a retirar (kcal/h)	76,26
Masa fluido refrigerante (kg/h)	196,1
Área de transferencia de calor (cm ²)	49
Diámetro nominal tubo exterior (in)	3/4
Diámetro nominal tubo interior (in)	1/4
Longitud tubos concéntricos (cm)	11,37
Área tubo exterior (cm ²)	95,26
Área tubo interior (cm ²)	49
Eficacia condensador (%)	90

Cuadro 12. Cuadro resumen datos condensador tubos concéntricos.

6. CÁLCULO DEL DISOLVENTE RECUPERADO.

A continuación, se realiza el cálculo del disolvente recuperado en un día laboral partiendo de la cantidad de disolvente susceptible de recuperar, ya que, como se ha mencionado anteriormente, gran parte del disolvente consumido en un día se pierde debido a la evaporación en la superficie de las piezas, en el transporte a los bidones receptores...

Como punto de partida se toma la cantidad de disolvente a recuperar determinada en los ensayos experimentales:

OPERARIOS	CANTIDAD A RECUPERAR
18 Operarios (10% jornada)	0,79 kg
156 Operarios (1 jornada)	6,83 kg
312 Operarios (1 día laboral)	13,66 kg

Según lo expuesto anteriormente el secado posee una eficacia del 75%, mientras que para la condensación se estima una eficacia de un 90%, teniendo en cuenta éstos datos, se calcula el disolvente recuperado en un día laboral.

La carga en la cámara de secado es de 426 paños, que poseen un peso de 48,54kg de los cuales 3,19kg son de disolvente.

$$\begin{array}{r} 3,19 \text{ kg} \text{ ———— } 100 \\ x \text{ ———— } 75 \end{array} \quad x = 2,39\text{kg}$$

Estos 2,39 kg son los que forman la corriente de entrada en el condensador, que posee una eficacia del 90%.

$$2,39 \text{ ———— } 100 \quad X = 2,15 \text{ kg}$$

$$x \quad \text{———} \quad 90$$

Esta cantidad es la que se recupera con una carga del secador, como se menciona anteriormente el secador se carga dos veces en una jornada laboral, habiendo a su vez dos jornadas laborales al día, por lo tanto la cantidad de disolvente recuperada y que por tanto puede ser reutilizada será:

$$(2,15 \times 2 \text{ cargas/jornada laboral}) \times 2 \text{ jornadas/día} = 8,6 \text{ kg}$$

La cantidad a recuperar en un día laboral, tomada de la fase experimental es de 13,66 kg/día si se consiguen recuperar 8,6 kg, se obtiene un porcentaje de recuperación de:

$$\begin{array}{r} 13,66 \text{ kg} \text{ ——} 100 \\ 8,6 \text{ kg} \text{ ——} X \end{array} \quad X = 62,96 \%$$

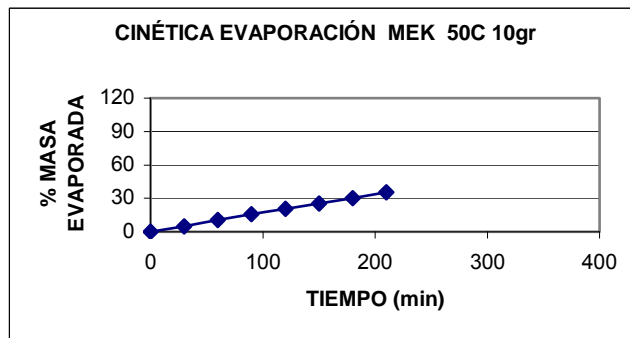
El valor del porcentaje de recuperación obtenido, es aceptable.

ANEXOS
MEMORIA
DE
CÁLCULOS

1. ENSAYOS EXPERIMENTALES, PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES DE SECADO.

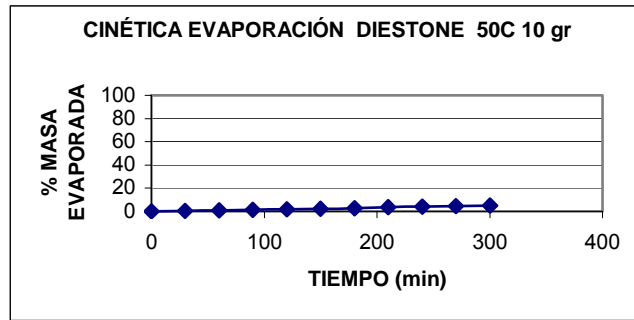
1.1.ETAPA EXPERIMENTAL I. DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA MÁS ADECUADA.

- ✓ Experiencia MEK. a 50 C, impregnación del absorbente de 10gr de disolvente.



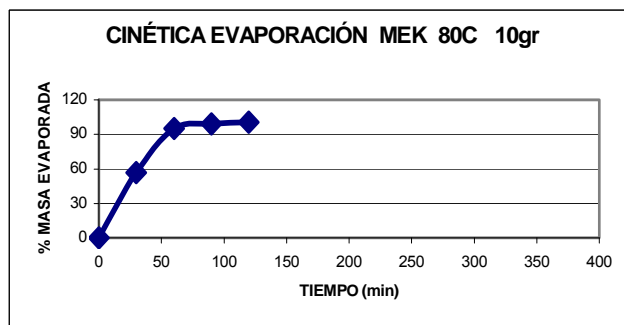
TIEMPO (min.)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)	% volatilizado
30	0,491	0,491	4,91
60	0,564	1,055	10,54
90	0,508	1,563	15,62
120	0,471	2,034	20,33
150	0,519	2,553	25,52
180	0,484	3,037	30,35
210	0,526	3,563	35,61

- ✓ Experiencia DIESTONE.DLS. a 50 C, impregnación del absorbente de 10gr de disolvente.



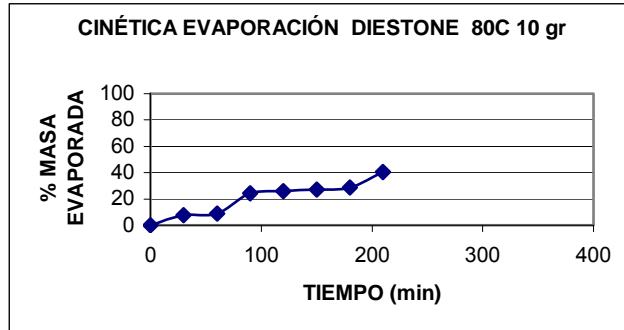
TIEMPO (min.)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)	% volatilizado
30	0,068	0,068	0,68
60	0,043	0,111	1,11
90	0,042	0,153	1,52
120	0,042	0,195	1,94
150	0,049	0,244	2,43
180	0,044	0,288	2,87
210	0,061	0,349	3,47
240	0,063	0,412	4,1
270	0,056	0,468	4,66
300	0,046	0,514	5,12

- ✓ Experiencia MEK. a 80 C, impregnación del absorbente de 10gr de disolvente.



TIEMPO (min.)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)	% volatilizado
30	5,681	5,681	56,76
60	3,817	9,498	94,9
90	0,442	9,94	99,32
120	0,15	10,09	100,82

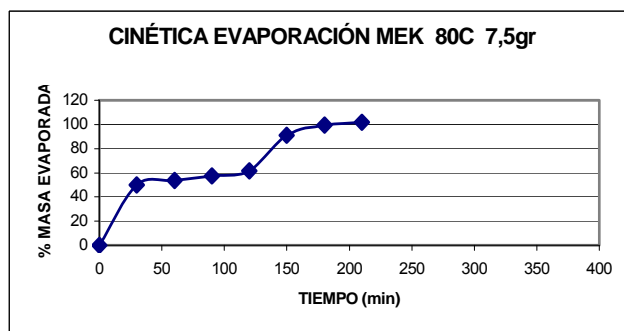
- ✓ Experiencia DIESTONE.DLS. a 80 C, impregnación del absorbente de 10gr de disolvente.



TIEMPO (min)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)	% volatilizado
30	0,771	0,771	7,71
60	0,135	0,906	9,06
90	1,538	2,444	24,45
120	0,161	2,605	26,06
150	0,123	2,728	27,29
180	0,136	2,864	28,65
210	1,199	4,063	40,64

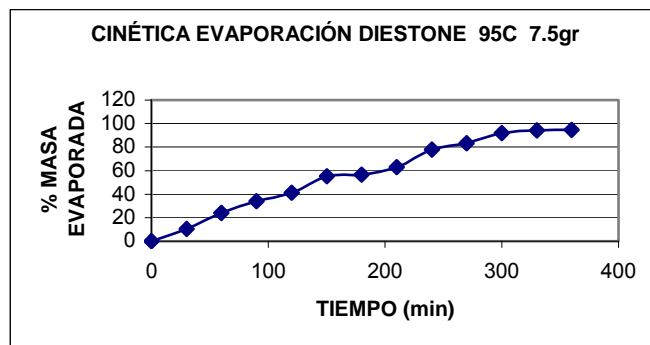
1.2. ETAPA EXPERIMENTAL II. DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA MÁS ADECUADA PARA CADA DISOLVENTE Y DE LA CANTIDAD IMPREGNADA DE DISOLVENTE.

- ✓ Experiencia MEK 80 C, impregnación del absorbente de 7,5gr.



TIEMPO (min)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)	% volatilizado
30	3,779	3,779	50,05
60	0,287	4,066	53,85
90	0,273	4,339	57,46
120	0,313	4,652	61,61
150	2,213	6,865	90,92
180	0,65	7,515	99,52
210	0,169	7,684	101,76

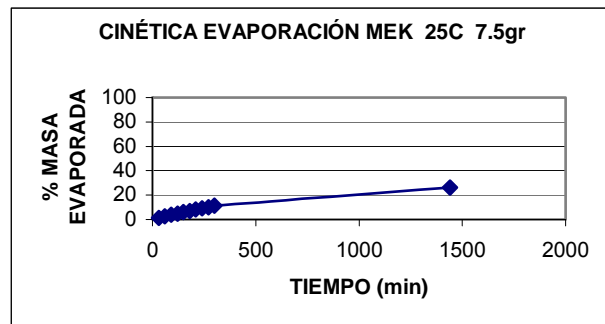
- ✓ Experiencia Diestone.DLS. a 95C, impregnación del absorbente de 7,5gr.



TIEMPO (min.)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)	% volatilizado
30	0,783	0,783	10,44
60	0,937	1,81	24,13
90	0,725	2,535	33,79
120	0,564	3,099	41,31
150	1,046	4,145	55,26
180	0,115	4,26	56,79
210	0,453	4,713	62,83
240	1,137	5,85	77,99
270	0,553	6,403	83,36
300	0,403	6,906	92,07
330	0,151	7,057	94,08
360	0,047	7,104	94,71

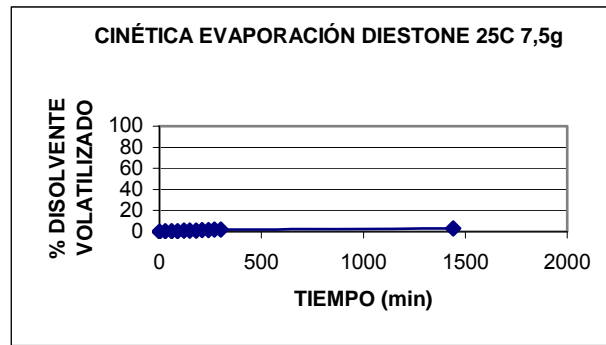
1.3. ETAPA EXPERIMENTAL III. DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DE INSTALAR UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN EL DEPÓSITO RECEPTOR DE ABSORBENTES.

- ✓ Experiencia MEK a 25 C, impregnación del absorbente de 7,5gr de disolvente.



TIEMPO (min)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)	% volatilizado
30	0,105	0,105	1,41
60	0,082	0,187	2,52
90	0,106	0,293	3,94
120	0,07	0,363	4,88
150	0,085	0,448	6,03
180	0,07	0,518	6,97
210	0,088	0,606	8,15
240	0,08	0,686	9,22
270	0,056	0,742	9,98
300	0,112	0,854	11,49
1440	1,104	1,958	26,33

- ✓ Experiencia Diestone.DLS. a 25 C, impregnación del absorbente de 7,5gr de disolvente.

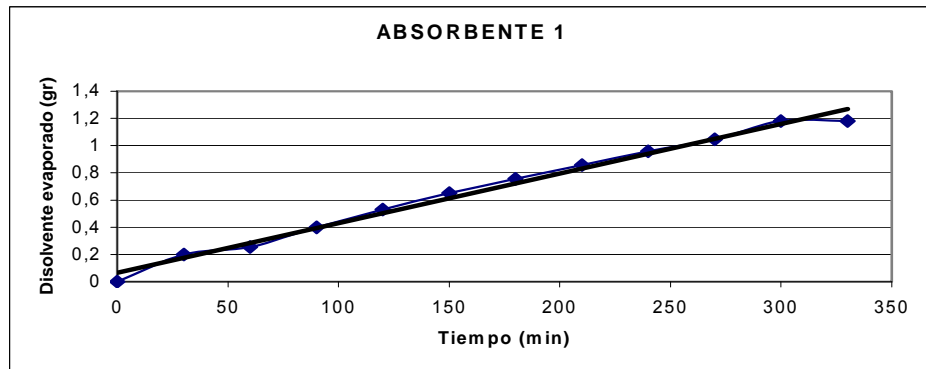


TIEMPO (min.)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)	% volatilizado
30	0,03	0,03	0,40
60	0,009	0,039	0,52
90	0,01	0,049	0,65
120	0,014	0,063	0,83
150	0	0,063	0,83
180	0,019	0,086	1,14
210	0,026	0,108	1,43
240	0,014	0,122	1,61
270	0,027	0,149	1,97
300	0,015	0,164	2,17
1440	0,05	0,214	2,83

1.4. ETAPA EXPERIMENTAL IV. EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN EN CASO REAL.

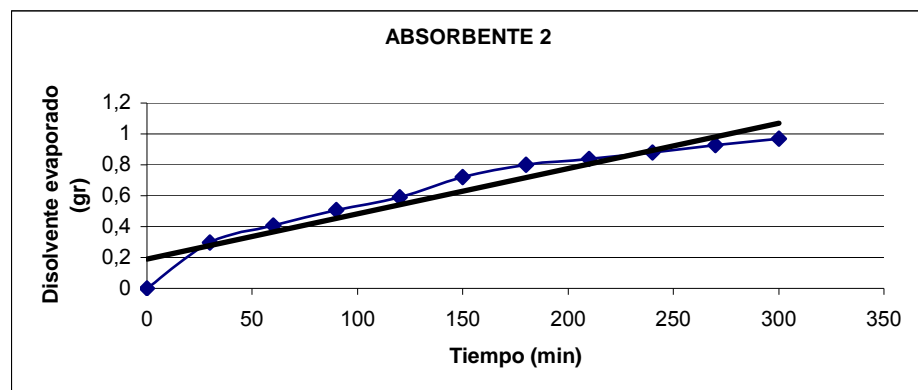
- ✓ Experiencias con absorbentes empleados en el taller, por un operario:
 - Temperatura empleada en ensayo: 80 C
 - Disolvente utilizado: MEK
 - Cantidad de disolvente empleado: 409,4gr / 0,507litros

- Absorbente 1:



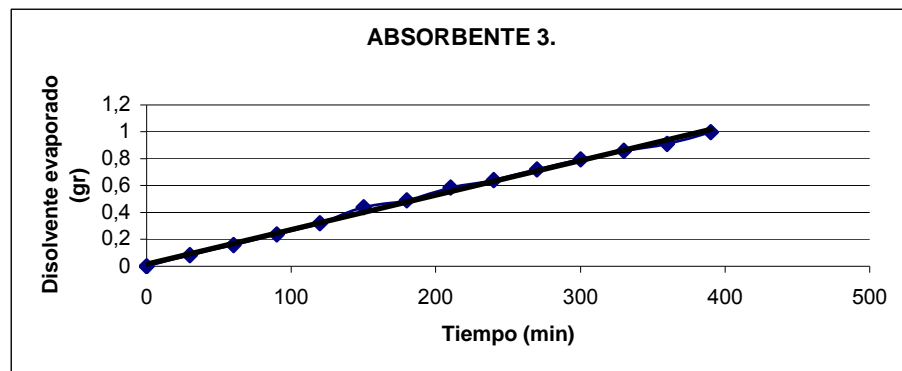
TIEMPO (min.)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)
30	0,199	0,199
60	0,056	0,255
90	0,145	0,4
120	0,131	0,531
150	0,121	0,652
180	0,102	0,754
210	0,104	0,858
240	0,1	0,958
270	0,089	1,047
300	0,134	1,181
330	0,001	1,182

- Absorbente 2:



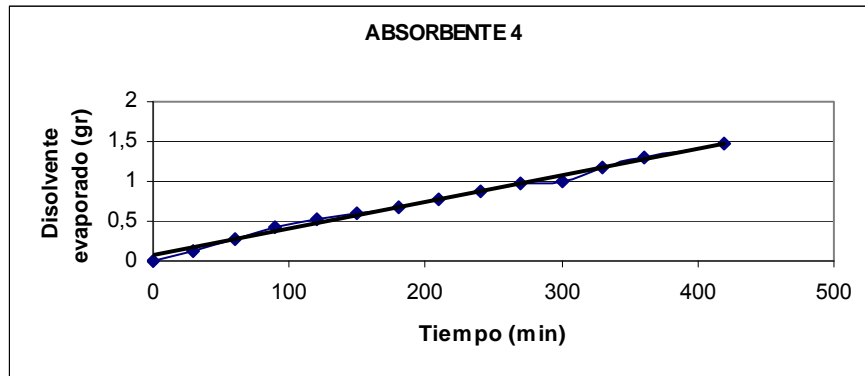
TIEMPO (min.)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)
30	0,297	0,297
60	0,109	0,406
90	0,101	0,507
120	0,083	0,59
150	0,13	0,72
180	0,079	0,799
210	0,039	0,838
240	0,041	0,88
270	0,048	0,928
300	0,41	0,969
330	0,034	1,003

- Absorbente 3:



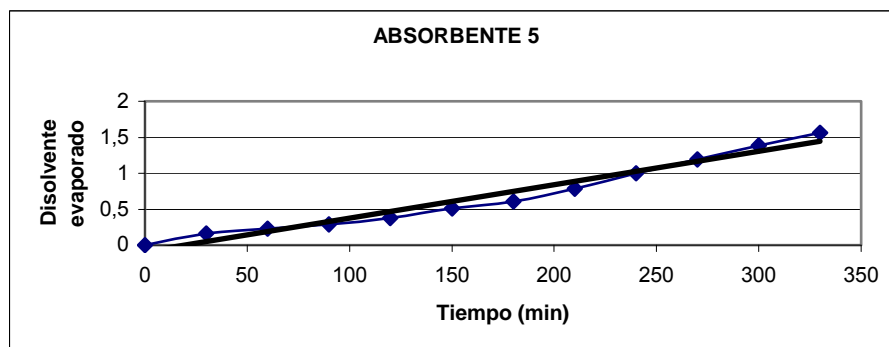
TIEMPO (min.)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)
30	0,082	0,082
60	0,078	0,16
90	0,077	0,237
120	0,082	0,319
150	0,121	0,44
180	0,052	0,492
210	0,093	0,585
240	0,056	0,641
270	0,08	0,721
300	0,074	0,795
330	0,066	0,861
360	0,049	0,91
390	0,087	0,997

- Absorbente 4:



TIEMPO (min)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)
30	0,135	0,135
60	0,145	0,28
90	0,142	0,422
120	0,108	0,53
150	0,069	0,599
180	0,075	0,674
210	0,099	0,773
240	0,105	0,878
270	0,087	0,965
300	0,031	0,996
330	0,17	1,166
360	0,122	1,288
420	0,178	1,466

- Absorbente 5:



TIEMPO (min.)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)
30	0,165	0,165
60	0,063	0,228
90	0,062	0,29
120	0,086	0,376
150	0,133	0,509
180	0,102	0,611
210	0,173	0,784
240	0,218	1,002
270	0,194	1,196
300	0,19	1,386
330	0,179	1,565

1.5. ETAPA EXPERIMENTAL V. EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN EN CASO REAL, AMPLIACIÓN DE LA MUESTRA.

- ✓ Experiencias de eficiencia de recuperación, con muestras procedentes del taller, muestra ampliada.

MUESTRA 1		
Disolvente utilizado	Diestone,DLS.	100%
	Toallitas D.	
	MEK	---
Cantidad de disolvente (gr.)		420
Disolvente a recuperar (gr.)		299,01
% disolvente a recuperar		71,19

Cuadro 1. Resultados muestra 1.

MUESTRA 2		
Disolvente utilizado	Diestone.DLS.	10,34%
	Toallitas D.	10,21%
	MEK	79,45%
Cantidad de disolvente (gr.)		1.312
Disolvente a recuperar (gr.)		524,8
% disolvente a recuperar		40

Cuadro 2. Resultados muestra 2.

MUESTRA 3		
Disolvente utilizado	Diestone.DLS.	41,02%
	Toallitas D.	5,25%
	MEK	53,73%
Cantidad de disolvente (gr.)		1.065
Disolvente a recuperar (gr.)		639
% disolvente a recuperar		60

Cuadro 3. Resultados muestra 3.

Al analizar los resultados se comprueba que cuando el porcentaje de Diestone.DLS consumido es mayor, el porcentaje de recuperación conseguido también lo es, debido a la menor volatilidad de este disolvente respecto del metil etil cetona.

A la hora de tomar un porcentaje estimado de recuperación, se le ha dado mayor peso a la situación de la muestra 2, ya que en la actualidad, es la que más se ajusta a la realidad al estar introduciendo el Diestone en las operaciones de limpieza. En un futuro el porcentaje de Diestone aumentará en la muestra de forma significativa y disminuirá el porcentaje de Etil Metil Cetona, ya que quedará restringido su uso exclusivamente a la limpieza de sellante.

Al mismo tiempo se estimó la cantidad evaporada que se queda sobre la superficie de las piezas y se evapora de los absorbentes, no susceptible de recuperar.

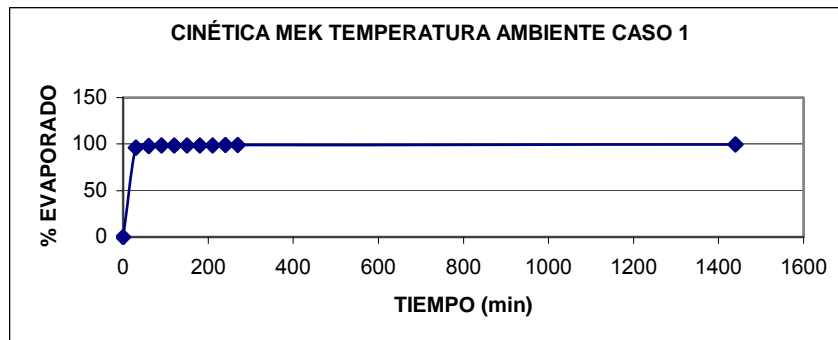
Muestra	Disolvente evaporado	% Evaporado
Muestra 1	120,99	28,81
Muestra 2	787,2	60
Muestra 3	426	40

Cuadro 4. Resultados muestra total (% no susceptible de recuperar).

Los datos de los porcentajes evaporados nos indican, que se evapora una cantidad considerable sobre la superficie de las piezas, mientras que se colocan en los bidones de residuos peligrosos. Debido a esta última situación se realizó un ensayo determinando la cinética de evaporación de los disolventes contenidos en los paños al dejarlos al aire libre sobre una superficie, en la siguiente etapa.

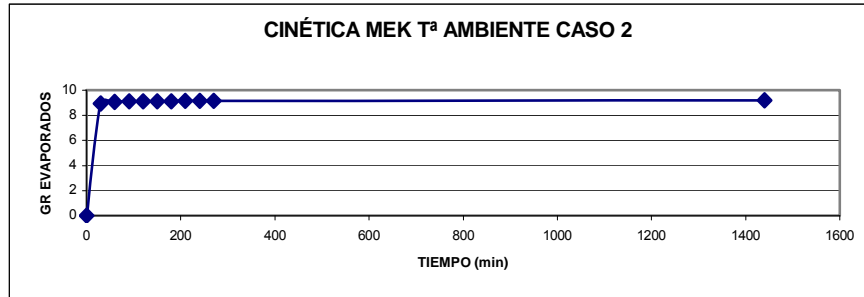
1.6. ETAPA EXPERIMENTAL VI. DETERMINACIÓN CINÉTICA DE EVAPORACIÓN DE DISOLVENTE CONTENIDO EN EL ABSORBENTE EN SUPERFICIE ABIERTA.

- ✓ Experiencias de Metil Etil Cetona en superficie abierta.
 - Caso 1: Gramos de disolvente: 8,11gr.



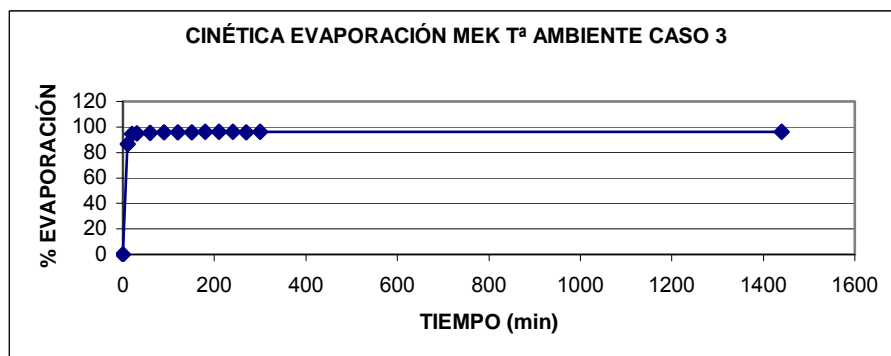
TIEMPO (min.)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)	% volatilizado
30	7,8129	7,8129	96,34
60	0,1138	7,9267	97,74
90	0,0446	7,9713	98,29
120	0,0106	7,9819	98,42
150	0,0016	7,9835	98,44
180	0,0159	7,9994	98,64
210	0,0043	8,0037	98,69
240	0,0182	8,0219	98,91
270	0,0326	8,0545	99,32
1440	0,0092	8,0637	99,43

- Caso 2: Gramos de disolvente: 9,24gr.



TIEMPO (min.)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)	% volatilizado
30	8,9618	8,9618	96,99
60	0,1189	9,0807	98,28
90	0,0438	9,1245	98,75
120	0,0253	9,0992	98,48
150	0,0148	9,114	98,64
180	0,012	9,126	98,77
210	0,0173	9,1433	98,95
240	0,0186	9,1619	99,15
270	0,0111	9,173	99,27
1440	0,0103	9,1833	99,39

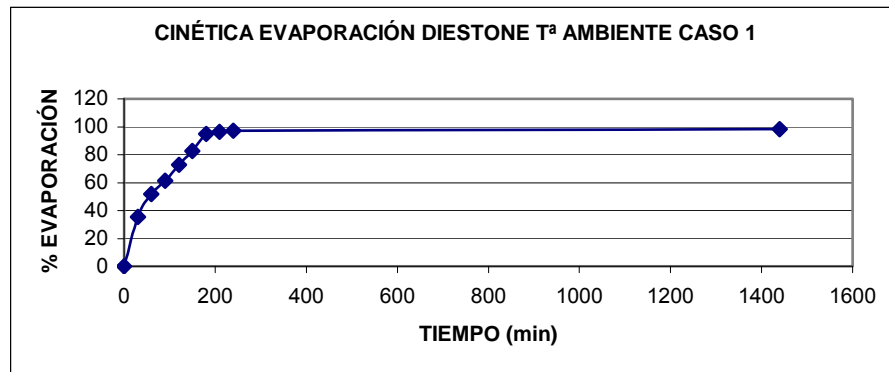
- Caso 3: Gramos de disolvente: 7,66 gr.



TIEMPO (min.)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)	% volatilizado
10	6,6343	6,6343	86,61
20	0,6015	7,2358	94,46
30	0,0393	7,2751	94,98
60	0,0185	7,2936	95,22
90	0,0307	7,3243	95,62
120	0,015	7,3393	95,81
150	0	7,3393	95,81
180	0,0246	7,3639	96,13
210	0,0002	7,3641	96,14
240	0,0081	7,3722	96,24
270	-0,024	7,3482	95,93
300	0,0081	7,3563	96,04
1440	0,01	7,3663	96,17

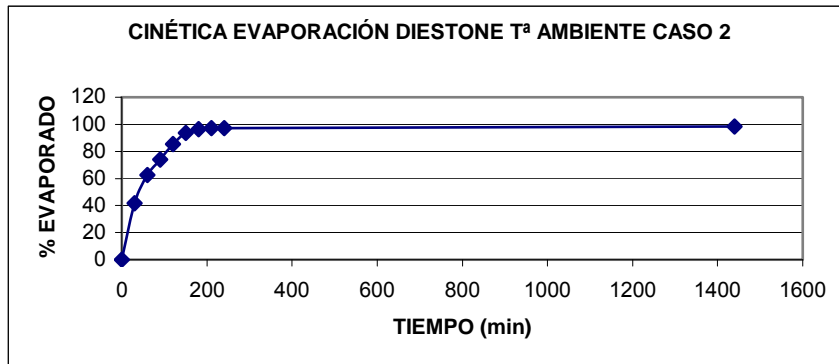
✓ Experiencias para el Diestone en superficie abierta.

- Caso 1: Gramos de disolvente: 8,89 gr.



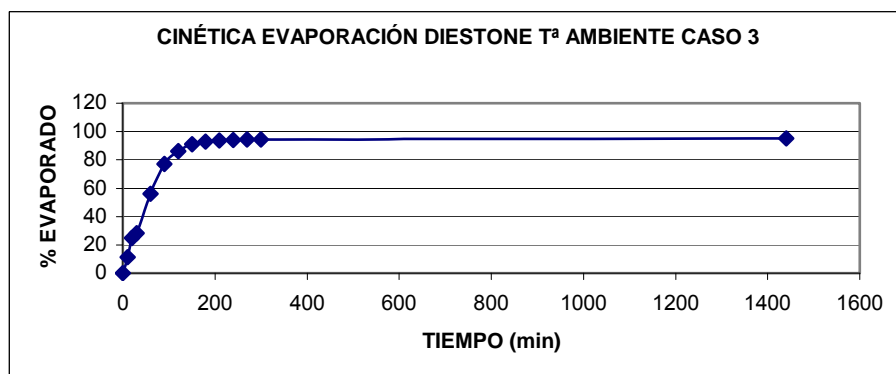
TIEMPO (min)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)	% volatilizado
30	3,1601	3,1601	35,55
60	1,4322	4,5923	51,66
90	0,8722	5,4645	61,47
120	0,994	6,4585	72,65
150	0,8974	7,3559	82,74
180	1,0811	8,437	94,90
210	0,1417	8,5787	96,50
240	0,0548	8,6335	97,11
1440	0,0994	8,7329	98,23

- Caso 2: Gramos de disolvente: 8,69 gr.



TIEMPO (min)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)	% volatilizado
30	3,6396	3,6396	41,88
60	1,8056	5,4452	62,66
90	0,9695	6,4147	73,82
120	1,0095	7,4242	85,43
150	0,73	8,1542	93,83
180	0,2394	8,3936	96,59
210	0,0394	8,433	97,04
240	0,0107	8,4437	97,17
1440	0,0888	8,5325	98,19

- Caso 3: Gramos de disolvente: 7,61 gr.



TIEMPO (min.)	Masa volatilizada (g)	Masa volatilizada acumulada (g)	% volatilizado
10	0,8536	0,8536	11,22
20	1,0451	1,8987	24,95
30	0,4674	2,3661	28,29
60	2,0159	4,382	55,89
90	1,6614	6,0434	77,08
120	0,7011	6,7445	86,03
150	0,3962	7,1407	91,08
180	0,1432	7,2839	92,91
210	0,0717	7,3556	93,82
240	0,022	7,3776	94,10
270	0,0179	7,3955	94,33
300	0,0099	7,4054	94,46
1440	0,0651	7,4705	95,29

2. CARACTERÍSTICAS AISLANTE TÉRMICO.



ROCDAN SA 40

Panel de aislamiento térmico rígido de alta densidad, constituido por lana de roca hidrofugada, aglomerada con resinas termoendurecibles.

Año de marcado CE: 2003. Norma UNE-EN 13162.

DATOS TÉCNICOS	VALOR	UNIDAD	NORMA
Espesor (T5)	40	-	-
Tolerancia espesor	-1/+3	%	EN 823
Planimetría	6	mm	EN 825
Rectangularidad	5	mm/m	EN 824
Tolerancia Longitud	± 2	mm	EN 822
Tolerancia Anchura	± 1,5	mm	EN 822
Estabilidad dimensional de temperatura y humedad (espesor, longitud y anchura)	≤ 1	%	EN 1604
Resistencia térmica	1,00	m ² K/w	EN 12667 EN 12939
Conductividad térmica	0,040	w/mK	EN 12667 EN 12939
Resistencia a la compresión	≥ 60	Kpa	EN 826
Carga Puntual	≥ 50	N	EN 12430
Resistencia a la difusión del vapor de agua material absorbente	1,3	μ	EN 12068
Absorción agua a corto plazo material absorbente	≤ 1	Kg/m ²	EN 1609
Absorción agua a largo plazo material absorbente	≤ 3	Kg/m ²	EN 12087
Rigidez dinámica	≤ 20	MN/m ³	EN 29052-1
Reacción al fuego	A1	Euroclase	EN 13501-1
Densidad nominal	145	Kg/m ³	EN 1602
Aislamiento acústico a ruido aéreo (forjado)	56	dB(A)	EN 140-4 EN 717-1
Aislamiento acústico a ruido aéreo (chapa 0.7)	39	dB(A)	EN 140-4 EN 717-1
Código designación CE	MW-EN 13162-T5-WS	-	-

Datos Técnicos Adicionales

Zonas Climáticas del CTE	A	B	C	D	E
Valores de U_m (W/m^2K) del CTE	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35
Espesor de aislamiento cubierta autoprotegida, mm	60	70	80	80	90
Espesor del aislamiento cubierta metálica acabado autoprotegido, mm	70	80	90	100	110

Normativa y Certificación

- Cumple el C.T. en sección de solución constructiva atendiendo a los espesores indicados en Datos Técnicos Adicionales
- Cumple con los requisitos del Mercado CE.
- Marca N de AENOR
- Cumple con los requisitos de la Norma UNE-EN 13162

Presentación

PRESENTACIÓN	VALOR	UNIDAD
Longitud	1200	mm
Ancho	1000	mm
Espesor total	40	mm
m ² por paquete	4.80	m ²
m ² por palet	67.2	m ²
Código de Producto	730103	-

Ventajas y beneficios.

- Debido al bajo coeficiente de transmisión térmica es idóneo para aislar térmicamente las cubiertas planas con el ahorro de energía que ello supone.
- Su ligereza facilita la rápida instalación consiguiendo un buen rendimiento en mano de obra (m²/h. Hombre)
- Su gran comportamiento al fuego produce una seguridad y protección extra a la cubierta en caso de incendio.
- Su buen aislamiento acústico le hace idóneo en la protección de cubiertas metálicas, sobretodo en grandes superficies, al ruido de impacto que produce la lluvia o el granizo.

Modo de empleo

- La superficie del soporte base deberá ser resistente, uniforme, lisa, carecer de cuerpos extraños, y esta limpia, seca.
- Sobre el soporte se depositan los paneles a tresbolillo, sin separaciones entre paneles superiores a 0,5 cm.
- Para soportes de hormigón o mortero aligerado la unión se realizará mediante fijación mecánica, bien aplicando una 1ª capa de oxiasfalto en caliente OA 90/40 o bien utilizando el adhesivo en frío PA-200.
- En el caso de soporte de chapa de acero grecada o tablero de madera la unión se realizará exclusivamente, mediante fijación mecánica.

Fijación mecánica.

- La densidad de fijaciones será aproximadamente de 2 fijaciones por panel, teniendo en cuenta que el sistema de impermeabilización va a ir fijado mecánicamente.
- El tipo de tornillo dependerá del soporte: hormigón armado, mortero aligerado, chapa de acero grecada o tablero de madera. La arandela será como mínimo de 4,2 mm de diámetro y espesor de 0,5 mm

Fijación con oxiasfalto en caliente OA 90/40.

- Este se aplicará en toques o en cordones, con un rendimiento de 0,75-1,0 kg/m².
- Si se aplica en continuo, con un rendimiento de 1,5-2,0 kg/m², sirve como barrera de vapor.

Fijación con adhesivo en frío PA-200.

- Se aplica en toques o cordones, con un rendimiento de 0,75-1,0 kg/m².
- Si se aplica en continuo, con un rendimiento de 1,5-2,0 kg/m², sirve como barrera de vapor

I

Indicaciones Importantes y Recomendaciones.

- No deben realizarse trabajos cuando las condiciones climatológicas sean adversas, en particular cuando esté nevando o haya nieve o hielo sobre la cubierta, cuando llueva o la cubierta esté mojada, o cuando sople viento fuerte.
- En los casos de utilizar como sistema de fijación adhesivo en frío PA-200 u oxiasfalto en caliente OA 90/40, puede ser necesario disponer alguna fijación mecánica adicional en función de la altura del edificio, exposición y vientos dominantes de la zona, altura del peto, etc
- Dependiendo de la zona de viento, se puede aumentar el número de fijaciones.
- Se tendrá en cuenta que este producto forma parte de un sistema de impermeabilización, por lo que se deberá tener en cuenta el
- Catálogo de Soluciones Constructivas de Danosa, Pliego de Condiciones así como el resto de documentación Danosa.

- Se tendrá en cuenta, toda normativa de obligado cumplimiento al respecto.
- Se seguirán para su colocación, las normas de buena construcción.

Manipulación, Almacenaje y Conservación.

- Este producto no es tóxico ni inflamable.
- Se almacenará en un lugar seco y protegido de la lluvia, el sol, el calor y las bajas temperaturas.
- Bajo ningún concepto debe emplearse para cortar el producto maquinaria que pueda diseminar polvo, ya que este produce irritación de garganta y de ojos.
- Se utilizará por orden de llegada a la obra.
- Se puede transportar en Palets o en bolsas. El producto es considerado como NO PELIGROSO para el transporte (ADR, RID, UN, IATA/ICAO)
- En todos los casos, deberá tenerse en cuenta las normas de buenas prácticas en Seguridad e Higiene vigentes en el sector de la construcción.
- Consultar la ficha de seguridad del producto.
- Para cualquier aclaración adicional, rogamos consultar con nuestro departamento técnico.

Aviso.

La información que aparece en la presente documentación en lo referido a modo de empleo y usos de los productos o sistemas Danosa, se basa en los conocimientos adquiridos por danosa hasta el momento actual y siempre y cuando los productos hayan sido almacenados y utilizados de forma correcta.

No obstante, el funcionamiento adecuado de los productos dependerá de la calidad de la aplicación, de factores meteorológicos y de otros factores fuera del alcance de danosa. Así, la garantía ofrecida pues, se limita a la calidad intrínseca del producto suministrado. Danosa se reserva el derecho de modificar, sin previo aviso, los datos reflejados en la presente documentación.

Los valores que aparecen en la ficha técnica son resultados de los ensayos de autocontrol realizados en nuestro laboratorio. Septiembre 2006

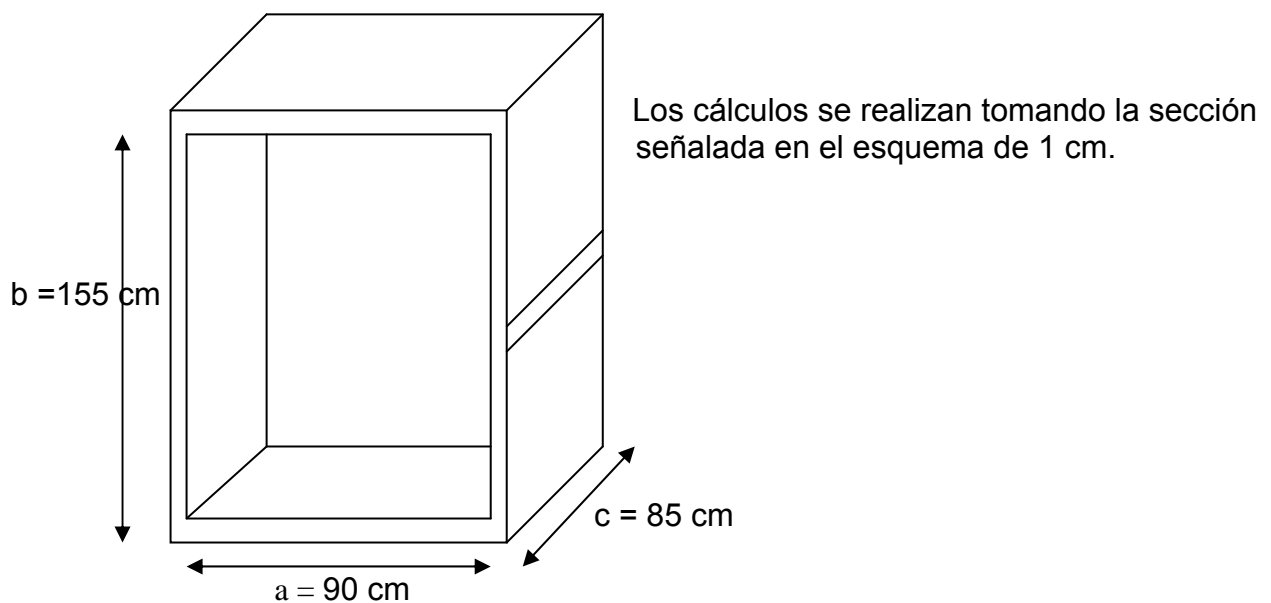
Página web: www.danosa.com E-mail: info@danosa.com Teléfono: 902 42 24 52

3. CÁLCULO ESPESOR PARED DE LA CÁMARA DE SECADO.

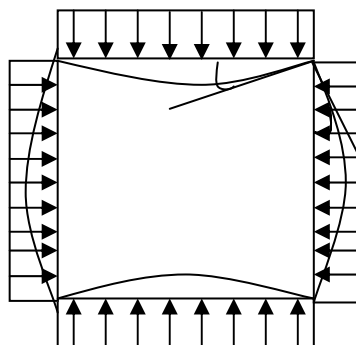
Se supone un espesor de pared de la cámara de secado de 6mm, a continuación se comprueba si es suficiente para mantener la configuración de la estructura.

Se toma además como dato la presión interna a la que está sometida la cámara de secado, durante la operación. $P=0,926\text{atm}$.

La estructura de la cámara de secado es de forma rectangular, con dimensiones:



Las cargas a las que se encuentran sometidas las paredes se representan por medio del siguiente esquema:

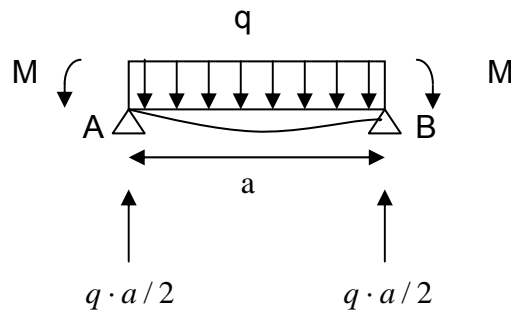


La presión que se ejerce sobre las paredes de $0,926 \text{ atm} \sim 1 \text{ kg/cm}^2$.
Cada centímetro de viga tiene una carga de:

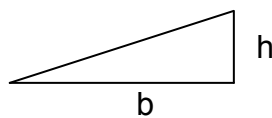
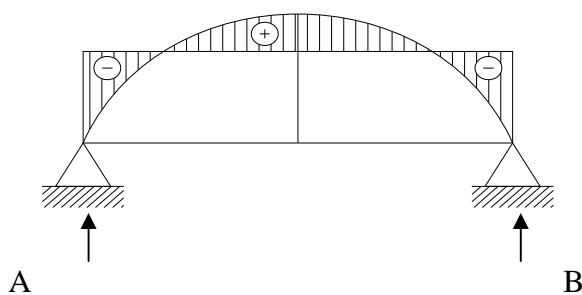
$$q = 85 \cdot 0,074 = 6,29 \text{ kg/cm}$$

La carga se reparte entre las cuatro vigas, los momentos originados en cada una de ellas son iguales, pero de sentido contrario.

Se toma la viga superior para realizar el cálculo de las reacciones y momentos que se dan en ella:

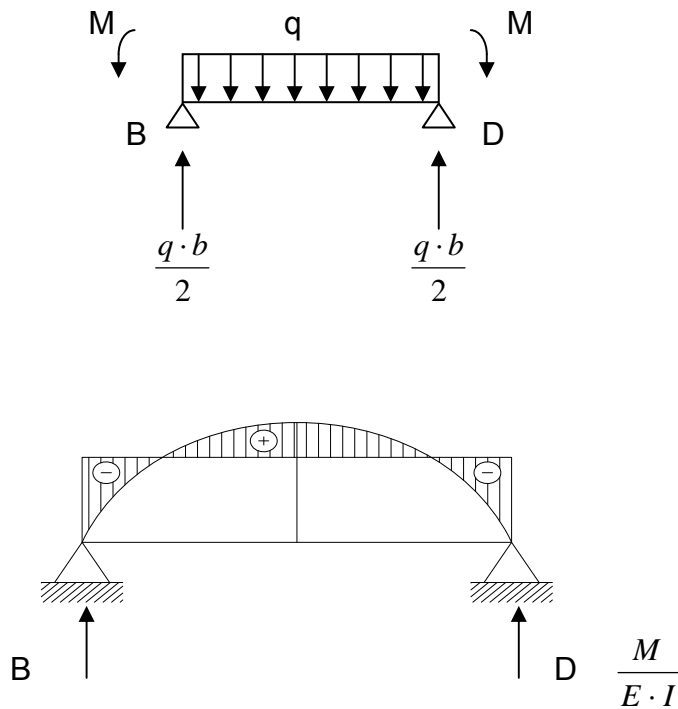


El ángulo que forma la fuerza elástica con la viga, es el mismo en todas ellas.



$$A = \frac{2}{3} \cdot b \cdot h$$

Se realizan los cálculos también para la viga lateral, resultando:



$$M_E = \frac{q \cdot b^2}{8} - M \quad \text{Momento flector en el centro.}$$

$$R_{B2}^C = \frac{M \cdot b}{2 \cdot E \cdot I} - \frac{q \cdot b^3}{24 \cdot E \cdot I} \quad \theta_{B2} = V_{B2}^C = R_{B2}^C = \frac{M \cdot b}{2 \cdot E \cdot I} - \frac{q \cdot b^3}{24 \cdot E \cdot I}$$

Igualando $\theta_{B1} = \theta_{B2}$

$$\frac{q \cdot a^3}{24 \cdot E \cdot I} - \frac{M \cdot a}{2 \cdot E \cdot I} = \frac{M \cdot b}{2 \cdot E \cdot I} - \frac{q \cdot b^3}{24 \cdot E \cdot I}$$

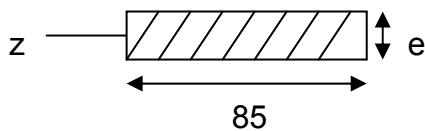
Reorganizando:

$$\frac{M \cdot (a + b)}{2 \cdot E \cdot I} = \frac{q \cdot (a^3 + b^3)}{24 \cdot E \cdot I}$$

$$M = \frac{q \cdot (a^3 + b^3)}{12 \cdot (a + b)} \quad \text{Momento flector máximo negativo.}$$

$$M_E = \frac{q \cdot b^2}{8} - M = q \cdot \left[\frac{b^2}{8} - \frac{a^3 + b^3}{12 \cdot (a + b)} \right] \quad \text{Momento flector máximo positivo.}$$

Volviendo a la sección tomada del secador:



$$W_z = \frac{I_z}{e/2} = \frac{85 \cdot e^3 \cdot 2}{12 \cdot e} = \frac{85 \cdot e^2}{6} \quad \text{Módulo resistente respecto al eje z.}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{Mf}{W_z} = \frac{6 \cdot Mf}{85 \cdot e^2} \quad \text{por lo que el espesor} \quad e = \sqrt{\frac{6 \cdot Mf}{85 \cdot \sigma_{adm}}}$$

Primeramente, se calcula el valor de σ_{adm} :

$$\sigma_{adm} = \frac{2800}{1,05 \cdot 1,5} = 1777,8 \text{ kg / cm}^2$$

Luego sabiendo que: $Mf = |Mf|_{\max}$, se calcula el valor de cada uno de los momentos, utilizándose para cálculos posteriores, el de mayor valor absoluto.

$$M = \frac{6,29 \cdot (90^3 + 155^3)}{12 \cdot (90 + 155)} \qquad M = 9526,73$$

$$M_E = 6,29 \cdot \left[\frac{155^2}{8} - \frac{90^3 + 155^3}{12 \cdot (90 + 155)} \right] \qquad M_E = 9362,95$$

Por lo tanto el valor del espesor adecuado es:

$$e = \sqrt{\frac{6 \cdot 9526,73}{85 \cdot 1777,8}} \qquad e = 0,615\text{cm} = 6,15\text{mm}$$

4. FICHA DE SEGURIDAD 1-METOXI-2-PROPANOL.

Fichas Internacionales de Seguridad Química

1-METOXIPROPAN-2-OL



Nº CAS 107-98-2
 Nº RTECS UB7700000
 Nº ICSC 0551
 Nº CE 603-064-00-3

1-METOXIPROPAN-2-OL
 1-Metoxi-2-propanol
 Eter monometílico del propilenglicol
 $C_4H_{10}O_2$
 Masa molecular: 90.1

TIPO DE PELIGRO	PELIGROS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Inflamable.	Evitar llama abierta, NO producir chispas y NO fumar.	Polvos, espuma resistente al alcohol, pulverización agua, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Por encima de 36° pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Por encima de 36° sistema, cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosiones.	En caso de incendio: mantener fría la botella por pulverización con agua.
INHALACIÓN	Vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náusea.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo y someter a atención médica.
PIEL	Piel seca, enrojecimiento	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
OJOS	Lagrimo, enrojecimiento.	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después consultar a un médico.
INGESTIÓN	Diarrea, somnolencia, dolor de cabeza, náusea, vómitos, incoordinación o posible inconsciencia.		Enjuagar la boca. NO provocar el vómito, reposo y someter a atención médica.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO.
Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes tapados, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro	A prueba de incendio. Mantener en la oscuridad.	R:10 S:(2-)24 CE:

VEASE AL DORSO INFORMACIÓN IMPORTANTE
ICSC: 0551 Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas CCE. IPCS, 1994.

DATOS IMPORTANTES:

ESTADO FÍSICO, ASPECTO	Líquido incoloro, de olor característico
PELIGROS QUÍMICOS	La sustancia puede formar presumiblemente peróxidos explosivos. Reacciona con oxidantes fuertes
LÍMITES DE EXPLOSIÓN	TLV (como TWA): 100ppm; 369 mg/m ³ (ACGIH 1990-1991). TLV (como STEL): 150ppm; 553 mg/m ³ (ACGIH 1990-1991).
VIAS DE EXPLOSIÓN	La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.
RIESGO DE INHALACIÓN	Por la evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante lentamente una concentración nociva en el aire.
EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. El vapor de esta sustancia irrita los ojos, la nariz y la garganta a altas concentraciones. La exposición a muy altas concentraciones puede producir depresión del sistema nervioso central.
EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA	El líquido desengrasa la piel

PROPIEDADES FÍSICAS:

Punto ebullición: 120° C
Punto de fusión: -95° C
Densidad relativa (agua=1): 0,92
Solubilidad en agua: Muy elevada
Presión de vapor kPa a 25°C: 1,6
Densidad relativa de vapor (aire=1): 3,11
Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire=1): 1,02
Punto de inflamación: 35°C
Límites de explosividad,% en volumen en el aire: 1,6-13,8

NOTAS

<p>El producto técnico contiene entre el 1-5% de 2-metoxi-1-propanol, que es un teratógeno animal. El producto comercial puede contener 2- metoxi-1-propanol, que presenta efecto teratogénico en experimentación animal. Antes de la destilación comprobar si existen peróxidos; en caso positivo eliminarlos. Nombres Comerciales: Dowanol 338, Dowanol PM, Dowtherm 209, Poly-Solu MPM, PolySolvent M, UCAR PM Solvent.</p>
--

INFORMACIÓN ADICIONAL

FISQ: 1-144 1-METOXIPROPAN-2-OL
--

ICSC: 0551

1-METOXIPROPAN-2-OL

© CCE, IPCS, 1994

NOTA LEGAL IMPORTANTE:

<p>Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE transpuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).</p>
--

5. COEFICIENTES PARA EL CÁLCULO DE CP DEL MEK.

Extraídos de “Properties of gases and liquids”.

CPVAP A, CPVAP B, CPVAP C, CPVAP D = constants to calculate the isobaric heat capacity of the ideal gas, with Cp in J/(mol·K) and T in kelvins:

$$C_p = CPVAP A + (CPVAP B)T + (CPVAP C)T^2 + (CPVAP D)T^3$$

DELHF = standard enthalpy of formation for the ideal gas at 298.2 K, J/ mol
(See note above on reference states.)

DELGF = standard Gibbs energy of formation for the ideal gas at 298.2 K and 1 atm,
J/ mol
(See note above on reference states.)

Vapor pressure: Pvp = vapor pressure, in bars
Pc = critical pressure, in bars
Tc = critical temperature, in kelvins
T = temperature, in kelvins

There is a choice of equations as noted in the tables:

Equation (1):

$$\ln (P_{vp}/P_c) = (1 - x)^{-1}[(VP A)x + (VP B)x^{1.5} + (VP C)x^3 + (VP D)x^6]$$
$$x = 1 - T/T_c$$

Equation (2):

$$\ln P_{vp} = VP A - (VP B)/T + (VP C) \ln T + (VP D)(P_{vp})/T^2$$

Equation (3):

$$\ln P_{vp} = VP A - (VP B)/(T + (VP C))$$

LDEN = liquid density, g/cm³

TDEN = temperature for LDEN, K

Nb	Formula	Name	CPVAP A	CPVAP B	CPVAP C	CPVAP D	DELHF	DELGF
226	C4H6	1-butyne	1.255E+1	2.744E-1	-1.545E-4	3.450E-8	1.653E+5	2.022E+5
227	C4H6	2-butyne	1.593E+1	2.381E-1	-1.070E-4	1.753E-8	1.464E+5	1.956E+5
228	C4H6	1,2-butadiene	1.121E+1	2.724E-1	-1.468E-4	3.089E-8	1.623E+5	1.986E+5
229	C4H6	1,3-butadiene	-1.687E+0	3.419E-1	-2.340E-4	6.335E-8	1.102E+5	1.508E+5
230	C4H6O2	vinyl acetate	1.516E+1	2.795E-1	-8.805E-5	-1.660E-8	-3.160E+5	
231	C4H6O3	acetic anhydride	-2.313E+1	5.087E-1	-3.580E-4	9.835E-8	-5.761E+5	-4.770E+5
232	C4H6O4	dimethyl oxalate	1.507E+1	4.689E-1	-3.143E-4	7.938E-8		
233	C4H6O4	succinic acid	1.521E+1	3.206E-1	-1.638E-4	2.982E-8	3.410E+4	1.087E+5
234	C4H7N	butyronitrile	1.516E+1	2.796E-1	-8.805E-5	-1.660E-8		
235	C4H6O2	methyl acrylate						
236	C4H8	1-butene	-2.994E+0	3.532E-1	-1.900E-4	4.463E-8	-1.260E+2	7.134E+4
237	C4H8	2-butene,cis	4.396E-1	2.953E-1	-1.018E-4	-0.616E-9	-6.990E+3	6.590E+4
238	C4H8	2-butene,trans	1.832E+1	2.564E-1	-7.013E-5	-8.989E-9	-1.118E+4	6.301E+4
239	C4H8	cyclobutane	-5.029E+1	5.024E-1	-3.558E-4	1.047E-7	2.667E+4	1.101E+5
240	C4H8	isobutylene	1.605E+1	2.804E-1	-1.091E-4	9.098E-9	-1.691E+4	5.811E+4
241	C4H8O	n-butyraldehyde	1.408E+1	3.457E-1	-1.723E-4	2.887E-8	-2.052E+5	-1.148E+5
242	C4H8O	isobutyraldehyde	2.446E+1	3.356E-1	-2.057E-4	6.368E-8	-2.159E+5	-1.214E+5
243	C4H8O	methyl ethyl ketone	1.094E+1	3.559E-1	-1.900E-4	3.920E-8	-2.385E+5	-1.462E+5
244	C4H8O	tetrahydrofuran	1.910E+1	5.162E-1	-4.132E-4	1.454E-7	-1.843E+5	
245	C4H8O	vinyl ethyl ether	1.728E+1	3.236E-1	-1.471E-4	2.1150E-8	-1.403E+5	
246	C4H8O2	n-butyric acid	1.174E+1	4.137E-1	-2.430E-4	5.531E-8	-4.762E+5	
247	C4H8O2	isobutyric acid	9.814E+0	4.668E-1	-3.720E-4	1.350E-7	-4.842E+5	
248	C4H8O2	1,4-dioxane	-5.357E+1	5.987E-1	-4.085E-4	1.062E-7	-3.153E+5	-1.809E+5
249	C4H8O2	ethyl acetate	7.235E+0	4.072E-1	-2.092E-4	2.855E-8	-4.432E+5	-3.276E+5
250	C4H8O2	methyl propionate	1.820E+1	3.140E-1	-9.353E-5	-1.828E-8		

6 COEFICIENTES PARA EL CÁLCULO DE CP DEL 1-METOXI-2-PROPANOL.

No	Formula	Name	CPVAP A	CPVAP B	CPVAP C	CPVAP D	DELHF	DELGF
251	C4H8O2	n-propyl formate	-2.613E+0	4.497E-1	-2.937E-4	8.081E-8	-1.474E+5	-3.881E+4
252	C4H8S	tetrahydrothiophene	-3.433E+0	4.559E-1	-2.981E-4	8.256E-8	-1.616E+5	-5.351E+4
253	C4H9Cl	1-chlorobutane	-3.931E+0	4.652E-1	-2.886E-4	7.871E-8	-1.834E+5	-6.414E+4
254	C4H9Cl	2-chlorobutane						
255	C4H9Cl	tert-butyl chloride						
256	C4H9N	pyrrolidine	-5.153E+1	5.338E-1	-3.240E-4	7.528E-8	-3.600E+3	1.148E+5
257	C4H9NO	morpholine	-4.280E+1	5.388E-1	-2.666E-4	4.199E-8		
258	C4H10	n-butane	9.487E+0	3.313E-1	-1.108E-4	-2.822E-9	-1.262E+5	-1.610E+4
259	C4H10	isobutane	-1.390E+0	3.847E-1	-1.846E-4	2.895E-8	-1.346E+5	-2.090E+4
260	C4H10O	n-butanol	3.266E+0	4.180E-1	-2.242E-4	4.685E-8	-2.749E+5	-1.509E+5
261	C4H10O	2-butanol	5.753E+0	4.245E-1	-2.328E-4	4.773E-8	-2.928E+5	-1.677E+5
262	C4H10O	isobutanol	-7.708E+0	4.689E-1	-2.884E-4	7.231E-8	-2.834E+5	-1.674E+5
263	C4H10O	tert-butanol	-4.861E+1	7.172E-1	-7.084E-4	2.920E-7	-3.128E+5	-1.778E+5
264	C4H10O	diethyl ether	2.142E+1	3.359E-1	-1.035E-4	-9.357E-9	-2.524E+5	-1.224E+5
265	C4H10O	methyl propyl ether	2.131E+1	3.390E-1	-1.127E-4	-2.855E-9	-2.379E+5	-1.100E+5
266	C4H10O	methyl isopropyl ether	1.353E+1	3.697E-1	-1.481E-4	1.205E-8	-2.522E+5	-1.210E+5
267	C4H10O2	1,2-dimethoxyethane	3.223E+1	3.567E-1	-1.336E-4	8.399E-9		
268	C4H10O3	diethylene glycol	7.306E+1	3.461E-1	-1.468E-4	1.846E-8	-5.715E+5	
269	C4H10S	diethyl sulfide	1.359E+1	3.959E-1	-1.780E-4	2.649E-8	-8.353E+4	1.780E+4
270	C4H10S2	diethyl disulfide	2.690E+1	4.601E-1	-2.710E-4	5.970E-8	-7.469E+4	2.227E+4
271	C4H11N	n-butyl amine	5.079E+0	4.476E-1	-2.407E-4	7.599E-8	-9.211E+4	4.924E+4
272	C4H11N	isobutyl amine	9.491E+0	4.430E-1	-2.110E-4	2.333E-8		
273	C4H11N	diethyl amine	2.039E+0	4.430E-1	-2.183E-4	3.653E-8	-7.243E+4	7.214E+4
274	C5F12	perfluoropentane						
275	C5H2F6O2	hexafluoroacetylacetone						

7. CAPACIDAD CALORÍFICA ALGODÓN.

TABLA A-8
Propiedades de diversos materiales
(A menos que se indique lo contrario, los valores se dan a 300 K)

Material	Densidad, ρ kg/m ³	Conductividad térmica, k , W/m · K	Calor espe- cífico, c_p J/kg · K
Asfalto	2 115	0.062	920
Baquelita	1 300	1.4	1 465
Ladrillo refractario			
Ladrillo de cromita			
473 K	3 010	2.3	835
823 K	—	2.5	—
1173 K	—	2.0	—
Arcilla refractaria cocida			
1600 K			
773 K	2 050	1.0	960
1073 K	—	1.1	—
1373 K	—	1.1	—
Arcilla refractaria cocida			
1725 K			
773 K	2 325	1.3	960
1073 K	—	1.4	—
1373 K	—	1.4	—
Ladrillo de arcilla refractaria			
478 K			
922 K	2 645	1.0	960
1478 K	—	1.5	—
Magnesita			
478 K			
922 K	—	3.8	1 130
1478 K	—	2.8	—
Carne de pollo blanca (74.4% de contenido de agua)			
198 K			
233 K	—	1.60	—
253 K	—	1.49	—
273 K	—	1.35	—
293 K	—	0.48	—
Arcilla seca			
1 550			
Arcilla mojada			
1 495			
Carbón mineral, antracita			
1 350			
Concreto (mezcla con piedra)			
2 300			
Corcho			
86			
Algodón			
80			
Grasa			
—			
Vidrio			
De ventana			
2 800			
Pyrex			
2 225			
Crown			
2 500			
Al plomo			
3 400			

Fuente: Los datos se recopilaron de diversas fuentes.

“Procesos de transferencia de calor”. Donald Q. Kern.

8. CONSTANTES DE LA ECUACIÓN DE ANTOINE PARA EL MEK.

Compuesto	Fórmula	Rango (°C)	A	B	C
1,4-Dioxano	C ₈ H ₁₆ O ₂	20.0 a 105.0	7.43155	1554.679	240.337
Disulfuro de carbono	CS ₂	3.6 a 79.9	6.94279	1169.110	241.593
Estireno	C ₈ H ₈	29.9 a 144.8	7.06623	1507.434	214.985
Etanol	C ₂ H ₆ O	19.6 a 93.4	8.11220	1592.864	226.184
Etanolamina	C ₂ H ₇ NO	65.4 a 170.9	7.45680	1577.670	173.368
Éter dietílico	C ₄ H ₁₀ O	-60.8 a 19.9	6.92032	1064.066	228.799
Éter dimetílico	C ₂ H ₆ O	-78.2 a -24.9	6.97603	889.264	241.957
Étilbenceno	C ₈ H ₁₀	56.5 a 137.1	6.95650	1423.543	213.091
1,2-Etilendiamina	C ₂ H ₈ N ₂	26.5 a 117.4	7.16871	1336.235	194.366
Etilenglicol	C ₂ H ₆ O ₂	50.0 a 200.0	8.09083	2088.936	203.454
Fenol	C ₆ H ₆ O	107.2 a 181.8	7.13301	1516.790	174.954
Formaldehído	HCHO	-109.4 a +22.3	7.19578	970.595	244.124
Glicerol	C ₃ H ₈ O ₃	183.3 a 260.4	6.16501	1036.056	28.097
<i>i</i> -Heptano	<i>i</i> -C ₇ H ₁₆	18.5 a 90.9	6.87689	1238.122	219.783
<i>n</i> -Heptano	<i>n</i> -C ₇ H ₁₆	25.9 a 99.3	6.90253	1267.828	216.823
1-Hepteno	C ₇ H ₁₄	21.6 a 94.5	6.91381	1265.120	220.051
<i>i</i> -Hexano	<i>i</i> -C ₆ H ₁₄	12.8 a 61.1	6.86839	1151.401	228.477
<i>n</i> -Hexano	<i>n</i> -C ₆ H ₁₄	13.0 a 69.5	6.88555	1175.817	224.867
1-Hexeno	C ₆ H ₁₂	15.9 a 64.3	6.86880	1154.646	226.046
Metacrilato de metilo	C ₅ H ₈ O ₂	39.2 a 89.2	8.40919	2050.467	274.369
Metanol	CH ₃ OH	14.9 a 83.7	8.08097	1582.271	239.726
Metanol*	CH ₃ OH	-20 a 140	7.87863	1473.11	230.0
Metilamina	CH ₅ N	-83.1 a -6.2	7.33690	1011.532	233.286
Metilciclohexano	C ₇ H ₁₄	25.6 a 101.8	6.82827	1273.673	221.723
Metilciclooctano	C₈H₁₆O	42.8 a 88.4	7.06356	1261.339	221.969
Metilisobutilcetona	C ₆ H ₁₂ O	21.7 a 116.2	6.67272	1168.408	191.944
Naftaleno	C ₁₀ H ₈	80.3 a 179.5	7.03358	1756.328	204.842
Nitrobenceno	C ₆ H ₅ NO ₂	134.1 a 210.6	7.11562	1746.586	201.783
Nitrometano	CH ₃ NO ₂	55.7 a 136.4	7.28166	1446.937	227.600
<i>n</i> -Nonano	<i>n</i> -C ₉ H ₂₀	70.3 a 151.8	6.93764	1430.459	201.808
1-Noneno	C ₉ H ₁₈	66.6 a 147.9	6.95777	1437.862	205.814
<i>i</i> -Octano	<i>i</i> -C ₈ H ₁₈	41.7 a 118.5	6.88814	1319.529	211.625
<i>n</i> -Octano	<i>n</i> -C ₈ H ₁₈	52.9 a 126.6	6.91874	1351.756	209.100
1-Octeno	C ₈ H ₁₆	44.9 a 122.2	6.93637	1355.779	213.022
Óxido de etileno	C ₂ H ₄ O	0.3 a 31.8	8.69016	2005.779	334.765
Óxido de propileno	C ₃ H ₆ O	-24.2 a 34.8	7.01443	1086.369	228.594
<i>i</i> -Pentano	<i>i</i> -C ₅ H ₁₂	16.3 a 28.6	6.73457	992.019	229.564
<i>n</i> -Pentano	<i>n</i> -C ₅ H ₁₂	13.3 a 36.8	6.84471	1060.793	231.541
1-Pentanol	C ₅ H ₁₂ O	74.7 a 156.0	7.18246	1287.625	161.330
1-Penteno	C ₅ H ₁₀	12.8 a 30.7	6.84268	1043.206	233.344
Piridina	C ₅ H ₅ N	67.3 a 152.9	7.04115	1373.799	214.979
1-Propanol	C ₃ H ₈ O	60.2 a 104.6	7.74416	1437.686	198.463
2-Propanol	C ₃ H ₈ O	52.3 a 89.3	7.74021	1359.517	197.527
Tetracloruro de carbono	CCl ₄	14.1 a 76.0	6.87926	1212.021	226.409
Tolueno	C ₇ H ₈	35.3 a 111.5	6.95805	1346.773	219.693
1,1,1-Tricloroetano	C ₂ H ₃ Cl ₃	-5.4 a 16.9	8.64344	2136.621	302.769
1,1,2-Tricloroetano	C ₂ H ₃ Cl ₃	50.0 a 113.7	6.95185	1314.410	209.197
Tricloroetileno	C ₂ HCl ₃	17.8 a 86.5	6.51827	1018.603	192.731
<i>m</i> -Xileno	<i>m</i> -C ₈ H ₁₀	59.2 a 140.0	7.00646	1460.183	214.827
<i>o</i> -Xileno	<i>o</i> -C ₈ H ₁₀	63.5 a 145.4	7.00154	1476.393	213.872
<i>p</i> -Xileno	<i>p</i> -C ₈ H ₁₀	58.3 a 139.3	6.98820	1451.792	215.111

* Adaptada de T. Boublik, V. Fried, y E. Hala, *The Vapour Pressures of Pure Substances*, Elsevier, Amsterdam. Las constantes con asterisco (*) se tomaron de *Lange's Handbook of Chemistry*, 9a. edición, Handbook Publishers, Inc., Sandusky, OH.

9. CONSTANTES DE ANTOINE PARA 1-METOXI- 2- PROPANOL.

No	Formula	Name	Eq.	VP A	VP B	VP C	VP D	TmIn	Tmax	LDEN	TDEN
251	C4H8O2	n-propyl formate	1	-7.48563	1.71260	-5.16404	1.64290	299	TC	0.911	289
252	C4H8S	tetrahydrothiophene	3	9.3870	3160.1	-57.2		308	473	1.000	293
253	C4H9Cl	1-chlorobutane	1	-6.79852	0.78511	-2.31047	-5.83223	256	TC	0.886	293
254	C4H9Cl	2-chlorobutane	3	9.3705	2753.43	-47.15		250	375	0.873	293
255	C4H9Cl	tert-butyl chloride	3	9.1919	2567.15	-44.15		235	360	0.842	293
256	C4H9N	pyrrolidine	1	-7.73658	2.33495	-4.20213	-3.71251	316	TC	0.852	295
257	C4H9NO	morpholine	3	9.6162	3171.35	-71.15		300	440	1.000	293
258	C4H10	n-butane	1	-6.88709	1.15157	-1.99873	-3.13003	170	TC	0.579	293
259	C4H10	isobutane	1	-6.95579	1.50090	-2.52717	-1.49776	165	TC	0.557	293
260	C4H10O	n-butanol	1	-8.00756	0.53783	-9.34240	6.68692	275	TC	0.810	293
261	C4H10O	2-butanol	1	-7.80578	0.32456	-9.41265	2.64643	265	TC	0.807	293
262	C4H10O	isobutanol	3	10.2510	2874.73	-100.3		293	388	0.802	293
263	C4H10O	tert-butanol	3	10.2346	2658.29	-95.50		293	376	0.787	293
264	C4H10O	diethyl ether	1	-7.29916	1.24828	-2.91931	-3.36740	250	TC	0.713	293
265	C4H10O	methyl propyl ether	1	-7.59830	2.01601	-3.70390	-1.64710	258	TC	0.738	293
266	C4H10O	methyl isopropyl ether	1	-7.06696	0.86497	-2.16269	-4.72211	252	TC	0.724	288
267	C4H10O2	1,2-dimethoxyethane	3	9.4039	2869.79	-53.15		262	393	0.867	293
268	C4H10O3	diethylene glycol	3	10.4124	4122.52	-122.5		402	560	1.116	293
269	C4H10S	diethyl sulfide	3	9.3329	2896.27	-54.49		260	390	0.837	293
270	C4H10S2	diethyl disulfide	3	9.4405	3421.57	-64.19		312	455	0.998	293
271	C4H11N	n-butyl amine	1	-7.91668	2.36401	-5.01170	-2.54215	255	TC	0.739	293
272	C4H11N	isobutyl amine	1	-8.41366	3.12108	-5.70064	-1.83920	248	TC	0.722	295
273	C4H11N	diethyl amine	1	-7.26796	1.15810	-3.91125	-1.17981	240	TC	0.707	293
274	C5F12	perfluoropentane	3	9.5390	2470.33	-43.20		282	338		
275	C5H2F6O2	hexafluoroacetylacetone									

10. METODO UNIFAC, PARA EL CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE ACTIVIDAD.

temperatura	348			i = 1	i = 2
grupo			subgrupo		
Alcano	1	1	CH3	2	1
		2	CH2	0	1
		3	CH	0	1
		4	C		
Alcohol	5	15	OH	0	1
	6	16	CH3OH		
	7	17	H2O		
	8	18	ACOH		
Cetona	9	19	CH3CO		
		20	CH2CO	1	0
Éter	13	25	CH3O	0	1
		26	CH2O		
		27	CH-O		
		28	FCH2O		

K	Rk	Qk	r1parcial	r2parcial	q1 parcial	q2 parcial
1	0,9011	0,848	1,8022	0,9011	1,696	0,848
2	0,6744	0,54		0,6744	0	0,54
3	0,4469	0,228		0,4469	0	0,228
15	1	1,2		1	0	1,2
20	1,4457	1,18	1,4457	0	1,18	0
25	1,145	1,088		1,145	0	1,088

$$r_i = \sum_K V_k^{(i)} \cdot R_k$$

$$r_1 = 3,2479 \quad r_2 = 4,1674$$

$$q_i = \sum_K V_k^{(i)} \cdot Q_k$$

$$q_1 = 2,876 \quad q_2 = 3,904$$

$$e_{ki} = \frac{V_k^{(i)} \cdot Q_k}{q_i}$$

$$\sigma_1 = 1,04997178$$

$$\sigma_2 = 1,54746945$$

k	i=1	i=2
1	0,589708	0,217213
2	0	0,13832
15	0	0,307377
20	0,410292	0
25	0	0,278689

11. COEFICIENTE. GLOBAL DE TRANSMISIÓN DE CALOR SUCIO O DE DISEÑO.

TABLA 8. VALORES APROXIMADOS DE LOS COEFICIENTES TOTALES PARA DISEÑO. LOS VALORES INCLUYEN UN FACTOR DE OBSTRUCCION TOTAL DE 0.003 Y CAIDA DE PRESION PERMISIBLE DE 5 A 10 LB/PLG² EN LA CORRIENTE QUE CONTROLE

Enfriadores		
Fluido caliente	Fluido frío	U_D total
Agua	Agua	250-500 ⁴
Metanol	Agua	250-500 ⁴
Amoniaco	Agua	250-500 ⁴
Soluciones acuosas	Agua	250-500 ⁴
Sustancias orgánicas ligeras ¹	Agua	75-150
Sustancias orgánicas medias ²	Agua	50-125
Sustancias orgánicas pesadas ²	Agua	5-75
Gases	Agua	2-50
Agua	Salmuera	100-200
Sustancias orgánicas ligeras	Salmuera	40-100

Calentadores		
Fluido caliente	Fluido frío	U_D total
Vapor de agua	Agua	200-700 ⁴
Vapor de agua	Metanol	200-700 ⁴
Vapor de agua	Amoniaco	200-700 ⁴
Vapor de agua	Soluciones acuosas:	
Vapor de agua	menos de 2.0 cp	200-700
Vapor de agua	Más de 2.0 cp	100-500 ⁴
Vapor de agua	Sustancias orgánicas ligeras	50-100
Vapor de agua	Sustancias orgánicas medias	100-200
Vapor de agua	Sustancias orgánicas pesadas	6-60
Vapor de agua	Gases	5-50 ⁴

Intercambiadores		
Fluido caliente	Fluido frío	U_D total
Agua	Agua	250-500 ⁴
Soluciones acuosas	Soluciones acuosas	250-500 ⁴
Sustancias orgánicas ligeras	Sustancias orgánicas ligeras	40-75
Sustancias orgánicas medias	Sustancias orgánicas medias	20-60
Sustancias orgánicas pesadas	Sustancias orgánicas pesadas	10-40
Sustancias orgánicas pesadas	Sustancias orgánicas ligeras	30-60
Sustancias orgánicas ligeras	Sustancias orgánicas pesadas	10-40

¹ Las sustancias orgánicas ligeras son fluidos con viscosidades menores de 0.5 centipoises e incluyen benceno, tolueno, acetona, etanol, metil-etil-cetona, gasolina, kerosén y nafta.

² Las sustancias orgánicas medias tienen viscosidades de 0.5 a 1.0 centipoises e incluyen kerosén, strawoil, gasoil caliente, aceite de absorbedor caliente y algunos crudos.

³ Sustancias orgánicas pesadas tienen viscosidades mayores de 1.0 centipoises e incluyen gasoil frío, aceites lubricantes, petróleo combustible, petróleo crudo reducido, breas y asfaltos.

⁴ Factor de obstrucción 0.001.

⁵ Caída de presión de 20 a 30 lb/plg².

⁶ Estas tasas están influenciadas grandemente por la presión de operación.

**PLIEGO
DE
CONDICIONES**

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.

1.1. OBJETIVO DEL PLIEGO DE CONDICIONES.

El objetivo del presente pliego de condiciones es definir el conjunto de directrices, requisitos y normas aplicables al desarrollo del proyecto, “Plan de mejora para la disminución de emisiones de COV's, en una empresa aeronáutica situada en el termino municipal de Puerto Real en la provincia de Cádiz, en cumplimiento con el RD117/2003”. Contiene las condiciones técnicas normalizadas referentes a los materiales y equipos, el modo de ejecución y, todos los aspectos necesarios para la ejecución del proyecto de forma que pueda materializarse en las condiciones especificadas, evitando posibles interpretaciones diferentes de las deseadas. El pliego de condiciones constituye el documento más importante desde el punto de vista contractual.

La administración podrá conocer de forma detallada las diferentes tareas que se desarrollaran durante la ejecución del proyecto.

1.2. DOCUMENTOS APLICABLES.

El carácter general y el alcance de la obra descrita en este Proyecto están fijados por los siguientes documentos:

- Documento nº 1: Memoria y Anexos.
- Documento nº 2: Planos.
- Documento nº 3: Pliego de Condiciones.
- Documento nº 4: Presupuesto.

De los cuales, son documentos contractuales los planos, pliego de condiciones y presupuesto que se incluyen en el presente proyecto. Los datos incluidos en la memoria y en los anexos poseen carácter meramente informativo.

1.3. CONDICIONES DE ACABADO.

Todas las unidades se entienden como completamente acabadas, montadas e instaladas y, en su caso, en funcionamiento. El Ingeniero Director de la Obra entenderá, para redactar su propuesta, que ésta deberá incluir cualquier complemento o accesorio para su terminación y puesta en marcha, tales como:

- Manuales de funcionamiento y conservación de aparatos e instalaciones.
- Presentación del proyecto de instalación en los organismos administrativos competentes a efecto de su aprobación y obtención de visados.
- Gestiones y gastos necesarios para el total montaje y puesta en marcha de la instalación.
- Responsabilidades y daños por incumplimiento de normas vigentes de los organismos oficiales.
- Responsabilidades y daños por defecto de fabricación o montaje de todos y cada uno de los elementos de cada unidad.

CAPITULO II. EQUIPOS Y MATERIALES.

El presente apartado del pliego de condiciones tiene por objetivo establecer las calidades y características de los equipos y dispositivos objeto del proyecto, así como de los materiales que los constituyen.

2.1. NORMATIVA Y REFERENCIA.

Se tendrán como de obligado cumplimiento las siguientes normas y estándares:

- UNE 14035 y DIN 4101. Soldaduras de planchas de acero.
- UNE 19011. Tubos lisos de acero soldados y sin soldadura. Medidas y masas.

- UNE-EN ISO 3506. Elementos de unión en acero inoxidable.
- UNE-EN 12517. Examen radiográfico de soldaduras.
- UNE-EN 1289. Inspección de soldaduras por líquidos penetrantes.
- UNE-EN 60534. Válvulas de regulación de procesos industriales.
- UNE-EN ISO 6520. Soldeo y procesos afines.
- UNE-EN 10259. Bandas y chapas de acero inoxidable.
- UNE-EN 1600. Consumibles para soldar acero inoxidable.
- UNE-EN ISO 1127. Tubos de acero inoxidable.

2.2. CONDICIONES PARA LOS EQUIPOS.

2.2.1. CONDICIONES PARA LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR Y PARRILAS DE CALENTAMIENTO.

Las dimensiones de los intercambiadores, así como sus características geométricas (longitud, diámetro...) serán determinados en la memoria.

Tanto si son trasladados al lugar de emplazamiento totalmente montados, como si lo son por partes, el equipo o sus partes serán protegidos adecuadamente contra la lluvia, suciedad, golpes o deformaciones.

El ingeniero director supervisará los equipos antes de su montaje, comprobará su buen estado y podrá rechazarlos si observa anomalías que a su juicio puedan provocar dicho rechazo.

Previa la puesta en marcha, se harán las comprobaciones y operaciones oportunas para garantizar la seguridad de los asistentes a dichas pruebas, así como la preservación de las instalaciones y equipos.

2.2.2. CONDICIONES PARA LAS BOMBAS.

Las bombas se suministrarán con la correspondiente bancada, sobre la que se montará el conjunto bomba-motor. La bancada estará constituida por perfiles y planchas de acero inoxidable AISI 316, dimensionada de forma que soporte los esfuerzos de arranque, y garantizara la estabilidad del conjunto bomba-motor.

Se presentarán los planos y memorias descriptivas de la bomba a emplear, acompañados de los correspondientes certificados de pruebas de sobrecarga, rodaje etc. Efectuadas en el taller fabricante.

2.2.3. CONDICIONES SOBRE INSTALACIONES AUXILIARES.

2.2.3.1. CONDICIONES PARA LOS AISLAMIENTOS.

Los equipos de nueva instalación contemplados en el presente proyecto, irán calorifugados con lana de roca. El aislante a utilizar no habrá tenido usos anteriores. Así mismo no presentará cortes o deformaciones que, a juicio del

Ingeniero Director pudieran afectar a su capacidad aislante. El espesor del aislante térmico vendrá definido en la memoria.

El calorifugado se sujetará a los equipos mediante pletinas, alambres o tornillos de metal, o mediante otro sistema que el Ingeniero Director estime eficaz.

2.2.3.2. CONDICIONES PARA LAS VÁLVULAS.

Las válvulas serán del tipo que se decida según la línea en la que se encuentren y la función que desempeñen.

Estarán libres de defectos, irregularidades etc., que puedan dificultar su instalación o montaje, o que puedan afectar negativamente a su comportamiento.

Durante su instalación se tendrá especial cuidado de alinear correctamente los extremos con la tubería en la que vayan a ser instaladas.

2.2.3.3. CONDICIONES DEL AGUA DE REFRIGERACIÓN.

El sistema debe ser comprobado antes de la puesta en marcha, atendiendo a la disponibilidad, presión y libre circulación, deberá asegurarse la estanqueidad de las instalaciones donde se requiera el uso del agua de refrigeración.

2.2.3.4. CONDICIONES DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

Se comprobará que todos los equipos cumplen las medidas de seguridad especificadas en las características técnicas y que tras la puesta en marcha no se producen situaciones anómalas que puedan desencadenar un fallo de los equipos.

2.3. CONDICIONES PARA LOS MATERIALES.

2.3.1. CONDICIONES GENERALES PARA LOS MATERIALES.

Todos los materiales tendrán las condiciones técnicas que dictan las normas citadas en el subapartado “Normativa y referencias” del presente apartado del pliego de condiciones.

Las características de los mismos serán las expresadas en los subapartados que siguen, pudiendo el ingeniero director de la obra desechar aquellos que a su juicio no las reúnan.

No podrán ser en ningún caso distintos en sus características a los tipos proyectados. Si hubiese que variar la clase de algunos inicialmente aprobados, los nuevos no podrán ser instalados sin la previa autorización del ingeniero director de la obra, la cual podrá someterlos a cuantas pruebas estime oportunas.

2.3.2. CONDICIONES PARA LAS TUBERIAS.

Las tuberías serán de los diámetros especificados en los correspondientes apartados de la memoria. Serán de sección circular, de espesor uniforme y sin costuras.

Estarán exentas de fisuras, grietas, poros, deformaciones, impurezas o falta de homogeneidad, así como de otros defectos que pudieran disminuir su resistencia y apartar su comportamiento del esperado por sus características.

Los materiales utilizados en la fabricación de las tuberías deberán coincidir con los especificados en la memoria, todas estarán realizadas en acero inoxidable 316L.

2.3.3. CONDICIONES PARA LAS BRIDAS.

Las bridas serán de acero inoxidable AISI 316 según corresponda. Sus diámetros serán los correspondientes a la línea en la que vayan a ser instaladas. Los espárragos de unión estarán en consonancia con lo marcado por la norma UNE-EN ISO 3506 sobre elementos de unión en acero inoxidable.

Estarán libres de defectos, irregularidades, rebabas,...que puedan dificultar su instalación o montaje, o que puedan afectar negativamente a su comportamiento durante el proceso. Las bridas deben de ser planas y paralelas, o presentar rigidez suficiente contra deformaciones debida a la presión de los espárragos. Éstos deben apretarse en cruz con llave dinamométrica para controlar el par de apriete.

Los tornillos y tuercas poseerán las características necesarias para ser instalados. Los materiales serán los adecuados al tipo de brida, preservando siempre el deterioro de los tornillos antes de la brida.

2.3.4. CONDICIONES PARA LOS ACCESORIOS.

Los accesorios para las tuberías (codos 90°) serán de acero inoxidable 316L, siendo su diámetro el correspondiente a las líneas en las que vayan a ser instalados. Estarán libres de defectos, irregularidades, etc. Que puedan afectar negativamente a su comportamiento durante el proceso.

2.3.5. CONDICIONES PARA LAS SOLDADURAS.

En las partes de la instalación donde deban llevarse a cabo procesos de soldadura a tope, se instalaran durante el proceso de soldado anillos de protección y se evitara en todo momento que penetren en el interior de las partes a soldar cascarillas y salpicaduras de soldadura.

La soldadura se hará mediante cordones finos, limpiando e inspeccionando después de cada cordón, evitando así que los defectos de un cordón puedan ser enmascarados con el siguiente. Los materiales de aporte serán siempre de calidad superior a la de los materiales soldados, en casos especiales podrán utilizarse materiales de aporte similares a los soldados siempre que se detalle en la memoria del presente proyecto.

Se someterán a inspecciones no destructivas, ya sea por líquidos penetrantes o radiografía, el 25% de las soldaduras que el ingeniero director considere vitales para las instalaciones. En caso de aparecer defectos o problemas se actuará según dicte el pliego de condiciones generales o en su defecto según determine el ingeniero director de obra.

2.3.6. CONDICIONES DE LAS PLANCHAS PARA LA FABRICACIÓN DE LOS EQUIPOS.

Las planchas a partir de las cuales se fabriquen los nuevos equipos previstos estarán fabricadas de acero inoxidable 316L.

CAPITULO III. SEGURIDAD E HIGIENE.

El presente apartado del pliego de condiciones tiene por objeto establecer, de forma muy general, las medidas que se deben seguir, desde el punto de vista de la seguridad y la higiene, una vez que la instalación se haya puesto en funcionamiento. Intentará marcar una serie de directrices que permitan evaluar los riesgos existentes en una instalación como la propuesta en el presente proyecto. Todo lo relativo a los trabajos de instalación y puesta en marcha de la materia de prevención debe ser aceptado y respaldado, desde la dirección a cada uno de los operarios que forman parte de la plantilla de la empresa.

3.1. OPERACIONES DE RIESGO.

Las operaciones de riesgo que conlleva el presente proyecto son:

- Equipos, maquinaria fija y herramientas.
- Manipulación y almacenamiento de productos químicos.
- Manipulación de cargas.
- Lugares y espacios de trabajo.
- Agentes físicos.
- Incendio y explosión.
- Electricidad.

3.1.1. EQUIPOS, MAQUINARIA FIJA Y HERRAMIENTAS.

Los posibles riesgos derivados de equipos, maquinaria fija y herramientas son los que se indican a continuación:

- Golpes por objetos o herramientas.
- Caída de objetos por manipulación.

- Atrapamiento por o entre objetos.
- Contacto eléctrico.
- Quemaduras.
- Cortes provocados por aristas afiladas.

Para prevenir estos riesgos han de tenerse en cuenta las siguientes medidas preventivas:

- Hacer uso de los equipos de protección individual.
- Mantener una buena coordinación, sobre todo en trabajos en equipos.
- Colaborar en el orden y limpieza de las zonas de trabajo.
- Todas las máquinas deberán llevar dispositivos de parada de emergencia y aislamiento eléctrico.
- No se deben usar alargaderas o herramientas que presenten hilos de corriente al descubierto o aislados de manera indebida.
- Los operarios han de estar debidamente formados en el uso de la maquinaria que utilicen.

Los equipos de protección adecuados son:

- Chaquetas.
- Guantes de protección frente al riesgo de la actividad que se esté realizando: riesgo de abrasión, riesgo mecánico...
- Calzado de seguridad.
- Gafas de protección.

Cuando los trabajos requieran la utilización de prendas de protección personal, éstas llevarán el sello –CE- y serán adecuadas al riesgo que se trata de evitar.

Para la protección de la vista se utilizan cristales que se clasifican según la luminosidad mediante UNE-43156 y UNE-14701.

3.1.2. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS.

Existen una gran variedad de riesgos debido a la diversidad de productos químicos. Estos son los siguientes:

- Riesgos debidos a factores intrínsecos a las condiciones de empleo de los productos, a sus propiedades o reactividad química.
- Riesgos debidos a factores externos tales como inseguridad en su uso, fallos en las instalaciones o en la organización de los equipos.
- Un comportamiento humano inadecuado generado por el desconocimiento o la peligrosidad del producto y por la falta de formación para seguir procedimientos de trabajos seguros.

Se han de seguir una serie de pautas para que el uso de productos químicos sea una operación segura:

- Formar e informar al personal que va a trabajar en puestos donde se usan sustancias químicas.
- Leer la información que se encuentre en las etiquetas identificativas de los recipientes, antes de usar su contenido para conocer los riesgos que se corren.
- Tener hábitos de higiene personal básicos (lavarse las manos, no tocarse los ojos, nariz o boca, lavar la ropa de trabajo separada, no fumar ni tomar bebidas alcohólicas en el lugar de trabajo, consumir alimentos en los lugares habilitados para ello..).
- No quitar la etiqueta ni pasar el contenido del producto a otro envase en el que no se identifique su contenido.

- Utilizar equipos de protección individual.
- El trasvase de sustancias químicas se debe realizar limitando las operaciones manuales a las mínimas posibles y en lugares adecuados para ello.
- Elegir el recipiente adecuado para el trasvase (con resistencia química y física).
- Mantener siempre cerrado el recipiente y colocados en su lugar de almacenamiento.
- No verter a la línea de red general disolventes o líquidos inflamables insolubles en agua y en general residuos que puedan contaminarla.

Los accidentes que pueden darse son ingestión de sustancias, lesiones superficiales, incendios, explosión. Es necesario tener disponible un listado de números de teléfono de urgencias para actuar con rapidez en caso de accidente; donde debe figurar el número de teléfono de los bomberos, emergencias, seguridad social, información toxicológica...

Los equipos de protección a utilizar dependen de la naturaleza de la sustancia. De manera general es necesario:

- Uso de guantes resistentes a las sustancias químicas a manipular.
- Calzado adecuado (botas, zapatos cubiertos...).
- Ropa de trabajo adecuada (delantales, batas, monos...).
- Gafas de seguridad.
- Mascarillas.

3.1.3. MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS.

Los riesgos derivados de la manipulación manual de cargas son los siguientes:

- Riesgos de lesiones musculares debidas a cargas.

- Riesgos de lesiones musculares debidas a malos procedimientos de trabajo.
- Caídas de las cargas sobre las personas que las transportan o sobre las que las rodean.
- Caídas producidas por el abandono de las cargas en lugares inadecuados.

Las medidas a tomar en estos casos de levantamiento manual de cargas son las siguientes:

- No se manipularan manualmente por un solo trabajador cargas de más de 25kg.
- Asentar los pies firmemente manteniendo entre ellos una distancia similar a la anchura de los hombros, acercándose lo más posible a la carga.
- Flexionar las rodillas, manteniendo la espalda erguida.
- Agarrar el objeto firmemente con ambas manos si es posible. El esfuerzo de levantar el peso lo deben realizar los músculos de las piernas.
- Durante el transporte la carga debe permanecer lo más cerca posible al cuerpo, debiendo evitarse los giros de cintura.

Es obligatoria la inspección visual del objeto a levantar para descartar posibles aristas afiladas.

Los equipos de protección individual en la manipulación manual de cargas son las siguientes:

- Cinturón lumbar.
- Guantes de seguridad.
- Calzado de seguridad.

3.1.4. LUGARES Y ESPACIOS DE TRABAJO.

En el lugar de trabajo se debe evitar la falta de limpieza y el desorden. El desorden y la falta de limpieza no surgen de repente, sino que esta situación se va desarrollando poco a poco. Es un riesgo importante ya que pueden ser origen de otros riesgos tales como:

- Caídas al mismo nivel.
- Pisada sobre objetos.
- Choque contra objetos inmóviles.
- Incendio y explosiones por acumulación de sustancias incompatibles.

Así mismo la falta de orden y limpieza provoca otras consecuencias como:

- Deterioro de herramientas y del material de trabajo.
- Bajo rendimiento del trabajador al realizar su tarea y un empeoramiento de la calidad y de las condiciones de trabajo.

Para prevenir estos riesgos es necesario:

- Mantener la zona de trabajo limpia de material innecesario.
- Guardar los materiales y herramientas en los lugares o áreas destinados a ellos después de haber realizado el trabajo.
- Evitar dejar piezas o materiales alrededor de las máquinas. Deben colocarse en un lugar seguro.
- Recoger cualquier objeto que pueda ocasionar un accidente. No dejar materiales en las zonas de tránsito ni obstaculizar las salidas de emergencia, ni acceso a los elementos contraincendios.
- Limpiar los derrames de líquidos.

3.1.5. AGENTES FÍSICOS.

Los agentes físicos a los que se está expuesto son:

- Exposición a temperaturas altas.
- Exposición a ruidos.
- Exposición a vibraciones.
- Iluminación inadecuada.
- Radiación.

Los métodos de prevención son los siguientes:

- Temperatura: Debe ser adecuada para el organismo humano durante el tiempo de trabajo, teniendo en cuenta el método de trabajo y la carga física impuesta.
- Ante situaciones de frío es conveniente abrigarse. Ante los primeros síntomas de hipotermia es vital buscar alimentos, calor y refugio.
- Evitar estar bajo el sol durante las horas de más calor y durante periodos prolongados. Beber abundante agua.
- Factores atmosféricos: deberá protegerse a los trabajadores contra las inclemencias atmosféricas que puedan comprometer su seguridad y su salud.
- Todos los equipos que generen vibraciones deben tener un mantenimiento adecuado.
- Los lugares de trabajo, los locales y las vías de circulación de obras deberán disponer de suficiente iluminación artificial adecuada durante la noche y cuando la luz natural no sea suficiente.
- Utilizar los EPI's adecuados cuando se utilizan equipos que emitan radiaciones.

Los equipos de protección a utilizar son:

- Ropa de trabajo adecuada.
- Protectores auditivos (tapones o auriculares).
- Guantes.
- Calzado (con suela de goma para evitar las vibraciones).
- Equipos antivibración.

3.1.6. INCENDIO Y EXPLOSIÓN.

Los riesgos ocasionados por los incendios y explosiones son:

- Quemaduras.
- Intoxicación o asfixia.
- Golpes con objetos despedidos en las explosiones.

Para prevenir los incendios deben tenerse en consideración las siguientes normas básicas:

- Mantener el orden y la limpieza del lugar de trabajo.
- No fumar.
- No colocar cerca de una fuente de calor productos o materiales que puedan arder fácilmente.
- Manejar con cuidado los productos inflamables.
- No sobrecargar las líneas eléctricas.

✓ Detección y lucha contraincendios.

Según las características, dimensiones y usos de los locales, los equipos presentes, las características físicas y químicas de las sustancias o materiales y el número de personas que puedan hallarse presentes, se dispondrá de un

número suficiente de dispositivos contraincendios y, si fuera necesario detectores y sistemas de alarma. Dichos dispositivos deberán revisarse y mantenerse con regularidad. Deberán realizarse periódicamente pruebas y ejercicios adecuados.

✓ Vías y salidas de emergencia.

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad. En caso de peligro, todos los lugares de trabajo deberán poder evacuarse rápidamente y en condiciones de máxima seguridad para los trabajadores.

El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso de los equipos y de las dimensiones de los locales, así como del número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

Las vías y salidas específicas deberán señalizarse conforme al Real Decreto 485/97. Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente.

Las vías y salidas de emergencia, así como las de circulación y las puertas que den acceso a ellas, no deberán estar obstruidas por ningún objeto para que puedan ser utilizadas sin trabas en todo momento.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías de salida y emergencia deberán disponer de iluminación de seguridad de la suficiente intensidad.

3.1.7. ELECTRICIDAD.

Las características de la electricidad obligan a tomar en consideración importantes medios de seguridad por ser ésta muy peligrosa. Las instalaciones deberán proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañen ningún

peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.

Las medidas preventivas que se seguirán para evitar los riesgos derivados del contacto con líneas eléctricas serán las siguientes:

- Evitar el contacto con todo tipo de fuentes que estén indebidamente aisladas o presenten deterioros que puedan producir la derivación de la corriente eléctrica.
- Utilizar los elementos de protección adecuados.
- Desconectar el equipo si se interrumpe el trabajo evitando así una descarga accidental de corriente, un sobrecalentamiento y riesgo de incendio.
- Mantener seco el equipo de trabajo (ropa, cables, zona de trabajo..)
- La manipulación de instalaciones eléctricas debe realizarse por trabajadores cualificados.

En caso de accidente por contacto con la corriente eléctrica las medidas a tomar en general, será:

- ✓ Cortar la corriente eléctrica o, si no fuera posible, separar a la víctima empleando para ello material aislante que evite el contacto directo con el accidentado. Si después de cortada la corriente la víctima no ha perdido la consciencia, y respira con normalidad, se llevará al médico a la menor brevedad posible, si el accidentado está inconsciente y la respiración es muy débil o inexistente, se realizará respiración artificial a la espera de la llegada de los servicios médicos correspondientes.

Los equipos de protección individual utilizados serán:

- Calzado aislante.

- Guantes aislantes.
- Herramientas con la debida protección aislante.

3.1.8. LEGISLACIÓN APLICABLE.

- Ley de prevención de riesgos laborales, Ley 31/89 de 8 de Noviembre de 1995.
- Reglamento de los servicios de prevención, R.D. 39/97 de Enero de 1997.
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, R.D. 485/97 de 14 de abril de 1997.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo R.D. 486/97 de 14 de abril de 1997.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación de cargas que extrañen riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores, R.D. 487/97 14 de abril de 1997.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, R.D. 773/97 de 30 de Mayo de 1997.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, R.D. 1215/97 de 18 de Julio de 1997.
- Ordenanza general de higiene y seguridad en el trabajo, O.M. de 9 de Marzo de 1971 y O.M. de 31 de Enero de 1940.
- Reglamento electrotécnico para baja tensión, R.D. 2413 de 20 de Septiembre de 1971.

3.1.9. NORMATIVA.

- Norma UNE- 81 101 85. Equipos de protección de la vista. Clasificación y uso.

- Norma UNE- 81 200 77. Equipos de protección personal de las vías respiratorias. Definición y clasificación.
- Norma UNE- 81 250 80. Guantes de protección. Definiciones y clasificación.

PRESUPUESTO

DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO.

En el presente apartado, se pretende realizar una estimación de la inversión necesaria para la puesta en marcha del plan de mejora presentado en el presente proyecto.

La industria aeronáutica cuenta con la infraestructura suficiente para llevar a cabo la realización del plan de mejora, sin necesidad de realizar alguna obra.

El presupuesto se encuentra dividido en tantas partes, cómo líneas de acción conlleva el plan de mejora.

- Cambio de disolvente:

Disolvente	Coste (€)
Metil Etil Cetona (25L)	62,62
Diestone DLS.(25L)	82,15

El bidón de Diestone DLS sale aproximadamente un 30% más caro, que el de Etil Meti Cetona.

- Cambio de formato del disolvente:

Paquete de 100 toallitas preimpregnadas.	4,23 €
Dispensador toallitas.	1,97 €

- Buenas prácticas ambientales: Se realiza una inversión económica en la formación del personal, se desglosa en:

Actividad	Nº personas	Horas empleadas	Total €
Seguimiento experiencia piloto.	3	6	540
Realización encuesta buenas prácticas.	8	6	1440
Sesión brainstorming.	18	3	1620
Elaboración catálogo buenas prácticas.	4	16	1920
Cursos de formación al personal	3	5	450

La inversión en la formación para la implantación del plan de mejora, conlleva una inversión de 5.970 euros.

- Recuperación de disolventes:

Secador bandejas al vacío	52.000 €
----------------------------------	-----------------

Se divide el presente documento en dos partes: Por un lado la inversión de inmovilizado y por otro la formación del personal, para la puesta en marcha del plan de mejora para la reducciones de emisiones de COV's.

BIBLIOGRAFÍA.

✓ **Introducción a la ingeniería química.**

Editor Guillermo Calleja Pardo; autores Guillermo Calleja Pardo, Francisco García Herruzo, Antonio de Lucas Martínez, Daniel Prats Rico, Jose M^a Rodríguez Maroto.
Madrid: Editorial Síntesis, 1999.

✓ **Elementos de ingeniería química.**

Ángel Vian, Joaquín Ocón
Madrid: Editorial Aguilar, 1968.

✓ **Procesos de transferencia de calor.**

Donald Q. Kern
México, D.F: Compañía Editorial Continental S.A., 1984. 18a impresión

✓ **Operaciones unitarias en ingeniería química.**

Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriott.
Madrid: Editorial McGraw-Hill, 2007. 7^a edición.

✓ **Manual del ingeniero químico. Tomos I y II.**

Robert H. Perry, Don W. Green, James O. Maloney.
Madrid: Editorial McGraw-Hill, 2001. 7^a ed. en inglés, 4^a ed. esp.

✓ **El secado de sólidos en la industria química.**

Nonhebel y Moss.
Editorial Reverté, 1979.

✓ **El secado.**

Friedrich Kneule
Bilbao : Urmo, 1966.

✓ **Propiedades de los gases y líquidos: su estimación y correlación.**

Robert C. Reid, Thomas K. Sherwood
Editorial UTEHA (Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana), 1968.

✓ **Procesos de separación.**

C. Judson King.
México: Editorial Repla, 1988.

✓ **The Properties of Gases and Liquids.**

Robert C. Reid, John M. Prausnitz, Bruce E. Poling.
Editorial Mc. Graw Hill, 1987. 4ª edición.

✓ **Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química..**

Smith, Van Ness, Abbot.
Editorial Mc. Graw Hill Interamericana, 1997. 5ª edición

✓ **Process Engineering Equipment Handbook.**

Clairo Soares.
Editorial Mc. Graw Hill Handbooks, 2002.

✓ **Principios elementales de los procesos químicos.**

Richard M. Felder, Ronald W. Rousseau.
Editorial Limusa Wiley. 3ª edición.

✓ **Transferencia de calor y masa. Un enfoque práctico.**

Yunus A.Cengel
Editorial Mc Graw Hill 2007. 3ª Edición.

✓ **Transferencia de calor.**

J.P. Holman.
Madrid: Editorial McGraw-Hill, 1998. 8ª edición.

✓ **Transmisión del calor.**

V. Isachencko, V. Osipova, A. Sukomel.
Barcelona: Editorial Marcombo, 1973.

✓ **Transferencia de calor.**

Anthony F. Mills.
México: Editorial Irwin, 1995.

✓ **Diseño de procesos en ingeniería química.**

Arturo Jiménez Gutiérrez
Barcelona: Editorial Reverté, 2003.

✓ **Transferencia de calor y masa: un enfoque práctico.**

Yunus A. Cengel.
México: Editorial McGraw-Hill, 2007. 3ª edición.

Direcciones de Internet consultadas:

www.rockwool.es

www.bricomarkt.com

www.portal.danosa.com

www.jjriveroehijos.com/lanaderoca

www.ingenieria.url.edu.gt/boletin/URL_11_QUI01.es

www.facenil.com/accesorios/unionsencilla.htm

www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/menuitem

www.enfasis.com

www.tododeinoxidable.com

www.aceroinoxidables.com

www.wipo.int

www.letslab.es

www.sidein.biz

