

Anexo 1:

Desarrollo del caso práctico

Documento de Protección Contra
Explosiones (DPCE)





Sumario

Memoria: Presentación de la metodología

Anexos: Desarrollo del caso práctico

ANEXO 1: Documento de Protección Contra Explosiones (DPCE)

ANEXO 2: Listas de fuentes de escape

ANEXO 3: Planos de clasificación de zonas

ANEXO 4: Formulario para la evaluación global del riesgo ATEX

ANEXO 5: Evaluación de la protección contra explosiones



Sumario del Anexo 1

SUMARIO	3
A. OBJETO	7
B. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE EMPLAZAMIENTO	8
B.1. Emplazamiento	8
B.2. Sectores de actividad	8
B.2.1. Subestación eléctrica	9
B.2.2. Captación y depuración de aguas	9
B.2.3. Almacenes	9
B.2.4. Bloque de acceso	10
B.2.5. Laboratorio	10
B.2.6. ERM de gas natural	10
B.2.7. Oficinas de ingeniería y oficinas centrales	11
B.2.8. Servicios a la producción	11
B.2.9. Instalaciones criogénicas	12
B.2.10. Descarga de cisternas y almacenamiento de disolventes	12
B.2.11. Fabricación de colorantes	12
B.2.12. Secador por atomización	13
C. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS Y ACTIVIDADES	14
C.1. Datos generales de la actividad	14
C.2. Número de trabajadores	14
C.3. Aspectos generales de la instalación	15
C.3.1. Parámetros del proceso genérico	15
C.3.2. Organización técnica de las líneas de fabricación	17
C.4. Diazotación y preparación del copulante	17
C.4.1. Equipos utilizados	17
C.4.2. Condiciones de reacción	17
C.5. Reacción de copulación	18
C.5.1. Equipos utilizados	18
C.5.2. Condiciones de reacción	18
C.6. Otras reacciones específicas	19
C.6.1. Metalización	19
C.6.2. Condensaciones	19
C.6.3. Reducción	19
C.6.4. Oxidación	19



C.7. Filtración	20
C.7.1. Filtros prensa	20
C.7.2. Ultrafiltración	20
C.8. Secado	21
C.8.1. Secador agitado a vacío	21
C.8.2. Secador <i>spin-flash</i>	21
C.8.3. Secador atomizador	22
C.9. Molienda, mezclado y envasado	23
C.9.1. Molienda.....	23
C.9.2. Mezclado y envasado.....	23
C.10. Fabricación de hielo	24
D. SUSTANCIAS UTILIZADAS Y PARÁMETROS DE SEGURIDAD _____	25
D.1. Fuentes de consulta	26
D.2. Materias primas	27
D.3. Productos finales	29
D.3.1. Colorantes sólidos.....	29
D.3.2. Mezclas de colorantes sólidos	34
D.3.3. Colorantes líquidos	35
E. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EXPLOSIÓN _____	37
E.1. Formación de atmósferas explosivas.....	37
E.2. Determinación de las fuentes de ignición ¡Error! Marcador no definido.	
E.2.1. Superficies calientes (S)	38
E.2.2. Llamas y gases calientes, incluyendo partículas calientes (G)	43
E.2.3. Chispas de origen mecánico (CH)	45
E.2.4. Material eléctrico (E)	53
E.2.5. Corrientes eléctricas parásitas, protección contra corrosión catódica (CC)....	53
E.2.6. Electricidad estática (EE)	54
E.2.7. Rayos (R)	55
E.2.8. Campos electromagnéticos: ondas de 10^4 a $3 \cdot 10^{12}$ Hz. (CE)	55
E.2.9. Radiación electromagnética: ondas de $3 \cdot 10^{11}$ a $3 \cdot 10^{15}$ Hz. (RE)	57
E.2.10. Radiación ionizante (RI)	57
E.2.11. Ultrasonidos (U)	57
E.2.12. Compresión adiabática, ondas de choque, gases circulantes (C)	58
E.2.13. Reacción química (RQ).....	58
E.3. Criterios generales para la evaluación de riesgos	59
E.3.1. Lista de comprobación en interior y exterior de equipos	59
E.3.2. Características de los equipos eléctricos	59



E.3.3. Señalización de emplazamientos peligrosos	60
E.4. Presentación de los resultados.....	60
E.5. Otros estudios realizados	60
F. MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES _____	62
F.1. Medidas técnicas	62
F.1.1. Medidas de prevención	62
F.1.2. Medidas de protección	68
F.1.3. Disposiciones para las medidas de emergencia.....	70
F.1.4. Sistemas de detección, medición y mando para la protección y prevención contra explosiones	71
F.2. Medidas organizativas	76
F.2.1. Construcción, comisionados y pruebas preoperacionales.....	77
F.2.2. Operación	78
F.2.3. Mantenimiento.....	80
F.2.4. Seguridad.....	85
F.2.5. Inspecciones y observación de tareas	89
F.2.6. Coordinación con contratistas en relación con las medidas de protección contra explosiones	91
BIBLIOGRAFÍA _____	93
Referencias bibliográficas	93
Bibliografía complementaria.....	96



A. Objeto

La empresa Explotaciones Tarragó S.A. (simplemente EXPLOTASA o la propiedad en lo sucesivo) es una compañía del sector químico dedicada a la fabricación de colorantes orgánicos. Como resultado de esta actividad, en las instalaciones de EXPLOTASA se manipulan materias susceptibles de originar atmósferas explosivas, por lo que les es de aplicación el Real Decreto 681/2003 [27].

El presente documento constituye el *Documento de Protección Contra Explosiones* (DPCE en lo sucesivo) de las instalaciones de EXPLOTASA, situadas en el punto kilométrico número 8 de la carretera H-666, del municipio de Lepe (Huelva).

Según se expone en el artículo 8 del mencionado Real Decreto, el DPCE debe configurar un estudio en el que queden reflejados los siguientes puntos [27]:

- Que se han determinado y evaluado los riesgos de explosión.
- Que se tomarán las medidas adecuadas para establecer las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores.
- Las áreas que han sido clasificadas como zonas en las que pueden formarse atmósferas explosivas.
- Las áreas en que se aplicarán las disposiciones mínimas destinadas a mejorar la seguridad y protección de la salud de los trabajadores potencialmente expuestos a atmósferas explosivas.
- Que el lugar y los equipos de trabajo, incluidos los sistemas de alerta, están diseñados y se utilizan y mantienen teniendo debidamente en cuenta la seguridad.
- Que se han adoptado las medidas necesarias, de conformidad con el Real Decreto 1215/1997 [25], para que los equipos de trabajo se utilicen en condiciones seguras.

De este modo se pretende configurar un estudio suficientemente completo y riguroso sobre las instalaciones de EXPLOTASA con el objetivo de aportar una visión de conjunto de las conclusiones de evaluación de riesgos y de las medidas técnicas y organizativas que se imponen para proteger la instalación y su entorno de trabajo.



B. Descripción del lugar de emplazamiento

B.1. Emplazamiento

EXPLOTASA es propietaria de una parcela de terreno con ocupación cercana a las 20 Ha y situada en el punto kilométrico número 8 de la carretera de H-666, en el término municipal de Lepe (Huelva). La ubicación de la parcela según las coordenadas UTM se describe en la Tabla B.1.

Eje	Coordenada
X	000.000 m
Y	0.000.000 m

Tabla B.1 Coordenadas UTM de la parcela

Las instalaciones industriales ocupan aproximadamente unas 17 Ha de la parcela, de forma que actualmente se encuentran sin construir algunas partes de la misma, situadas al entorno del complejo industrial. La parte construida cuenta con uso estrictamente industrial y se extiende desde la carretera hasta el río, de donde se realiza la captación de aguas y vertido de efluentes.

Exceptuando el desnivel producido por el cauce del río, que discurre por el límite oeste de la parcela, puede considerarse que todas las instalaciones se distribuyen sobre terreno de un único nivel.

B.2. Sectores de actividad

A nivel productivo, la planta se estructura en diferentes áreas destinadas a la fabricación de colorantes y sus servicios auxiliares. En el presente capítulo se analiza qué sectores se encuentran incluidos en el ámbito de análisis del DPCE, según las actividades que se desarrollan en cada uno de ellos.



B.2.1. Subestación eléctrica

Situada en el extremo sur-oeste de la parcela, en ella se albergan los equipos para la acometida y transformación de la energía eléctrica. Configura un bloque constructivo independiente de las demás instalaciones.

Debido a que no se estima la posible de presencia de atmósfera explosiva en esta zona, la misma no ha sido objeto del presente estudio.

B.2.2. Captación y depuración de aguas

El área de captación se encuentra situada al lado del río, en el punto donde se realiza la captación de efluentes para uso en el proceso. Está constituida por las diferentes instalaciones destinadas a la recogida y bombeo, además de realizarse una adecuación previa de las características para su uso industrial (filtrado), antes de enviar el agua a la planta de tratamiento, descrita en el apartado B.2.8.

También situada a orilla del río pero aguas abajo, en el punto de vertido, se encuentra el área de tratamiento de efluentes residuales, antes de su vertido o bien antes de recircular una parte de agua al proceso. Consiste en un esquema mixto de tratamiento físico-químico seguido de un terciario por oxidación química.

Por su naturaleza y las características del proceso que en estas instalaciones se desarrollan, no se estima la presencia de atmósferas explosivas en estas instalaciones y por este motivo, no van a ser objeto de estudio en el presente DPCE.

B.2.3. Almacenes

En el extremo sur de la parcela y ocupando toda su anchura se distribuyen diferentes edificios utilizados para el almacenamiento de materias primas, productos intermedios, finales y residuos. En esta zona también debe destacarse la presencia del edificio ocupado por los equipos de extinción de incendios y una zona preparada para el aparcamiento de vehículos pesados.

A pesar de la presencia de diferentes productos según se trate de productos acabados, intermedios o residuales y por estar cada uno de ellos almacenado en envases debidamente preparados para tal efecto, no se estima la posible de presencia de atmósfera explosiva en esta zona, y por lo tanto no ha sido objeto del presente estudio.



B.2.4. Bloque de acceso

El aparcamiento, la portería, la báscula de pesaje de camiones, el edificio de servicios sociales y el cuarto de socorro configuran un bloque de edificios que se encuentra en el acceso al complejo industrial, desde la carretera.

El edificio de servicios sociales alberga los vestuarios de los trabajadores, la cocina y comedor de fábrica, algunas salas de reuniones y descanso. El cuarto de socorro es un pequeño dispensario, previsto para atender las primeras curas en caso de que alguno de los trabajadores se haga daño.

No se trata de instalaciones o edificios con interés para el presente estudio debido a la inexistencia de atmósferas explosivas.

B.2.5. Laboratorio

Las instalaciones de laboratorio de ensayo, investigación y control de calidad se encuentran emplazadas ocupando un único edificio, situado en la parte trasera del cuarto de socorro y colindante a la carretera.

Por las actividades que en él se desarrollan y los volúmenes de sustancias manipulados, se considera prácticamente inexistente la presencia de atmósferas explosivas y cuando se formen lo harán en cantidades inferiores a rangos de peligrosidad. Además, los protocolos de actuación en esta zona permiten garantizar que, en caso de utilización de gases o líquidos inflamables, sus vapores serán recogidos mediante sistemas de extracción adecuados. Como consecuencia, se ha considerado que las atmósferas explosivas que puedan formarse en el laboratorio no lo harán en cantidades peligrosas y no se someterán las citadas instalaciones al presente estudio.

B.2.6. ERM de gas natural

A continuación del laboratorio, en dirección norte, y también de forma colindante con la carretera se encuentra la Estación de Regulación y Medida (ERM) de gas. El gas natural es el combustible utilizado en la planta, tanto para la alimentación de sistemas calefactores industriales y de edificios, calderas de producción de vapor, secaderos de producto, etc.

La presencia de gas natural en estas instalaciones configura un escenario especialmente susceptible a la presencia de atmósferas explosivas pero la responsabilidad de estas instalaciones recae en la empresa suministradora de forma que no van a ser objeto del presente estudio.



B.2.7. Oficinas de ingeniería y oficinas centrales

La actividad administrativa, organizativa y de oficina técnica se desarrolla en dos edificios muy cercanos entre sí. Cabe destacar que en la planta baja del edificio de oficinas de ingeniería se encuentra habilitado un almacén de pertrechos.

No se trata de edificios con interés para el presente estudio debido a la inexistencia de atmósferas explosivas.

B.2.8. Servicios a la producción

Se trata de un grupo de instalaciones emplazadas configurando un bloque, en el centro del complejo industrial y que incluyen las instalaciones de cogeneración, central térmica y tratamiento de aguas.

En el tratamiento de aguas se realizan las operaciones de tratamiento posteriores a las descritas en el apartado B.2.2, sobre los efluentes captados en el río, con tal de adaptar sus características para su uso industrial. Estos efluentes son previamente filtrados (en el punto de captación) y divididos en tres corrientes:

- 1) Una corriente de uso en fábrica, para los procesos que requieran el agua bruta, con solo un tratamiento de filtrado.
- 2) Una corriente de agua que se somete a tratamiento para desendurecerla, previo a su uso en procesos productivos.
- 3) Finalmente, una tercera corriente que se desmineraliza y se destina a la producción de vapor (central térmica).

La unidad de tratamiento de aguas se compone de dos torres de intercambio iónico (resina catiónica y resina aniónica) por las que circula la corriente de agua a tratar, antes de liberarla a la red de consumo para procesos y producción de vapor. La regeneración de las resinas se realiza periódicamente, produciéndose una corriente de aguas sucias que debe ser tratada por neutralización mediante disolución de hidróxido sódico, conduciéndose a continuación al colector hasta planta de depuración, paso previo a su retorno al río.

La central térmica es la instalación encargada de la producción de vapor, mediante aprovechamiento de los humos calientes, salientes de la turbina de cogeneración. El vapor generado es de servicio en las diferentes partes de la planta que lo requieran.

Por su naturaleza y las características del proceso que en ellas se desarrollan, no se estima la presencia de atmósferas explosivas en las instalaciones descritas y por este motivo, la



planta de tratamiento de aguas y la central térmica no van a ser objeto de estudio en el presente DPCE.

La planta de cogeneración es titularidad de otra empresa, que explota las instalaciones permitiendo la producción de energía eléctrica y térmica (vapor), de consumo en el mismo complejo industrial. La presencia de gas natural en esta instalación configura un escenario susceptible a la presencia de atmósferas explosivas. En este caso, la responsabilidad de las instalaciones recae en la empresa titular, de forma que no van a ser objeto del presente estudio.

B.2.9. Instalaciones criogénicas

En el complejo existen dos instalaciones criogénicas pertenecientes a los almacenamientos de nitrógeno y oxígeno, servicios necesarios para el desarrollo de los diferentes procesos industriales.

Ambas instalaciones son pertenecientes a las empresas suministradoras, de forma que la responsabilidad de estas instalaciones recae sobre sus titulares y por lo tanto no son motivo de estudio en el presente DPCE.

B.2.10. Descarga de cisternas y almacenamiento de disolventes

Se trata de una zona exterior donde se distribuyen las zonas habilitadas para la descarga de los camiones cisterna y los tanques destinados al almacenamiento de las materias primas para la producción de colorantes líquidos (disolventes de estabilización).

El análisis de presencia de atmósferas explosivas y riesgo de explosión en estas zonas es objeto del estudio de clasificación de zonas y del presente DPCE.

B.2.11. Fabricación de colorantes

La instalación para la fabricación de colorantes orgánicos se encuentra emplazada en el más grande de los edificios que constituyen el complejo y situado en el centro del mismo. Se trata de una construcción compuesta de tres plantas con terraza y destinada a albergar la totalidad de las instalaciones para la producción de colorantes orgánicos.

El acceso al edificio se realiza por las diferentes puertas dispuestas perimetralmente en la planta baja, dos de ellas previstas para la entrada de carretillas elevadoras y otras dos para el acceso de personas.

El acceso a las plantas superiores puede realizarse por una de las dos escaleras emplazadas en los extremos más alejados del edificio, mientras que las cargas de materias



primas o productos intermedios y finales se transportan en palets, que ascienden a los niveles superiores mediante los dos montacargas situados en el centro del pabellón.

En la terraza se emplazan los diferentes lavadores de efluentes gaseosos obtenidos como resultado del proceso productivo, así como las chimeneas para su emisión atmosférica (posterior al tratamiento de adecuación).

La ventilación del pabellón se realiza a través de las ventanas que se distribuyen por los cuatro cerramientos verticales y de forma inducida mediante extractores de aire en cada una de las plantas.

El análisis de presencia de atmósferas explosivas y riesgo de explosión en estas zonas es objeto del estudio de clasificación de zonas y del presente DPCE. Para mayor descripción de las instalaciones, véase el capítulo siguiente.

B.2.12. Secador por atomización

Debido a su gran tamaño y por motivos de seguridad, la instalación de secado por atomización empleada en la fabricación de colorantes sólidos, se encuentra situada al exterior del pabellón descrito en el apartado anterior y alejada del mismo unos 50 m.

Los equipos que configuran la instalación se distribuyen en una construcción de estructura y cerramientos metálicos, siendo el principal equipo el cilindro que compone la cámara de secado, de unos 20 m de altura.



C. Descripción de los procesos y actividades

C.1. Datos generales de la actividad

<i>Identificación fiscal</i>	Explotaciones Tarragó, S.A. CIF H-00000000
<i>Responsable del centro de trabajo</i>	José Luis López Vázquez NIF 00000000-V
<i>Dirección postal</i>	Apartado 07- Lepe 08700 HUELVA (Andalucía)
<i>Teléfono</i>	+34 000 000 000
<i>Fax</i>	+34 000 000 000
<i>Correo electrónico</i>	www.explota.sa
<i>CNAE-1993¹</i>	24.120: fabricación de colorantes y pigmentos

C.2. Número de trabajadores

La plantilla total de EXPLOTASA a día 31 de diciembre de 2005 es de 159 trabajadores (incluye todo el personal existente, mandos y operarios de producción, almacén, mantenimiento y administración), que se encuentran distribuidos áreas de trabajo según se describe a en la Tabla C.1.

¹ Tipo de actividad y código según Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE).



Área	Plantilla
Dirección	3
Producción (planta)	48
Administración	30
Depuraciones	9
Comercial	9
Servicios	60

Tabla C.1 Plantilla por áreas de trabajo

Los horarios habituales de jornada normal son de 8h a 13:15h y de 15h a 18h, de lunes a jueves y de 8h a 15h los viernes. A pesar de ello, las instalaciones funcionan continuamente con lo que el personal de producción desarrollará sus tareas distribuyéndose en tres turnos continuos diarios.

C.3. Aspectos generales de la instalación

La instalación está constituida por una planta multiproducto, que opera en régimen discontinuo, en la que se obtiene una gama muy variada de colorantes azoicos, destinados a la industria de la confección: cuero, piel, lana, seda, etc.

Todos los colorantes que se fabrican consisten en combinaciones aromáticas con el denominador común situado en el grupo cromóforo azoico $-N=N-$, en combinación con un radical aromático y más comúnmente con dos (benzol o naftalina).

C.3.1. Parámetros del proceso genérico

A pesar de la gran variedad de materias primas y productos finales implicados en el proceso (se obtienen entre 35 y 40 colorantes de síntesis), la totalidad de los procesos de fabricación se llevan a cabo siguiendo tres operaciones:

- 1) Diazotación de aminas.
- 2) Preparación del copulante.
- 3) Reacción del copulante.



Este esquema básico de los procesos nos permite considerar que todos los productos intermedios, utilizados como reactivos, podrán ser incluidos dentro de uno de los siguientes grupos:

- a) Aminas aromáticas derivadas del benceno y naftaleno, para la formación de diazo.
- b) Derivados naftalénicos, para la formación del copulante.

En estas condiciones es posible describir un proceso genérico, representativo de distintos procesos de fabricación de colorantes mediante las siguientes operaciones de proceso:

- 1) Reacción de diazotación.
- 2) Preparación del copulante.
- 3) Reacción de copulación.
- 4) Filtración, secado, molienda, mezclado y envasado.

Las cantidades de sustancias utilizadas varían en función del tipo de colorante a fabricar; con el objeto de establecer un orden de magnitud, en la Tabla C.2 se menciona el porcentaje aproximado de cada una de las sustancias que interviene en cada ciclo batch.

Sustancia		Aplicación	Proporción aprox. en peso por batch
Amina aromática	Ar-NH ₂	Materia prima de diazotación	9%
Ácido clorhídrico	HCl	Medio para las diazotaciones	7%
Nitrito sódico	NaNO ₂	Materia prima de diazotación	4%
β-naftol o derivados	Dos anillos aromáticos con los grupos: -NH ₂ y - SO ₃ H	Materia prima copulante	13%
Cloruro sódico	NaCl	Agente de precipitación	15-20%
Agua	H ₂ O	Disolvente	50-60%

Tabla C.2 Proporción aproximada de intervención de las sustancias, por batch



C.3.2. Organización técnica de las líneas de fabricación

Los equipos de la planta se organizan en seis grupos de fabricación de forma que, en términos globales, cada grupo cuenta con tres tinas y tres calderas. Cada grupo cuenta también con un filtro prensa de membrana, de 2 m³ de volumen.

Las operaciones de proceso se distribuyen de forma vertical, aprovechando los tres niveles que permite el edificio (de tres plantas) y realizando el trasvase entre operaciones mediante gravedad, de forma que se minimiza el uso de sistemas de bombeo.

C.4. Diazotación y preparación del copulante

La reacción de diazotación y la preparación del copulante se realizan en aparatos abiertos (*tinas*) situados en el segundo piso de la planta de fabricación (nivel más elevado de la misma).

C.4.1. Equipos utilizados

Las *tinas* son recipientes cilíndricos, de hierro ebonitado por el interior, con cubierta de tapa no hermética, sistema de agitación y calentamiento por entrada de vapor directo. Cada grupo de fabricación cuenta con tres tinas, de 3, 5 y 7 m³.

La descarga de las tinas se realiza por gravedad sobre las calderas, que se encuentran situadas a un nivel inferior y es donde se realizará la copulación.

C.4.2. Condiciones de reacción

C.4.2.1. Diazotación

Mediante la diazotación se realiza el paso del grupo amina (-NH₂) al grupo azo (-N≡N-) y para ello se requiere que la amina esté disuelta en medio ácido, de forma que se utiliza HCl en exceso. Todas las diazotaciones se hacen en medio acuoso y generalmente a bajas temperaturas, que se consiguen por medio de hielo, así como en acidez clorhídrica. La reacción exige un pH alrededor de 1,5 y el diazo obtenido puede encontrarse disuelto o precipitado. Para evitar la descomposición del azonio formado, debe mantenerse la temperatura entre 0 y 5 °C, añadiendo hielo (ver apartado C.10). La presión no influye en la reacción, de forma que se opera a presión atmosférica (recipientes abiertos, no herméticos).

Se controla que la diazotización se realice correctamente mediante ensayos de laboratorio (procedimientos normalizados que describen los controles de fabricación).



C.4.2.2. Preparación del copulante

La preparación del copulante se realiza en diferente tina que la del diazo. En la mayor parte de los casos se trata de un proceso de disolución en medio acuoso, por formación de la sal sódica, del correspondiente derivado naftalénico con grupos hidroxilo y sulfónicos.

C.5. Reacción de copulación

En el primer piso del pabellón se realizan las reacciones de copulación, en los recipientes denominados *calderas*; la reacción consiste en la unión o *cópula* de la amina diazotada, con su correspondiente copulante. La formación del colorante tiene lugar en esta reacción así como la aparición inmediata del color.

Una vez finalizada la copulación y para separar el colorante (producto obtenido) de sus aguas (medio de reacción), en las calderas también se realiza la precipitación. Para ello se procede a la adición de una determinada cantidad de sal (NaCl), que desplaza el equilibrio de solubilidad e inicia la precipitación; también se requiere el ajuste de unas determinadas condiciones de pH y temperatura.

C.5.1. Equipos utilizados

Las *calderas* son recipientes cilíndricos de hierro, ebonitado por el interior, con cubierta de tapa hermética, sistema de agitación y calentamiento por entrada de vapor directo, que se borbotea por la parte inferior.

También cuentan con entrada de aire comprimido, para presurizar el sistema, ya que la descarga se realiza por desplazamiento de la masa reaccionada hacia la cota 0 del edificio. Como medida de seguridad, cada caldera cuenta con válvulas de control de presión (PSVs) de alivio, en la terraza del edificio (zona segura). Cada grupo de fabricación cuenta con tres calderas de 16 m³ cada una de ellas.

C.5.2. Condiciones de reacción

Mediante la copulación, el grupo diazo se enlaza con un producto orgánico, formando una nueva molécula. Se requiere que el diazo esté disuelto en el agua, aportando el catión diazonio ($\text{Ar-N}\equiv\text{N}^+$), responsable de la reacción. A grandes rasgos, puede decirse que las reacciones de copulación se realizan a presión atmosférica y alrededor de unos 10-15°C.



C.6. Otras reacciones específicas

En las calderas también pueden realizarse otras reacciones específicas, según el tipo de colorante que se esté fabricando, para conferir al mismo unas determinadas características; a continuación se describen brevemente las más representativas.

C.6.1. Metalización

Para la fabricación de colorantes metalizados se produce un monoazoico acomplejado con cromo, cobre o hierro. La reacción se realiza en relaciones molares entre el metal y la molécula del monoazo de 1:1 o 1:2 y generalmente en caldera cerrada, con ligera presión ($< 1,5 \text{ kg/cm}^2$) y a temperaturas de entre 100 y 105 °C.

C.6.2. Condensaciones

Según la naturaleza de los reactivos utilizados pueden diferenciarse dos tipos de condensaciones:

- 1) Se utilizan principalmente materias primas, que condensan con dinitroestilbendisulfónico, con relación molar 1:1. La reacción se desarrolla a presión atmosférica y temperaturas de 75-80 °C en medio acuoso básico.
- 2) Condensación de dos monoazoicos (obtenidos en etapas posteriores) a ligera presión y temperaturas alrededor de 120°C.

C.6.3. Reducción

La reducción se realiza mediante glucosa o sulfuro de sodio, a presión atmosférica y en medio acuoso básico. La temperatura máxima que se alcanza durante las reacciones de reducción es de 60°C.

C.6.4. Oxidación

Se utiliza hipoclorito como agente oxidante, adicionándolo al medio básico de la reacción a una temperatura de 70°C; posteriormente, se calienta hasta la evaporación total de la lejía, que se recoge mediante un aspirador preparado a tal efecto. La temperatura máxima se alcanza al final de la reacción y se encuentra alrededor de los 100°C.



C.7. Filtración

El colorante precipitado en las calderas se envía mediante presión al filtro prensa correspondiente, situado en la planta baja del edificio.

La pasta obtenida de la filtración contiene el colorante precipitado y se transporta en bidones a los sistemas de secado. Las aguas residuales son almacenadas y tratadas en la estación de depuración (véase apartado B.2.2).

C.7.1. Filtros prensa

Se dispone de dos tipos de filtros prensa, según la filtración a realizar:

C.7.1.1. Clarificación o filtración previa (de limpieza)

Se realiza en filtros de placas paralelas con telas filtrantes intercaladas y presurizado con un cierre hidráulico; un circuito de aire comprimido permite el soplado para escurrir el producto. De esta etapa se conduce la fase líquida obtenida hacia la segunda etapa de filtrado (obtención de la pasta de colorante). Se cuenta con tres filtros prensa de clarificación que se utilizan para eliminar subproductos sólidos generados durante las etapas de reacción. La clarificación se realiza entre dos etapas de reacción (entre tinas y calderas) o como paso previo a la filtración (salida de calderas) cuando los subproductos formados puedan afectar significativamente a las siguientes etapas.

C.7.1.2. Obtención de la pasta de colorante

Operación que se realiza en filtros de membranas en los que las placas disponen de una cámara interna elástica. En la cámara se introduce aire comprimido para efectuar la compresión progresiva de la torta resultante después de la filtración previa, a fin de conseguir un mejor escurrido. Además también se emplean para la separación de la fase líquida, una vez el producto de la reacción ha precipitado en las calderas (filtración), los filtros prensa no utilizados para la clarificación. En estos casos se obtiene el producto en forma de torta húmeda.

C.7.2. Ultrafiltración

La planta también cuenta con una instalación de ultrafiltración, de reciente implementación y actualmente en período de pruebas. Su objetivo es la sustitución de la precipitación del colorante mediante NaCl, ya que se obtienen aguas madres con un elevado contenido en cloruros, que aportan dificultades en la depuración.



C.8. Secado

Incluye las operaciones destinadas al secado de la torta húmeda de un colorante acabado y procedente del filtrado; después del secado se obtiene un producto con el 1-6% de humedad. Según el tipo de producto se utiliza uno de los tres posibles secados siguientes:

C.8.1. Secador agitado a vacío

Está compuesto por una cámara de secado cilíndrica horizontal y un agitador de cuchillas que se mueve en su interior. También cuenta con un sistema de calefacción indirecta de vapor (serpentín exterior) y una bomba de vacío.

El colorante en pasta se introduce en la cámara y se realiza el vacío al mismo tiempo que se calienta gracias a la circulación de vapor por el serpentín y el interior del agitador, que continua circulando. Existe la posibilidad de realizar una empastación acuosa, según las exigencias del producto.

La temperatura máxima de trabajo es de 105-110°C y el equipo opera a condiciones de intenso vacío (presiones alrededor de 50 mmHg). El agua evaporada es succionada por la bomba de vacío y condensada posteriormente.

Los secadores venouleth se encuentran instalados en la planta baja del edificio.

C.8.2. Secador *spin-flash*

La pasta húmeda del producto terminado se alimenta progresivamente mediante una tolva de carga y un tornillo sinfín, a una cámara cilíndrica de secado, con agitador, que permite el desmenuzamiento en pequeñas partículas de la pasta.

Por la cámara circula aire caliente, procedente de un quemador de gas natural, de forma que las partículas forman un lecho fluido y cuando secan son arrastradas por la corriente del aire. Una parte del polvo se recoge en un ciclón y la más fina en un filtro de mangas, con sistema de sacudido automático para su descarga y envasado.

La temperatura máxima de trabajo para este tipo de secado es de 250°C, a la que se introduce el aire caliente a la cámara; la temperatura de salida para el producto seco es de 100-105°C. El aire, impregnado con los vapores de agua procedentes del secado, es conducido a la terraza del edificio, donde es liberado a través de un filtro de mangas.

El transporte del producto sólido a la salida del secado se realiza por desplazamiento, mediante nitrógeno, hasta una tolva-báscula que permite graduar la salida del secador y



pesar cargas de 80 kg, luego descargarlas hacia los silos de almacenamiento y al mezclador.

El secador spin-flash es una instalación que se encuentra instalada entre plantas, ocupando verticalmente desde la tercera planta a la planta baja del edificio de colorantes.

C.8.3. Secador atomizador

Otra posibilidad de secado de colorantes dispersos es mediante una instalación de secado por atomización con inyección de aire caliente. La dispersión de colorante en este caso debe ser preparada tras la reacción de copulación (adecuando el tamaño de grano) mediante empastación en agua.

El secador por atomización es una instalación que posee una cámara cilíndrica vertical de gran altura, por la que circulan aire y gases calientes, procedentes de un quemador de gas natural, impulsados por un ventilador.

El colorante empastado en agua se pulveriza por la parte alta de la cámara mediante una tobera, y el secado se produce en el seno de la corriente de aire caliente, debido al fino tamaño de las partículas.

Una vez seco, el colorante se deposita en el fondo de la cámara en forma de polvo, pasando seguidamente, por tuberías, al silo, mezclador, nautas o descarga a bidones, ayudado por tamices vibradores.

Al igual que sucede con el spin-flash, la temperatura máxima de trabajo para este tipo de secado se consigue a la entrada del aire en la cámara y es de 250°C, pero a la salida de la cámara de secado se obtiene el producto sólido seco a unos 100-105°C.

El secador atomizador se encuentra instalado en un pabellón independiente, al que se realiza el transvase de entrada y salida al mismo por tuberías, desplazando el producto por impulsión mediante bombas desde los recipientes de empastación. El producto a secar es bombeado a la parte superior del secador mediante bombas de membrana y, una vez arriba, es pulverizado mediante discos distribuidores.

Los gases que se obtienen a la salida del equipo son lavados, pasando a través de una cortina de agua floculada que es enviada a depuración, paso previo por un ciclón de sedimentación, para la recogida de partículas sólidas.



C.9. Molienda, mezclado y envasado

El orden de realización de estas operaciones es variable según el tipo de secado aplicado:

- 1) Si proceden de secador agitado a vacío, el colorante seco, recibe un proceso de molienda, mezclado y envasado; posteriormente es enviado al almacén para su venta.
- 2) Si proceden de atomizador o spin-flash, se mezclan y envasan directamente, puesto que no requiere la molienda por obtenerse ya en polvo (no se produce torta).

C.9.1. Molienda

Operación que se realiza para disgregar la torta seca que se obtiene de los secadores a vacío. Los molinos constan de una tolva de carga, con desmembrador de martillos giratorios y rejilla, y el propio cuerpo del molino, desde donde el colorante molido es conducido a un tolván pesador, paso previo a nautas o bidones.

El molino es alimentado por una válvula rotativa de alimentación con regulación de velocidad que, a su vez alimenta a un tornillo sinfín. La molienda se produce haciendo pasar el colorante bruto a través de dos ruedas de pitones: una fija y otra rotativa (activada por motor eléctrico).

Como paso previo a la entrada en el molino, para la eliminación de metales magnéticos que pudiera arrastrar el producto, se somete a éste a la acción de un campo magnético, producido por unos imanes de extracción.

Como medida de seguridad contra explosiones, el molino se encuentra inertizado en atmósfera de nitrógeno, de forma que se impide la presencia de aire, comburente para la explosión del polvo; la carga del molino también se realiza mediante el desplazamiento del sólido por nitrógeno gas.

Generalmente la descarga de los molinos se realiza sobre depósitos báscula, que permiten medir la cantidad de colorante, para su posterior mezclado o envasado.

C.9.2. Mezclado y envasado

El mezclado se realiza en los *nautas* y en los mezcladores; los nautas son unos recipientes en forma de cono invertido, con boca de carga en la parte superior y descarga, con válvula de compuerta o mariposa, por la parte inferior. Los mezcladores tienen el mismo funcionamiento que los nautas pero con la diferencia de que, en este caso, se trata de recipientes cilíndricos horizontales.



Ambos cuentan con un agitador de tornillo sinfín que recorre la pared interior del recipiente, con movimiento de rotación y traslación a través de la misma, de forma que permite la homogeneización del producto. Este aspecto es especialmente importante cuando el producto a envasar esté configurado por una mezcla de colorantes diferentes, que habrán sido sintetizados de forma independiente; la operación de mezcla permite la obtención del producto final, mezclando sus componentes en la proporción deseada.

Los nautas se utilizan de forma específica, cuando se tenga que recoger el colorante molido o procedente de bidones, para realizar mezclas o correcciones y luego envasarlo. A la salida de nautas o mezcladores se realiza el envasado del producto en bolsas y bidones.

C.10.Fabricación de hielo

La planta incluye una instalación para la fabricación de hielo, mediante el enfriamiento de agua con salmuera. El hielo se adiciona en calderas y tinas cuando se requiere mantener una temperatura de proceso baja (muchas de la reacciones implicadas se realizan por debajo de la temperatura ambiente).

La instalación para la fabricación del hielo se encuentra emplazada en la tercera planta del edificio de colorantes; el hielo se distribuye por gravedad en todas las plantas, mediante silos verticales que abarcan toda la altura del pabellón.

Por la naturaleza de las sustancias manipuladas, las operaciones que se realizan en esta fabricación y la separación física mediante paredes de obra que existe entre la fabricación de hielo y el resto del pabellón, se ha considerado que la instalación carece de interés en materia de explosiones de forma que no será objeto del presente estudio.



D. Sustancias utilizadas y parámetros de seguridad

En el presente capítulo se describen las sustancias presentes en la instalación, con tal de detallar los parámetros de inflamabilidad y explosividad característicos. El objetivo es caracterizar las sustancias para adoptar medidas de protección adecuadas en caso que puedan formar atmósferas explosivas.

Debido al gran número de sustancias involucradas en los procesos que se desarrollan en el complejo, se ha considerado adecuado tratar de forma independiente las sustancias referentes a materias primas y productos finales.

Además se ha establecido una jerarquía, según peligrosidad de inflamación / explosión y por utilización o presencia en el proceso, de forma que únicamente se presentan las sustancias más utilizadas o producidas y / o las más peligrosas en materia de explosión. Se pretende seleccionar la información y trabajar solo con las sustancias consideradas significativas, por susceptibilidad de formación de atmósferas explosivas, tanto en lo que se refiere a materias primas (Tabla D.1) como productos obtenidos (Tabla D.4).

Todas las materias primas utilizadas se encuentran en estado sólido, presentándose en forma de polvo o pasta (con un grado de humedad variable) y utilizándose en disolución acuosa para las diferentes reacciones.

Son excepciones algunos pocos casos, en que la materia prima se encuentra en estado líquido, como por ejemplo la anilina; su utilización es muy poco significativa y no se relacionan en las tablas que siguen.

Por su parte, la mayoría de los productos obtenidos en la fabricación de colorantes también son en forma sólida, configurando generalmente un polvo fino, que es envasado en bidones o bolsas.

A pesar de que se producen en menor proporción, también debe mencionarse que algunos colorantes se comercializan como líquidos en base acuosa. En estos casos, se adiciona a la disolución final una pequeña proporción de disolventes de estabilización, diferentes del agua, que había sido el disolvente para la síntesis; estas sustancias se relacionan en la Tabla D.5.



D.1. Fuentes de consulta

Para la elaboración del DPCE se ha confeccionado una base de datos en la que se recogen los parámetros más relevantes de cada una de las sustancias, en lo que se refiere a su comportamiento ante explosiones.

Para la recopilación de los parámetros, se ha partido de la información facilitada en las siguientes fuentes de consulta:

- a) Fichas de intervención editadas en software por el Gobierno Vasco – Eusko Jauriaritza [14].
- b) Base de datos de software para simulación de procesos (Hysys, Pro II, etc.) [15].
- c) Bases de datos de referencia: International Chemical Safety Cards (ICSC) [16] e Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) [16].
- d) Datos proporcionados directamente por los proveedores.
- e) Análisis en laboratorios acreditados (en lo referente a sustancias sólidas en forma de polvo, análisis en el Laboratorio Oficial J. M. Madariaga).

Por la especificidad de su naturaleza no se dispone de información concreta sobre los productos sólidos orgánicos que intervienen en las actividades desarrolladas en el complejo industrial y sobretodo en lo referente a su comportamiento de inflamabilidad y explosión, cuyos parámetros deben ser obtenidos experimentalmente.

Cuando el sólido sea utilizado como materia prima, la información debe ser facilitada por el suministrador. Pero en la mayoría de casos las sustancias sólidas configuran el producto final de la fabricación y para su caracterización se debe encargar su análisis específico al Laboratorio Oficial J. M. Madariaga (en lo sucesivo simplemente LOM)².

² *Laboratorio Oficial J. M. Madariaga*. Universidad Politécnica de Madrid. Laboratorio acreditado según el Real Decreto 334/1992, de 3 de abril. BOE 29/04/92.



D.2. Materias primas

La interpretación de los parámetros expuestos en la Tabla D.1 se realiza según:

ρ_L	Densidad del líquido, relativa al agua ($\rho_{H_2O}= 1$) y a 20 °C de temperatura.
ρ_G	Densidad del gas, relativa al aire ($\rho_{aire}= 1$) y a 20 °C de temperatura.
P_V	Presión de vapor, a 20°C (excepto casos en los que se indique lo contrario) y expresado en mm de columna de mercurio (mmHg).
T_b	Temperatura de ebullición, expresada en grados centígrados (°C).
T_{fus}	Temperatura de fusión, expresada en grados centígrados (°C).
<i>Sol. H₂O</i>	Solubilidad en agua.
T_{inflam}	Temperatura de inflamación o flash, expresada en grados centígrados (°C).
$T_{autoign}$	Temperatura de autoignición, expresada en grados centígrados (°C).
<i>LII-LSI</i>	Límite Inferior de Inflamabilidad – Límite Superior de Inflamabilidad.
<i>N/D</i>	No disponible. No se cuenta con los datos referenciados.
<i>N/A</i>	No aplicable. Sin consideraciones al respecto.



Sustancia	Estado	Fórmula	ρ_L [g/m ³]	ρ_G [kg/m ³]	P_v [mmHg]	T_b [°C]	T_{fus} [°C]	Sol. H ₂ O [g/L]	T_{inflam} [°C]	$T_{autoign}$ [°C]	LII – LSI [% en vol.]	Observaciones
2,4-dinitroanilina	S	C ₆ H ₅ N ₃ O ₄	2	6,3	9,8	57	188	Muy poco soluble	224	435	N/D	En contacto con metales libera H ₂ .
2,4-dinitroclorobenceno	S	C ₆ H ₃ ClN ₂ O ₄	2	7	N/D	315	54	Insoluble (8 mg/L a 15°C)	194	432	2-22	En contacto con metales libera H ₂ . Puede producir combustión sin llama.
4,4'-nitroaminodifenilamin-2-sulfónico	S	C ₁₂ H ₁₁ N ₃ O ₅ S	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	Ácido.
4-nitro-1,3-fenilendiamina	S	C ₆ H ₇ N ₃ O ₂	N/D	N/D	N/D	N/D	153 (descompon e)	1 g/L (15°C)	N/D	>500	N/D	
4-nitro-2-aminofenol	S	C ₆ H ₆ N ₂ O ₃	N/D	N/D	N/D	N/D	145-147	Poco soluble	N/D	N/D	N/D	
4-nitroclorobenceno	S	C ₆ H ₄ ClNO ₂	N/D	5,4	0,094 (20°C)	242	82-84	453 mg/L (20°C)	127	N/D	N/D	
Ácido picrámico (2-amino-4,6-dinitro-fenol)	S	C ₆ H ₅ N ₃ O ₅	N/D	N/D	N/D	N/D	169	0,065 g/100 mL (22-25°C)	100	240	N/D	Explosivo y nocivo. Combustible en exposición a calor, llamas u oxidantes. Potente explosión cuando está húmedo.
p-nitroanilina (4-nitroanilina o 1-amino-4-nitrobenceno)	S	C ₆ H ₆ N ₂ O ₂	1	4,8	0,2 Pa	332	148	0,5 g/L (20°C)	199	510	N/D	Tóxico. Explosivo si se inicia instantáneamente o se le agrega agua. Posible explosión en polvo: Clase St3.

Tabla D.1 Materias primas presentes en la fabricación de colorantes orgánicos



D.3. Productos finales

D.3.1. Colorantes sólidos

Los colorantes que se comercializan como productos finales destacados con mayor grado de peligrosidad fueron analizados por el LOM, obteniendo los resultados expuestos en la Tabla D.4. La interpretación de los parámetros expuestos en la tabla se realiza según se describe a continuación:

<i>HR</i>	Humedad relativa de la muestra en %. Aporta una idea de la afinidad del producto a absorber agua del ambiente.
<i>d</i>	Granulometría media del polvo, medida por difracción láser y expresada en μm . Entre paréntesis figura la proporción (en tanto por uno) de partículas de la muestra con diámetro inferior o igual al expresado.
<i>TMIc</i>	Temperatura mínima de ignición en capa, expresada en $^{\circ}\text{C}$. Se considera que existe ignición de la capa cuando la temperatura de la sustancia es superior a la del soporte metálico que la sostiene y aporta el calor durante el ensayo.
<i>TMI n</i>	Temperatura mínima de ignición en nube, expresada en $^{\circ}\text{C}$.
<i>CME</i>	Concentración mínima explosiva, expresada en g/m^3 . Mínima concentración de la nube que, delante de una fuente de ignición, produce llama.
<i>EMI</i>	Energía mínima de inflamación, expresada en mJ. Menor energía eléctrica almacenada en un condensador que, al descargarse, es suficiente para producir la inflamación de la nube de polvo.
<i>Kmax.</i>	Constante característica del producto., expresada en $\text{m}\cdot\text{bar}/\text{s}$.
<i>CKmax.</i>	Concentración a la que se obtiene el máximo K_{max} , expresada en g/m^3 .



St Clase de explosión o grado de severidad de explosión, definido según la constante característica. La interpretación de los valores obtenidos para la constante características se realiza según la Tabla D.2.

K_{max} [m·bar/s]	Clase de explosión	Severidad
0	St0	No explosivo.
1-200	St1	Débil.
201-300	St2	Fuerte. Requiere sistemas especiales de protección.
>300	St3	Muy fuerte (detonación). Sist. de prot. de difícil implementación debido a la rapidez a la que se desarrolla la explosión.

Tabla D.2 Clases de explosión de polvo, en función de los valores obtenidos para K_{max} .

SI Índice de sensibilidad a la inflamación (Índice de Pittsburgh). No ha podido establecerse para ninguna de las muestras ya que se trata de un parámetro que depende de TMI_n, CME y de EMI.

SE Índice de severidad de la explosión (Índice de Pittsburgh). De forma general, los índices de Pittsburgh han quedado sustituidos por los parámetros que definen la constante característica pueden definirse los según la Tabla D.3.

SE	Riesgo de explosión
<0,5	Débil
0,5-1,0	Moderado
1,0-2,0	Fuerte
>2,0	Severo

Tabla D.3 Clasificación según Índice de severidad de Pittsburgh.

IE Índice de explosividad (Índice de Pittsburgh). Se calcula según la Ec. D.1 a partir de los dos parámetros anteriores.



[Ec. D.1]

$$IE = SI \cdot SE$$

Por presentar dependencia del SI, no ha podido establecerse el IE para ninguna de las muestras analizadas.

N/D No disponible. No se cuenta con los datos referenciados.

N/A No aplicable. Sin consideraciones al respecto.

N/I No presenta ignición bajo las condiciones de ensayo.

Los estudios realizados por parte del LOM, para cada uno de los productos analizados, concluyen que:

Acid Brown 75:

- 1) No ha presentado ignición estando disperso en forma de nube cuando la fuente de ignición es de baja energía (focos térmicos puntuales, superficies calientes y descargas eléctricas), a pesar de que sí ha producido ignición estando el producto depositado en forma de capa sobre una superficie caliente.
- 2) Se encuentra relativamente bien cohesionado y dispersa con dificultad de forma que puede ser el motivo de que no se produjera la ignición.
- 3) Cuando la fuente de ignición es de elevada energía (ensayos de explosividad en recipiente cerrado) la explosión se produce con elevadas características dinámicas (St1).

Acid Blue 158, Acid Orange 3 y Acid Brown 191:

- 4) Las tres muestras inflaman con cualquier tipo de aporte térmico y todas ellas dan lugar a explosión en forma de polvo.
- 5) El Acid Blue 158 puede inertizarse añadiendo nitrógeno al aire hasta alcanzar un porcentaje de oxígeno del 13,1 % en volumen (para recipientes de gran volumen).
- 6) El Acid Brown 191 puede inertizarse añadiendo nitrógeno al aire hasta alcanzar un porcentaje de oxígeno del 8,2 % en volumen (para recipientes de gran volumen).
- 7) El **Acid Orange 3 es capaz de soportar explosión incluso en atmósfera inerte de nitrógeno**. En tales condiciones la severidad de explosión se reduce sustancialmente respecto a la explosión en atmósfera de aire.



La denominación de los colorantes obedece al código internacional *Index Colour*.

Se ha establecido una jerarquía, según peligrosidad de inflamación / explosión y por utilización o presencia en el proceso, de forma que se codifican con símbolos (+) las sustancias más utilizadas o producidas, utilizándose tres símbolos (+++) para indicar las sustancias más peligrosas en materia de explosión.



Sustancia	Jerarquía	HR [%]	d(0,5) [μm]	TMic [$^{\circ}\text{C}$]	TMIn [$^{\circ}\text{C}$]	CME [g/m^3]	EMI [mJ]	Constante característica			Índices de Pittsburgh		
								K_{max} [$\text{m}\cdot\text{bar}/\text{s}$]	CK_{max} [g/m^3]	St [adim.]	SI [adim.]	SE [adim.]	IE [adim.]
Acid Orange 3	+++	N/D	N/D	Funde a 220	440	N/I	N/I	133	750	1	-	1,22	-
Acid Brown 75	+++	4	0,18	330	N/I	N/I	N/I	33	750	1	-	0,237	-
Acid Brown 191	++	N/D	N/D	340	340	745	N/I	55	500-750	1	-	0,45	-
Acid Blue 158	+	N/D	N/D	310	410	1400	N/I	76	1000-1250	1	-	0,55	-

Tabla D.4 Productos finales más destacables, de los obtenidos en la fabricación de colorantes orgánicos



Destaca especialmente la capacidad del **Acid Orange 3**, que puede presentar explosión incluso sin presencia de comburente.

Debido a esta elevada facilidad de explosión, las campañas de fabricación del producto se realizan extremando las medidas de seguridad y con especial atención hacia la manipulación del mismo. La organización de fabricaciones se condiciona a su comercialización, con tal de reducir las campañas y el tiempo de almacenamiento de este producto.

Además, se produce en campañas cada vez más reducidas y en menor número, puesto que a medio plazo se prevé su eliminación como producto de la planta. Figura en la presente lista por su comportamiento explosivo ante cualquier fuente de ignición y sin requerir presencia de comburente.

Por su parte, el **Acid Blue 158** también es un producto que presenta características inflamables exigentes, pero que se emplea en campañas poco significativas.

D.3.2. Mezclas de colorantes sólidos

Algunos colorantes que se obtienen como productos finales, se fabrican mediante mezclas de colorantes sintetizados de forma independiente. La mezcla se realiza en los nautas y mezcladores, introduciendo las proporciones requeridas de cada colorante de síntesis para obtener una mezcla concreta.

El resultado es un colorante sólido en forma de polvo, cuyas características en materia de inflamabilidad y explosión no pueden estimarse como el promedio ponderado de las características de sus componentes. Por lo tanto, se trata de productos que deberían ser caracterizados mediante análisis específicos. Debido a la gran cantidad de mezclas de colorantes que se realizan y a la variabilidad de características que éstos pueden presentar, no se dispone de la mencionada información.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los análisis realizados sobre los colorantes de síntesis puros, se considerará que éstos configuran un escenario suficientemente exigente para clasificar la zona con peligro de atmósfera explosiva pulverulenta y establecer medidas de prevención y protección al respecto, garantizando el mantenimiento de un elevado nivel de seguridad para todas las condiciones de trabajo. Además, en las mezclas de colorantes se añaden “cargas blancas” (sustancias inorgánicas: sulfatos cálcico o sódico) que, por su naturaleza, no tienen comportamiento inflamable significativo y por lo tanto contribuyen a reducir la peligrosidad de las sustancias puras mediante dilución. En



algunos casos, la proporción de estos inertes puede llegar a configurar el 50% en peso del producto final.

Como consecuencia, se considera que la caracterización de las mezclas de colorantes no aportaría modificaciones significativas a las conclusiones que puedan obtenerse derivadas del presente estudio con lo que la realización del mismo se desarrollará en base a los datos característicos de los productos de síntesis puros.

D.3.3. Colorantes líquidos

Algunos colorantes se comercializan como líquidos en base acuosa, disolviendo nuevamente el producto de la filtración (torta con aproximadamente un 50% de humedad) en agua y añadiéndole un disolvente orgánico para su estabilización, consistente en evitar que el colorante precipite.

En todos estos casos el disolvente mayoritario es agua. Es preciso hacer notar que, a pesar de que la molécula activa de colorante pueda presentar comportamiento explosivo en fase sólida, carecerá de peligrosidad en materia de explosiones cuando está disuelta en agua.

El disolvente orgánico se adiciona en proporciones siempre inferiores al 40%, de forma que no aportará cantidades significativas de volátiles que puedan configurar una atmósfera explosiva en forma de vapor, ya que la presión de vapor de la disolución será muy inferior a la de los disolventes puros.

Según estas consideraciones, cabe esperar cierto grado (aunque reducido) de peligrosidad en lo que se refiere a los colorantes líquidos, con lo que serán responsables de la formación de atmósferas explosivas y su consecuente área clasificada.

La adición de los estabilizantes se realiza siempre a temperatura ambiente, en etapas posteriores a la reacción en calderas, de forma que la presencia de estos productos queda restringida a las últimas etapas del proceso.

Para caracterizar estos disolventes, se relacionan en la Tabla D.5 sus principales parámetros, cuya interpretación se realiza tal y como se describió para la Tabla D.3.



Sustancia	Estado	Fórmula	ρ_L [g/m ³]	ρ_G [kg/m ³]	P_v [mmHg]	T_b [°C]	T_{fus} [°C]	Sol. H ₂ O [g/L]	T_{inflam} [°C]	$T_{autoign}$ [°C]	LII – LSI [% en vol.]
Butildiglicol (2-(2-butoxi)etanol)	L	C ₈ H ₁₈ O ₃	0,95	5,6	2,99 Pa	230	-68,1	Miscible	78	225	N/D
Dietilenglicol (2,2'-oxidietanol o DEG)	L	C ₄ H ₁₀ O ₃	1,118	3	< 0,01	245	-6,5	Miscible	124	224	1,6 - 10,8
Etanolamina (o monoetanolamina)	L	C ₂ H ₇ ON	1,018	2,1	0,4	171	10,5	Miscible	85	385 - 425	5,5 - 17
Trietanolamina	L	C ₆ H ₁₅ O ₃ N	1,124	5,1	N/D	360	21,2	Miscible	190,5	N/D	N/D

Tabla D.5 Disolventes orgánicos empleados para la estabilización de colorantes líquidos

E. Evaluación del riesgo de explosión

La aplicación del método analítico para la evaluación del riesgo debe aportar los resultados suficientes para determinar la necesidad de aplicar medidas de prevención y protección contra explosiones (capítulo F del presente anexo).

E.1. Formación de atmósferas explosivas

Para la determinación de las zonas susceptibles de formación de atmósferas explosivas se han realizado estudios de fuentes de escape y clasificación de zonas. Los citados estudios permiten:

- 1) Realización de planos de clasificación de áreas con posible presencia de atmósferas explosivas.
- 2) Caracterización de las medidas de prevención y protección, en cuanto a las exigencias técnicas asociadas a estas medidas para equipos e instalaciones.

En el desarrollo de estos estudios se ha partido de identificar las posibles fuentes de escape de sustancias inflamables y su naturaleza (véase capítulo D); a continuación se ha determinado la extensión de las correspondientes áreas clasificadas, de acuerdo con las normas UNE 60079-10 [4] y UNE 50281-3 [6].

El estudio de clasificación de zonas para las instalaciones se adjunta en el Anexo 2, con el título *EXPLOTASA. Fabricación de colorantes orgánicos. Estudio de clasificación de zonas con riesgo de generación de atmósferas explosivas. Lista de sustancias inflamables y fuentes de escape (UNE 60079-10 y UNE 50281-3)*, realizado en su revisión 2 a fecha 19/01/06.

Los planos de clasificación de zonas con riesgo de formación de atmósferas explosivas se adjuntan en el Anexo 3.



E.2. Determinación de las fuentes de ignición

La norma europea EN 1127-1 [7] establece trece tipos de fuentes de ignición efectivas, a considerar para la evaluación del riesgo en atmósferas explosivas. A continuación se analiza la posibilidad de existencia de cada una de estas fuentes de ignición para las instalaciones.

E.2.1. Superficies calientes (S)

A) *Líquido, gas o vapor*

El contacto con superficies calientes representa una de las fuentes de ignición con probabilidad más alta de producirse de una forma efectiva. Se analizarán las temperaturas más altas de las que se someten las sustancias que intervienen en la instalación, comparándolas con la mínima temperatura de autoignición que éstas presenten.

Se tomará como criterio de seguridad para la realización del análisis, que incluso en caso de disfuncionamientos raros, la temperatura de todas las superficies de los aparatos, sistemas de protección y componentes que puedan estar en contacto con las atmósferas explosivas, no deben sobrepasar el 80% de la temperatura mínima de ignición del gas o del líquido combustible.

Tal y como se explica en el capítulo D, de entre las sustancias implicadas en el funcionamiento de la unidad, las únicas sustancias líquidas inflamables son los disolventes orgánicos que se utilizan en los colorantes líquidos, para su estabilización. Entre estas sustancias, la temperatura de autoignición más baja es la del dietilenglicol, de 224 °C, con lo que el límite de temperatura por debajo el que debe considerarse funcionamiento seguro será de **179,2 °C**.

Los disolventes de estabilización únicamente estarán presentes en las etapas finales del proceso, cuando el disolvente se vaya a comercializar en forma líquida; estos disolventes no se encuentran presentes ni en las etapas de síntesis (tinas y calderas) ni en los secaderos de sustancias sólidas, de forma que no están directamente relacionados con las operaciones que presentan mayores temperaturas.

Los equipos en los que se cuenta con presencia de disolventes orgánicos de estabilización operan a temperatura ambiente: depósito almacén de colorante líquido, bombas de carga de colorante líquido y cargadero de camiones cisterna para expedición del colorante líquido. Por tanto puede considerarse que en ninguna de las operaciones de la instalación en las que se cuenta con presencia de disolventes de estabilización se alcanza la temperatura de



considerada como límite térmico seguro en lo que se refiere a la posible ignición por superficies calientes.

B) Polvo

Tal y como se ha realizado para las atmósferas líquidas, se determina un factor de reducción de la temperatura mínima por la que las sustancias implicadas aportan autoignición, que en el caso de atmósferas pulverulentas serán la TMI_c y la TMI_n .

Para garantizar las condiciones seguras, se analizarán los puntos conflictivos en los que la temperatura sea más elevada. Incluso en disfuncionamientos raros, la temperatura de todas las superficies que puedan ponerse en contacto con las nubes o capas de polvo, no deben sobrepasar los criterios de seguridad expuestos en la Tabla E.1.

	Situación del polvo	Condición de seguridad por superficies calientes
[Ec. E.1]	Nube	$T \leq TMI_{nube} \cdot 2/3$
[Ec. E.2]	Capa	$T \leq TMI_{capa} - 75 \text{ °C}$

Tabla E.1 Atmósferas explosivas de naturaleza pulverulenta: condiciones de seguridad según EN 1127-1

Donde:

T Temperatura máxima a la que opera el equipo o instalación responsable de la posible fuente de ignición por superficie caliente.

En el chequeo de puntos calientes, esta temperatura debe satisfacer las condiciones expuestas en la Tabla E.1, contemplando todas las superficies que pueden ponerse en contacto con la nube o capa de polvo.

TMI_{nube} Temperatura mínima de inflamación a partir de la que la nube de polvo empieza a arder, sin más fuente de ignición que la propia temperatura.

TMI_{capa} Temperatura mínima de inflamación a partir de la que la capa de polvo empieza a arder, sin más fuente de ignición que la propia temperatura. La capa de polvo puede arder sin presencia aparente de llama; en este caso la temperatura de la capa de polvo ascenderá por encima de la temperatura de la superficie caliente.



La norma EN 1127-1 [7] contempla la variación del margen de seguridad determinado en la Ec. E.2, cuando la capa de polvo que pueda acumularse sobre la superficie caliente cuente con espesores superiores a los 5 mm. Debido a la realización de tareas de lavado por parte de los operarios de planta reguladas por procedimientos de trabajo, para la realización del estudio no se considerará la posible acumulación de capas de grueso mayor.

Según el capítulo D, existen varias sustancias sólidas que podrían generar atmósferas explosivas pulverulentas, tanto en lo que se refiere a materias primas como productos finales. En el mencionado capítulo se han contemplado las sustancias que presentan mayores riesgos de explosión.

Se trata en todos los casos de productos presentes en forma de polvo fino, en la carga de materias primas a tinas y calderas y en la zona de secados, mezcla, molienda y envasado en lo que se refiere a los productos finales. En los filtros prensa y de clarificación el producto sólido tiene un elevado contenido de humedad (aproximadamente del 50%) de forma que su dispersión en forma de nube no es posible, con lo que se reduce a niveles menospreciables la peligrosidad de explosión en estas operaciones.

Productos finales.- Mediante los análisis del LOM expuestos en la Tabla D.4, se ha comprobado que la sustancia que presenta una menor TMI_n es el Acid Brown 191 (340 °C) y una menor una menor TIM_c el Acid Blue 158 (310 °C). En aplicación de las condiciones de seguridad expuestas en la Tabla E.1, las temperaturas máximas admisibles en los equipos serán **226,7 °C** y **235 °C**, para nube y capa, respectivamente.

Las fuentes de ignición por contacto con superficies calientes deben localizarse en las zonas expuestas a temperatura elevada. Se destacan los siguientes puntos donde se alcanzan mayores temperaturas:

- a) En tinas y calderas la máxima temperatura de operación que puede alcanzarse es en todos los casos inferior a los 150 °C: la máxima temperatura prevista es de 120 °C y únicamente se llega a este valor durante las reacciones de condensación de dos compuestos monoazoicos. El resto de reacciones se realizan a temperaturas entre 0 y 20 °C, llegando en algún caso a asumir temperaturas de 80-100 °C (reacciones de metalización, condensación con dinitroestilbendisulfónico, oxidación y reducción). En estos casos el calentamiento se consigue mediante la introducción de vapor, que es borboteado en la masa reaccionante.
- b) Los secadores agitados a vacío también son calentados por intercambio con vapor, pero en este caso se trata de contacto indirecto ya que el vapor circula por un serpentín situado en el interior del secador. La temperatura máxima de trabajo es



de 105-110 °C y se encuentra estrictamente controlada mediante el sistema de control automatizado.

- c) Tanto el secador spin-flash como el secador atomizador funcionan por intercambio térmico con aire caliente, que proviene en ambos casos de una cámara de quemador de gas natural. Los parámetros de operación son idénticos en ambos casos: el aire se introduce a la cámara de secado a una temperatura máxima de 250 °C y la salida del producto seco se produce a alrededor de los 105 °C. Debido al elevado grado de peligrosidad en la operación de ambos equipos, los parámetros de presión y temperatura se controlan mediante enclavamientos electrónicos, que interrumpen la alimentación de aire caliente en caso de superarse estos límites de temperatura.
- d) En los quemadores de gas natural para el calentamiento del aire de los secadores atomizador y spin-flash es donde se alcanza mayor temperatura de la instalación: se cuenta con llama cerrada en cámaras debidamente protegidas del exterior, obteniéndose a la salida un aire que entrará en contacto con el producto sólido a unos 250 °C. Los quemadores se encuentran en zonas en la que se registrara presencia de sustancias inflamables con probabilidad baja o nula (zona no clasificada o Zona 22), trasiegan aire (captado directamente del exterior del pabellón) y están debidamente calorifugados respecto el exterior, de forma que se puede garantizar que se trata de una operación segura y que no representará una fuente de ignición efectiva por superficies calientes.
- e) Para contemplar el posible calentamiento de superficies mediante la circulación de gases calientes que intervienen en la instalación, debe considerarse que las aspiraciones de gases de síntesis y aire de secado hacia los lavadores de gases y filtros de mangas se realizan a temperaturas siempre inferiores a los 200°C según las consideraciones expuestas en los anteriores apartados. A pesar que el aire de los secadores se introduce a la cámara de secado a unos 250 °C se ha considerado una reducción mínima de temperatura de 50 °C como consecuencia del intercambio con el producto a secar.

El resto de operaciones de la instalación se realizan a temperatura ambiente o ligeramente calentada, con temperaturas siempre inferiores a 50 °C.

Las temperaturas que se consiguen en las operaciones donde las sustancias se encuentran en estado sólido están siempre por debajo de los márgenes de seguridad determinados a partir de las TMI_n y TMI_c, siendo los puntos donde puede alcanzarse una mayor temperatura en los secadores spin-flash y atomizador. En estos casos el calentamiento se consigue con aire, que es alimentado a la cámara de secado a unos 250



°C, de forma que sería posible la ignición de los sólidos si éstos no contaran con elevado grado de humedad al que se introducen en las operaciones de secado (mínimo aproximado de 50%, cuando no se introducen directamente en forma de pasta húmeda, como es el caso del secador atomizador). Durante el proceso de secado el colorante va reduciendo su contenido en agua y el aire de secado se enfría. A la salida el sólido permite su dispersión en forma de nube, pero entonces el aire ya no cuenta con suficiente temperatura para representar una fuente de ignición efectiva.

Materias primas.- Algunas de las materias primas presentan comportamiento explosivo con temperaturas cercanas a los 140 °C (2,4-dinitroclorobenceno) y el ácido picrámico tiene una temperatura de autoignición de 240 °C.

Debido a la exigencia de sus características, la carga de productos sólidos a calderas y tinas se realiza a temperatura ambiente y el calentamiento del medio de reacción se produce cuando se observa que la dispersión de polvo es inexistente y la disolución del mismo totalmente completada.

Por otra parte debe considerarse que la temperatura máxima que se alcanza en estos equipos es de 120 °C, y sólo se consigue este valor durante la condensación de dos monoazoicos, realizándose todas las otras reacciones por debajo de los 100 °C.

Conclusión.- Puede considerarse que la planta se encuentra dentro del criterio de seguridad determinado en la Tabla E.1, tanto en lo que se refiere a las materias primas como en los productos finales.

Adicionalmente, se establecerán medidas de seguridad específicas para las operaciones de carga y descarga de productos sólidos: operaciones de control visual y limpieza (por parte de los operarios) con tal de garantizar que no se acumulan cantidades de sólido suficientes para permitir la formación de atmósferas explosivas pulverulentas.

C) Consideraciones generales sobre las emisiones al exterior de equipos

Obedeciendo a los criterios técnicos de aislamiento exterior de equipos y tuberías, los equipos con temperaturas de operación en caliente, se encuentran aislados para protección personal y para conservación de calor, por lo que no deben alcanzar temperaturas superficiales superiores a 65°C. De esta forma también se asegura que en caso de una posible fuga de sustancia inflamable al exterior en condiciones normales de operación, ésta no encontrará una superficie con temperatura superior a los límites seguros determinados por la Tabla E.1.

No puede olvidarse la posibilidad de superficie caliente en aparatos, sistemas de protección y componentes que conviertan la energía mecánica en calor: partes móviles de



rodamientos, pasos de ejes, prensaestopas, etc. Los protocolos de mantenimiento y las inspecciones regulares del personal responsable de la instalación permiten un control continuado de estos puntos, garantizando las correctas condiciones de lubricación, que evitan el calentamiento por fricción de partes mecánicas (ver apartado E.2.3).

E.2.2. Llamas y gases calientes, incluyendo partículas calientes (G)

Las llamas y los productos de la combustión (gases calientes y, en el caso de llamas de partículas sólidas o conteniendo hollín, también partículas sólidas incandescentes) pueden producir la ignición de una atmósfera explosiva, figurando entre las fuentes de ignición más efectivas.

Por este motivo, según la EN 1127-1 [7], deben excluirse totalmente en las áreas de riesgo de las zonas 0 y 20 las llamas desnudas y los gases calientes. Los dispositivos con llama (por ejemplo sistemas de calefacción) son admisibles únicamente si cumplen los requerimientos descritos a continuación:

- 1) La llama se encuentra confinada de manera segura y las temperaturas exteriores no son susceptibles de generar una fuente de ignición por superficie caliente (véase el apartado anterior).
- 2) El equipo garantiza que no se producirá la propagación de la llama en la zona peligrosa y que la envolvente es suficientemente resistente al efecto de las llamas.

En las zonas 1, 2, 21 y 22 sólo podrán tolerarse las llamas abiertas siempre que se hayan aplicado medidas de protección adecuadas (aplicación de las medidas de aislamiento o interrupción de la explosión o “desconexión”: dispositivos para gases, vapores y nieblas, polvos o mezclas híbridas, según el caso). Se pueden introducir gases calientes si se garantiza que no se alcanzará la mínima temperatura de ignición de la atmósfera explosiva.

En la unidad de análisis existen dos equipos que operan en llama confinada y se encuentran cercanos de zonas clasificadas: se trata de los dos quemadores de gas natural que permiten el calentamiento del aire utilizado en los secadores spin-flash y atomizador. En ambos casos, los quemadores se encuentran cercanos a la zona clasificada 22 del exterior de las cámaras de secado de los respectivos secadores.

Los quemadores tienen la llama confinada y las temperaturas exteriores quedan reguladas por la consideración mencionada en la parte C del apartado anterior. Mediante esta especificación se garantiza que la temperatura más elevada que se alcanzará al exterior de las cámaras de los quemadores será de 65 °C. Como consecuencia y a pesar que no se trate de zona clasificada, se concluye que la proximidad de los quemadores de gas natural a una zona clasificada no conlleva un riesgo especial de fuente de ignición.



Tampoco se registra ningún tipo de emisión de gases calientes puesto las aspiraciones de gases de síntesis a lavadores de gases (blancos y nitrosos) y de las aspiraciones de molinos y secaderos a filtros de mangas o lavador de gases (en el caso del secador atomizador y nautas). Asimismo y como ya se ha mencionado anteriormente, estos gases se encuentran a temperaturas siempre inferiores a los 200°C según las consideraciones expuestas en el apartado E.2.1. En el resto de la instalación no se cuenta con gases calientes ya que las temperaturas de trabajo son reducidas.

En lo que respecta a las partículas sólidas incandescentes, debe considerarse que están totalmente excluidas de zona 0 y 20 y sólo pueden estar presentes en zona 1, 2, 21 y 22 en caso que se apliquen las medidas preventivas adecuadas (dispositivos para-chispas). Se hace referencia de forma más extensa en el apartado siguiente (chispas de origen mecánico). En aplicación de estos principios, las llamas debidas a realización de trabajos especiales (por ejemplo procesos de soldadura, oxicorte, uso de radiales, etc.) se controlan mediante la aplicación de medidas organizativas (permisos de trabajo en caliente).

Las llamas producidas por la actividad de fumadores, quedan estrictamente reguladas por parte del Real Decreto 28/2005 por el que no se permite fumar en la totalidad del complejo.



E.2.3. Chispas de origen mecánico (CH)

Las operaciones de fricción, choque y abrasión pueden desprender partículas de los materiales sólidos y calentarse debido a la energía disipada en el proceso de separación hasta el punto de configurar una fuente de ignición efectiva.

Debido a la antigüedad de los equipos que componen la instalación, ninguno de ellos cuenta con los requisitos y sistemas de protección establecidos en el Anexo B del RD 681/2003 [27].

En virtud del plazo de los criterios de adecuación al mencionado Real Decreto, fijado en su disposición adicional única, los equipos de trabajo destinados a ser utilizados en lugares en los que puedan formarse atmósferas explosivas, que ya se estuvieran utilizando antes del 30 de junio de 2003 (entrada en vigor del Real Decreto) no deben cumplir con lo fijado en el Anexo B del mismo. Pero esto no exime del riesgo que puedan conllevar los mencionados equipos, sobretodo teniendo en cuenta que para muchos de ellos se ha superado el período de obsolescencia.

Para evaluar el riesgo de ignición de las atmósferas explosivas que puedan aportar los equipos mecánicos implicados en el funcionamiento de la instalación, se ha aplicado una lista de chequeo de los puntos críticos o conflictivos, característicos de cada tipo de aparatos.

Se han verificado las condiciones de protección contra chispas que presentan los equipos mecánicos situados en las zonas clasificadas como 0 y 1. Estas condiciones se resumen en las tablas de las páginas siguientes.

Debe considerarse que, a pesar de la que la mayoría de zonas clasificadas son zonas 2, también se han analizado los equipos mecánicos que puedan tener zonas 0 y 1 en su interior, debido a que la sustancia que manipulan conlleve este tipo de clasificación y que, por la configuración del propio equipo, puedan producir chispas de origen mecánico (por ejemplo agitadores).

No se cuenta con bombas emplazadas en zonas 0, 1, 20 ó 21.



Agitadores de: Tinas y calderas Grupos 1, 2, 3, 4, 5 y 6								
Zona / producto			Fuente de ignición	Causas	Probabilidad de fuente de ignición	Medidas de prevención	Probabilidad de fuente de ignición (después de medidas)	Nivel de riesgo de explosión
Tipo de zona	Clase de temperatura	Código IP mínimo de equipo						
20+21	T160°C	IP6x	Punto caliente en el eje	Gripado o bloqueo de cojinetes del eje	C	Existe sistema de engrase, que se verifica periódicamente	B	3
			Chispa	Caída de objeto metálico	C	Acoplamiento y eje protegidos	B	3
			Chispa por contacto metálico	Contacto de palas y envolvente por rotura o deformación de palas / eje.	B	Verificación de buen funcionamiento y detección de vibraciones	A	0
			Chispa mecánica	Rotura del acoplamiento	B	Verificación o alineación después de cada operación de mantenimiento	A	0
			Calentamiento / chispas	Vibraciones	C	Detección de vibraciones. Alineación y lubricación controladas	B	3
			Chispas / puntos calientes	Corrientes vagabundas	B	Toma de tierra de todas las partes del equipo	A	0

La sustancia inflamable a considerar son los sólidos orgánicos cargados en tinas y calderas (en el momento de la carga se produce nube de polvo en el volumen libre interior. Con la adopción de medidas de prevención se consigue reducir la probabilidad de fuente de ignición de forma que se obtiene un nivel de riesgo de explosión máximo para las diferentes fuentes de ignición analizadas, con valor de **3 (se requieren medidas de prevención y protección)**.

Tabla E.2.a Lista de comprobación de fuentes de ignición por chispas de origen mecánico: agitadores



Agitador del depósito almacén de colorante líquido								
Zona / producto			Fuente de ignición	Causas	Probabilidad de fuente de ignición	Medidas de prevención	Probabilidad de fuente de ignición (después de medidas)	Nivel de riesgo de explosión
Tipo de zona	Clase de temperatura	Grupo de gas						
0+2	T3	II? [*]	Punto caliente en el eje	Gripado o bloqueo de cojinetes del eje	C	Existe sistema de engrase, que se verifica periódicamente	B	3
			Chispa	Caída de objeto metálico	B	Acoplamiento y eje protegidos Sistema totalmente cerrado	A	0
			Chispa por contacto metálico	Contacto de palas y envolvente por rotura o deformación de palas / eje.	B	Verificación de buen funcionamiento y detección de vibraciones	A	0
			Chispa mecánica	Rotura del acoplamiento	B	Verificación o alineación después de cada operación de mantenimiento	A	0
			Calentamiento / chispas	Vibraciones	C	Detección de vibraciones. Alineación y lubricación controladas	B	3
			Chispas / puntos calientes	Corrientes vagabundas	B	Toma de tierra de todas las partes del equipo	A	0

La sustancia inflamable a considerar son los vapores producidos por los disolventes de estabilización del colorante líquido. Se consideran las características del dietilenglicol por aportar un mayor nivel de protección.

Con la adopción de medidas de prevención se consigue reducir la probabilidad de fuente de ignición de forma que se obtiene un nivel de riesgo de explosión máximo para las diferentes fuentes de ignición estudiadas, con valor de **3 (se requieren medidas de prevención y protección)**.

[*] Véanse anotaciones en el estudio de clasificación de zonas (Anexo 2).

Tabla E.2.b Lista de comprobación de fuentes de ignición por chispas de origen mecánico: agitadores (*continuación*)



Ventilador de colas de cámara de secado (secador atomizador)

Zona / producto			Fuente de ignición	Causas	Probabilidad de fuente de ignición	Medidas de prevención	Probabilidad de fuente de ignición (después de medidas)	Nivel de riesgo de explosión
Tipo de zona	Clase de temperatura	Código IP mínimo de equipo						
20+22	T220°C	IP5x	Punto caliente en el eje	Gripado o bloqueo de cojinetes del eje	C	Existe sistema de engrase, que se verifica periódicamente	B	2
			Electricidad estática	Correa de transmisión	C	Correa de material anti-estático	B	2
			Chispa	Caída de objeto metálico	C	Acoplamiento, palas y eje protegidos	B	2
			Chispa por contacto metálico	Contacto de palas y envolvente por rotura de palas o deformación de envolvente	C	Materiales anti-chispas / Controles periódicos de vibraciones y visuales	B	2
			Chispa mecánica	Deformación / rotura de palas. Introducción de objetos	C	Verificación y alineación después de cada operación de mantenimiento. Protecciones	B	2
			Calentamiento / chispas	Vibraciones	C	Detección de vibraciones	B	2
			Chispas / puntos calientes	Corrientes vagabundas	C	Toma de tierra de todas las partes del equipo	B	2

La sustancia inflamable será el colorante orgánico según campaña de fabricación; las características de los colorantes más representativos se relacionan en el capítulo D.

Con la adopción de medidas de prevención se consigue reducir la probabilidad de fuente de ignición de un Nivel C (fuente de ignición que puede aparecer en caso de disfunción) a Nivel B (fuente de ignición que puede aparecer en caso de disfunción rara, situación no previsible). De esta forma el nivel de riesgo de explosión **es 2 (bajo, aceptable)**.

Tabla E.3 Lista de comprobación de fuentes de ignición por chispas de origen mecánico: ventiladores



Bombas cargadero de camiones cisterna para expedición de colorantes líquidos								
Zona / producto			Fuente de ignición	Causas	Probabilidad de fuente de ignición	Medidas de prevención	Probabilidad de fuente de ignición (después de medidas)	Nivel de riesgo de explosión
Tipo de zona	Clase de temp.	Grupo de gas						
0+2	T3	II? ^[4]	Punto caliente en el eje	Gripado o bloqueo de cojinetes del eje	C	Existe sistema de engrase, que se verifica periódicamente	B	2
			Chispa	Caída de objeto metálico	C	Acoplamiento y eje protegidos	B	2
			Chispa por contacto metálico	Protección del acoplamiento	C	Materiales anti-chispas / Verificación o alineación después de cada operación de mantenimiento	B	2
			Chispa mecánica	Rotura del acoplamiento	C	Verificación o alineación después de cada operación de mantenimiento	B	2
			Calentamiento / chispas	Vibraciones	C	Detección de vibraciones	B	2
			Chispas / puntos calientes	Corrientes vagabundas	C	Toma de tierra de todas las partes del equipo	B	2

La sustancia inflamable será el disolvente de estabilización que se adiciona a los colorantes líquidos para evitar que éstos precipiten. Se consideran las características del dietilenglicol, por ser el más volátil de los disolventes usados y presentar las características de protección contra explosiones más exigentes.

Con la adopción de medidas de prevención se consigue reducir la probabilidad de fuente de ignición de un Nivel C (fuente de ignición que puede aparecer en caso de disfunción) a Nivel B (fuente de ignición que puede aparecer en caso de disfunción rara, situación no previsible). De esta forma el nivel de riesgo de explosión es **2 (bajo, aceptable)**.

^[4] Véanse anotaciones en el estudio de clasificación de zonas (Anexo 2).

Tabla E.4 Lista de comprobación de fuentes de ignición por chispas de origen mecánico: bombas



Tornillos sinfines de agitación a nautas y mezcladores horizontales								
Zona / producto						Probabilidad de		
Tipo de zona	Clase de temperatura	Código IP mínimo de equipo	Fuente de ignición	Causas	Probabilidad de fuente de ignición	Medidas de prevención	fuelle de ignición (después de medidas)	Nivel de riesgo de explosión
20+22	T220°C	IP5x	Punto caliente en el eje	Gripado o bloqueo de cojinetes del eje	C	Existe sistema de engrase, que se verifica periódicamente	B	2
			Chispa	Caída de objeto metálico	C	Acoplamiento y eje protegidos	B	2
			Chispa por contacto metálico	Protección del acoplamiento	C	Materiales anti-chispas / Verificación o alineación después de cada operación de mantenimiento	B	2
			Chispa mecánica	Rotura del acoplamiento	C	Verificación o alineación después de cada operación de mantenimiento	B	2
			Calentamiento / chispas	Vibraciones	C	Detección de vibraciones	B	2
			Chispas / puntos calientes	Corrientes vagabundas	C	Toma de tierra de todas las partes del equipo	B	2

La sustancia inflamable será el colorante orgánico según campaña de fabricación; las características de los colorantes más representativos se relacionan en el capítulo D.

Con la adopción de medidas de prevención se consigue reducir la probabilidad de fuente de ignición de un Nivel C (fuente de ignición que puede aparecer en caso de disfunción) a Nivel B (fuente de ignición que puede aparecer en caso de disfunción rara, situación no previsible). De esta forma el nivel de riesgo de explosión es **2 (bajo, aceptable)**.

Tabla E.5.a Lista de comprobación de fuentes de ignición por chispas de origen mecánico: otros equipos



Tornillo sinfin alimentación a cámara de secado de spin-flash								
Zona / producto						Probabilidad de		
Tipo de zona	Clase de temperatura	Código IP mínimo de equipo	Fuente de ignición	Causas	Probabilidad de fuente de ignición	Medidas de prevención	fuelle de ignición (después de medidas)	Nivel de riesgo de explosión
21+22	T220°C	IP6x	Punto caliente en el eje	Gripado o bloqueo de cojinetes del eje	C	Existe sistema de engrase, que se verifica periódicamente	B	2
			Chispa	Caída de objeto metálico	C	Acoplamiento y eje protegidos	B	2
			Chispa por contacto metálico	Protección del acoplamiento	C	Materiales anti-chispas / Verificación o alineación después de cada operación de mantenimiento	B	2
			Chispa mecánica	Rotura del acoplamiento	C	Verificación o alineación después de cada operación de mantenimiento	B	2
			Calentamiento / chispas	Vibraciones	C	Detección de vibraciones	B	2
			Chispas / puntos calientes	Corrientes vagabundas	C	Toma de tierra de todas las partes del equipo	B	2

La sustancia inflamable será el colorante orgánico según campaña de fabricación; las características de los colorantes más representativos se relacionan en el capítulo D.

Con la adopción de medidas de prevención se consigue reducir la probabilidad de fuente de ignición de un Nivel C (fuente de ignición que puede aparecer en caso de disfunción) a Nivel B (fuente de ignición que puede aparecer en caso de disfunción rara, situación no previsible). De esta forma el nivel de riesgo de explosión es **2 (bajo, aceptable)**.

Tabla E.5.b Lista de comprobación de fuentes de ignición por chispas de origen mecánico: otros equipos (*cont.*).



Tamiz vibrante de cámara de secado a silo (secador atomizador)								
Zona / producto						Probabilidad de		
Tipo de zona	Clase de temperatura	Código IP mínimo de equipo	Fuente de ignición	Causas	Probabilidad de fuente de ignición	Medidas de prevención	fuelle de ignición (después de medidas)	Nivel de riesgo de explosión
20+22	T220°C	IP5x	Punto caliente en los anclajes y ejes de vibración	Rozamiento en anclajes / Gripado o bloqueo de cojinetes del eje	C	Sujeciones de goma en anclajes / Existe sistema de engrase, que se verifica periódicamente	B	2
			Chispa	Caída de objeto metálico	C	Acoplamiento y eje protegidos	B	2
			Chispa por contacto metálico	Protección del acoplamiento	C	Materiales anti-chispas / Verificación o alineación después de cada operación de mantenimiento	B	2
			Chispa mecánica	Rotura del acoplamiento	C	Verificación o alineación después de cada operación de mantenimiento	B	2
			Calentamiento / chispas	Vibraciones	C	Detección de vibraciones	B	2
			Chispas / puntos calientes	Corrientes vagabundas	C	Toma de tierra de todas las partes del equipo	B	2

La sustancia inflamable será el colorante orgánico según campaña de fabricación; las características de los colorantes más representativos se relacionan en el capítulo D.

Con la adopción de medidas de prevención se consigue reducir la probabilidad de fuente de ignición de un Nivel C (fuente de ignición que puede aparecer en caso de disfunción) a Nivel B (fuente de ignición que puede aparecer en caso de disfunción rara, situación no previsible). De esta forma el nivel de riesgo de explosión es **2 (bajo, aceptable)**.

Tabla E.5.c Lista de comprobación de fuentes de ignición por chispas de origen mecánico: otros equipos (cont.).



E.2.4. Material eléctrico (E)

El material eléctrico puede producir chispas eléctricas y superficies calientes, que constituyen fuentes de ignición. Como medidas de prevención y protección debe garantizarse que los materiales eléctricos han sido diseñados, construidos, instalados y se realizan las operaciones de mantenimiento, conforme las normas europeas y marco legislativo estatal correspondiente.

Se dispone del documento de acreditación de puesta en servicio de la instalación de baja tensión, emitido por la Entidad Colaboradora de la Administración y la certificación del técnico competente director de la obra, por la que se acredita que las instalaciones eléctricas de la unidad (incluyendo la instrumentación) cumplen con lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, aplicable en el momento de su implementación.

Los mencionados documentos son:

- 1) *Certificado de dirección de obra de instalación eléctrica de baja tensión* emitida por el técnico competente Manuel Azaña Díaz, ingeniero industrial colegiado número 666 del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Andalucía Occidental.

El certificado cuenta con visado del colegio número 011369 y fecha 17 de diciembre de 2000. Este documento certifica que la instalación cumple con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión Real Decreto 2413/1973 de 20 de septiembre y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

- 2) *Acreditación de Puesta en Servicio* emitida por la oficina territorial de Huelva de la Junta de Andalucía de 11 de setiembre de 2001, con registro de salida 3869 de 19 de marzo de 2001 (Expediente número 01-BT-A-2000-888).

Mediante la citada documentación se garantiza que la probabilidad de presencia de un punto de ignición por parte de la instalación y el material eléctrico se ajusta a las condiciones exigibles por la normativa vigente, y el nivel de riesgo asociado es como máximo **2 (riesgo bajo, mejorar si es rentable)**.

E.2.5. Corrientes eléctricas parásitas, protección contra corrosión catódica (CC)

En la unidad analizada no se registra la posible presencia de este tipo de fuente de ignición por no contar con protección catódica y encontrarse todos los equipos eléctricos conectados con toma a tierra.



También se encuentran conectadas a tierra todas las instalaciones por las que circulan líquidos y gases, tanto en lo que se refiere a tuberías, bridas y válvulas; de esta forma se consigue descargar estos elementos conductores, susceptibles de acumular carga como consecuencia de la circulación de fluidos por su interior.

Únicamente se cuenta con protección catódica en la instalación de agua contra incendios que, se encuentra enterrada. Además, circula una corriente muy reducida, de forma que no se prevén corrientes parásitas que provengan de este sistema de protección de las tuberías.

E.2.6. Electricidad estática (EE)

Se pueden producir descargas de electricidad estática con capacidad de ignición si se dan determinadas condiciones. En condiciones operativas habituales pueden producirse descargas en las formas siguientes:

- a) *Descargas de chispas*: pueden producirse por la carga de partes conductoras cargadas y aisladas (no conectadas a tierra). Para evitarlo todos los equipos de la planta presentan continuidad eléctrica a tierra.
- b) *Descargas en penacho*: pueden producirse en las partes cargadas de material no conductor, entre las que figuran la mayoría de las materias plásticas. También pueden producirse en procesos de separación rápida (películas en movimiento sobre rodillos, correas de transmisión, etc.). Serán fuente de ignición de casi todas las atmósferas explosivas de gases y vapores, así como de polvos altamente inflamables. Por la naturaleza de los procesos involucrados y sustancias manipuladas, en la unidad analizada no se prevé la existencia de este tipo de penachos.

La transmisión de movimiento a los agitadores de los diferentes grupos de tinajas y calderas se realiza mediante correas de transmisión de material adecuado y provisto de conexiones a tierra de los ejes, para facilitar las descargas.

- c) *Descargas en haces deslizantes*: pueden producirse en procesos de separación muy rápidos entre una superficie metálica y una película aislante. Durante la separación se establece un campo paralelo muy intenso entre la película y la superficie del metal, de tal forma que cuando aparece la primera descarga el medio se ioniza fuertemente, haciéndose conductor y favoreciendo la propagación de la descarga. En la planta no se efectúan operaciones de este tipo.
- d) *Descargas en conos de vertido de materiales a granel y descargas en nube*. En la unidad analizada no se manipulan sustancias sólidas produciendo descargas de



materiales a granel y en nube. Las descargas de materias sólidas se realizan con especial atención en la carga y descarga de sacos o bidones, evitando en todo momento la caída súbita de materiales a granel.

Para evitar la ignición por descargas electrostáticas y en cumplimiento de la normativa vigente, todos los equipos de la planta presentan conexión equipotencial de las partes conductoras y continuidad eléctrica a tierra.

E.2.7. Rayos (R)

La descarga del rayo supone una fuente de ignición totalmente efectiva para cualquier atmósfera explosiva. Debe considerarse también la posibilidad de ignición debido a las altas temperaturas o corrientes secundarias, consecuencia de la descarga.

Con tal de intentar evitar estos efectos, la totalidad del complejo industrial se encuentra protegida con diferentes instalaciones pararrayos, distribuidas uniformemente en los puntos más altos de las mismas y en toda la extensión del complejo. La instalación del pararrayos se realizó según las normas UNE 21185 [20] y 21186 [21].

Toda la instalación queda incluida en el radio de acción de los dispositivos pararrayos con lo que el riesgo de presencia de fuente de ignición deberá considerarse con el valor **2 (fuente de ignición que puede aparecer en caso de disfunción)**.

E.2.8. Campos electromagnéticos: ondas de 10^4 a $3 \cdot 10^{12}$ Hz. (CE)

Las ondas electromagnéticas comprendidas en el espectro entre 10^4 a $3 \cdot 10^{12}$ Hz. son utilizadas en sistemas de alta frecuencia, también denominados sistemas de radiofrecuencia (RF). Estos sistemas emiten ondas y todas las partes conductoras situadas en el campo electromagnético se comportan como antenas receptoras de forma que, pueden constituir una fuente de ignición efectiva si cumplen alguno de las situaciones siguientes:

- a) El campo es suficientemente potente.
- b) La distancia entre receptor y emisor suficientemente pequeña.
- c) La dimensión de la antena suficientemente grande.

En el complejo industrial, la presencia de este tipo de radiaciones se producirá con el uso de emisores de radio o generadores RF para calentamiento, secado, endurecimiento, soldeo o oxicorte, etc. El uso de estos sistemas industriales generadores de RF no es



habitual y las actividades puntuales que requieran de su uso están reguladas mediante los permisos de trabajo.

Por lo que se refiere al uso de sistema de radio para la comunicación interna en el complejo, se utilizan dos tipos de emisores:

- 1) *Equipos de radiocomunicación*: concesión emitida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio con fecha 29 de abril de 2005 y registro de salida 204 por el que se conceden tres frecuencias y 65 estaciones portátiles de las que la potencia radiada aparente máxima es de 10W (expediente VIVI39060XD).
- 2) *Equipos de detección "hombre al suelo"*¹: concesión emitida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio con fecha 16 de marzo de 2000 y registro de salida 658 por el que se conceden tres receptores buscapersonas, con una potencia radiada aparente máxima de 5W (expediente VIVI99004RB).

Como puede comprobarse, ambos sistemas son de potencia muy reducida y no representarán una fuente de ignición efectiva ya que se puede admitir que transmisiones con potencia inferior a los 100W no son peligrosas, siempre que la antena no haga contacto con partes metálicas [13].

Como medida general de seguridad, se mantendrá una distancia de seguridad entre las partes radiantes más próximas y la antena receptora de las ondas de radiofrecuencia (estaciones receptoras buscapersonas y centralita de radiocomunicación).

A pesar de esta consideración, el uso de equipos de radiocomunicación forma parte del sistema organizativo de la planta con lo que cabe contemplar cierto riesgo, valorando la probabilidad de presencia de fuente de ignición con un **2 (fuente de ignición que puede aparecer en caso de disfunción)**.

¹ Detectan la caída de la persona que los utiliza y emiten una señal de radiofrecuencia que es transmitida y notificada mediante el panel central (situado en la portería). Se utilizan en zonas con riesgo de toxicidad por presencia de H₂S.



E.2.9. Radiación electromagnética: ondas de $3 \cdot 10^{11}$ a $3 \cdot 10^{15}$ Hz. (RE)

La radiación en este rango del espectro puede constituir una fuente de ignición a través de la absorción por las atmósferas explosivas o por las superficies sólidas.

Por parte de los equipos e instalaciones de la unidad analizada no existe ningún campo magnético lo suficientemente intenso para actuar como fuente de ignición. A pesar de ello se registra la posible incidencia de las siguientes fuentes de ondas electromagnéticas en el rango de $3 \cdot 10^{11}$ a $3 \cdot 10^{15}$ Hz.:

- 1) *Radiación solar*. Se evita que configure una fuente de ignición efectiva eliminando aquellos objetos que permitan la convergencia de la radiación: ventanas con superficie curva, reflectores de luz, etc.
- 2) *Fuentes luminosas intensas*. La iluminación de las instalaciones se realiza mediante luminarias de fluorescencia y siempre que sea posible se proporcionan los medios de difusión necesarios con tal de evitar la concentración de las radiaciones de forma que la energía emitida por las mismas no represente una fuente efectiva de emisión.
- 3) *Radiación láser*. No se prevé ninguna actividad que requiera de equipos que utilicen radiaciones láser. Aquellas actividades puntuales que requieran del uso de estos equipos (por ejemplo uso dispositivos de medición a distancia) se regularán con el perceptivo permiso de trabajo.

Según lo expuesto, puede considerarse que en la unidad analizada no existe ninguna radiación electromagnética lo suficientemente intensa para actuar como fuente de ignición.

E.2.10. Radiación ionizante (RI)

La radiación ionizante puede producirse, por ejemplo a partir de rayos X y de sustancias radioactivas. En la planta no se considera la posible presencia de este tipo de fuente de ignición ya que cuando este tipo de sistemas únicamente se emplean bajo condiciones controladas (permisos de trabajos especiales) y sin presencia de productos susceptibles de formación de atmósferas explosivas.

E.2.11. Ultrasonidos (U)

El uso de ondas de ultrasonidos conlleva que una gran cantidad de energía emitida por el emisor electroacústico sea absorbida por las sustancias sólidas y líquidas que se encuentren las ondas; de esta forma la sustancia se calienta y puede representar una fuente de ignición efectiva.



En la planta analizada no se utilizan equipos basados en la emisión de ultrasonidos, ni en lo que se refiere a la instrumentación, con lo que no se considerará la posible presencia de este tipo de fuente de ignición.

E.2.12. Compresión adiabática, ondas de choque, gases circulantes (C)

Según la relación de presiones, la compresión adiabática o casi adiabática puede producir temperaturas suficientemente elevadas para producir ignición. Las ondas de choque se producen durante la descarga brusca de gases a alta presión en canalizaciones; la propagación de las mismas se realiza a velocidades superiores a la del sonido y pueden alcanzarse temperaturas muy elevadas en codos de tubería, estrechamientos, bridas de conexión, válvulas cerradas, etc. En la planta no es posible este tipo de fuente de ignición ya que los únicos gases que circulan por la instalación son:

- a) el aire de entrada y salida a las cámaras de secado en los secadores spin-flash y atomizador
- b) el aire comprimido de entrada a los filtros prensa
- c) los gases de salida de tinas y calderas
- d) las aspiraciones de mezclas (nautas), molienda (molinos) y envasado (tamiz, envasadora, etc.)

En todos los casos se trata de corrientes con presiones reducidas, de forma que las descargas se realizan sin cambios bruscos de presión y además, las instalaciones por las que circulan gases se han diseñado de forma que se evite el efecto de codos, estrechamientos, etc.

E.2.13. Reacción química (RQ)

Las reacciones exotérmicas pueden actuar como fuente de ignición cuando la velocidad de desprendimiento de calor es superior a la velocidad de evacuación del mismo hacia el exterior. Por la naturaleza de las sustancias, las condiciones de control y operación y las medidas técnicas que se aplican sobre las operaciones (véase capítulo F), no cabe esperar ningún tipo de reacción química que pueda representar una fuente de ignición efectiva.

Las reacciones más exigentes que se realizan en la instalación se producen en calderas y, como ya se ha mencionado anteriormente, se trata de reacciones con temperaturas máximas de 120 °C, a ligera sobrepresión.



Tal y como se ha comprobado en anteriores apartados, las reacciones químicas implicadas en la instalación no representan una fuente de ignición efectiva ni pueden producirse situaciones incontroladas que puedan representarlo.

E.3. Criterios generales para la evaluación de riesgos

E.3.1. Lista de comprobación en interior y exterior de equipos

En el Anexo 5 se aplican unas listas de comprobación en las que se resumen las instalaciones o situaciones donde se pueden generar atmósferas explosivas, así como las medidas de protección que se establecen.

Mediante la aplicación de estas listas de comprobación se pretende realizar una evaluación de la protección contra explosiones y proponer la adopción de medidas adicionales, en caso que de este modo se requiera.

Se emplean dos listas de comprobación diferentes: una para el interior de los aparatos y otra para sus alrededores. El modelo utilizado para las listas de comprobación es el recomendado por la Guía de Buenas Prácticas, en sus Anexos A.3.1 y A.3.2 [5].

E.3.2. Características de los equipos eléctricos

Los equipos eléctricos instalados en zonas clasificadas y pertenecientes a la presente unidad de análisis se relacionan en los documentos de clasificación (listas de fuentes de escape, Anexo 2), explicitando sus características más destacables en materia de protección contra explosiones (modos de protección).

La implantación de la unidad analizada se remonta al año 1965 y debido a su excelente funcionamiento y funcionalidad no ha requerido la realización de ampliaciones o modificaciones significativas. Por este motivo ninguno de los equipos instalados cuentan con certificado de conformidad ni marcado ATEX.

La instalación de ultrafiltración es la excepción de esta consideración, puesto que es de reciente instalación (2005, actualmente se encuentra en período de pruebas). A pesar de ello y debido a la naturaleza de las operaciones que se realizan, la instalación de ultrafiltración no aporta riesgo de formación de atmósfera explosiva.

Aquellos equipos que dispongan de certificado de conformidad CE o marcado ATEX, los documentos relacionados se almacenan, junto con las características de protección, en la hoja de máquina de cada uno de los equipos (referencia según código de posición),



almacenada en el sistema de gestión documental del Departamento de Mantenimiento e Ingeniería.

E.3.3. Señalización de emplazamientos peligrosos

Las zonas clasificadas de la planta deben señalizarse como emplazamientos peligrosos utilizando el símbolo especificado en el Anexo III del Real Decreto 681/2003 [27]. En los planos de clasificación de zonas (Anexo 3) se detalla la posición que se ha considerado más adecuada para la situación de las señalizaciones.

E.4. Presentación de los resultados

En el Anexo 4 se presenta el formulario empleado para la valoración global de riesgos en la unidad. La evaluación de riesgo global contempla el factor de antigüedad de la instalación; en este sentido debe considerarse que se trata de una unidad basada en instalaciones puestas en marcha en diferentes períodos temporales. Con tal de contemplar la situación más desfavorable, se ha fijado como fecha de puesta para la instalación la de los secadores agitados a vacío, que son los equipos más antiguos (1965).

Para la planta de EXPLOTASA, dedicada a la **fabricación de colorantes orgánicos**, se deduce que el riesgo más elevado de coincidencia de atmósfera explosiva y punto de ignición es de **nivel 3, RIESGO NO ACEPTABLE: se requiere la adopción de medidas de prevención y protección**.

En el capítulo siguiente se exponen las medidas de prevención y protección existentes, así como aquellas que permitan la reducción del nivel de riesgo calculado.

E.5. Otros estudios realizados

En cumplimiento de la normativa sobre prevención de accidentes graves (Real Decreto 1254/1999 [26] y legislación concordante), las instalaciones analizadas cuentan con el Estudio de Seguridad, que se compone de la documentación relacionada a continuación:

- Información Básica para la elaboración del Plan de Emergencia Exterior (IBA).
- Cálculo de consecuencias y efecto dominó.
- Plan de Emergencia Interior (PEI).



El mencionado Estudio de Seguridad también incluye la realización de análisis de fiabilidad operativa mediante las metodologías Hazop y análisis de árboles de fallos y sucesos. La planta cuenta con los análisis de fiabilidad operativa (Hazop) relacionados en la Tabla E.6.

Título	Fecha de realización
Acid Orange 3. Síntesis y secado	Abril 2000
Secado por atomización de Acid Brown 75 y 191	Junio 2001
Condensaciones en Grupos 1, 2, 3 y 4	Setiembre 2001

Tabla E.6 Análisis Hazop para la planta



F. Medidas de protección contra explosiones

En función de la valoración del riesgo expuesta en el apartado E.4, para que la actividad se lleve a cabo en condiciones de seguridad suficientes se requiere la adopción de medidas de prevención y protección contra explosiones, siguiendo los criterios expuestos en la EN 1127-1 [7]. En el presente capítulo se describen aquellas medidas que permitirán conseguir un nivel de riesgo aceptable en los lugares de trabajo de la planta.

F.1. Medidas técnicas

F.1.1. Medidas de prevención

F.1.1.1. Supresión o reducción de la cantidad de atmósfera explosiva

Sustitución / reducción de sustancias.- Las sustancias utilizadas resultan necesarias para la realización del proceso y por lo tanto no pueden ser sustituidas por otras sustancias de menor riesgo.

Como ya se ha mencionado en el capítulo D cabe destacar especialmente la formación de atmósferas pulverulentas ya que tanto las materias primas como los productos finales pueden producirlas. En menor importancia se encuentran las atmósferas explosivas de gas o vapor inflamables debido a los siguientes aspectos:

- a) Todas las reacciones se realizan en base acuosa, siendo producto orgánico únicamente un 20% (como máximo) de la masa reaccionante, tanto en tinas como en calderas. El producto orgánico se introduce al proceso en forma sólida (materias primas) y se obtiene como producto también sólido, de forma que su volatilidad será muy reducida en ambos casos y no propiciará la formación de vapores inflamables. Ver Tabla C.2 sobre el porcentaje de intervención de sustancias en cada ciclo productivo.
- b) Durante las reacciones de diazotación, que se producen en tinas, se generan gases nitrosos debido al ligero exceso de nitritos requerido para este tipo de reacción. Los gases nitrosos no son responsables de la formación de atmósferas explosivas y además se forman en concentraciones muy reducidas (medidas al exterior de los equipos durante la operación y con el equipo abierto: 10 ppm) que permiten garantizar concentraciones inferiores al LII en funcionamiento normal.



- c) Algunos de los colorantes producidos se comercializan como líquidos (véase el capítulo D). En estos casos, una vez sintetizados y filtrados, se diluyen nuevamente en agua y un disolvente orgánico de estabilización para evitar que precipite el colorante. Los disolventes orgánicos utilizados cuentan con volatilidades significativas y a pesar de encontrarse como disolvente minoritario respecto al agua (concentración máxima excepcional es del 40% en disolvente orgánico) puede generar atmósferas explosivas.

Excepto estos casos y por las características de las operaciones implicadas, la mayoría de los sólidos manipulados en la unidad son responsables de la formación de atmósferas pulverulentas, con lo que las medidas técnicas se orientarán principalmente en este sentido.

Limitación de la concentración / Inertización.- Según el documento de clasificación de zonas (apartado E.1), las fugas que se registran durante la operación configuran mayoritariamente atmósferas con zonas 2 ó 22, de forma que su generación no es probable y, de serlo, se aplican aquellas medidas consideradas oportunas para su minimización. Por lo tanto no es posible reducir en mayor grado la concentración de las materias empleadas en el entorno de los equipos.

Tampoco es posible inertizar el entorno de los equipos, dado que la mayoría se encuentran en el interior de un pabellón, ventilado a través de aperturas en ventanales y rejillas para asegurar la dilución de las emisiones, o al aire libre, como es el caso de la instalación de secado atomizador y el lavador de gases “blancos”; la instalación de estos equipos se realizó en la una zona especialmente aireada (instalación aislada y terraza del pabellón, respectivamente), contando con una elevada ventilación natural que permite la dilución de concentraciones peligrosas.

Como consecuencia, la limitación geográfica de las zonas donde pueden formarse atmósferas con concentraciones explosivas será de fundamental importancia. El trasiego de materias primas en estado sólido es un claro ejemplo de ello: la carga de las mismas en tinas y calderas se realiza desde sacos o bidones, a través de las bocas de hombre. Durante estas operaciones de carga, se genera atmósfera pulverulenta en el volumen libre del interior del recipiente.

Los protocolos de carga de materias primas están orientados a minimizar la dispersión de polvo en los alrededores de la boca de carga: introducción parcial del saco o bidón en la tina o caldera, lavados con agua desde manguera después de cualquier carga, etc.

También existen redes de aspiración en las zonas más susceptibles de formación de gases o dispersión de polvos, como por ejemplo en el interior de tinas y calderas. Con esta



medida se reducen los escapes y se minimiza la cantidad de polvo disperso en el exterior de los equipos.

Las cámaras de secado de los secadores atomizador y spin-flash son otro ejemplo de recinto confinado donde se forma atmósfera explosiva durante el funcionamiento normal ya que en ellas circulan aire caliente y polvo orgánico disperso. Ante la imposibilidad de inertización (el secado requiere corriente de aire) se realiza el confinamiento total de la cámara de secado y se recogen las corrientes de salida de la misma para su tratamiento y eliminación de cantidades de polvo que pudieran ser arrastradas, antes de emitirlos al exterior.

Como medida de limitación de la concentración de polvos en forma de nube inflamable, se realiza aspiración de las operaciones de mezclado, molienda y envasado. Cuando las características de la operación lo permiten, o en caso de vertidos de sustancias sólidas, etc., también se aplican aceites humectantes para evitar la dispersión del polvo. Se utilizan diferentes variedades de aceite de parafina como sustancia humectante “atrapa-polvo” que se pulveriza en los nautas y mezcladores con proporciones de 1 a 1,5 % en peso de producto seco, de forma que se reduce la formación de polvo y por lo tanto también de atmósfera explosiva.

Los secadores agitados operan en estricto vacío, que permite eliminar casi totalmente el aire del interior del equipo de forma que es muy poco probable la formación de atmósfera explosiva. Cuando el equipo rompe el vacío durante la descarga se inertiza el interior del equipo mediante N_2 para evitar la entrada de aire.

Los molinos también se encuentran inertizados en atmósfera de nitrógeno, de forma que se impide la presencia de aire, comburente para la explosión del polvo, durante la operación. La carga del molino también se realiza mediante el desplazamiento del sólido por nitrógeno gas.

Previa a cualquier operación de mantenimiento o reparación de las partes de instalaciones, se realiza inertización con N_2 .

F.1.1.2. Diseño de equipos de proceso

En condiciones normales de proceso los equipos que contienen materias susceptibles de originar atmósferas explosivas se mantienen cerrados, y están contruidos mediante materiales incombustibles.

Reactores: tinas y calderas.- En funcionamiento normal las calderas funcionan como recipientes cerrados, pero las tinas operan como recipientes abiertos: la boca de carga se



mantiene cerrada pero con una apertura constantemente abierta, que permite la recogida de muestras durante la reacción.

Tal y como ya se ha comentado anteriormente, los gases nitrosos generados en estos equipos no son susceptibles de generar atmósfera explosiva y además, la reducida concentración en que se producen las emisiones, permiten mantener el interior de los aparatos por debajo del LII. Durante la operación normal, la formación de la atmósfera explosiva de naturaleza gas o vapor será poco probable y, de formarse, contará con escasa duración (diluida por las corrientes de ventilación).

Secadores agitados a vacío.- Equipos que cuentan con un sistema de control de temperatura y presión automático, y que operan en estricto vacío: permite eliminar casi totalmente el aire del interior del equipo de forma que es muy poco probable la formación de atmósfera explosiva y, de formarse ésta estará en concentraciones superiores al LSI. Estas medidas de seguridad son también extensibles para la descarga, cuando el equipo rompe el vacío, momento en que se inertiza el interior mediante nitrógeno, para evitar la entrada de aire.

Estas condiciones técnicas permiten elevar el nivel de seguridad, de forma que se trata del tipo de secado que ofrece mayor seguridad de operación, de entre los que se disponen en la planta. Por este motivo, únicamente en los Venouleth se secan los productos que están catalogados como más inflamables.

Secador spin-flash.- Como medida de seguridad contra explosiones, el aire de salida de la cámara de secado es conducido hacia un grupo formado por ciclón y filtro de mangas, que retienen las partículas que el aire pudiera arrastrar, antes de liberarlo al exterior.

El transporte del producto sólido a la salida del secado se realiza por desplazamiento mediante nitrógeno. En la descarga, la medida de seguridad se encuentra en la tolva báscula, que se encuentra instalada a la salida del secador: se utiliza para graduar la salida del secador y pesar cargas de 80 kg, que luego son descargadas hacia los silos de almacenamiento y al mezclador. Esta pequeña tolva cuenta con un sistema de detección de humos, de forma que si detecta que desde el secador se obtiene el producto acompañado de humo, detiene la alimentación del mismo a los silos de almacenamiento, evitando de este modo que progrese el posible incendio.

También existen válvulas de seguridad para posibilitar la descarga de sobrepresiones a lugar seguro y una red de agua para inundación del equipo en caso de emergencia; el sistema de inundación es de activación manual por parte del operario.



Secador atomizador.- Debido a la posible formación de atmósfera explosiva por la utilización de aire caliente como medio de secado, este tipo de secado se utiliza únicamente para los colorantes que no presentan características inflamables muy estrictas.

El secador se encuentra instalado en un pabellón independiente, separado de cualquier otra instalación, para garantizar las condiciones seguras en caso de emergencia. Como medida de protección contra incendios, el secador cuenta con la posibilidad de inundación interior mediante dos redes de alimentación de agua:

- a) La propia red contra-incendios.
- b) Mediante la alimentación de agua floculada, que se envía al lavador de gases, situado en la parte superior de la cámara de secado.

Molinos.- Como medida de seguridad contra explosiones el molino se encuentra inertizado en atmósfera de nitrógeno de forma que se impide la presencia de aire, comburente para la explosión del polvo; la carga del molino también se realiza mediante el desplazamiento del sólido por nitrógeno gas.

Generalmente la descarga de los molinos se realiza sobre depósitos báscula, que permiten medir la cantidad de colorante para su posterior mezclado o envasado. Como medida de seguridad, cuando se esté moliendo un colorante catalogado como “especialmente inflamable”, éste se vacía a bidón en lugar de utilizar la báscula, de forma que se controla más específicamente la salida del molino por parte del operario responsable.

Este protocolo de operación también permite la activación del sistema de inundación, en caso de incendiarse el colorante que se recibe en el bidón. En caso de producirse una emergencia de este tipo, se puede realizar la inundación de agua en cascada desde el molino al bidón, e inundación del propio bidón, caso de que el incendio no provenga del molino y únicamente afecte a la carga del bidón.

Mezclado (nautas y mezcladores) y envasado.- A la salida del mezclado se realiza el envasado; para ello se realiza aspiración de recogida del polvo que pueda levantarse y el gas es conducido a la terraza del edificio, donde es pasado por un filtro de mangas, para retener las partículas sólidas que pueda contener, antes de su vertido a la atmósfera.

También cabe la posibilidad de inertización de nautas y mezcladores, en caso de detectarse una situación de elevación de temperatura, de forma que se desplazaría el oxígeno del aire contenido, por una atmósfera inerte.

Finalmente, debe comentarse que se utilizan diferentes variedades de aceite de parafina como sustancia humectante “atrapa-polvo” en los equipos de mezclado: el aceite se



pulveriza en los Nautas y mezcladores, con proporciones de 1 a 1,5 % en peso de producto seco, de forma que se reduce la formación de polvo disperso, y por lo tanto también la probabilidad de formación de nube explosiva.

F.1.1.3. Clasificación de emplazamientos peligrosos

Tal y como ya se ha mencionado, se dispone de los planos de clasificación de áreas y lista de fuentes de escape de la unidad (véase apartado E.1).

En la planta, se instalará la señalización adecuada, en función de la clasificación de cada zona, para informar al personal y evitar fuentes de ignición (prohibición de uso de teléfonos móviles, fumar, “zona peligrosa”, etc.).

F.1.1.4. Diseño de equipos y sistemas

Sistema eléctrico.- Los equipos eléctricos de potencia, localizados en zonas clasificadas, se diseñaron de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión vigente en el momento de su instalación.

En el documento de clasificación de zonas (lista de fuentes de escape, Anexo 2) se relacionan los equipos eléctricos instalados en zonas clasificadas como 0, 1, 20 y 21, y se describen sus características más destacables en materia de protección contra explosiones: tipo de zona donde está situado, clase térmica y grupo de gas.

Las características de protección para cada uno de los equipos se encuentran especificadas en la hoja de máquina respectiva, proporcionada por el suministrador.

Red equipotencial.- Todas las instalaciones y equipos de potencia de la planta disponen de conexión a la red de tierras.

Sistema de instrumentación.- Los instrumentos eléctricos localizados en zonas clasificadas se diseñaron según lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión vigente.

En los proyectos eléctricos se incluyen los niveles de protección para los diferentes instrumentos de control utilizados; estos parámetros son indicados en los respectivos documentos de certificación de idoneidad emitidos por cada fabricante y adjuntados al mismo proyecto.

Idoneidad.- Todas las instalaciones eléctricas (de potencia y de instrumentación) cuentan con el certificado de dirección de obra, emitido por el técnico competente. Este documento



certifica la idoneidad de la instalación y sus partes con lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.E.B.T.) vigente en el momento de su realización.

Para las referencias de los proyectos eléctricos, certificados de dirección de obra y certificados de idoneidad, véase el apartado F.2.1.

F.1.2. Medidas de protección

Las medidas de protección se aplican para evitar la propagación de las explosiones, asegurando que todo escape o liberación de gases, vapores o nieblas inflamables y polvos combustibles, sea desviado o evacuado a un lugar seguro.

La experiencia de la planta se remonta al año 65, momento de su implantación y en todo este tiempo de funcionamiento, la manipulación de sustancias susceptibles de la formación de atmósfera explosiva ha estado presente en el proceso, sin registrarse ninguna explosión y quedando reducidos los accidentes a episodios de incendio controlado.

Por tanto, según las condiciones de diseño de la unidad que se han expuesto anteriormente y los protocolos de operación, se puede garantizar un elevado nivel de seguridad. Sin embargo, en el apartado E.4 se ha comprobado que el riesgo de formación y deflagración de mezclas explosivas es elevado y se ha requerido la adopción de medidas de protección adicionales.

A continuación se enumeran las medidas de protección más destacables referentes al diseño de los equipos.

F.1.2.1. Secador spin-flash

El filtro de mangas al que se conduce el aire obtenido del ciclón para la eliminación de partículas sólidas finas, cuenta con dos discos de ruptura que, en caso de presurización, descargarían la atmósfera contenida al exterior del pabellón.

También existen válvulas de seguridad para posibilitar la descarga de sobrepresiones a lugar seguro (conducidas a la terraza del edificio).

F.1.2.2. Red de aspiración

Como medida de seguridad para evitar atmósferas explosivas y debido a la confluencia de vapores y polvos de variada naturaleza, en la planta se cuenta con tres sistemas de aspiración diferentes:



- 1) *Aspirador general de gases* (ó aspirador de “gases blancos”): succiona los vapores producidos en calderas durante la síntesis.

Normalmente las calderas se utilizan para reacciones de copulación y en muy pocas ocasiones para reacciones de diazotación, de forma que no es probable la emisión de gases nitrosos. De las calderas se emiten los denominados "gases blancos", compuestos principalmente de vapor de agua y gases amoniacales, que no son inflamables y no aportan riesgo de explosión.

- 2) *Aspirador de gases nitrosos* (ó aspirador de “gases rojos”), extrae los gases de tinas cuando éstos son de naturaleza nitrosa.

Los gases nitrosos no son inflamables y no aportan riesgo de explosión. Adicionalmente, las mediciones realizadas en el entorno de tinas (recipientes abiertos) durante las reacciones de diazotación (responsables de la emisión de gases nitrosos) aportan resultados inferiores a los 10 ppm en todos los casos de forma que se garantiza el mantenimiento por debajo del LII en funcionamiento normal.

- 3) *Aspirador y lavador general de moliendas y envasados*; aspira el polvo producido al inicio de las moliendas, de la corriente de aire procedente del secador spin-flash, durante las operaciones de envasado y el que pasa a través del filtro de mangas del mezclador.

Se generará atmósfera explosiva en el interior del conducto de aspiración y posteriores filtros, pero se controlará la ignición mediante el mantenimiento de las condiciones térmicas y evitando las fuentes de ignición. La aspiración es una medida de seguridad para evitar que la atmósfera pulverulenta esté presente en otros equipos o en el exterior de los mismos.

Los aspiradores de gases blancos o rojos son alternativos de forma que en una tina se aplica uno u otro de forma manual por parte del operario encargado de la operación y según el tipo de reacción que se esté realizando.

En momentos puntuales, los gases blancos y nitrosos pueden contener pequeñas cantidades de sólidos inflamables, que hayan sido arrastrados de las operaciones de carga de materias primas; estos son casos excepcionales y la cantidad de sustancia inflamable será poco significativa (manteniéndose por debajo de la CME).

F.1.2.3. Desaireadores

Existen instalaciones de desaireación, para conducción de la atmósfera explosiva que pueda existir en el interior de los equipos siguientes:



- a) Secadero atomizador
- b) Secadero spin-flash
- c) Nautas
- d) Silos de almacenamiento / envasado

Esta instalación conduce los gases extraídos de los desaireadores, hacia un filtro bolsa que recoge las partículas de 1 a 5 μm que han sido arrastradas por las corrientes de desaireación, y emite los gases a la atmósfera.

El secador atomizador cuenta con su propia instalación, compuesta por un scrubber para el lavado de la corriente gaseosa, con cortina de agua y un ventilador de aspiración local, que se utiliza en momentos puntuales, en los diferentes puntos donde se prevé la acumulación de polvo; el ventilador conduce el gas a un filtro bolsa, para la retención de partículas sólidas.

Los desaireadores que provienen del secadero spin-flash, de los Nautas y de los silos de almacenamiento y envasado son conducidos al lavador general de molindas y envasados.

F.1.3. Disposiciones para las medidas de emergencia

El sistema de control de la unidad dispone de un sistema de parada de emergencia, que permite llevar la planta a situación segura en caso de necesidad.

Los equipos de la instalación funcionan en régimen discontinuo, de planta multiproducto, de forma que se alternan los seis grupos de reacción que configuran el área de síntesis, para garantizar tiempos cortos entre las alimentaciones de producto a las áreas de mezcla, molienda y envasado y secador atomizador. La parada segura se establece mediante la parada de la entrada de productos de reacción desde el área de síntesis, así como el mantenimiento de las condiciones de presión y temperatura.

Cuando se realiza una parada (sea de emergencia o para mantenimiento), el sistema de control activa la inertización, mediante N_2 , de aquellos equipos donde deba asegurarse que no se producirá la entrada de aire. Es el caso de los secadores a vacío y los molinos, que normalmente operan en atmósfera inerte y que, al producirse una parada y enfriamiento posterior, deberán compensar la depresión mediante una mayor introducción de gas nitrógeno.

Los secadores spin-flash y atomizador cuentan con sistema automatizado de control de presión y temperatura de forma que, en caso de detectarse una situación de emergencia,



se encuentran preparados para aplicar una parada segura: se interrumpiría la alimentación de producto a secar y se cerraría automáticamente la entrada de aire caliente así como la fuente de calor (alimentación de gas al quemador).

Como ya se ha expuesto anteriormente, también existe la posibilidad de inertización con N₂ de nautas y mezcladores, en caso de detectarse una situación de elevación de temperatura, de forma que se desplazaría el oxígeno del aire contenido por una atmósfera inerte.

Finalmente debe comentarse que, por parte de los operarios responsables de cada equipo y según los protocolos de funcionamiento, se realizan operaciones de lavado con agua desde mangueras, en el exterior de los equipos y con periodicidades diarias; estas operaciones son más estrictas en las zonas donde los equipos son abiertos y la dispersión de polvo produciría acumulaciones que podrían generar atmósferas explosivas.

F.1.4. Sistemas de detección, medición y mando para la protección y prevención contra explosiones

La unidad dispone de las siguientes medidas:

F.1.4.1. Sistemas de alerta

En lo referente a las operaciones de proceso, no se cuenta con sistemas específicos de detección y alerta automatizados. La detección de situaciones de emergencia se realiza por parte del personal responsable de la instalación, mediante inspecciones de control visual o por detección de parámetros de presión y temperatura en el cuadro de control de los equipos que cuenten con control automatizado (secadores spin-flash y atomizador).

De forma general, respecto a la organización de la planta, cabe destacar los siguientes sistemas de alerta:

Detectores de “hombre al suelo”.- Se trata de emisores de uso personal que detectan la caída de la persona que los utiliza y emiten una señal de radiofrecuencia que es transmitida y notificada al el panel central situado en la portería.

El uso de equipos de detección “hombre al suelo” es obligatorio para todo el personal que ejerza sus funciones en un lugar de trabajo con riesgo de toxicidad (nitrosos, sulfurosos en plantas de tratamiento de aguas, etc.).

Se cuenta con tres receptores buscapersonas (ver apartado E.2.8) de forma que en caso de caída, una alarma se activará en el panel de control, situado en la portería del complejo; desde allí se comunicará al responsable del área donde se ha registrado la caída para su



comprobación e iniciación de las medidas necesarias en caso de registrarse un accidente (evacuación de la zona, tratamiento adecuado al herido, etc.).

F.1.4.2. Sistemas de control de procesos y enclavamientos

En algunas de las instalaciones de la unidad se dispone de sistema de control de procesos mediante PLC, centralizado en el cuadro de control, situado en las respectivas cabinas.

A continuación se relacionan los equipos que presentan sistemas de control más significativos en materia de explosiones:

Secadores agitador a vacío.- Equipos que cuentan con un sistema de control de temperatura y presión automático de forma que se garantiza la operación segura en todo momento, considerando el estricto vacío que se utiliza durante el funcionamiento.

Estas condiciones técnicas permiten elevar el nivel de seguridad, de forma que se trata del secador que ofrece mayor seguridad de operación.

Secador spin-flash.- La instalación cuenta con sistema automatizado de control de presión y temperatura de forma que, en caso de detectarse una situación de emergencia, o elevación de temperatura, se encuentra preparado para aplicar una parada segura.

Secador atomizador.- Las medidas de seguridad del equipo se basan en un estricto control de temperatura de salida de gases, de forma que en caso de detectarse un ascenso de la misma, se corta la fuente de alimentación de calor y de aire.

Tanto el spin-flash como el atomizador son secadores en los que se cuenta con una nube de polvo orgánico (producto) y aire caliente (agente de secado), de forma que existe peligro efectivo de formación de atmósfera explosiva en la cámara de secado. El control de estas operaciones se realiza de forma automatizada, enclavando el valor de temperatura, de forma que, si el sistema supera un determinado valor de seguridad, el sistema de control parará inmediatamente la instalación de secado, interrumpiendo la circulación del aire caliente y la alimentación de gas al quemador.

El panel de control del spin-flash se encuentra emplazado en un cuarto independiente, situado en la tercera planta del edificio y separado del resto de la instalación mediante cerramientos de obra. Para la instalación del secador atomizador, la centralización del control se realiza desde la cabina situada en la planta de elevación 107.



F.1.4.3. Sistema de fuego y gas

Excepto en los puntos que por su peligrosidad han requerido de la instalación de sistemas localizados de aspersión de agua (almacenamiento de disolventes de estabilización), la instalación contra-incendios del complejo está compuesta de bocas de incendio equipadas (en adelante simplemente BIE), iluminación de emergencia, pulsadores de alarma y extintores de accionamiento manual distribuidos por toda la instalación y debidamente señalizados mediante paneles y luminaria de emergencia.

De forma concreta y adicionalmente, se instalarán detectores iónicos de humos en los cuartos donde se emplacen centros de control de motores, PLC de control y cuadros eléctricos. En caso de incendio, tanto los detectores de humos como los pulsadores manuales de alarma envían una señal acústica y luminosa a la centralita, situada en la cabina de portería del complejo industrial. Desde este punto se iniciará cualquier acción que de la señal de alarma se derive, siempre de forma coordinada con los responsables de área y equipos de emergencia.

F.1.4.4. Sistema de alarma

Se dispone de un sistema de alarma general de forma que, en caso de parada de emergencia de la instalación y requerimiento de evacuación (parcial o total), el sistema de alarma se activaría según la codificación asignada al tipo de emergencia producida, tal y como se describe en la Tabla F.1.

Con tal de garantizar el mantenimiento del sistema de alarma, se realizan pruebas normalizadas con periodicidad semanal. Para evitar la interpretación errónea de las señales acústicas de prueba, el personal de fábrica se encontrará debidamente informado de su realización y las pruebas evitarán la reproducción de cualquiera de los señales de alarma codificados en la Tabla F.1.



Tipología de alarma	Características del accidente	Señal de alarma
Alarma VERDE	El incendio o accidente puede ser controlado y eliminado por el personal del puesto de trabajo.	No sonarán sirenas
Alarma AMARILLA	El incendio o accidente no puede ser controlado por el personal del puesto de trabajo y se requiere la intervención de los bomberos de fábrica. Se procede a la evacuación del pabellón afectado.	Sonidos discontinuos de las sirenas
Alarma ROJA	El incendio o accidente puede afectar a varios pabellones. Máxima peligrosidad. Evacuación del complejo mediante los puntos de reunión debidamente habilitados.	Sonido continuo de las sirenas
Fin de la emergencia		Tres sonidos de sirena de 30 segundos a intervalos de 15 segundos.

Tabla F.1 Codificación del sistema de alarma

F.1.4.5. Sistemas de detección y extinción de incendios en subestaciones eléctricas y salas de control

Tal y como ya se ha mencionado, no todos los equipos de la unidad son controlados desde paneles ya que de forma general, la automatización es muy reducida; en los casos en que existan paneles de control, éstos se encuentran situados dentro de un armario metálico o cabina, especialmente habilitados para tal efecto.

En estos casos, las órdenes lanzadas desde el panel son gestionadas por un PLC o cuadro de control (CC), generalmente emplazado en el mismo cuarto o cabina. Cada uno de los cuadros se encuentra encerrado en un armario metálico independiente. En la sala o cabina donde se encuentren los PLC y CC, se cuenta con detectores iónicos de humos, que emiten una señal de alarma a la centralita, situada en portería.



Para los equipos que no cuentan con sistema de control centralizado, los cuadros de control y cuadros eléctricos se distribuyen por todo el pabellón de colorantes. En estos casos, los cuadros se protegen mediante envolvente metálica de recubrimiento (armario cerrado).

Situado en la planta baja del pabellón, colindante a los vestuarios, se encuentra emplazado el cuadro eléctrico general y transformador. Ambos están situados en un cuarto independiente, y separados entre sí, mediante cerramiento de obra y puerta metálica.

Para la instalación del secador atomizador, las órdenes del CC son ejecutadas en el cuarto de control de motores (CCM), situado en la planta baja del mismo pabellón, junto con el cuadro eléctrico. En el CCM se emplazan todas las conexiones e interruptores eléctricos que transmiten las órdenes de control; debido a la elevada probabilidad de presencia de ignición por chispa eléctrica, el CCM se encuentra totalmente cerrado mediante pared de obra, puerta metálica y armario metálico. En el cuarto del CCM se han instalado detectores iónicos de humos que emiten la señal de alarma a la central de portería.

También se cuenta con dispositivos de barrera de seguridad intrínseca para todos los instrumentos de control; éstas se encuentran instaladas en los CCM y cuadros de control.

En la planta baja del pabellón de colorantes existe una subestación eléctrica que se encuentra situada en un cuarto especialmente habilitado para su uso, con cerramientos de obra y puerta metálica. En su interior se cuenta con detectores iónicos de humos y sistemas de extinción de incendio, basados en extintores y bocas de incendio equipadas, debidamente señalizadas.



F.2. Medidas organizativas

El complejo industrial se encuentra sometido a las disposiciones de la normativa sobre prevención de accidentes graves (Normativa Seveso, Real Decreto 1254/1999 [26] y legislación concordante) y en consecuencia, dispone de:

- 1) **Política de Prevención de Accidentes Graves (PPAG).** Define el compromiso de la respecto a la prevención de accidentes graves.
- 2) **Sistema de Gestión de Seguridad (SGS).** Refleja los objetivos y principios de actuación generales establecidos por el industrial en relación con el control de los riesgos de accidentes graves, relativos a:
 - Organización y personal.
 - Identificación y evaluación de los riesgos de accidente grave.
 - Control de la explotación.
 - Adaptación a las modificaciones.
 - Planificación ante situaciones de emergencia.
 - Seguimiento de los objetivos fijados.
 - Auditoria y revisión.

El Sistema de Gestión de Seguridad (SGS) incluye la estructura organizativa general, así como las responsabilidades, los procedimientos, las prácticas y los recursos que permitan definir y aplicar la Política de Prevención de Accidentes Graves (PPAG). Asimismo, el SGS contempla los siguientes elementos:

- a) *Organización y personal:* Definición de funciones y responsabilidades del personal asociado a la prevención y gestión de riesgos de accidentes graves, en todos los niveles de organización. Definición de las necesidades formativas del citado personal, así como la organización de las actividades formativas y participación del personal.
- b) *Identificación y evaluación de los riesgos de accidentes graves:* Adopción y aplicación sistemática de procedimientos orientados a identificar los riesgos de accidentes graves y evaluar sus consecuencias.



- c) *Control de la explotación*: Adopción y aplicación de procedimientos e instrucciones dirigidas al funcionamiento en condiciones seguras, al mantenimiento de las instalaciones, procesos, equipos y paradas temporales.
- d) *Adaptación de las modificaciones*: Adopción y aplicación de procedimientos para los proyectos de las modificaciones que deban efectuarse en las instalaciones o zonas de almacenamiento existentes o para el diseño de una nueva instalación, proceso o zona de almacenamiento.
- e) *Planificación ante situaciones de emergencia*: Adopción y aplicación de procedimientos destinados a identificar las emergencias previsibles según un análisis sistemático, así como elaborar, comprobar y revisar los planes de emergencia.
- f) *Seguimiento de los objetivos fijados*: Adopción y aplicación de procedimientos encaminados a la evaluación permanente del cumplimiento de los objetivos fijados por el industrial en el marco de la política de prevención de accidentes graves y del sistema de gestión de seguridad, así como el desarrollo de mecanismos de investigación y de corrección en caso de incumplimiento. Los procedimientos deberán abarcar el sistema de notificación de accidentes graves en especial cuando se hayan producido fallos de las medidas de protección, y su investigación y seguimiento en base a las lecciones aprendidas.
- g) *Auditoria y revisión*: Adopción y aplicación de procedimientos para la evaluación periódica y sistemática de la PPAG y de la eficacia y adaptabilidad del SGS.

- 3) **Plan de Autoprotección (PAU)**. Define los recursos y procedimientos para hacer frente a situaciones de emergencia.

A continuación se describe la implantación de las citadas medidas organizativas de seguridad en la planta.

F.2.1. Construcción, comisionados y pruebas preoperacionales

Las instalaciones de la planta cuentan con las correspondientes autorizaciones de puesta en marcha; asimismo, todos los equipos y sistemas sometidos a reglamentos de seguridad (aparatos a presión, sistema eléctrico de baja tensión, sistema eléctrico de alta tensión, aparatos elevadores, instalaciones frigoríficas, etc.) se encuentran debidamente legalizados y se someten a las preceptivas revisiones periódicas.



Todo ello queda certificado mediante los dictámenes de seguridad que se efectúan anualmente en cumplimiento de la normativa sobre prevención de accidentes graves: se cuenta con un plan de auditorias que contemplan la revisión anual del SGS y, como parte integrante del mismo, de los documentos acreditativos de la seguridad en la construcción de equipos y sistemas.

Por su interés en materia de seguridad contra explosiones cabe citar de forma específica:

Autorización de puesta en marcha.- La unidad cuenta con autorización de puesta en servicio de la instalación de baja tensión, por parte de la Junta de Andalucía mediante la resolución del órgano competente (Oficina Territorial de Huelva), que se materializa en el documento emitido en 11 de setiembre de 2002, con registro de salida 3869.

Proyecto eléctrico y dirección facultativa.- El proyecto eléctrico de baja tensión de esta parte de la unidad fue redactado por el técnico competente Manuel Azaña Díaz (Colegiado número 666), y visado por el del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Andalucía Occidental con registro 011369 y fecha 18 de julio de 2000. La dirección facultativa corrió a cargo del mismo técnico.

Construcción.- El instalador autorizado que realizó la instalación fue Emiliano Zapata (número de instalador 70-1344-IBT) y la empresa instaladora Ejecución de Zanjas, Lindes y otros Negocios, S.L. (número 60-4086-EBT).

F.2.2. Operación

F.2.2.1. Procedimientos de fabricación e instrucciones técnicas

Los procesos de la planta disponen de manuales y procedimientos de operación, que permiten estandarizar las actividades que se realizan en el desarrollo de cada proceso de fabricación y establecer unos parámetros normalizados de operación en condiciones de seguridad. Los manuales y procedimientos de fabricación incluyen:

- a) Operación en condiciones normales.
- b) Operación en situaciones especiales.
- c) Puesta en marcha.
- d) Parada normal y de emergencia.



En el sistema de gestión documental, los manuales y procedimientos de fabricación se materializan en los denominados Procedimientos de Fabricación (en adelante simplemente PF), que a su vez son completados y reforzados mediante Instrucciones Técnicas (IT).

F.2.2.2. Equipos de Protección Individual

En el interior del complejo es obligatorio el uso de los siguientes equipos de protección individual (en adelante simplemente EPI):

- a) Botas de seguridad.
- b) Casco de seguridad.
- c) Gafas de seguridad.
- d) Prendas de trabajo.

Existen zonas o trabajos específicos en los que se obliga el uso de equipos de protección concretos; es el caso del uso de los detectores de gases nitrosos, cuya aplicación es obligatoria en la terraza del edificio (lavadores de gases). En estos casos se indica mediante señalización correspondiente y en las sesiones formativas del personal.

Según la LPRL [19], todos los EPI que se utilizan cuentan con la pertinente homologación y su suministro y utilización por parte de los trabajadores es responsabilidad de sus respectivas empresas. De este modo, los trabajadores que estén desarrollando actividades por cuenta de empresas exteriores en el interior de la planta, cuentan con los EPI que les han librado sus propias empresas.

Es excepción cuando los EPI son de uso por riesgos específicos de la propia instalación donde se desarrollarán el trabajo: en este caso EXPLOTASA se encarga de su suministro; ejemplos son las prendas de protección química o los quipos de respiración asistida.

Los EPI que se facilitan a cualquier trabajador se registran documentalmente, dejando constancia de su recepción en el registro documental del Departamento de Seguridad.

F.2.2.3. Equipos de actuación en caso de incendio

El SGS y la PPAG determinan la organización de todos los trabajadores del complejo en caso de emergencia. Con tal de dotar de los medios de actuación necesarios en caso de conato de emergencia, en el complejo se cuenta con un edificio especialmente habilitado para albergar los medios necesarios que deben permitir la actuación del equipo de extinción de incendios.



El cuerpo de bomberos se encuentra formado por empleados pertenecientes a las diferentes áreas de la fábrica y distribuidos equitativamente en todos los turnos de trabajo. Desde el Departamento de Seguridad se proporcionan, con periodicidad semanal, sesiones formativas para el personal que integre el cuerpo de bomberos, además de las sesiones abiertas a todo el personal, de más dilatada periodicidad.

F.2.2.4. Emergencia operativa

Aquellas emergencias que pueden suceder en las condiciones de proceso o *emergencias operativas* quedan reguladas por un procedimiento de seguridad específico, incluido en el SGS. En virtud de lo establecido en el mencionado procedimiento, se realizan simulacros periódicos de emergencias operativas con los operarios de turno que están en contacto con la instalación; el Departamento de Seguridad se encarga de la coordinación de los mencionados simulacros. Debido a las exigencias productivas de la instalación, los simulacros deben ser programados en función del planning productivo.

F.2.3. Mantenimiento

F.2.3.1. Aspectos técnicos de los equipos

Todas las unidades del complejo industrial disponen de manuales y procedimientos de mantenimiento, que incluyen:

- a) Manuales de mantenimiento de los equipos.
- b) Manuales de reparación.
- c) Procedimiento de tramitación de permisos de trabajo (ver apartado F.2.5.2).
- d) Norma de exigencias a contratistas.
- e) Características generales de las herramientas de trabajo.
- f) Regulación de la utilización de equipos de trabajo móviles en las áreas de riesgo.

F.2.3.2. Estructura y funcionamiento del Departamento

La actividad de mantenimiento en el complejo industrial se coordina por parte del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, pero se desarrolla por el propio departamento y empresas subcontratadas.

De forma promediada, el personal que se estima dedicado a tareas de mantenimiento en el interior del complejo puede componerse según lo indicado en la Tabla F.2.



Personal perteneciente al propio departamento:	
Jefe de mantenimiento	1
Mantenimiento preventivo, inspección y administración	4
Jefes y supervisores de taller	2
Oficiales de mantenimiento	3

Personal perteneciente a empresas exteriores, que desarrollen tareas subcontratadas en el interior del complejo (promedio)	37
--	----

Tabla F.2 Personal dedicado a actividades de mantenimiento

F.2.3.3. Circuito de la Orden de Trabajo

Por tratarse de actividades de servicio al complejo industrial, el departamento organiza sus tareas mediante el documento Orden de Trabajo y la gestión documental asociada se realiza a través de la intranet de la planta. Las fases de ejecución de una Orden de Trabajo son:

- 1) Preparación
- 2) Ejecución
- 3) Supervisión

Todas las fases se realizan por parte del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento y configuran el denominado *Circuito de la Orden de Trabajo*, que se describe a continuación.



1) Lanzamiento del aviso de mantenimiento

Las acciones del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento pueden estar motivadas por dos posibles inicios:

- 1) *Aviso de mantenimiento*. Se trata de una solicitud de mantenimiento que se realiza por parte de alguna de las áreas de producción u otros departamentos del complejo como consecuencia de alguna avería, mejora o detección de funcionamientos inadecuados que puedan conllevar una avería.
- 2) *Mantenimiento preventivo*. Son mantenimientos programados con previsión y que se realizan de forma periódica.

El *aviso de mantenimiento* se realiza relacionándolo con un determinado equipo o ubicación técnica (instalación o parte de instalación) que representa el objeto de la actividad solicitada, y se transmite al departamento de mantenimiento mediante el módulo informático de acceso desde la intranet.

A partir de la base de datos, el software informa de los riesgos asociados a las sustancias o equipos implicados en el aviso de mantenimiento, de forma que se permite establecer una previsión inicial de las precauciones que se deberán tomar durante el desarrollo de la actividad de mantenimiento.

En el aviso de mantenimiento también debe definirse la prioridad que se requiere para la actividad solicitada según la codificación descrita en la Tabla F.3.

Código	Prioridad requerida
0	Intervención inmediata
A	Intervención urgente, a realizar en un periodo inferior a las 72 h del lanzamiento del aviso de mantenimiento
B	Intervención a realizar cuando sea posible
C	Intervención a realizar durante el transcurso de la próxima parada prevista

Tabla F.3 Establecimiento de códigos de prioridad para las actividades de mantenimiento solicitadas mediante aviso de mantenimiento

En lo que se refiere al mantenimiento preventivo, se planifica con previsión la fecha de inicio y la frecuencia con la que deben realizarse las actividades de mantenimiento. En este



caso los avisos de mantenimiento son emitidos por el propio sistema informático, según la frecuencia que se haya establecido.

2) Redacción de la Orden de Trabajo

El aviso de mantenimiento anteriormente citado es un documento lanzado por parte del área de producción que solicita la actividad de mantenimiento y ofrece información útil pero no suficiente para el desarrollo de la actividad solicitada. Por este motivo el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento emite la *Orden de Trabajo*, que se trata de un documento que amplía la información en lo referente al stock de recambios disponible, operarios de mantenimiento asignados según especialidades involucradas, etc.

La orden se emite desde el mismo módulo informático y se transmite a todos los responsables relacionados con la actividad que va a desarrollarse.

3) Solicitud del Permiso de Trabajo

Los *Permisos de Trabajo* se utilizan para todas las Órdenes de Trabajo de mantenimiento. En función del tipo de trabajo a realizar y la zona donde realizarlo se solicita un determinado tipo de permiso (trabajos en caliente, en recintos confinados o varios con riesgo; véase la información referente a los permisos de trabajo, expuesta en el apartado F.2.5.2), siendo el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento el *solicitante* del permiso y el responsable del área donde se realizará el mantenimiento, actúa como el *autorizante* de la ejecución de trabajo.

En la realización de los permisos de trabajo, el solicitante propone las medidas de protección y prevención requeridas para el desarrollo de los trabajos, pero es el autorizante quién las determina y comprueba su cumplimiento de forma previa y posterior a la realización de los trabajos. De esta forma, los permisos de trabajo deben ser cerrados en el momento de finalizar la actividad autorizada, comprobando que se han realizado de forma adecuada y se restablecen las condiciones operacionales y de seguridad previas a la realización de los trabajos.

Con tal de prevenir la exposición a atmósferas explosivas, se intenta minimizar la realización en campo de trabajos en caliente de alta energía: uso de equipos de soldadura, corte con herramientas radiales, trabajos a llama abierta, etc. Cuando sea posible, estos trabajos se realizan en el taller de mantenimiento, quedando para su realización en planta los mínimos trabajos posibles de forma que se intenta reducir la coincidencia de la atmósfera explosiva con su posible fuente de ignición.



F.2.3.4. Paradas productivas

La planta realiza una única parada anual en agosto, con una duración entre 15 y 21 días. Durante esta paradas suelen realizarse las actividades de mantenimiento que requieren de parada total o parcial de la instalación pero que cuentan con una prioridad C (véase descripción de códigos de prioridad en Tabla F.3).

F.2.3.5. Procedimientos de trabajo o intervención

Los Procedimientos de Trabajo o Procedimientos de Intervención (en lo sucesivo simplemente PT) son la descripción de algunos trabajos específicos que se realizan o pueden realizarse por parte del Departamento de Mantenimiento o una empresa exterior coordinada por el propio departamento y que, por su naturaleza y características de peligrosidad, deben realizarse de forma muy pautada y controlada. A pesar que la mayoría de PT son referentes a trabajos específicos, equipos o instalaciones determinados, también se cuenta con PT de carácter general, aplicables a todo el complejo o a toda actividad de mantenimiento.

Los PT son de obligado cumplimiento y configuran un manual de reparación, indispensable para estandarizar las acciones emprendidas por parte del Departamento de Mantenimiento y las empresas exteriores, contratadas para realizar la actividad de mantenimiento. El objetivo de los PT es garantizar que los trabajos se realizan mediante acciones seguras y siguiendo un desarrollo de la propia actividad de mantenimiento que evite los máximos riesgos posibles. La información facilitada por los PT debe ser completada mediante los manuales de mantenimiento, editados por los fabricantes y propios de cada equipo o instalación.

F.2.3.6. Gestión del cambio

El SGS del complejo dispone de procedimientos específicos para la gestión del cambio y modificaciones en la planta (ver apartado F.2.4).

F.2.3.7. Gestión de repuestos

Tal y como se ha descrito en el apartado F.2.3.3, la conservación y manipulación de repuestos se encuentra gestionada por el módulo informático, a través de la Orden de Trabajo emitida por el Departamento de Mantenimiento e Ingeniería y el control de stocks en almacén.



F.2.4. Seguridad

La actividad industrial se realiza dentro de los principios determinados en la política de Medio Ambiente y Seguridad de EXPLOTASA. Además, existen normas referentes al plan de seguridad, relacionadas en la Tabla F.4.

Numeración	Descripción
1	Sustancias: fichas de seguridad.
2	Entrada a recintos confinados.
3	Comunicación, investigación y registro de accidentes.
4	Gestión de permisos de trabajo.
5	Equipos de protección Individual (EPI).
6	Elementos de protección personal (EPP).
7	Análisis de riesgos en nuevos proyectos y en modificaciones.
8	Redes de agua contra incendios. Condiciones generales básicas.
9	Fuera de servicio temporal de protecciones de seguridad.
10	Prácticas de simulación de emergencias.
11	Gestión de cambios y modificaciones en planta.
12	Requisitos de seguridad en actuaciones con contratistas.
13	Acciones de seguridad en la ejecución de obras de contratistas.
14	Instalaciones fijas de prevención contra incendios.
15	Utilización de instalaciones eléctricas provisionales.

Tabla F.4 Normativa de EXPLOTASA referente al plan de seguridad



F.2.4.1. Sistema de Gestión de Seguridad

El SGS se encuentra formado por cuatro tipos de documentos diferentes, que definen su estructura:

- 1) **Política de Seguridad y Medio Ambiente (PSMA)**. Como se ha mencionado en el apartado anterior, EXPLOTASA cuenta con una política de Seguridad y Medio Ambiente.
- 2) **Manual de Seguridad (MS)**
- 3) **Procedimientos de Seguridad (PS)** . Permiten articular la aplicación de los principios expuestos en el Manual de Seguridad.
- 4) **Instrucciones de Trabajo de Seguridad (ITS)**. Son instrucciones destinadas a asegurar la realización de los trabajos de forma segura, respetando los principios expuestos en el MS.

También existen los **Procedimientos Unificados (PU)**, que son procedimientos con competencias de incidencia en materia de seguridad, calidad y medio ambiente. Por su especificidad, estos documentos son de aplicación mucho más reducida que los anteriormente citados.

Los citados documentos se encuentran incluidos en el **Estudio de Seguridad**, almacenado y gestionado por parte del Departamento de Seguridad, y accesible desde cualquier terminal conectado a la red informática del complejo.

F.2.4.2. Documento de evaluación de riesgos

En cumplimiento de la LPRL [19], el Departamento de Seguridad ha elaborado y mantiene actualizado un documento que recopila todos los riesgos a los que se expone un determinado trabajador, según el puesto de trabajo que ocupe. El documento se denomina **Evaluación de Riesgos** y configura una completa base de datos en la que se recopilan todos los puestos de trabajo previstos en la planta.

Por parte del Departamento de Seguridad se realizan revisiones periódicas planificadas (anualmente) del mencionado documento.



F.2.4.3. Pactos de ayuda mutua

Se concertó un pacto de ayuda mutua con las empresas colindantes al complejo propiedad de EXPLOTASA, para permitir la cooperación en los casos de accidentes importantes, en los que se viesan involucradas sustancias o productos de los considerados como peligrosos.

Con periodicidad anual se realizan reuniones entre los responsables de cada uno de los establecimientos implicados, para garantizar la actualización de todas aquellas acciones que del pacto se deriven. También se dispone de un plan de simulacros de emergencias conjuntas (periodicidad bienal).

F.2.4.4. Control de accesos

Para una gestión correcta de la seguridad en el complejo es preciso establecer un control estricto de todo el personal que se encuentra presente en el complejo, sobretodo en lo que se refiere a personal perteneciente a empresas exteriores que, en caso de emergencia, pueden acarrear con más dificultades a la hora de definir su comportamiento seguro y precisar de control de sus actuaciones por parte del personal interno, más conocedor del procedimiento en caso de emergencia.

El acceso al interior del complejo sólo puede realizarse por el único punto de entrada y salida, desde la carretera. En este punto se encuentra la caseta del vigilante, quién establece un estricto registro del personal que acude al centro en motivo de visita o para desarrollar una actividad con duración temporal definida.

Para el personal de fábrica, el control se establece mediante un registro electrónico de control de presencia, basado en la lectura de un código digital (mediante una tarjeta con banda magnética) identificador del trabajador; la lectura se realiza tanto a la entrada como a la salida del complejo, mediante un lector de tarjetas que se ha dispuesto en la caseta de vigilancia.

F.2.4.5. Recursos humanos

El SGS cuenta con procedimientos y registros de formación e información de los trabajadores, tanto propios como ajenos.

Dentro de este marco, se realiza un plan de acogida destinado a trabajadores de nueva incorporación o que han sido cambiados de puesto de trabajo; el plan incluye un programa de formación e información que se imparte por el Departamento de Seguridad.



Por parte del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento se imparte un curso informativo al personal que realiza tareas por cuenta de empresas exteriores dentro del perímetro del complejo industrial, y que hayan sido contratadas por primera vez. El curso consiste en una sesión informativa, de duración aproximada a una hora, en la que se exponen los principales puntos referentes a seguridad, que se consideran necesarios para la realización de trabajos en el interior del complejo:

- 1) Normas de conducta del personal.
- 2) Normas para el uso de vehículos por el interior del complejo.
- 3) Normas generales para el mantenimiento de la seguridad.
- 4) Aspectos específicos para realización de trabajos en altura.
- 5) Conductas para el mantenimiento de la higiene, el orden y la limpieza en el lugar de trabajo.
- 6) Descripción del funcionamiento básico del sistema de permisos de trabajo.
- 7) Información de la existencia de Fichas de Datos de Seguridad (FDS) de sustancias, a disposición de todo el personal y dónde pueden encontrarse.
- 8) Información de la existencia de FDS resumidas, a disposición de todo el personal y dónde pueden encontrarse.

Esta información se entrega por escrito al trabajador que recibe la sesión informativa, que deberá quedar registrado para dejar constancia de cuenta con la información necesaria para realizar su actividad en el interior del complejo.

Para completar la sesión informativa, también se realiza una exposición de las medidas a tomar en caso de accidente grave y en referencia al Plan de Autoprotección: puntos de reunión que debe utilizar cada trabajador y códigos de alarma. Esta información también se entrega por escrito, acompañada de un plano de implantación del complejo donde se indican las vías de evacuación y los puntos de reunión.

De acuerdo con el Real Decreto 171/2004 [28] sobre la coordinación de contratistas, el Departamento de Seguridad facilita a todas las empresas contratadas la información necesaria en materia de seguridad sobre los riesgos implícitos a los puestos de trabajo que se desarrollan en el complejo.



F.2.5. Inspecciones y observación de tareas

F.2.5.1. Operación en funcionamiento normal

La actividad en operación normal se encuentra regulada por los procedimientos de fabricación, anteriormente citados, y la planificación operativa. Los responsables de la instalación, se encargan de supervisar la actividad y hacerse cargo de determinar la solución óptima para posibles disfunciones.

F.2.5.2. Sistema de Permisos de Trabajo

Para la realización de trabajos especiales dentro del complejo que conlleven un riesgo específico asociado, desde el Departamento de Seguridad se establece el sistema de Permisos de Trabajo (PT), que surge de la normativa de seguridad (véase el apartado F.2.4).

Se cuenta con tres tipos de permisos de trabajo diferentes:

- 1) *Permiso de trabajo “varios con riesgo”*. Se realizan cuando los trabajos a realizar no provocan ningún tipo de chispa, por ejemplo: reparaciones puntuales como la sustitución de una válvula, reposición de piezas sujetadas con tornillos en operaciones de mantenimiento, etc. Para el personal de mantenimiento, estos PT serán sustituidos por la *Solicitud de Trabajo*, facilitada por el departamento específico de fabricación.
- 2) *Permiso de trabajo “en caliente”*. Estos permisos se tramitarán siempre que en los trabajos previstos vayan a producirse chispas, por ejemplo: soldaduras, radiales, martillos hidráulicos, etc. Deben realizarse estos PT aún disponiendo de la *Solicitud de Trabajo* del Departamento de Mantenimiento.
- 3) *Permiso de trabajo “de entrada en espacios confinados”*. A rellenar siempre que se realicen trabajos que requieran de la entrada en equipos; para ello es preciso que todas las entradas y salidas del producto tengan instaladas bridas ciegas.

Por su naturaleza, el PT “de entrada en espacios confinados” podrá ir acompañado de uno de los otros dos PT, según sean los trabajos a realizar dentro del equipo al que se acceda.

De forma paralela a los PT y completando sus funciones para algunos casos en que de esta forma se requiera, también deben realizarse otros documentos:



- 1) *Activación / Desactivación de Protecciones*. Documento de obligada realización cuando los trabajos a realizar requieran de la desactivación temporal de alguna de las medidas técnicas de protección.
- 2) *Bloque mecánico y / o aislamiento eléctrico*. Documento de obligada realización cuando los trabajos a realizar requieran el aislamiento mecánico y / o la desconexión de una parte eléctrica de un equipo¹.

Para la coordinación de este sistema y su correcta gestión documental, el Departamento de Seguridad recibe una copia de cada uno de los PT o documentos de *Activación / Desactivación de Protecciones* y *Aislamiento eléctrico* que se realicen para su supervisión y registro.

Los PT tienen una validez máxima de 72 horas después de ser autorizados, pero deberán ser renovados cada vez que cambie el turno en la zona afectada por los trabajos (normalmente cada 8 horas). Las renovaciones se realizan sobre el PT relleno inicialmente y mediante ellas se garantiza que los responsables de las instalaciones, que cambian de turno, tengan conocimiento de los trabajos que se están realizando en el área y que han sido iniciados en turnos posteriores.

En caso de no haberse finalizado el trabajo y superado el período de validez establecido, deberá conformarse un documento de PT nuevo para poder continuar trabajando.

En todos los casos, los PT se estructuran en tres partes:

- 1) *Riesgos específicos del trabajo*. El solicitante del PT expone los riesgos que puede acarrear la realización del trabajo: incendio, vertido de productos, explosión, etc.
- 2) *Medidas a tomar antes y durante los trabajos*. El autorizante del PT (persona responsable de la instalación donde se van a desarrollar los trabajos) revisará los riesgos expuestos por el solicitante, ampliándolos si se considerase necesario, y a continuación indicará las medidas a cumplir por parte de la instalación y del equipo de trabajo para su autorización.

¹ A pesar del documento específico de aislamiento eléctrico, la desconexión del equipo también deberá figurar en el PT correspondiente a las actividades que se van a iniciar, cuando estas lo requieran.



El autorizante comprueba que existan las medidas necesarias para la realización del trabajo y el equipo de trabajo constata que ha sido informado de ellas, todo quedando registrado por escrito en el propio PT.

En este apartado pueden solicitarse asesoramientos a otros departamentos que puedan aportar información relevante, por ejemplo: oficina técnica puede informar de la existencia de cables o tuberías enterradas en la zona donde se ha proyectado la realización de una zanja. Cualquier solicitud de asesoramiento también debe figurar en el PT.

- 3) *Autorización definitiva, renovaciones y suspensiones.* Una vez se han comprobado todas las medidas, el autorizante deja constancia de la activación definitiva del PT y su duración; en esta parte también se reflejan las posibles renovaciones (por cambio de turno de trabajo) o suspensiones (por cambio de las condiciones del entorno o incumplimiento de medidas).

También firma el solicitante y / o responsable de ejecución, dando su conformidad a las medidas indicadas y asumiendo la responsabilidad de transmitir las al personal que esté a su cargo.

Al terminar los trabajos, el autorizante se encargará de dejar constancia de la finalización de los mismos, en el propio PT.

F.2.6. Coordinación con contratistas en relación con las medidas de protección contra explosiones

El régimen de subcontratación que se desarrolla desde el Departamento de Mantenimiento e Ingeniería (véase Tabla F.2) conlleva que en un mismo lugar de trabajo ejerzan su actividad diferentes empresas de forma que cada empresario será responsable de los ámbitos sometidos a su control.

Mediante el sistema de permisos de trabajo (apartado F.2.5.2) e inspecciones de frecuencia diaria sobre los trabajos en realización, EXPLOTASA coordina la aplicación de las medidas de protección contra explosiones requeridas en cada uno de estos trabajos, según los criterios establecidos en el Real Decreto 171/2004 [28].





Bibliografía

Referencias bibliográficas

- [1] A.A.V.V.; *Diccionario manual ilustrado de la lengua española VOX*; Barcelona, Bibliograf S.A., decimotercera edición, mayo 1989.
- [2] Casal, Joaquim [et al.]; *Análisis del riesgo en instalaciones industriales*; Barcelona, Edicions UPC, 1999.
- [3] Comisión Electrotécnica Internacional (CEI). *Costruzioni elettriche per atmosfere potenzialmente esplosive per la presenza di gas. Guida all'applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) Classificazione dei luoghi pericolosi*. Norma italiana CEI 31-35 (2001).
- [4] Comisión Electrotécnica Internacional (CEI). *Norma UNE 60079-10. Material eléctrico para atmósferas de gas explosivo. Parte 10. Clasificación de emplazamientos peligrosos*. Cuarta edición, 2002-06.
- [5] Comisión Europea, DG empleo y asuntos sociales, salud seguridad e higiene en el trabajo. *Guía de Buenas Prácticas de carácter no obligatorio para la aplicación de la Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas*. Versión final de abril de 2003. Comunicado de la comisión COM(2003) 515 final, Bruselas, 25.8.2003.
- [6] Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC). *Norma UNE 50281-3. Aparatos destinados a ser utilizados en presencia de polvos combustibles. Parte 3: Clasificación de emplazamientos en donde están o pueden estar presentes polvos combustibles*. Enero 2004.
- [7] Comité Europeo de Normalización (CEN). *EN 1127-1. Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodología*. Agosto 1997.
- [8] Directiva 89/392/CEE del Consejo, de 14 de junio de 1989, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre máquinas.



- [9] Directiva 94/103/CEE del Consejo, por la que se modifica la Directiva Marco de Máquinas 89/392/CEE.
- [10] Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 1999, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas.
- [11] Environmental Protection Agency. *Protocol for Equipment Leak Emission Estimates*. EPA-453/R-95-017.
- [12] Escuer Ibars, F.; García Torrent, J.; *Clasificación de zonas en atmósferas explosivas. Manual práctico*; Col·legi d'Eninyers Tècnics Industrials de Barcelona (CETIB). Febrero de 2005. Barcelona.
- [13] García Torrent, J. (editor); *Seguridad Industrial en Atmósferas Explosivas*; Laboratorio Oficial J.M. Madariaga, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Fondo para el Fomento de la Ingeniería Energética (2003).
- [14] Gobierno Vasco / Eusko Jaurlaritz. *Fichas de intervención para el almacenamiento y transporte de productos químicos*. Vitoria, 2000 [Software de libre distribución]. Software orientado a unificar criterios referentes al almacenamiento y transporte de productos químicos. El paquete informático puede obtenerse gratuitamente, solicitándolo a su órgano editor.
- [15] AspenTech. Aspen HYSYS [Software de simulación de procesos químicos]
- [16] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). *Fichas de seguridad química*. [<http://www.mtas.es/Insht/ipcsnspn/nspnsyn.htm>]
- [17] Institute of Petroleum. *IP Model Code of Safe Practice. Part 15: Area classification code for petroleum installations*. 2nd edition draft (21/12/2001).
- [18] International Chemical Safety Cards (ICSC)
[<http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/index.htm>]
- [19] Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL).
- [20] Norma UNE 21185. Protección de las estructuras contra el rayo y principios generales. Junio 1995.



- [21]** Norma UNE 21186. Protección de estructuras, edificaciones y zonas abiertas mediante pararrayos con dispositivos de cebado. Junio 1996.
- [22]** Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la directiva del consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre maquinas.
- [23]** Real Decreto 56/1995, de 20 de enero, por el que se modifica el real decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, relativo a las disposiciones de aplicación de la directiva del consejo 89/392/CEE, sobre máquinas.
- [24]** Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- [25]** Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- [26]** Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban las medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- Y su posterior modificación: Real Decreto 948/2005, de 29 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban las medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- [27]** Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- [28]** Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales [de aplicación a contratadas].



Bibliografía complementaria

- [29] Directiva 89/391/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo.
- [30] Directiva 94/9/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de marzo de 1994, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- [31] Martín Acosta, J.; *Clasificación y análisis de lo métodos disponibles para la aplicación de la directiva ATEX*; UPC, 2006. PFC presentat durant el curs 2005-06.
- [32] Pérez Carbonell, C.; *Clasificación de emplazamientos peligrosos para atmósferas explosivas de gases y polvos combustibles*; UPC, 2006. PFC presentat durant el curs 2005-06.
- [33] Rodgers, R.L. / Inburex GmbH (coordinador del proyecto); *The RASE project. Explosive Atmosphere: Risk Assessment of Unit Operations and Equipment*; Proyecto de la Unión Europea número SMT4-CT97-2169, de 17 de marzo de 2000. [Metodología para la evaluación del riesgo en unidades y equipos de uso en atmósferas explosivas].
- [34] Venkatarman, K.; *The chemistry of synthetic dyes. Vol. I*; Ed. Academic Press, 1952.

