

**ANEXO A**  
**ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES:**  
**EXPLOSIONES**





# Sumario

<b>SUMARIO</b>	<b>3</b>
<b>A. ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES (AHA)</b>	<b>5</b>
A.1. Introducción	5
A.2. Descripción de las principales bases de datos	6
A.2.1. Elección de la Base de Datos	6
A.2.2. Base de Datos “MHIDAS”	6
A.3. Análisis Histórico de Accidentes aplicado a Explosiones	21
A.3.1. Fuente del Registro	21
A.3.2. Fecha del Incidente	22
A.3.3. Densidad de Población	24
A.3.4. Localización de los incidentes	24
A.3.5. Sustancias	26
A.3.6. Tipos de incidente Explosión	27
A.3.7. Origen genérico de los incidentes	28
A.3.8. Origen específico de los incidentes	30
A.3.9. Causas generales del incidente	37
A.3.10. Causas específicas del incidente	38
A.3.11. Cantidad de sustancia	45
A.3.12. Daños económicos provocados por el accidente	46
A.3.13. Población afectada por el incidente	47
A.3.14. Fuente de ignición	50
A.4. Bibliografía	53





## A. Análisis Histórico de Accidentes (AHA)

### A.1. Introducción

Durante los últimos cincuenta años la industria química ha experimentado cambios de gran importancia como: avances tecnológicos, aparición de nuevos procesos, de nuevas industrias y de nuevos productos químicos en el mercado.

Todos estos avances han ayudado a hacer crecer a la industria química, incrementando su capacidad de producción. Junto a ellas, ha aumentado, también, el número de personas, que trabajan en las plantas de proceso y viven en los alrededores, que pueden estar expuestas a las consecuencias de un accidente industrial. Esto ha propiciado una toma de conciencia sobre la seguridad industrial, y con ella, han aparecido, a nivel administrativo y técnico, medidas para identificar peligros y así acotar el riesgo de accidentes industriales. El Análisis Histórico de Accidentes (AHA) es una de estas medidas.

El Análisis Histórico de Accidentes (AHA) es una herramienta de identificación de riesgos que hace uso de los datos recogidos el pasado sobre accidentes industriales. La ventaja de esta técnica radica en que se refiere a accidentes ya ocurridos y por tanto, los peligros identificados son reales. Por otro lado, la principal limitación del análisis es que sólo hace referencia a accidentes que han tenido lugar y de los cuales se posee información suficiente, así como el hecho de que muchos accidentes e incidentes se registran de forma restringida o no se registran. Además, el número de casos a analizar es finito y no cubre todas las posibilidades importantes. Otras veces, sin embargo, solamente es posible identificar un cierto número de situaciones, operaciones o errores, que han propiciado el inicio de un accidente en un determinado tipo de instalación.

A pesar de lo anterior, el análisis histórico de accidentes es una técnica útil, que permite la identificación de riesgos concretos. Al menos, puede indicar qué dirección seguir en una empresa, que tiene instalaciones análogas a otras empresas o que procesa sustancias similares a la de éstas en las cuales ya ha ocurrido un incidente, para evitar que éste suceda. Esto sería suficiente para iniciar un análisis de riesgo que indique si es o no verosímil que el accidente tenga lugar en la empresa en cuestión. Además, es un medio muy valioso para una verificación de los modelos de que se dispone en la actualidad en cuanto a la predicción de las consecuencias de accidentes.

En este sentido, el presente estudio pretende analizar un Análisis Histórico de Accidentes en las que el tipo de incidente o accidente ocurrido haya estado una explosión, ya sea: física, no confinada, confinada, de polvo, de aerosol, en masa o bleve.



## A.2. Descripción de las principales bases de datos

Las Bases de Datos de accidentes industriales más conocidas debido al elevado número de registros de incidentes grabados y a la facilidad con que pueden ser consultados son: MHIDAS, FACTS, SONATA y MARS.

Las bases de datos MHIDAS, FACTS y SONATA se nutren de diferentes fuentes de información, principalmente extraídas de revistas especializadas (como por ejemplo el 'Hazardous Cargo Bulletin') y de periódicos.

La MARS se alimenta de las informaciones que los Servicios de Protección Civil de los Estados Miembros de la Unión Europea recopilan sobre Accidentes Mayores ocurridos en cada país, en cumplimiento de la "Directiva Seveso".

### A.2.1. Elección de la Base de Datos

Para realizar el Análisis Histórico se ha elegido la Base de Datos MHIDAS. Esta elección ha estado fundamentada en que los contenidos en dicha Base de Datos son más completos que en las otras Bases de Datos mencionadas anteriormente, lo que permite una rápida consulta en la fase inicial del análisis. El idioma usado es en inglés, mientras que en las otras bases de datos se usa el idioma del país de origen (italiano, holandés, etc.)

### A.2.2. Base de Datos "MHIDAS"

La Base de Datos MHIDAS ('Major Hazard Incident Data Service') ha sido desarrollada y gestionada por el SRD (Safety and Reliability Directorate) que pertenece al AEA Technology, en representación del 'Major Hazards Assessment Unit' del 'United Kingdom Health and Safety Executive'.

El sistema, que en la actualidad recoge más de 11.000 registros de accidentes (versión Octubre 2003), disponible en CD-ROM y actualizada trimestralmente, ha sido creado para registrar detalles de aquellos incidentes que involucran sustancias o materiales peligrosos que han provocado o tienen el riesgo potencial de producir un impacto grave en la sociedad. La información seleccionada en cada accidente es recuperada por ingenieros profesionales a partir del material publicado en todo el mundo sobre accidentes industriales.

MHIDAS contiene incidentes de más de 95 países de todo el mundo, particularmente de Estados Unidos, Inglaterra, Canadá, Alemania, Francia y la India. La base de datos se comenzó a principios de los 80, pero existen referencias a incidentes de principios de este siglo, siendo continuamente actualizada por el "Safety and Reliability Directorate". Por ello, vemos que su alcance es a nivel global.



La información recogida de un accidente se resume en una serie de campos, que se describen en la tabla siguiente (la base de datos original utiliza el idioma inglés, incluyéndose entre paréntesis su traducción conceptual al español):

CÓDIGO	CAMPO	DESCRIPCIÓN
AN	ACCIDENT NUMBER (CÓDIGO IDENTIFICATIVO DEL REGISTRO)	Nº de registro en la base de datos MHIDAS. Éste es un código numérico único para cada accidente/incidente registrado. En caso de involucrar a varias sustancias irá seguido de letras: A, B, C, etc.
CR	CONTRIBUTOR OF RECORD (FUENTE DEL REGISTRO)	Fuente de información del incidente o identificación de la institución que ha recopilado codificado la información: SDR, ICHEME, AEA, WORKSAFE, HSE, DURRANTS, OECD, KAAT, PAHO, ILO, etc.
DA	DATE OF INCIDENT (FECHA DEL INCIDENTE)	Se indica mediante la serie día/mes/año, asignando dos dígitos a cada concepto. En caso de desconocerse algún dato se deja en blanco, de tal manera que nos podemos encontrar registros del tipo: /mm/aa y //aa.
PD	POPULATION DENSITY (DENSIDAD DE POBLACIÓN EN LA ZONA DEL INCIDENTE)	Calificativo categórico asignado a la densidad de población del lugar donde ha ocurrido el accidente, con objeto de identificar el daño:  T-town (Urbana – alta densidad de población)  V-village (Pueblo – densidad media de población)  R-rural (Rural – baja densidad de población)  En TNO (1989) pueden ser consultados datos referentes a las densidades de población esperables en cada zona.
LO	LOCATION OF ACCIDENT (LOCALIZACIÓN DEL INCIDENTE)	Indica el lugar del incidente mediante tres valores: ciudad / región / país. En caso de desconocerse algún dato, se deja en blanco la posición correspondiente.
MH	MATERIAL HAZARDS (RIESGOS DEL MATERIAL)	Campo utilizado para asociar una sustancia a la peligrosidad intrínseca de ésta. Por ejemplo: TO (tóxico), FI (inflamable), EX (explosivo/inestable), etc.
MT	MATERIAL TYPE	Este campo variará su información de registro a registro en un mismo incidente, dependiendo del estado físico de cada sustancia catalogada. Las palabras clave son: DUST, SOLID, LIQUID, etc.



CÓDIGO	CAMPO	DESCRIPCIÓN
MN	MATERIAL NAME (NOMBRE DEL MATERIAL)	Nombre de la sustancia involucrada en el incidente.
MC	MATERIAL CODE (CÓDIGO DEL MATERIAL)	Número de cuatro dígitos que identifica a cada sustancia, también llamados números ONU. Los códigos utilizados son los que aparecen en la publicación " <i>Transport of Dangerous Goods. Recommendations of the Committee of Experts on the transport of Dangerous Goods</i> " 3rd edition, United Nations ST/SGAC10/1/REV3.
IT	INCIDENT TYPE (TIPO DE INCIDENTE)	Campo de hasta 2 calificativos, asociados a los incidentes reales ocurridos, con orden histórica en caso de que haya más de uno (p.e. incendio/ explosión), como por ejemplo FIRE, POOLFIRE, VAPFIRE, etc.
OG	ORIGIN (GENERAL & SPECIFIC) (ORIGEN GENERAL Y ESPECÍFICO)	Campo de hasta 2 códigos, describiendo el área y circunstancias del incidente, como por ejemplo PROCESS (en caso de que el accidente haya ocurrido en elementos de proceso de la instalación), TRANSPORT (en caso de que el accidente haya ocurrido durante el transporte), TRANSFER (en el caso de que el accidente haya ocurrido durante las operaciones de carga/descarga), etc.
GC	GENERAL CAUSES (CAUSAS GENERALES)	Causa general que determinan la ocurrencia del incidente. Por ejemplo MECHANICAL (en caso de fallo mecánico), IMPACT (en caso de impacto), INSTRUMENT (en caso de fallo de la instrumentación), etc.
SC	SPECIFIC CAUSES (CAUSAS ESPECÍFICAS)	Causa específica del incidente, como por ejemplo OVERHEAT (en el caso de que haya pasado un sobrecalentamiento), OVERLOAD (en el caso de que haya habido una sobrecarga), etc. Se admiten hasta tres posibles causas específicas.
QY	QUANTITY OF MATERIAL (CANTIDAD DE MATERIAL)	Número con tres decimales que indica las toneladas de producto involucradas en el incidente. Se admiten delimitadores tales como ">" y "<".
DG	DAMAGE (DAÑO)	Estimación (en millones de dólares) del daño material provocado por el incidente





CÓDIGO	CAMPO	DESCRIPCIÓN
NP (KR, IR, ER)	NUMBER OF PEOPLE AFFECTED (KILLED, INJURED, EVACUATED)  (NÚMERO PERSONAS AFECTADAS MUERTOS, HERIDOS, EVACUADOS)	Estimación del número total de personas muertas, heridas y/o evacuadas a consecuencia del incidente.  ·Muertos/Heridos: en el campo <i>Resumen</i> se indica, si es posible, la diferenciación entre los ocurridos dentro de la instalación de los ocurridos fuera de ella  ·Evacuados: se refieren al número total de personas fuera de la instalación evacuadas de sus casas o lugares de trabajo como consecuencia del incidente
IS	IGNITION SOURCE (FUENTE DE IGNICIÓN)	Campo de hasta 2 códigos asociados a la fuente de ignición, que en su caso, active el incendio/explosión, como por ejemplo ELECTRIC INSTRUMENT, FLAME FLARE, HOTSURFACE CIGARETTE, etc.
IG	IGNITION TIME (TIEMPO DE IGNICIÓN)	Indicación del tiempo (en segundos), entre el comienzo de la fuga y la ignición, como forma de estimación de la distancia a la fuente de ignición
KW	KEYWORDS (PALABRAS CLAVE)	Indicación, a través de una serie de códigos, de si existe información adicional disponible sobre algunos aspectos adicionales, como por ejemplo AFTER (si existe información adicional sobre los efectos que el accidente ha provocado después del mismo), AREA (en el caso de que existan detalles sobre las dimensiones y los límites del área afectada), BLAST (en el caso de que se conozcan detalles sobre la explosión, como el TNT equivalente), etc.
AB	ABSTRACT (RESUMEN)	Resumen escueto del incidente.
RA	REFERENCES DISPONIBLES (REFERENCIAS DISPONIBLES)	Número de artículos disponibles sobre el incidente para su consulta

Tabla A.2.1 Descripción de los códigos de los campos de la Base de Datos "MHIDAS"

Cada campo puede, a su vez, estar dividido en varios tipos. Éstos se muestran a continuación para los campos principales descritos, anteriormente, en la *Tabla A.2.1.1: Descripción de los códigos de los campos de la Base de Datos "MHIDAS"*.



### Tipo de Incidente

El campo denominado 'Incident Type' (IT) o tipo de incidente describe para cada registro el incidente ocurrido, utilizando hasta un máximo de dos calificativos en orden histórico (si es posible). Por ejemplo, en el caso de haber ocurrido una fuga de producto y posterior explosión de la nube formada, el campo incluiría los códigos RELEASE (fuga) y EXPLODE (explosión) para describir dicho incidente.

Existen 4 tipos básicos de incidentes (EXPLOSIÓN, FUGA, FUEGO y NUBE DE GAS), que a su vez se pueden dividir en varios tipos específicos. En la tabla siguiente se definen los diferentes tipos de incidentes catalogados:

	TIPO de INCIDENTE	DEFINICIÓN
1	<i>EXPLODE - EXPLOSION</i> Explosión	Liberación de energía produciendo gas a una temperatura, presión y velocidad tales como para causar daños a los alrededores.
1a	<i>PHYSEXP - PHYSICAL EXPLOSION</i> Explosión física	Explosión de un sistema físico que no involucra necesariamente ninguna ignición. Por ejemplo, rotura de un depósito a presión. (no incluye BLEVE)
1b	<i>UNCONEXP - UNCONFINED EXPLOSION</i> Explosión no confinada	Explosión en aire libre de una nube formada por una mezcla de un gas o vapor inflamable con aire.
1c	<i>CONEXP - CONFINED EXPLOSION</i> Explosión confinada	Explosión de una mezcla de aire combustible en un sistema cerrado.
1d	<i>DUSTEXP - DUST EXPLOSION</i> Explosión de polvo	Explosión de una suspensión de polvo en aire.
1e	<i>MISTEXP - MIST EXPLOSION</i> Explosión de mezcla L-G	Explosión de una dispersión de líquido en gas (diámetro de partículas de líquido: 0.1E-6 a 5000E-6 metros)
1f	<i>DENSEXP - DENSE PHASE EXPLOSION</i> Explosión fase densa	Explosión causada por la reacción química de un material sólido o líquido.
1g	<i>BLEVE - BLEVE</i> Explosión BLEVE	Rotura súbita de un depósito o sistema que contiene gas licuado presurizado debido al contacto directo de un fuego.
2	<i>RELEASE - RELEASE</i> Fuga	Fuga donde no se sabe si es instantánea o continua.
2a	<i>INSTREL - INSTANTANEOUS RELEASE</i> Fuga instantánea	Escape de una cantidad de material en un corto espacio de tiempo (normalmente unos pocos segundos)
2b	<i>CONTREL - CONTINUOUS RELEASE</i> Fuga continua	Escape de material con un caudal que se mantiene por un periodo prolongado.



	<b>TIPO de INCIDENTE</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
2c	<i>POOL - POOL</i> Charco	Formación de charco de líquido.
3	<i>FIRE - FIRE</i> Incendio	Proceso de combustión caracterizado por calor, humo o llama, o cualquier combinación de éstos.
3a	<i>POOLFIRE - POOL FIRE</i> Incendio de charco	Incendio donde el combustible está en forma de charco de líquido en la base del incendio.
3b	<i>VAPFIRE - VAPOUR/FLASH FIRE</i> Incendio de nube de vapor	Combustión de una mezcla inflamable de vapor y aire en la cual la velocidad de la llama es inferior a la del sonido. Los daños generados por la sobrepresión son despreciables (combustión no explosiva).
3c	<i>FIREBALL - FIREBALL</i> Bola de fuego	Incendio que quema lo suficientemente rápido para que la masa quemada se eleve en el aire como una nube o bola.
3d	<i>TORCH - TORCH/JET FIRE</i> Dardo de fuego	Combustión de material que sale con una inercia significativa de un orificio.
3e	<i>TANKFIRE - TANK FIRE</i> Incendio de tanque	Incendio quemando en un tanque o depósito.
3f	<i>FIREST - FIRE STORM</i> Tormenta de fuego	Incendio de área extremadamente grande que puede provocar un gran movimiento de aire que puede alcanzar la fuerza de un huracán.
4	<i>GASCLD - GAS CLOUD</i> Nube de gas	Mezcla aire/gas dentro de una particular envolvente de concentración límite (y densidad no definida).
4a	<i>DENSGSCL - DENSE GAS CLOUD</i> Nube de gas pesado	Nube de gas más pesada que el aire que la rodea inmediatamente después de la fuga.
4b	<i>NEUGSCL - NEUTRAL DENSITY GAS CLOUD</i> Nube de gas densidad neutra	Nube de gas que tiene una densidad igual a la del aire que la rodea.
5c	<i>BOUGSCL - BUOYANT GAS CLOUD</i> Nube de gas flotante	Nube de gas que es más ligera que el aire que la rodea.

Tabla A.2.2 Tipos y subtipos de incidentes

En el presente análisis histórico se usará como tipo básico: 'EXPLOSIÓN' (incluidos los tipos más específicos).

### Origen del incidente

El campo denominado 'Origen' (OG), 'origen' en castellano, describe para cada registro el tipo de instalación afectada por el incidente ocurrido, utilizando hasta un máximo de dos calificativos para ello. El primer campo describe de manera general el origen o circunstancias del incidente (si fue en planta de proceso, de almacenamiento, en transporte, etc.), mientras que el segundo código describe de forma más precisa dichas circunstancias (en caso de transporte, si fue en carretera, barco, etc.).

Existen 7 tipos generales de origen o circunstancias, que a su vez se pueden describir de forma más precisa mediante una serie de códigos (ver apartado siguiente). En la tabla siguiente se describen el primero de los códigos, origen general del incidente:



<b>ORIGEN GENERAL DEL INCIDENTE</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<i>PROCESS - PROCESS PLANT</i> Planta de Proceso	Incidente originado en unidades o áreas de una planta de proceso.
<i>STORAGE - STORAGE PLANT</i> Planta de Almacenamiento	Incidente originado en unidades o áreas de una planta de almacenamiento.
<i>TRANSPORT - TRANSPORT</i> Transporte	Incidente originado durante el transporte de material externamente a la planta. Se incluyen tuberías (pipelines).
<i>TRANSFER - LOADING/UNLOADING</i> Carga/Descarga	Incidente ocurrido durante operaciones de carga o descarga.
<i>WASTE - WASTE STORAGE</i> Almacén de residuos	Almacén o área de residuos incluyendo pozos de contención, basureros, contenedores de residuos a granel. Se excluyen materiales que se están utilizando en planta de producción.
<i>DOM/COM - DOMESTIC/COMMERCIAL</i> Doméstico/Comercial	Incidente originado en locales domésticos o comerciales.
<i>WAREHOUSE - WAREHOUSE</i> Almacén de productos	Incidente originado en un almacén de mercancías.

Tabla A.2.3: Tipos de orígenes generales del incidente

A continuación se incluye una tabla con los códigos y la descripción asociada de los orígenes específicos de los incidentes utilizados en la base de datos "MHIDAS".

Cabe resaltar que orígenes diferentes (plantas, transporte) pueden utilizar los mismos orígenes específicos.

<b>ORIGEN ESPECÍFICO DEL INCIDENTE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<i>REACTOR - REACTOR</i> Reactor	Reactor de proceso. Incluyendo continuo, discontinuo, tubular, torre, reactores de lecho fluidizado, etc.
<i>PIPEWORK - PIPEWORK</i> Tubería de proceso	En tuberías de proceso y válvulas y juntas asociadas.
<i>PUMP - PUMPS/COMPRESSORS</i> Bombas/Compresores	Cualquier tipo de bomba, compresor, eyector o ventilador.
<i>SOLIDMOVE - SOLIDS CONVEYANCE</i> Transporte de sólidos	Equipo para mover material sólido, p.e.: transportador, cinta, elevadores, paleta, tornillo, neumático.
<i>SOLIDSTORE - SOLIDS STORAGE</i> Almacenamiento de sólidos	Incluyendo arcones, silos, toneles.



ORIGEN ESPECÍFICO DEL INCIDENTE	DESCRIPCIÓN
<i>SIZECHANGE - SIZE REDUCING/ENLARGING EQUIPMENT</i> Equipo para la reducción/ ampliación del tamaño	Incluyendo molinos, afiladores, prensas, rompedores, cortadores, aglomeradores.
<i>FIREDEQUIP - FIRED PROCESS EQUIPMENT</i> Equipos de proceso con llama	Incluyendo hornos, incineradores, pilas, chimeneas.
<i>HEATXCHANG - HEAT EXCHANGERS</i> Intercambiadores de calor	Incluyendo carcasa y tubo. Evaporadores de platos, condensadores, calderas, recalentadores.
<i>MACDRIVE - PROCESS MACHINERY DRIVES</i> Maquinaria de transmisión	Incluyendo motores eléctricos, motores de combustión, turbinas.
<i>PVESSEL - PROCESS VESSELS</i> Depósitos de proceso	Incluyendo unidades tales como centrifugadoras, torres, columnas, secadores, destiladores, absorbedores, filtros, ciclones, intercambiadores iónicos, cristalizadores, etc.
<i>ATMOSPHERIC PRESSURE STORAGE VESSELS - ASVESSEL</i> Depósito de almacenamiento a presión atmosférica	Depósitos a presión atmosférica utilizados para almacenamiento de productos, materias primas.
<i>PRESSURISED STORAGE VESSELS - PSVESSEL</i> Depósito de almacenamiento presurizado	Depósitos presurizados utilizados para almacenamiento de productos, materias primas.
<i>PACKAGE - PORTABLE TRANSPORT CONTAINERS</i> Contenedores de transporte portátiles	Incluyendo tambores, toneles, bidones, cajas, bolsas, paquetes compuestos, cilindros.
<i>TANKCONTNR - TANK CONTAINER</i> Tanque contenedor	Tanques con capacidad = 50 litros cuya envolvente exterior está dotada de instrumentación de servicio y equipos estructurales. Capaz de ser transportado por tierra o mar y ser cargado/descargado sin necesidad de retirar el equipamiento estructural. Poseen elementos estabilizantes externos a la envolvente capaces de ser elevados cuando están llenos.
<i>PIPELINE - PIPELINE</i> Tubería exterior	Tuberías utilizadas para el transporte a granel externo a la planta.
<i>RAILTANKER - RAIL TANKER</i> Cisternas para ferrocarril	Depósitos presurizados de propósito general, del tipo 'tank cars' USA
<i>ROADTANKER - ROAD TANKER</i> Cisternas para carretera	Depósitos simples, compartimentados o múltiples, del tipo 'tank trucks' USA
<i>SHIP - SHIP</i> Barco	Depósito que va por el océano
<i>BARGE - BARGE</i> Barcaza	Depósito transportado por agua tierra adentro (río, etc.)



ORIGEN ESPECÍFICO DEL INCIDENTE	DESCRIPCIÓN
COMMTANK - SMALL COMMERCIAL TANK Depósito comercial pequeño	Depósito doméstico o comercial.
HOSE - HOSE Mangueras	Mangueras y otras conexiones para carga/descarga similares.
SUBSTATION - SUBSTATION Subestación	Subestación eléctrica.

Tabla A.2.4: Tipos de orígenes específicos del incidente

### Causas generales del incidente

El campo denominado 'General Causes' (GC), describe para cada registro las causas generales del incidente ocurrido. Para ello, se utiliza uno de los 8 códigos que se describen a continuación, los cuales recogen prácticamente la totalidad de casos posibles.

CAUSA GENERAL DEL INCIDENTE	DEFINICIÓN
MECHANICAL	MECHANICAL FAILURE - Fallo mecánico
IMPACT	IMPACT FAILURE - Fallo por impacto
HUMAN	HUMAN FACTOR - Factor humano
INSTRUMENT	INSTRUMENT FAILURE - Fallo de instrumentación
SERVICE	SERVICES FAILURE - Fallo de servicios
VREACTION	VIOLENT REACTION - Reacción Violenta
EXTERNAL	EXTERNAL EVENTS - Eventos externos
PROCOND	UPSET PROCESS CONDITIONS - Variación de las condiciones de proceso

Tabla A.2.5: Tipos de causas generales del incidente

Estos 8 tipos de causas generales se detallan con más precisión en un campo denominado 'Causas específicas', independiente de este y que se analiza a continuación.



## Causas específicas del incidente

### Causas específicas de fallos por impacto

Se incluye a continuación una tabla con los códigos y la descripción asociada de las causas específicas de los incidentes por 'fallo por impacto' utilizados en la base de datos "MHIDAS". En teoría, es posible encontrar más de una causa específica en los registros para una misma causa genérica.

CAUSAS ESPECÍFICAS	DEFINICIÓN
<i>FAILURE IMPACT BY</i>	<i>Fallo por impacto de...</i>
HVYOBJECT	Objeto pesado
MISSILE	Proyectil
CRANE	Grúa
EXCAVEQUIP	Equipo de excavación
VEHICLE	Otro vehículo
ROADACC	Accidente en carretera en el que no se ven involucrados otros vehículos
RAILACC	Accidente ferroviario en el que no se ven involucrados otros vehículos
SHIP/SHIP	Colisión entre barcos (incluidas barcasas)
SHIP/LAND	Colisión entre barco y tierra (incluidas barcasas)

Tabla A.2.6: Causas específicas por impacto

### Causas específicas de fallos mecánicos

Se incluye a continuación una tabla con los códigos y la descripción asociada de las causas específicas de los incidentes por 'fallo mecánico' utilizados en la base de datos "MHIDAS". En teoría, es posible encontrar más de una causa específica en los registros para una misma causa genérica.

CAUSAS ESPECÍFICAS	DEFINICIÓN
<i>MECHANICAL FAILURE</i>	<i>Fallo mecánico</i>
OVERHEAT	Por sobrecalentamiento
OVERLOAD	Por sobrecarga
OVERPRES	Por sobrepresión
CORRODE	Corrosión
WELD FAIL	Fallo de soldadura
FATIGUE	Fatiga



CAUSAS ESPECÍFICAS	DEFINICIÓN
<i>MECHANICAL FAILURE</i>	<i>Fallo mecánico</i>
METALLURG	Otros fallos metalúrgicos
INCOMPAT	Uso de materiales incompatibles
FLANGCOUPL	Fuga por acoplamiento o brida
LEAKING GLAND	Fuga en prensaestopas
RELIEFVALV	Fallo en válvula de alivio
HOSE	Fallo en manguera
BRITTLE	Fallo frágil

Tabla A.2.7: Causas específicas por fallo mecánico

#### Causas específicas de fallos por factor humano

Se incluye a continuación una tabla con los códigos y la descripción asociada de las causas específicas de los incidentes por 'factor humano' utilizados en la base de datos "MHIDAS". En teoría, es posible encontrar más de una causa específica en los registros, para una misma causa genérica.

CAUSAS ESPECÍFICAS	DEFINICIÓN
<i>HUMAN FACTOR</i>	<i>Factor humano</i>
GENERALOP	Operaciones generales
OVERFILL	Sobrellenado
DRAINACC	Accidente en el drenaje
ACCVENT	Venteo accidental
MAINTAIN	Mantenimiento general
ISOLUNCOUP	Fallo por aislamiento/drenaje antes de desacoplamiento
MANAGEMENT	Error de dirección general
COMMUNICAT	Comunicaciones
PROCEDURES	Procedimientos
DESIGN	Error de diseño
INSTALL	Error en la instalación
CONSTRUCT	Error en la construcción

Tabla A.2.8: Causas específicas por factor humano





### Causas específicas de fallos por factor instrumento

Se incluye a continuación una tabla con los códigos y la descripción asociada de las causas específicas de los incidentes por 'factor instrumento' utilizados en la base de datos "MHIDAS". En teoría, es posible encontrar más de una causa específica en los registros, para una misma causa genérica.

CAUSAS ESPECÍFICAS	DEFINICIÓN
<i>INSTRUMENT</i>	<i>Fallo de instrumentación...</i>
CONTROL	de un controlador
INDICATOR	de un indicador
ALARM	de una alarma
TRIP	de un sistema de bloqueo
COMPUTER	de un sistema de control por ordenador

Tabla A.2.9: Causas específicas por fallo de instrumentación

### Causas específicas de fallos por factor servicio

Se incluye a continuación una tabla con los códigos y la descripción asociada de las causas específicas de los incidentes por 'factor servicio' utilizados en la base de datos "MHIDAS". En teoría, es posible encontrar más de una causa específica en los registros, para una misma causa genérica.

CAUSAS ESPECÍFICAS	DEFINICIÓN
<i>SERVICE FACTOR</i>	<i>Fallo de servicio de...</i>
ELECTRIC	ELECTRICIDAD
WATER	AGUA
GAS	GAS
COMPAIR	AIRE COMPRIMIDO O NITRÓGENO
INSTAIR	AIRE DE INSTRUMENTOS
STEAM	VAPOR

Tabla A.2.10: Causas específicas por fallo de servicio

### Causas específicas de fallos por factor reacción violenta

Se incluye a continuación una tabla con los códigos y la descripción asociada de las causas específicas de los incidentes por 'factor reacción violenta' utilizados en la base de datos



“MHIDAS”. En teoría, es posible encontrar más de una causa específica en los registros, para una misma causa genérica.

CAUSAS ESPECÍFICAS	DEFINICIÓN
VREACTIO	Reacción violenta
INTNLFIRE	Combustión interna
CONEXP	Explosión confinada
RUNAWAY	Reacción fuera de control

Tabla A.2.11: Causas específicas por Reacción Violenta

#### Causas específicas de fallos por factor externo

Se incluye a continuación una tabla con los códigos y la descripción asociada de las causas específicas de los incidentes por 'factor externo' utilizados en la base de datos “MHIDAS”. En teoría, es posible encontrar más de una causa específica en los registros, para una misma causa genérica.

CAUSAS ESPECÍFICAS	DEFINICIÓN
EXTERNAL FACTOR	Factor externo
EXTLFIRE	Incendio exterior
EXTEXP	Explosión exterior
EARTHQUAKE	Terremoto
GROUND	Fallo del terreno o erosión
FLOODS	Inundación
LIGHTNING	Rayo
HIGHWINDS	Viento huracanado
TEMPERATURE	Temperaturas extremas
SABOTAGE	Sabotage

Tabla A.2.12: Causas específicas por factor externo

#### **Daños económicos provocados por el incidente**

El campo denominado 'Damage' (DG) se utiliza para efectuar una estimación económica, en millones de dólares EEUU, de los daños causados por el incidente, en el caso de que este dato sea conocido.



## **Población afectada por el incidente**

El campo denominado 'Number of People Affected' (NP) o 'numero de personas afectadas' agrupa un total de 3 valores relacionados con la población afectada por el incidente. En concreto incluye la estimación de personas muertas, de personas heridas y de personas evacuadas como consecuencia del incidente.

### Número de muertos provocados por el incidente

El campo denominado 'Number Killed' (KR) o 'número de muertos', incluido en el campo genérico 'Number of People Affected' (NP) o 'numero de personas afectadas' se utiliza para efectuar una estimación del número de personas muertas en el incidente, en el caso de que este dato sea conocido. No se especifica en este campo si las muertes se han producido en el interior o exterior de la industria (si existe el dato, éste se incluye en el campo 'abstract' del registro).

### Número de heridos provocados por el incidente

El campo denominado 'Injured' (IR) o 'número de heridos', incluido en el campo genérico 'Number of People Affected' (NP) o 'numero de personas afectadas' se utiliza para efectuar una estimación del número de personas heridas (daños graves o muy graves, no se incluyen heridos leves) a consecuencia del incidente, en el caso de que este dato sea conocido.

No se especifica en este campo si los heridos se han producido en el interior o exterior de la industria (si existe el dato, éste se incluye en el campo 'abstract' del registro).

### Número de personas evacuadas debido al incidente

El campo denominado 'Evacuated' (ER) o 'número de evacuados', incluido en el campo genérico 'Number of People Affected' (NP) o 'número de personas afectadas' se utiliza para efectuar una estimación del número de personas fuera de la industria que fueron evacuadas de sus casas o lugares de trabajo a consecuencia del incidente, en el caso de que este dato sea conocido.

En este caso sí se especifica que los evacuados se han producido en el exterior de la industria.

## **Fuente de ignición del incidente**

El campo denominado 'Ignition Source' (IS) o 'fuente de ignición' describe para cada registro la fuente de ignición del incidente, utilizando hasta un máximo de dos códigos en orden de precisión (si procede o se conoce): el primer campo describe la fuente de forma general y el segundo de forma más precisa. Por ejemplo, en el caso de haber ocurrido el incidente



debido a una chispa eléctrica procedente de un vehículo, el campo incluiría los códigos ELECTRIC (chispa eléctrica) y VEHICLE (vehículo eléctrico) para describir la fuente de ignición del incidente.

Existen 6 tipos básicos de fuentes de ignición, que a su vez se pueden dividir en varios tipos específicos. En la tabla siguiente se definen los diferentes tipos de fuentes de ignición utilizados:

FUENTE de IGNICIÓN	DEFINICIÓN
NONIGNITE - NON-IGNITE	Sin ignición
AUTOIGNITE - AUTOIGNITION	Autoignición
ELECTRIC - ELECTRIC SPARKS	Chispas eléctricas
VEHICLE	Vehículos eléctricos
MOTOREN	Motores eléctricos/generadores
INSTRUMENT	Instrumentos
DOMESTICS	Dispositivos domésticos
STATIC	Estático (incluyendo alumbrado)
FLAME - NAKED FLAMES	Llama libre
FURNACE	Hornos
BOILER	Calderas
STOVE	Hornillos/Estufas
FLARE	Llamas
MATCH	Cerillas
FRICSPARK - FRICTION SPARKS	Chispas por rozamiento
MACHINERY	Maquinaria rotativa
SPARKTOOL	Herramientas productoras de chispas
HOTSURFACE - HOT SURFACES	Superficies calientes
VEXHAUSTS	Escapes de vehículos
STEAMPIPE	Tuberías de vapor (líneas de proceso)
CIGARRETE	Cigarrillos
FRICSURF	Por efectos de fricción
INCAND	Partículas incandescentes

Tabla A.2.13: Fuentes de ignición



### A.3. Análisis Histórico de Accidentes aplicado a Explosiones

En este apartado se ha realizado un análisis histórico de accidentes ocurridos para el tipo de incidente “explosión” y sus variantes (vease *Tabla A.2.1.2 “Tipos y subtipos de incidentes”*, por incidente se entenderá cualquier tipo de explosión).

#### A.3.1. Fuente del Registro

La siguiente tabla muestra los datos estadísticos referentes a la fuente de información de los registros:

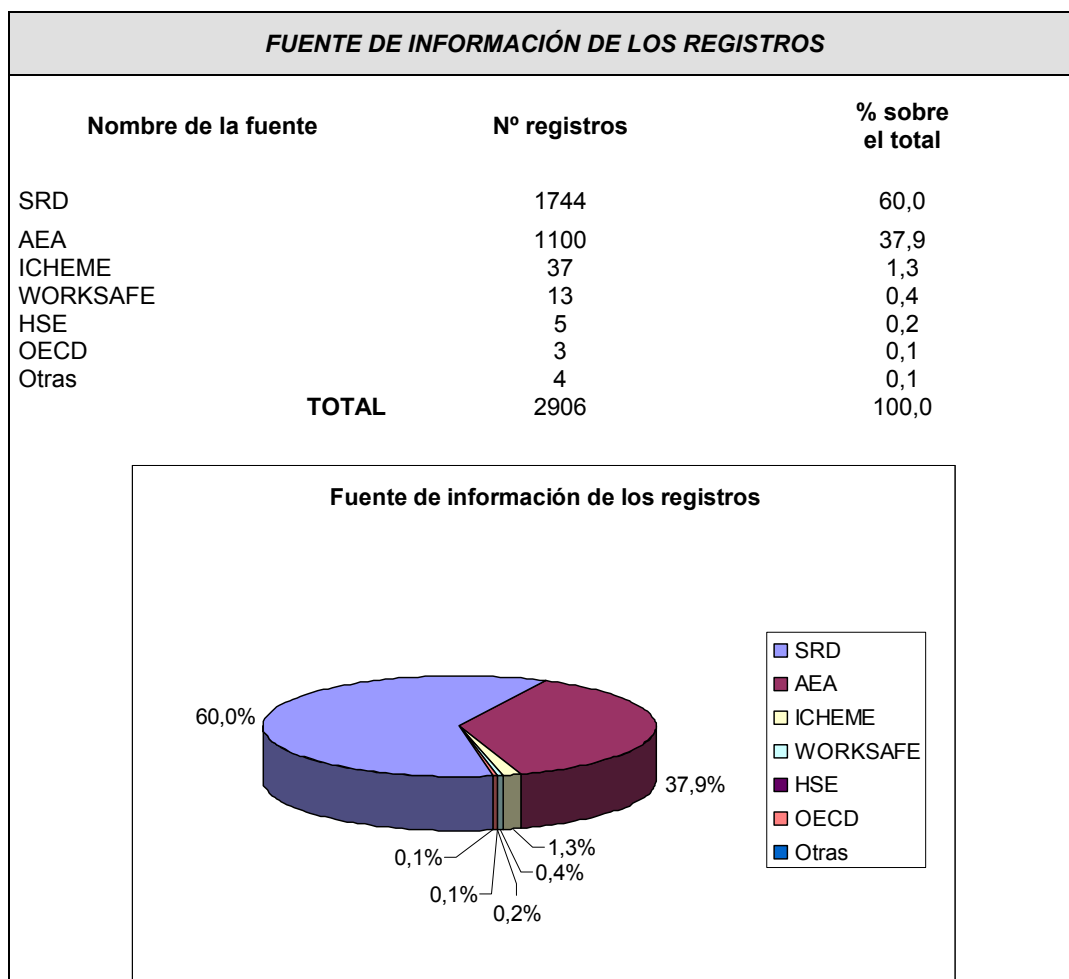


Tabla A.3.1 “Fuentes de información de los registros”



Aproximadamente un 98% de los registros han sido recopilados directamente por el SRD (Safety and Reliability Directorate) y el AEA, lo que garantiza la homogeneidad de la información recopilada en cuanto a: la manera en que ha sido recogida, como se ha tratado y los criterios que se han seguido.

### A.3.2. Fecha del Incidente

El gráfico siguiente muestra la evolución de los incidentes explosión desde el año 1916; año en que se registra la primera explosión del siglo XX. Anteriormente a este año, existen registrados 9 explosiones las cuales pertenecen al siglo XIX.

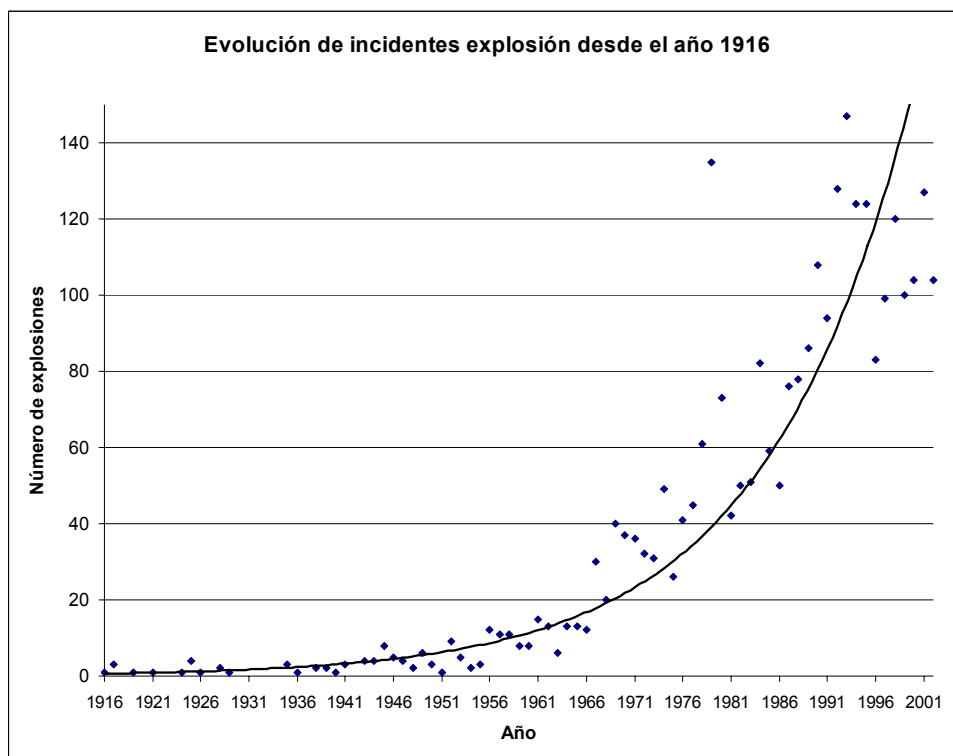


Figura A.3.1 "Evolución de incidentes explosión desde 1916"

Como se puede observar en el gráfico, se aprecia un importante aumento del número de incidentes registrados con el paso de los años. Esto se debe, principalmente, a dos factores: primero, es debido al incremento de la actividad industrial en todo el mundo y segundo, al mayor registro y acceso a la información de incidentes ocurridos.

A continuación, se muestra la agrupación de datos por décadas naturales. En ella se podrá observar la proporción de incremento de explosiones de una década respecto a la anterior (cociente entre década actual y década anterior), siendo este valor un indicativo de la progresión del número de incidentes con el paso del tiempo.



<b>EXPLOSIONES POR DÉCADAS NATURALES</b>			
<b>Décadas Naturales</b>	<b>Nº registros</b>	<b>crecimiento</b>	<b>% sobre el total</b>
Del 1/1/1916 al 31/12/1925	11		0,38
Del 1/1/1926 al 31/12/1935	7	0,64	0,24
Del 1/1/1936 al 31/12/1945	25	3,57	0,86
Del 1/1/1946 al 31/12/1955	40	1,6	1,38
Del 1/1/1956 al 31/12/1965	110	2,75	3,80
Del 1/1/1966 al 31/12/1975	313	2,85	10,80
Del 1/1/1976 al 31/12/1985	639	2,04	22,06
Del 1/1/1986 al 31/12/1995	1015	1,59	35,04
Del 1/1/1996 al 31/12/2005	737	0,73	25,44
<b>TOTAL</b>	<b>2897</b>		<b>100,00</b>

Tabla A.3.2 "Explosiones por décadas naturales"

Se puede observar que los incidentes ocurridos en los últimos 18 años que el 60%, aproximadamente, de los registros pertenecen a estas dos últimas décadas (la versión de la Base de Datos MHIDAS usada en el presente AHA es de Octubre del 2003, por tanto, los dos últimos años de la última década natural no se encuentran reflejados. Aún así, el porcentaje sería mayor en caso de contabilizarse aún más incidentes durante los años 2004 y 2005).

No obstante, tal como refleja la columna 'crecimiento', se observa una progresiva disminución del crecimiento de incidentes con el paso del tiempo muy acusados en estas últimas décadas. Es decir, aún habiendo aumentado el número de explosiones la tasa de crecimiento con respecto a décadas anteriores disminuye. Esto podría deberse al incremento de las medidas de seguridad establecidas en las instalaciones industriales, motivado por el control administrativo a nivel de reglamentos y leyes más estrictas en materia de seguridad, así como por la sensibilización pública frente a importantes incidentes.



### A.3.3. Densidad de Población

La siguiente tabla resume los datos estadísticos referentes a este campo:

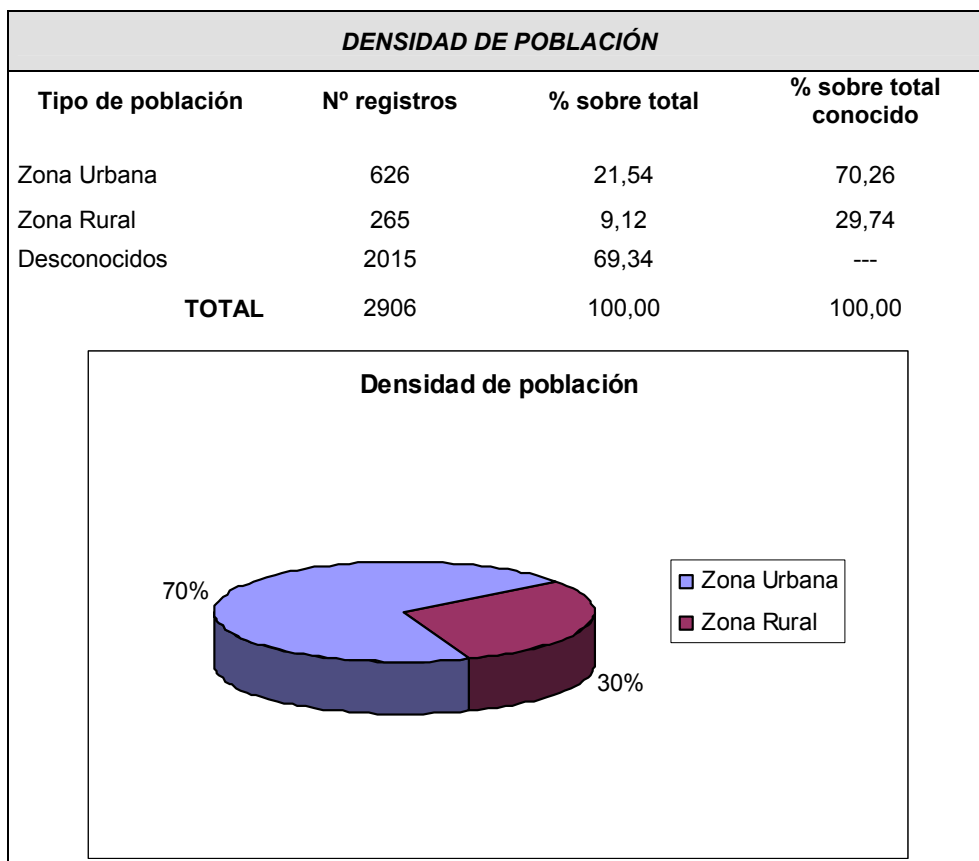


Tabla A.3.3 “Densidad de población ”

Es destacable el gran número de registros en que no se especifica la densidad de población, posiblemente por desconocimiento (69% aproximadamente). Además, es de notar que el 70% de los incidentes ocurren en zona urbana con una densidad de población alta. Esto puede ser debido a que las instalaciones industriales están cercanas a grandes núcleos de población. Por el contrario, el 30% de los incidentes ocurrieron en zonas de población baja.

### A.3.4. Localización de los incidentes

La siguiente tabla nos muestra en qué zonas o países han ocurrido los incidentes, explosión, y a continuación se efectúa su representación en un diagrama pastel:

**LOCALIZACIÓN DEL INCIDENTE**





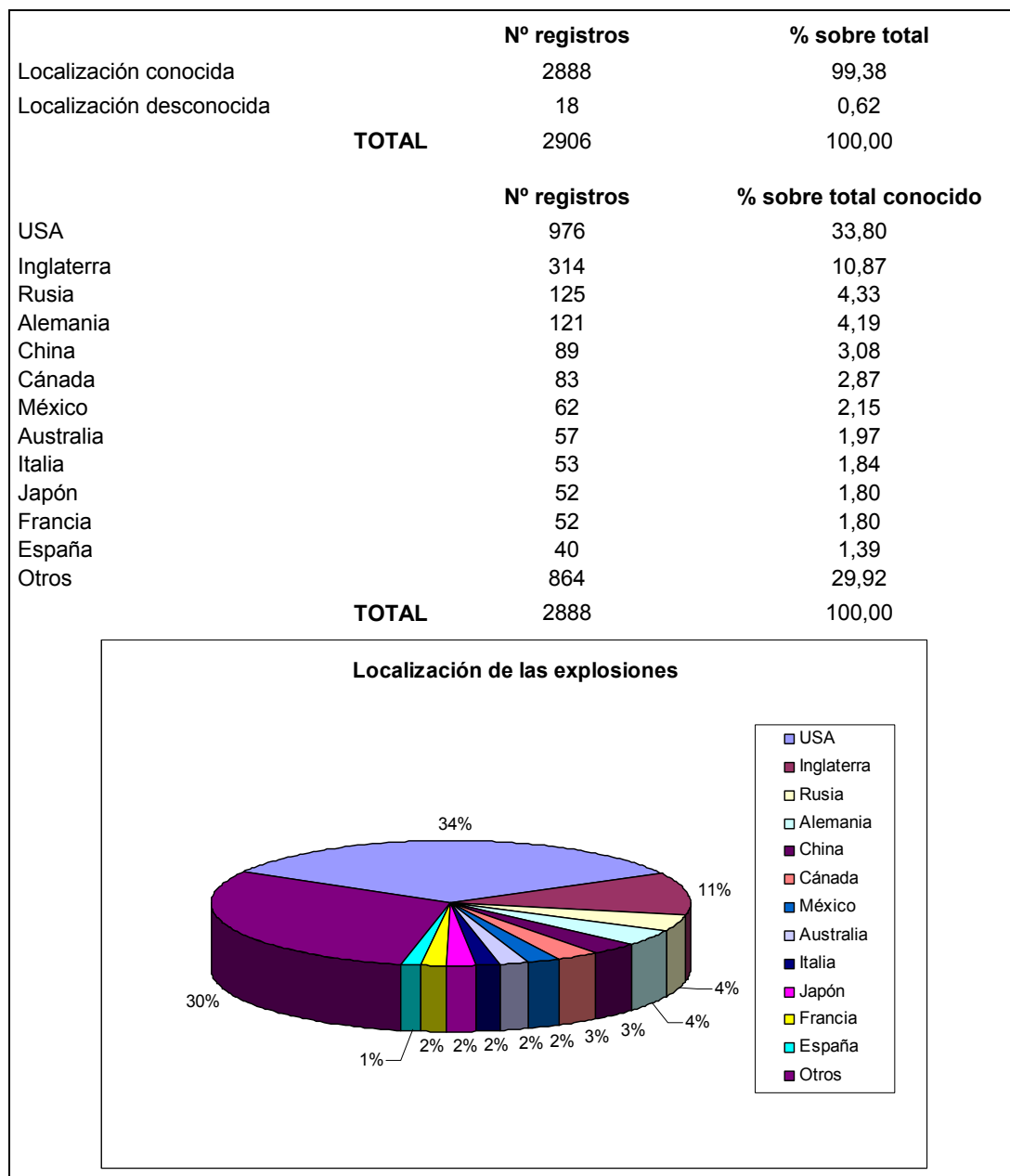


Tabla A.3.4 "Localización del incidente "

Aproximadamente el 45% de los incidentes registrados se encuentran repartidos entre dos países: EEUU y Inglaterra. El 55% restante se encuentra dividido entre otros países entre los que figuran Rusia, Alemania y China. Es de notar que la Base de Datos MHIDAS tiene su origen en un organismo del Reino Unido, de aquí que casi la mitad de los registros se repartan entre los dos países comentados al inicio.



España se encuentra entre los países con menor cantidad de explosiones. Posiblemente, esto sea debido a no haberlos registrado todos como también sucede con otros países más industrializados.

### A.3.5. Sustancias

En este apartado se nos muestra la tipología de sustancias que han intervenido en los incidentes registrados. Esto se muestra a través de la siguiente tabla resumen y, también, del gráfico:

<b>SUSTANCIAS INVOLUCRADAS EN EL INCIDENTE</b>		
	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total</b>
Registro de sustancias conocido	2844	97,87
Registro de sustancias desconocido	62	2,13
<b>TOTAL</b>	<b>2906</b>	<b>100,00</b>
<b>Nombre de la sustancia</b>	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total conocido</b>
Petróleo	438	15,40
Gas Natural	321	11,29
Explosivos	289	10,16
Disolventes	166	5,84
LPG	118	4,15
Gasolina	113	3,97
Propano	98	3,45
Polvo combustible	62	2,18
Etileno	53	1,86
Hidrógeno	49	1,72
Amoníaco	49	1,72
Butano	44	1,55
Nafta	41	1,44
Óxido de etileno	38	1,34
Queroseno	19	0,67
Acetileno	18	0,63
Propileno	17	0,60
Metanol	16	0,56
Nitroglicerina	12	0,42
Gasóleo	11	0,39
Otras sustancias	872	30,66
<b>TOTAL</b>	<b>2844</b>	<b>100,00</b>



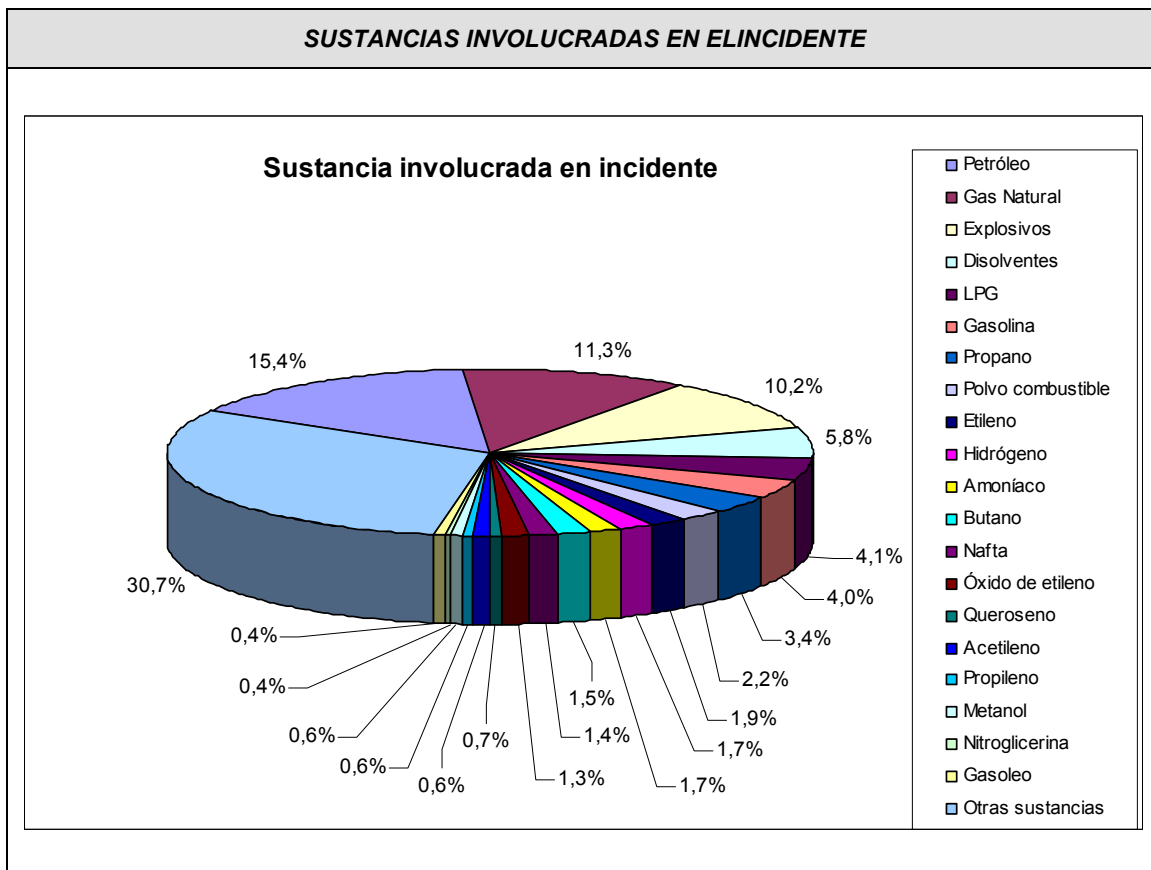


Tabla A.3.5 “Sustancias comburentes causantes de la explosión”

La principal sustancia involucrada en explosiones con un 15,4% del total de registros conocidos es el petróleo (crudo) y sus derivados de menos importancia. Cabe destacar que una gran parte de las sustancias arriba reflejadas (gasolina, gasóleo, LPG, etc.) también son derivados del petróleo. No obstante, se han considerado a parte debido a su importancia y también a su peligrosidad intrínseca. Las siguientes sustancias, por importancia, son el Gas Natural, los explosivos, los disolventes y el LPG.

En un mismo incidente, se pueden registrar más de una sustancia. Esto puede ser debido a que una sustancia puede ser la iniciadora de la explosión, mientras que otra/s que estén registradas en el mismo incidente participen por causas secundarias (proximidad, formar parte del mismo proceso, etc.)

**A.3.6. Tipos de incidente Explosión**

A continuación se muestra una tabla donde se observan datos estadísticos sobre la clasificación de explosiones sucedidas en los incidentes estudiados:



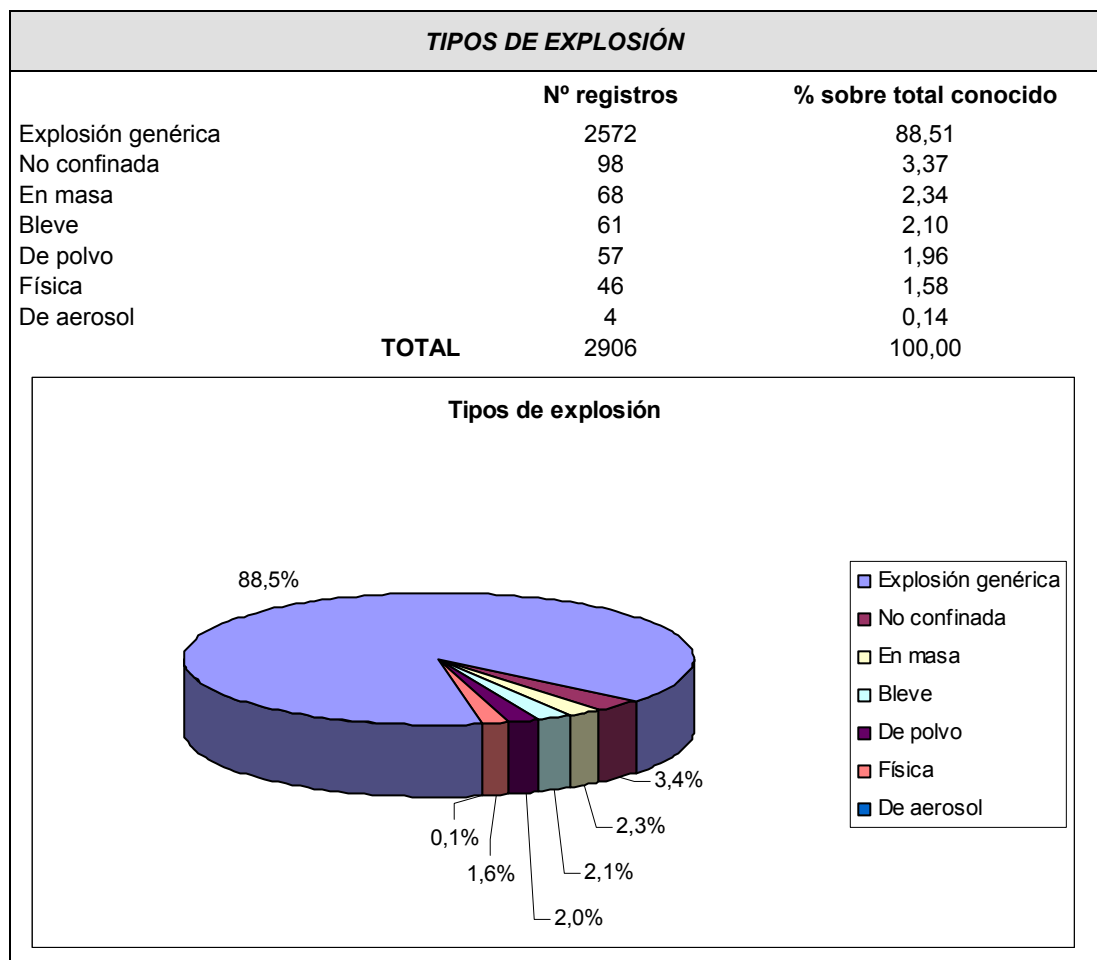


Tabla A.3.6 “Clasificación del tipo de explosión para cada incidente”

Se puede observar como un elevado número, 88,5%, de explosiones no han sido clasificadas. De las clasificadas, no destaca ninguna en especial ya que todas tienen el mismo “peso” o porcentaje. Eso nos puede dar la idea que clasificar la tipología de una explosión no es fácil.

### A.3.7. Origen genérico de los incidentes

A continuación, se tabulan los valores estadísticos extraídos del análisis de los registros, efectuando su representación en un diagrama de pastel (dicho tipo de representación es posible dado que se asigna a cada incidente un único valor de origen general del incidente).



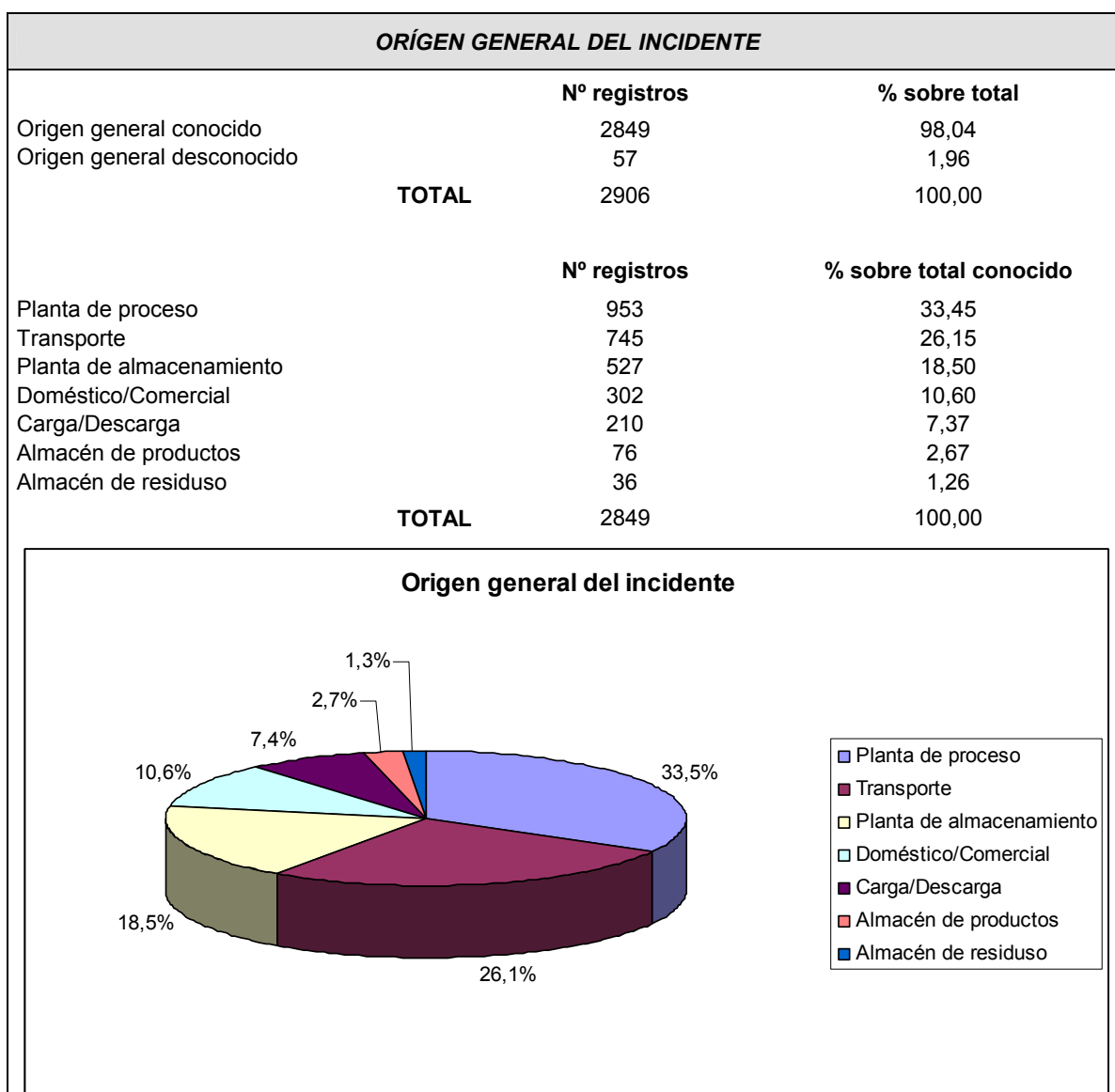


Tabla A.3.7 "Origen general del incidente "

Aquellos registros que no se especifica su origen abarcan un 2%, aproximadamente, frente al 98% de registros con origen conocido.

En la tabla se muestra como el origen general principal de los incidentes explosión son las plantas de proceso y el transporte de estas sustancias. Entre este par de orígenes se acumula casi un 60%, aproximadamente, de los registros de incidentes. Le sigue, con un 18,5%, la planta de almacenamiento. Estos tres orígenes acumulan alrededor de un 80%. Es bueno resaltar que existen un número de explosiones en doméstico/comercial superior al proceso de carga/descarga.



### A.3.8. Origen específico de los incidentes

A continuación, se pasan a analizar los orígenes específicos de los incidentes que tengan una descripción específica. Únicamente van a analizarse aquellos orígenes específicos asociados a la industria química (queda exento el análisis de doméstico/comercial).

#### Origen específico Planta de Proceso

Dichos orígenes constituyen un 33,5% de las explosiones. Por ello, es bueno analizar específicamente sus orígenes. A continuación, se muestra una tabla donde se resumen los datos estadísticos estudiados:

<b>ORIGEN ESPECÍFICO EN PLANTA DE PROCESO</b>		
<b>Origen general</b>	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total</b>
No existe origen específico	349	36,62
Depósito de proceso	206	21,62
Reactor	114	11,96
Tubería de proceso	94	9,86
Equipos de proceso con llama	39	4,09
Bombas/Compresores	39	4,09
Contenedores de transporte portátiles	32	3,36
Intercambiadores de calor	31	3,25
Depósito de almacenamiento	22	2,31
Equipo para la reducción	9	0,94
Transporte de sólidos	6	0,63
Depósito comercial pequeño	3	0,31
Maquinaria de transmisión	3	0,31
Tubería exterior	2	0,21
Barcaza	1	0,10
Almacenamiento de sólidos	1	0,10
Subestación	1	0,10
Tanque contenedor	1	0,10
<b>TOTAL</b>	<b>953</b>	<b>100,00</b>



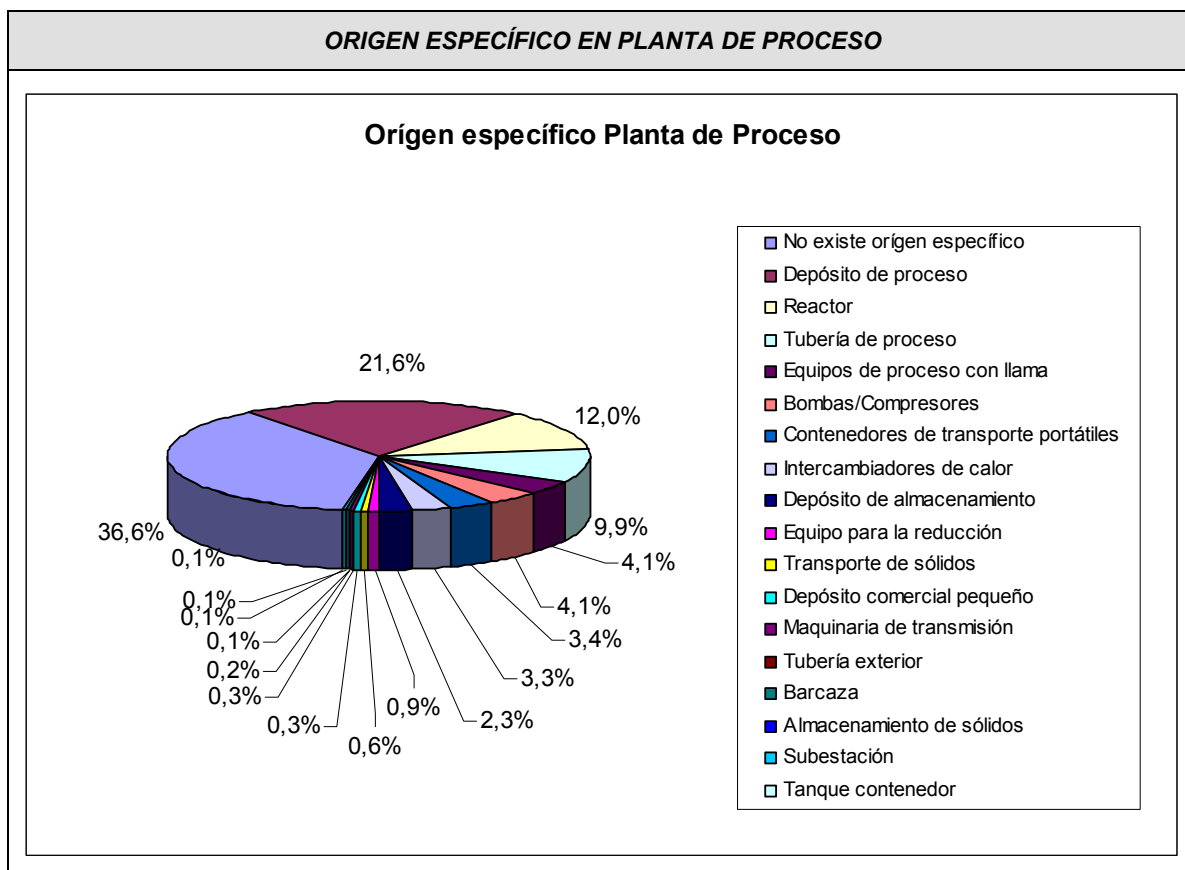


Tabla A.3.8 "Origen específico Planta de Proceso "

El análisis de los orígenes específicos para Planta de Proceso muestra que un 36,6% de los incidentes que tienen como origen Planta de Proceso no se sabe el origen específico de la explosión. En los registros que sí se conoce predomina la explosión de un depósito de proceso con un 21,6%, la explosión de un reactor y de una tubería de proceso con un 12% y un 9,9% respectivamente. El resto de orígenes específicos para Planta de Proceso están repartidos entre bombas (4,1%), contenedores de transporte portátiles (3,4%), intercambiadores de calor (3,3%), depósito de almacenamiento (2,3%), el equipo para reducción (0,9%), transporte de sólidos (0,6%), depósito comercial pequeño (0,3%), maquinaria de transmisión (0,3%), tubería exterior (0,2%), barcaza (0,1%), almacenamiento de sólidos (0,1%), subestación (0,1%) y tanque contenedor (0,1%).



### Origen específico en Transporte

A continuación se muestra una tabla resumen de los datos estadísticos:

<b>ORIGEN ESPECÍFICO EN TRANSPORTE</b>		
<b>Origen específico</b>	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total</b>
No existe origen específico	11	1,48
Tubería exterior	320	42,95
Cisterna para ferrocarril	123	16,51
Barco	110	14,77
Cisterna para carretera	98	13,15
Contenedores de transporte portátiles	57	7,65
Barcaza	20	2,68
Tanque contenedor	2	0,27
Depósito de almacenamiento	1	0,13
Tubería de proceso	1	0,13
Depósito de proceso	1	0,13
Bombas/Compresores	1	0,13
<b>TOTAL</b>	<b>745</b>	<b>100,00</b>

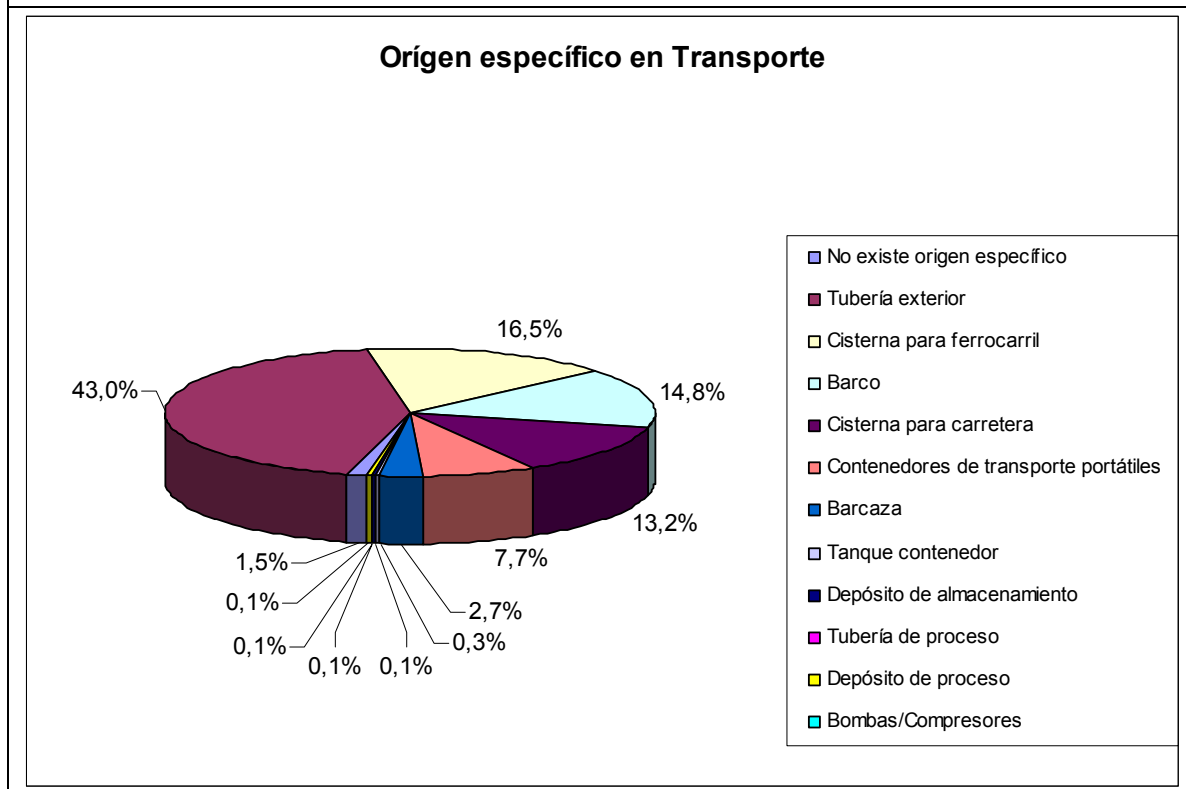


Tabla A.3.9 "Origen específico en Transporte "

En los incidentes predominan las explosiones de tubería exterior (43%), cisterna para ferrocarril (16,5%), barco (14,8%) y cisterna para carretera (13,2%). Éstos van seguidos, contenedores portátiles (7,7%), barcaza (2,7%), entre otros hasta llegar al 100%.





### Origen específico en Planta de almacenamiento

A continuación se muestra una tabla resumen de los datos estadísticos:

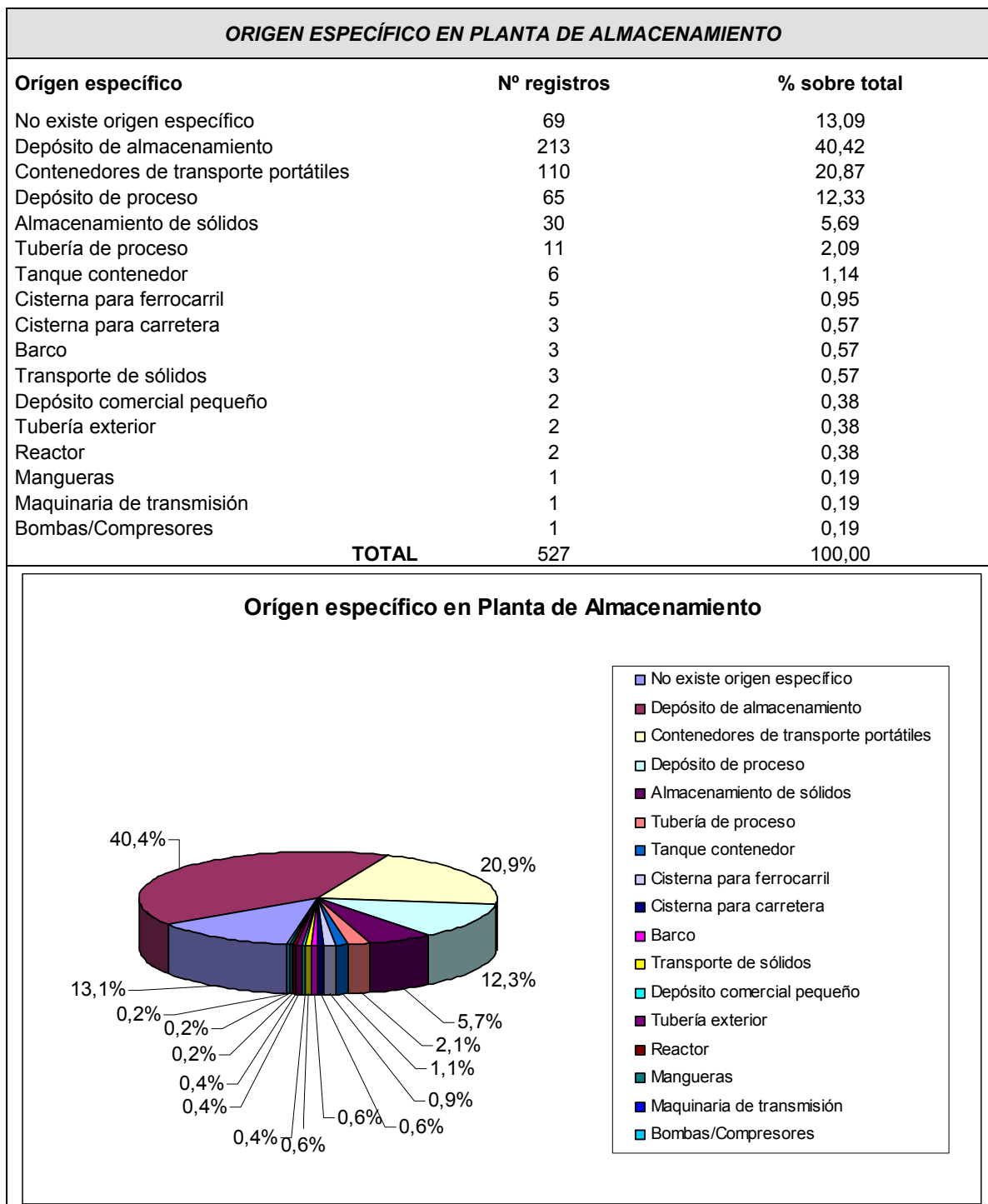


Tabla A.3.10 "Origen específico en Planta de almacenamiento "

En las plantas de almacenamiento destaca la explosión de los depósitos de almacenamiento con un 40,4% y de los contenedores de transporte portátiles (GRG) con un 21% aproximadamente.



### Origen específico en Carga/Descarga

A continuación se muestra una tabla resumen de los datos estadísticos:

<b>ORIGEN ESPECÍFICO EN CARGA/DESCARGA</b>		
<b>Origen específico</b>	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total</b>
No existe origen específico	11	5,12
Barco	53	24,65
Cisterna para carretera	36	16,74
Contenedores de transporte portátiles	22	10,23
Tubería de proceso	18	8,37
Mangueras	15	6,98
Barcaza	13	6,05
Depósito de proceso	13	6,05
Depósito de almacenamiento	12	5,58
Cisterna para ferrocarril	10	4,65
Tubería exterior	6	2,79
Transporte de sólidos	2	0,93
Depósito comercial pequeño	1	0,47
Equipos de proceso con llama	1	0,47
Bombas/Compresores	1	0,47
Almacenamiento de sólidos	1	0,47
<b>TOTAL</b>	<b>215</b>	<b>100,00</b>

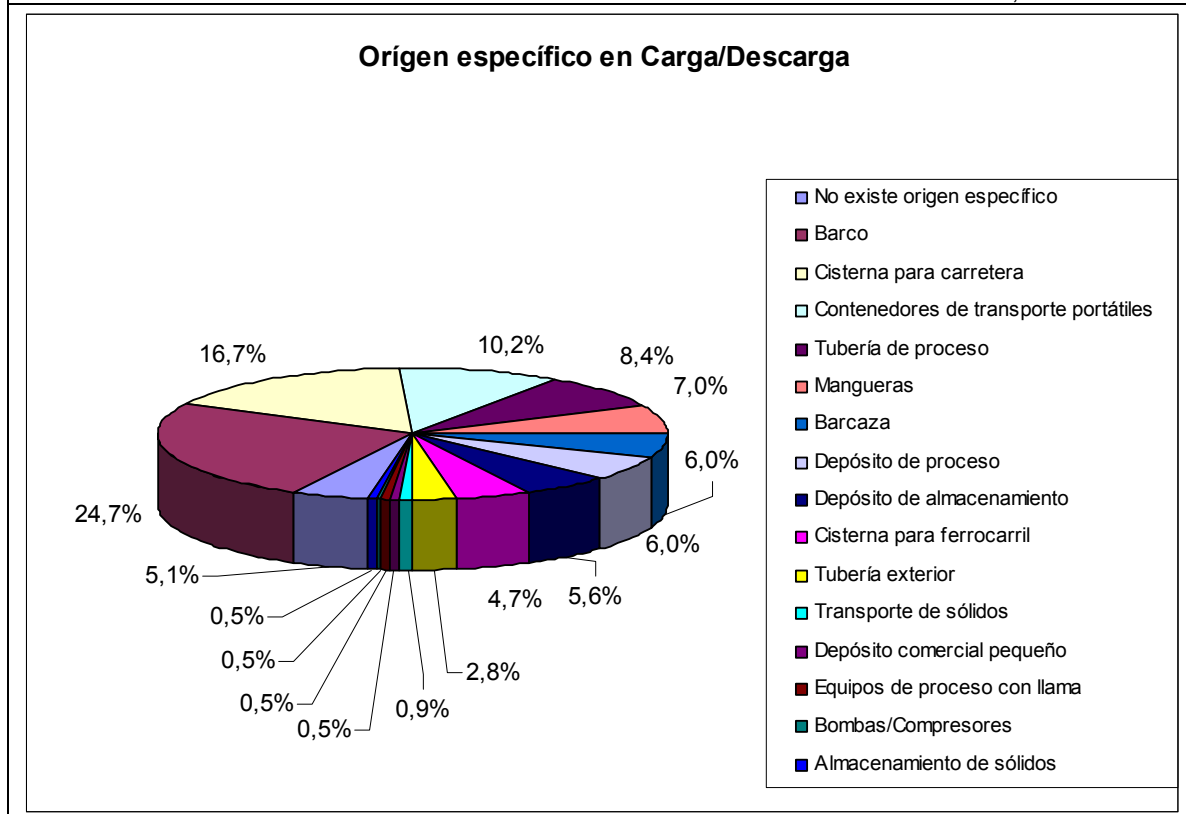


Tabla A.3.11 "Origen específico en Carga/Descarga "

Entre barco, cisterna para carretera y contenedores portátiles se agrupan los principales orígenes específicos con un 50%, aproximadamente.



### Origen específico en Almacén de Productos

A continuación se muestra una tabla resumen de los datos estadísticos:

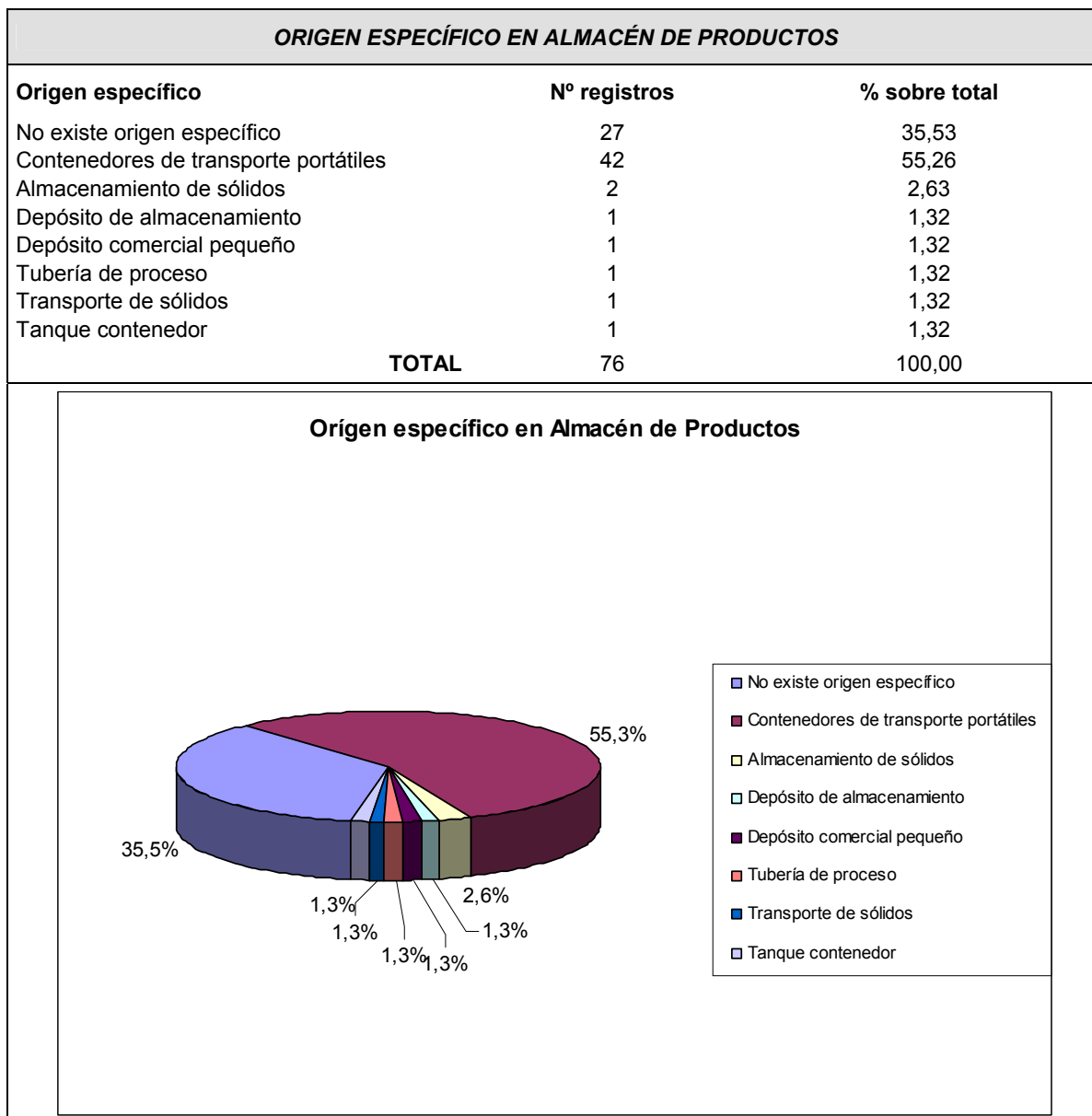


Tabla A.3.12 "Origen específico en Almacén de Productos"

En un 35% de los casos no se registra un origen específico para el Almacén de Productos. El principal origen específico con un 55,3% son los GRG, contenedores de transporte portátiles, muy usados en la industria química. El resto se encuentra muy repartido entre los demás orígenes específicos para el Almacén de Productos.



### Origen específico en Almacén de residuos

A continuación se muestra una tabla resumen de los datos estadísticos:

<b>ORIGEN ESPECÍFICO EN ALMACÉN DE PRODUCTOS</b>		
<b>Origen específico</b>	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total</b>
No existe origen específico	11	30,56
Contenedores de transporte portátiles	11	30,56
Depósito de almacenamiento	5	13,89
Equipos de proceso con llama	2	5,56
Depósito de proceso	2	5,56
Cisterna para carretera	2	5,56
Depósito comercial pequeño	1	2,78
Tubería de proceso	1	2,78
Reactor	1	2,78
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>100,00</b>

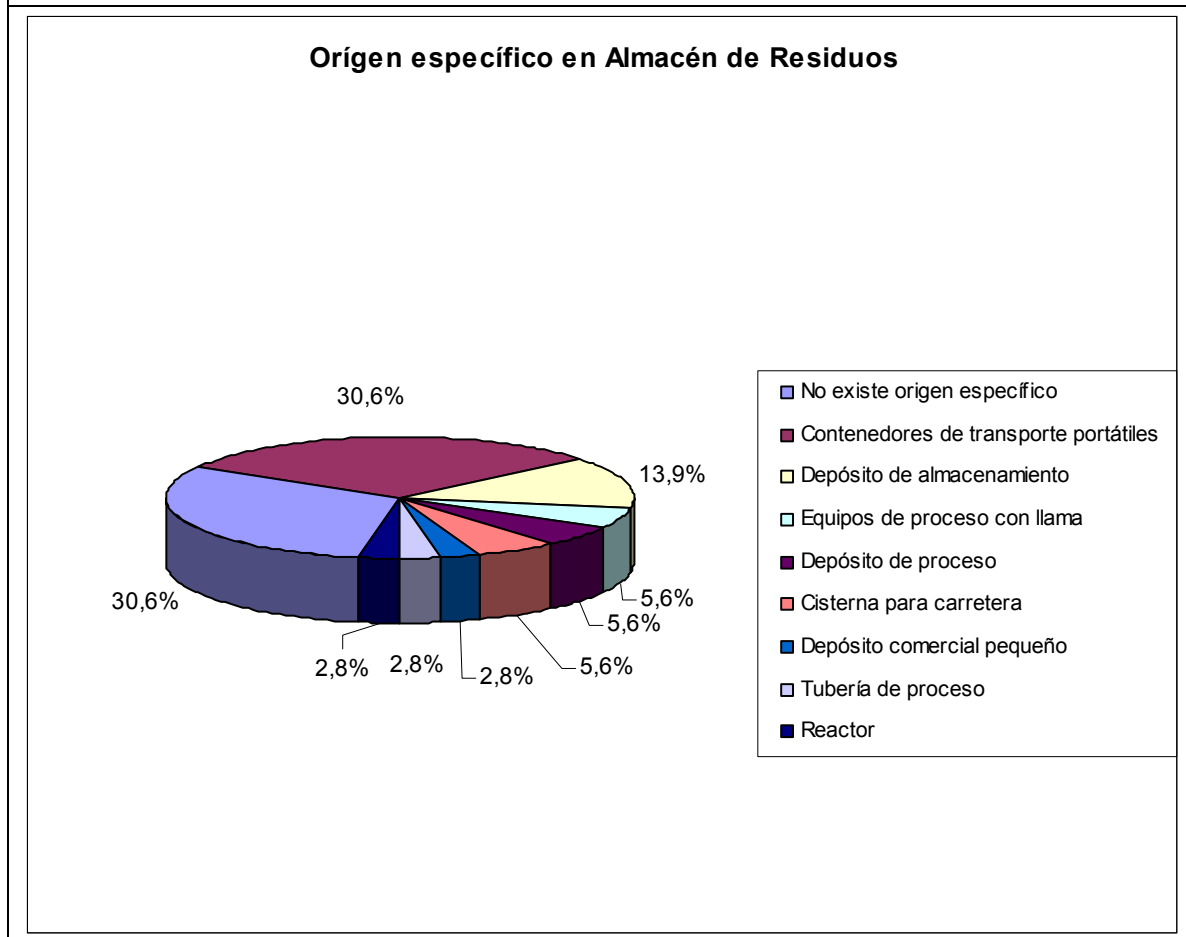


Tabla A.3.13 “Origen específico en Almacén de residuos”

En un 30% de los casos no se registra un origen específico para el Almacén de Productos. El principal origen específico con un 30% son los contenedores de transporte portátiles. El resto se encuentra repartido entre los depósitos de almacenamiento y los demás orígenes específicos.



### A.3.9. Causas generales del incidente

Un incidente puede llevar asociado más de una causa general, por ello un mismo registro puede, a su vez, estar incluido en más de una causa diferente. Por ello, no es posible efectuar algunas de las estadísticas que hemos venido haciendo hasta el momento como por ejemplo los diagramas pastel, ya que podemos llegar a tener valores por encima del 100%.

Por tanto, para analizar el campo de causas generales, se ha tomado cada una de las causas generales y se ha efectuado un recuento del número de registros en los que por lo menos aparece la causa en cuestión.

A continuación, se incluye una tabla de valores obtenidos con el criterio anteriormente descrito:

<b>CAUSAS GENERALES DEL INCIDENTE</b>		
	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total</b>
Causas Generales conocidas	7134	83,48
Causas Generales desconocidas	1412	16,52
<b>TOTAL</b>	<b>8546</b>	<b>100,00</b>
	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total conocido</b>
Causas externas	1849	25,92
Factor humano	1794	25,15
Fallo mecánico	1731	24,26
Fallo por impacto	964	13,51
Reacción Violenta	501	7,02
Fallo de instrumentación	241	3,38
Fallo de servicios	54	0,76
Variación condiciones proceso	0	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>7134</b>	<b>100,00</b>

Tabla A.3.14 "Causas generales del incidente "

Existe un elevado número de causas generales conocido (un 83% aproximadamente del total). Es curioso el hecho que haya tantos incidentes con causas generales conocidas ya que normalmente es bastante difícil llegarlas a conocer después de una explosión.

Se puede observar, del análisis, que las causas que más habitualmente se dan son: causas externas (26%) debidos a un suceso externo (un rayo, un incendio exterior, etc.), las causas por factor humano (25%), las causas por fallo mecánico (24%) y finalmente las causas por impacto con un (13%). Entre estas cuatro causas se suma un 88%, aproximadamente, del total de causas conocidas. Eso representa que acotando y trabajando en la prevención de dichas causas generales se puede llegar a prevenir de una manera correcta una explosión.



Hay que resaltar que no se ha registrado ninguna causa de una explosión debida a la variación de las condiciones de proceso.

### A.3.10. Causas específicas del incidente

A continuación, se pasa a analizar las causas específicas de los incidentes para aquellos registros que las tengan. Cabe destacar que en este caso cada causa genérica tiene sus causas específicas, es decir, las causas generales no comparten causas específicas.

#### Causas específicas externas

CAUSAS ESPECÍFICAS EXTERNAS		
Causa específica	Nº registros	% sobre total
Terremoto	306	16,55
Explosión exterior	236	12,76
Sabotaje	213	11,52
Rayo	202	10,92
Temperaturas extremas	200	10,82
Incendio exterior	189	10,22
Inundación	172	9,30
Viento huracanado	168	9,09
Fallo del terreno	163	8,82
<b>TOTAL</b>	<b>1849</b>	<b>100,00</b>

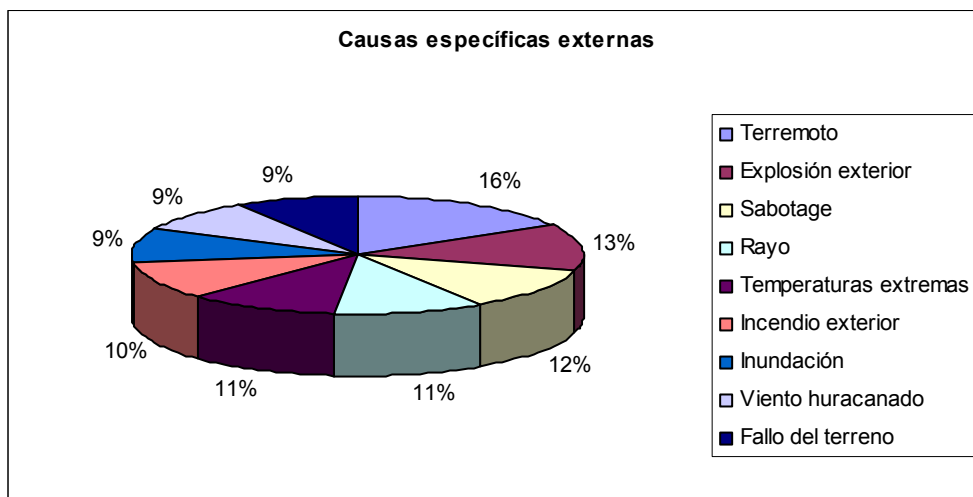


Tabla A.3.15 "Causas específicas externas"

Del análisis se puede observar lo repartidas que están las causas específicas externas. Salvo la causa por terremoto (16%), por explosión exterior (13%) y por sabotaje (12%) todas las demás causas específicas tienen alrededor de un 10%.



### Causas específicas por factor humano

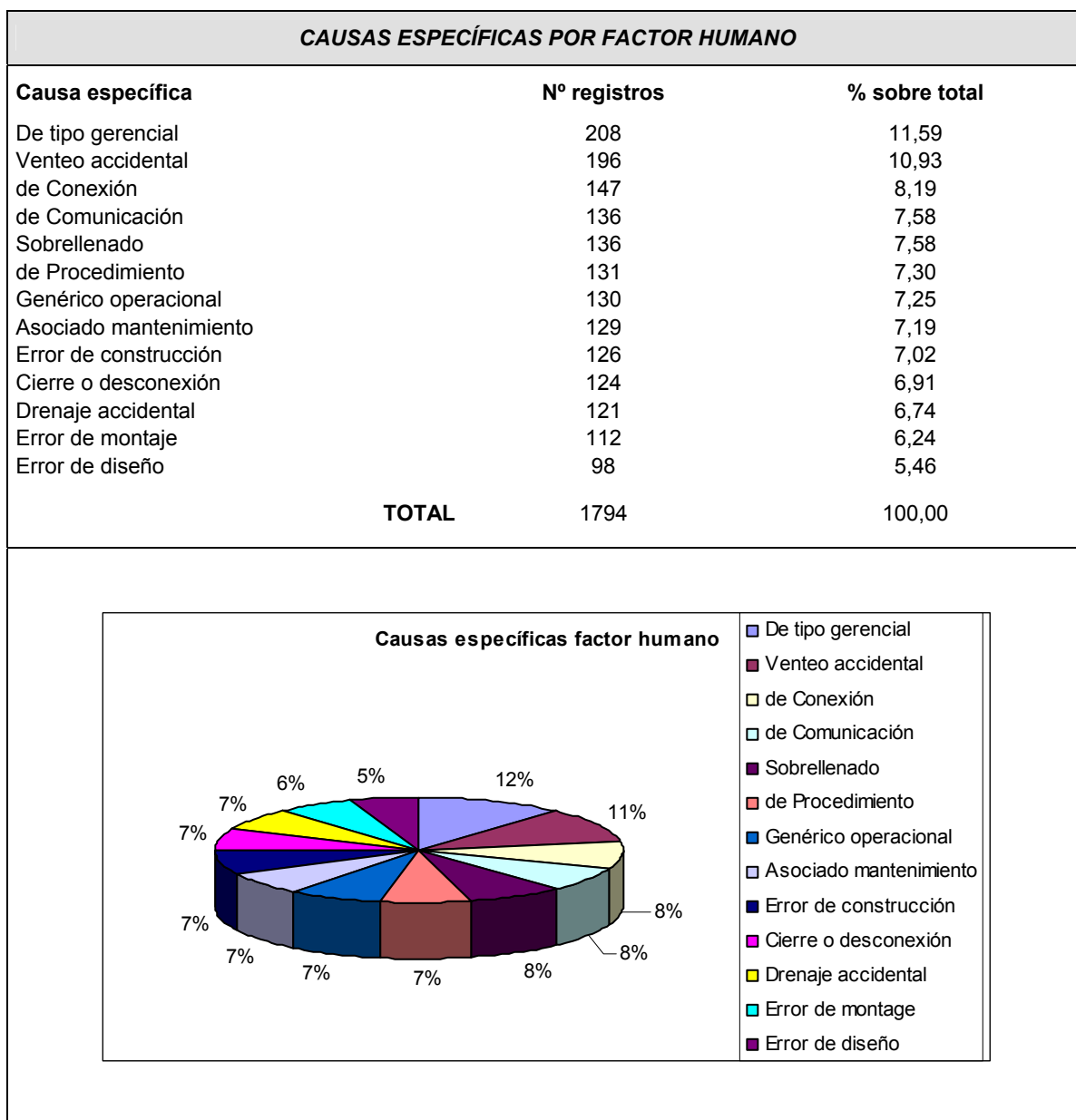


Tabla A.3.16 "Causas específicas por factor humano"

Las causas específicas por error humano más registradas son: las de tipo gerencial con un 12%, venteo accidental con un 11% y de conexión, de comunicación y de sobrellenado con un 8%. Una gran parte de éstas podrían ser debidas a "despiste" del operario o a una mala gestión/organización por parte del jefe de planta, como se ve en las de tipo gerencial.

### Causas específicas de fallo por impacto

#### CAUSAS ESPECÍFICAS FALLO POR IMPACTO



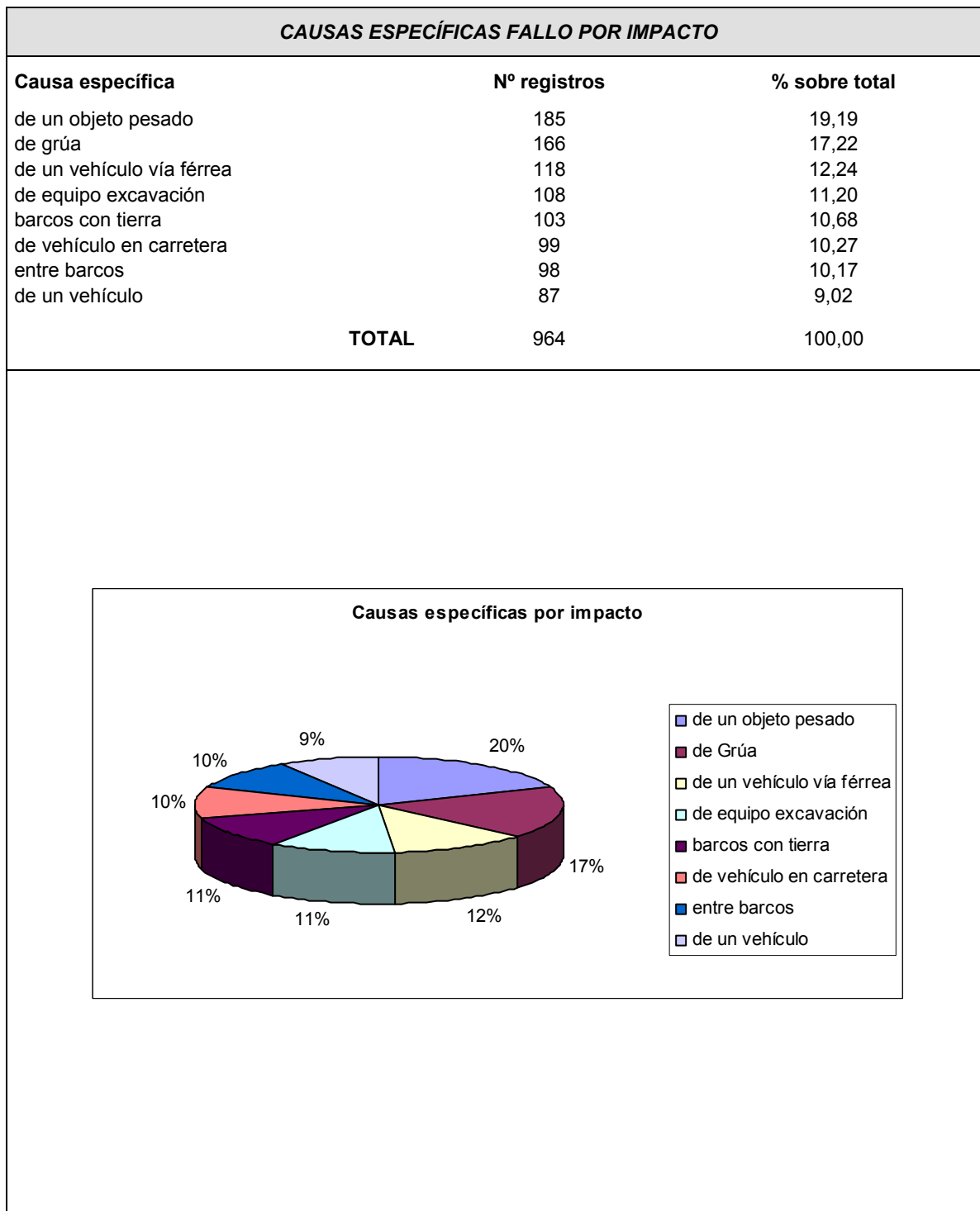


Tabla A.3.17 "Causas específicas fallo por impacto "

Dentro de las causas por impacto sobresalen los impactos de un objeto pesado (20%) y los de grúa (17%). Las demás causas por impacto tienen un mismo peso alrededor del 10%.

**Causas específicas de fallo de instrumentación**





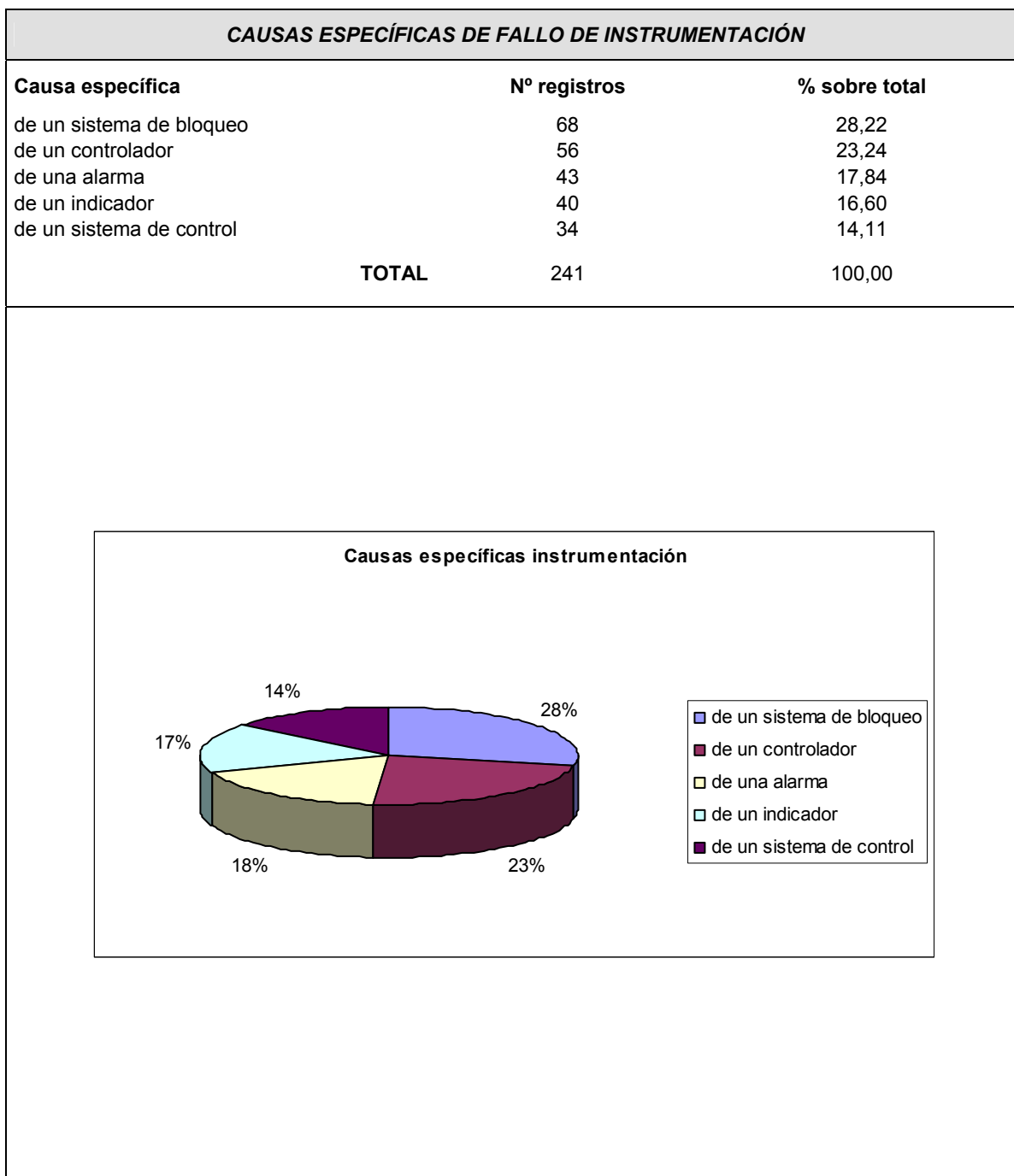


Tabla A.3.18 "Causas específicas fallo por instrumentación "

Se puede observar como los fallos de los sistemas de bloqueo (28%) son las causas específicas principales seguidas por los fallos por controlador (23%) y los fallos del sistema de alarma (18%).

### Causas específicas de fallo mecánico



<b>CAUSAS ESPECÍFICAS DE FALLO MECÁNICO</b>		
<b>Causa específica</b>	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total</b>
Fragilización material	200	11,55
Por fatiga	173	9,99
Pérdidas prensaestopas	128	7,39
Por sobrepresión	124	7,16
Por pérdidas válvula	123	7,11
Por sobrecarga	122	7,05
Por pérdidas en juntas o bridas	113	6,53
Por otros fallos metalúrgicos	113	6,53
Por corrosión	112	6,47
Incompatibilidad materiales	110	6,35
Por fallo válvula seguridad	108	6,24
Fallo manguera	105	6,07
Por recalentamiento	100	5,78
Por fallo soldadura	100	5,78
<b>TOTAL</b>	<b>1731</b>	<b>100,00</b>

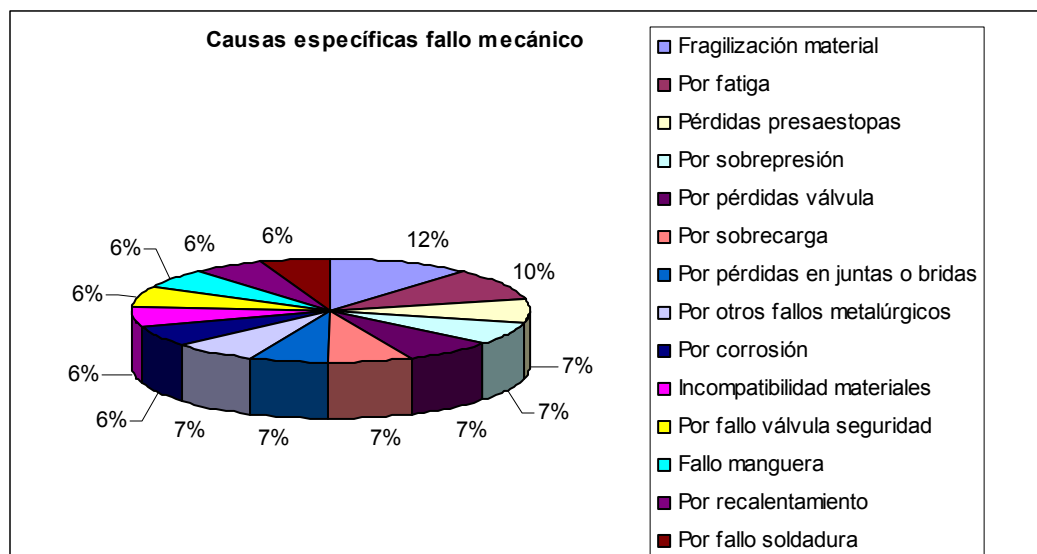


Tabla A.3.19 “Causas específicas de fallo mecánico “

Aunque los fallos mecánicos están bastante equilibrados, alrededor del 7%, se puede observar como la fragilización del material y la fatiga de éste son las principales causas específicas por fallo mecánico.

**Causas específicas de fallo por servicios generales**



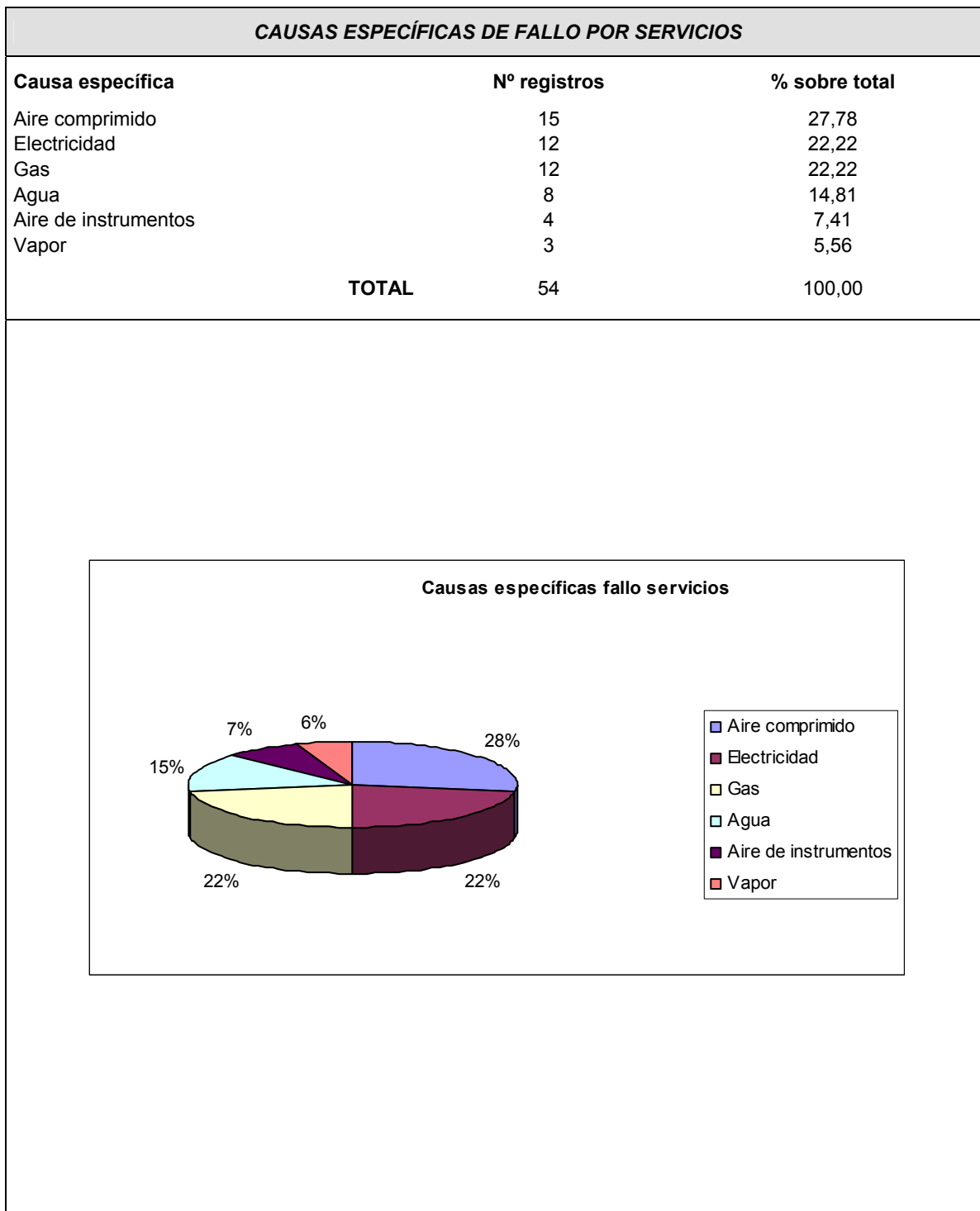


Tabla A.3.20 "Causas específicas de fallo por servicios"

Dentro de las causas específicas por fallo de servicios, sobresalen el fallo de servicio por: aire comprimido (28%), electricidad (22%) y gas (22%).

#### **Causas específicas de fallo por reacción violenta**



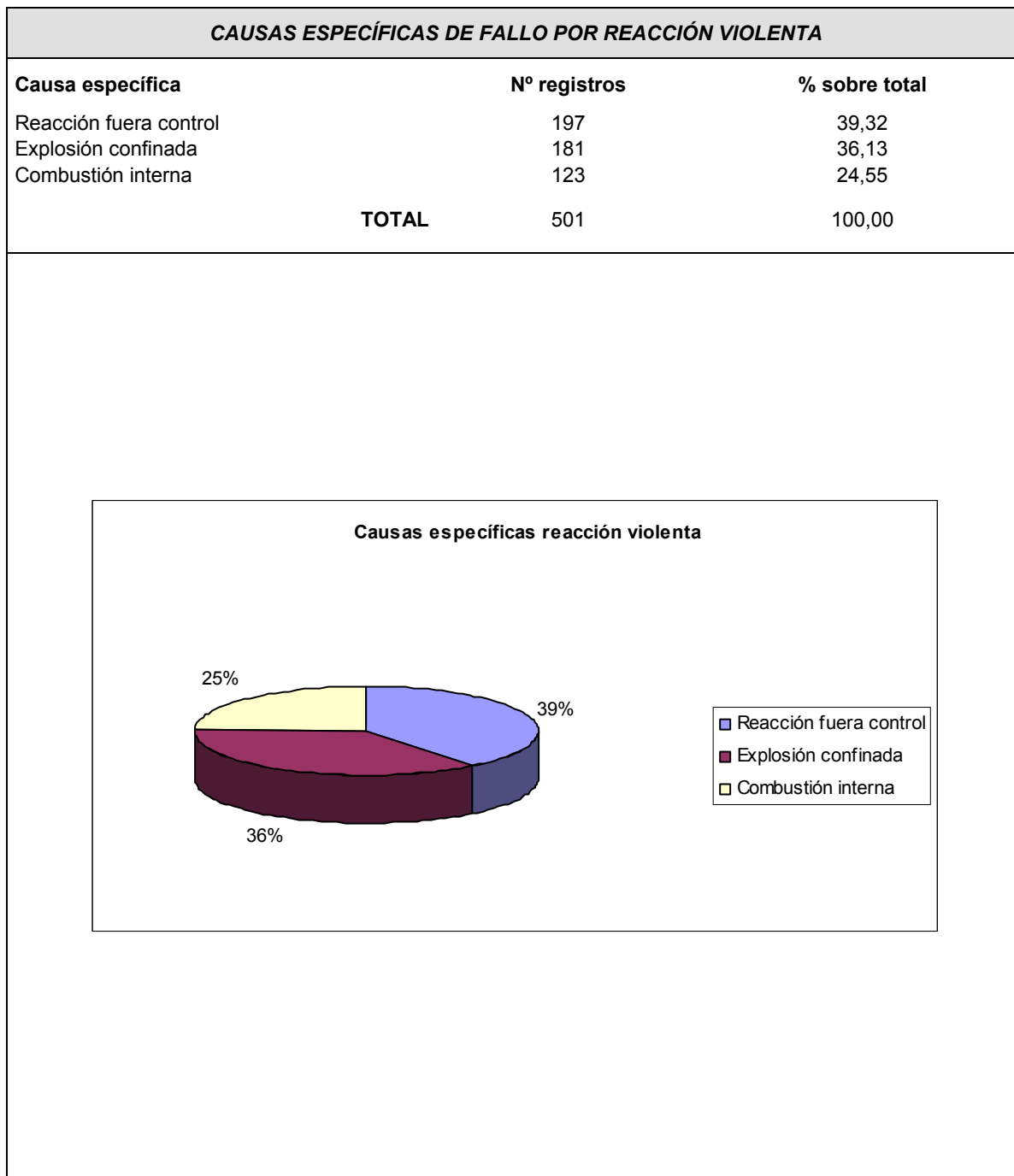


Tabla A.3.21 “Causas específicas de fallo reacción violenta”

Las causas específicas por reacción violenta están bastante equilibradas. Sin embargo, destaca el ‘runaway’ o reacción fuera de control con un 40% de los registros aproximadamente. A continuación, la sigue de cerca la explosión confinada con un 36%.



### A.3.11. Cantidad de sustancia

A continuación, se muestra una tabla que resume el análisis de los accidentes por cantidades de sustancia:

<b>CANTIDAD DE SUSTANCIA INVOLUCRADA</b>		
	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total</b>
Cantidad de sustancia conocida	444	15,28
Cantidad de sustancia desconocida	2462	84,72
<b>TOTAL</b>	<b>2906</b>	<b>100,00</b>
	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total conocido</b>
Entre 0 y 1 tonelada	51	11,49
Entre 1 y 2 toneladas	53	11,94
Entre 2 y 30 toneladas	114	25,68
>30 toneladas	226	50,90
<b>TOTAL</b>	<b>444</b>	<b>100,00</b>

Tabla A.3.22 "Cantidad de sustancia involucrada incidente "

Se puede observar que los incidentes con una cantidad de sustancia desconocida son un 85%, mientras que los conocidos son tan sólo el 15%, aproximadamente. De éstos, la cantidad de sustancia involucrada está por encima de 30 toneladas en un 50% de los casos, un 25% de los casos se tiene una cantidad de sustancia entre 2 y 30 toneladas, un 12% de los registros entre cantidades de 1 y 2 toneladas y por último otro 12% para cantidades menores de 1 tonelada.

Cabe destacar, que las cantidades en el ámbito del Atex son, aproximadamente, alrededor de Kg. Lo que ocurre es que al ocurrir el incidente, la explosión de esta pequeña cantidad de sustancia inflamable puede afectar a un almacenamiento, a una carga o a un proceso con toneladas de producto.



### A.3.12. Daños económicos provocados por el accidente

Para el análisis de los registros se ha agrupado los daños en dólares americanos en intervalos de miles, diez mil, etc. La siguiente tabla nos muestra el análisis estadístico de daños económicos:

<b>DAÑOS ECONÓMICOS DEL INCIDENTE</b>		
	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total</b>
Daños conocidos	473	16,28
Daños desconocidos	2433	83,72
<b>TOTAL</b>	<b>2906</b>	<b>100,00</b>
	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total conocido</b>
No hay daños económicos	0	0
Entre \$1 y \$1000	0	0
Entre \$1000 y \$10000	6	1,27
Entre \$10000 y \$100000	24	5,07
Entre \$100000 y \$1M	155	32,77
Entre \$1M y \$10M	195	41,23
Entre \$10M y \$100M	82	17,34
Entre \$100 y \$400\$	11	2,33
<b>TOTAL</b>	<b>473</b>	<b>100,00</b>

Tabla A.3.23 “ Daños económicos del incidente ””

Como se puede observar existe un porcentaje muy pequeño de registros de los cuales se conoce el daño económico. Tan sólo el 16% es conocido. Esto nos da una idea de lo difícil que es cuantificar un incidente, explosión, económicamente. Además, los dólares de hace unos años atrás no valen lo mismo que los actuales debido a que el precio del dinero ha cambiado (inflación). La Base de Datos MHIDAS no da información al respecto. No obstante, sí se puede ver que la mayoría de los incidentes se encuentran entre 100000 dólares y 10 millones de dólares.



### A.3.13. Población afectada por el incidente

Se ha efectuado un análisis para el campo de población afectada. Para ello, se ha de tener en cuenta tanto los muertos o los heridos que ha tenido un incidente. Primeramente se ha estudiado cuantos incidentes han tenido muertos o heridos conocido (>0), recordando que basta con que uno de los dos valores (muertos o heridos) sea mayor que 0 para que se considere como un incidente con daños a personas. Por el contrario, un incidente se considera sin muertos ni heridos cuando ambos valores son conocidos e iguales a 0. A continuación, se muestra una tabla resumen que contempla este hecho:

<b>POBLACIÓN AFECTADA POR EL INCIDENTE</b>		
	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total</b>
Población afectada conocida	1929	66,38
Población afectada desconocida	977	33,62
<b>TOTAL</b>	<b>2906</b>	<b>100,00</b>

Tabla A.3.24 "Población afectada por el incidente"

Se puede ver como existe un alto porcentaje de población afectada conocida (66,38%), es decir que los dos valores referentes al número de muertos y heridos se conoce y son mayores que 0.

### Número de muertos provocados por el incidente

¿Cómo evaluar un incidente por explosión? A menudo es difícil cuantificar las consecuencias de una explosión, de hecho, ya se ha visto al ver los daños económicos causados por esta son en la mayoría de los casos difíciles de evaluar. Uno de los datos que dan el nivel de consecuencias de una explosión es el número de muertos causadas por el incidente.

A continuación se muestra una tabla que resume los datos estadísticos obtenidos del análisis:



<b>MUERTOS PROVOCADOS POR EL INCIDENTE</b>		
	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total</b>
Número de muertos conocido (>=0)	1481	50,97
Número de muertos desconocido	1425	49,03
<b>TOTAL</b>	<b>2906</b>	<b>100,00</b>
	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total conocido</b>
No hay muertos (0)	185	12,49
Entre 1 y 10 muertos	1044	70,49
Entre 11 y 100 muertos	224	15,12
Más de 101 muertos	28	1,89
<b>TOTAL</b>	<b>1481</b>	<b>100,00</b>

Tabla A.3.25 “Muertos provocados por el incidente”

Se observa como en un gran número de explosiones (70%) el número de muertos está entre 1 y 10. Eso puede significar que las pequeñas explosiones, es decir, explosiones que afecten al lugar de trabajo pero no se extiendan más allá de éste (explosiones muy localizadas), son mucho más frecuentes que las explosiones que afectan a más de un sitio de trabajo (afectan a otras instalaciones de la instalación). Esto nos da una idea de que realizando la prevención y protección de atmósferas explosivas que afecten al lugar de trabajo puede hacer disminuir el número de población afectada, lo que se traduce en menos muertos.

**Número de heridos provocados por el incidente**

<b>HERIDOS PROVOCADOS POR EL INCIDENTE</b>		
	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total</b>
Nº de heridos conocido (>=0)	1645	56,60
Nº de heridos no conocido	1261	43,40
<b>TOTAL</b>	<b>2906</b>	<b>100,00</b>
	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total conocido</b>
No hay heridos	22	1,33
Entre 1 y 10 heridos	1023	62,18
Entre 11 y 100 heridos	516	31,36
Más de 101 heridos	84	5,13
<b>TOTAL</b>	<b>1645</b>	<b>100,00</b>

Tabla A.3.26 “Heridos provocados por el incidente”





En el análisis del número de heridos provocados por el accidente se puede observar que de incidentes con un número de heridos conocidos es de alrededor del 57%. De éstos, un 1,33% no tiene heridos causados por la explosión. Y se puede observar, como pasaba anteriormente con el número de muertos, que las explosiones que causan entre 1 y 10 heridos (62%) son las más frecuentes. Este dato refuerza la idea que las explosiones que afectan al lugar de trabajo (corta distancia) son más frecuentes que las que afectan además a otras instalaciones o incluso toda la Planta en sí.

Cabe destacar que la suma de registros de personas heridas y muertas se sobrepasa el número de incidentes con población afectada (1929). Esto puede ser debido a que en un mismo incidente pueden coexistir tres posibilidades, es decir, puede haber muertos y heridos, o muertos sólo o heridos sólo.

### Número de evacuados provocados por el incidente

<b>EVACUADOS PROVOCADOS POR EL INCIDENTE</b>		
	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total</b>
Nº de evacuados conocido	571	19,65
Nº de evacuados no conocido	2335	80,35
<b>TOTAL</b>	<b>2906</b>	<b>100,00</b>
	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total conocido</b>
No hay evacuados	125	21,89
Entre 1 y 10 evacuados	142	24,87
Entre 11 y 100 evacuados	70	12,26
Más de 101 evacuados	234	40,98
<b>TOTAL</b>	<b>571</b>	<b>100,00</b>

Tabla A.3.27 "Evacuados provocados por el incidente"

Se observa que el número de evacuados conocido es bajo con un 20%, aproximadamente. Esto puede significar que el número de afectación en muchos casos es un dato difícil de conseguir o de cuantificar. De los conocidos, casi un 50% se encuentra repartido entre aquellos incidentes que no han tenido evacuados y los que han tenido entre 1 y 10 evacuados. El otro 50% es para aquellas explosiones que han causado más de 101 evacuados.



### A.3.14. Fuente de ignición

A continuación se muestra una tabla que resume el presente campo de estudio:

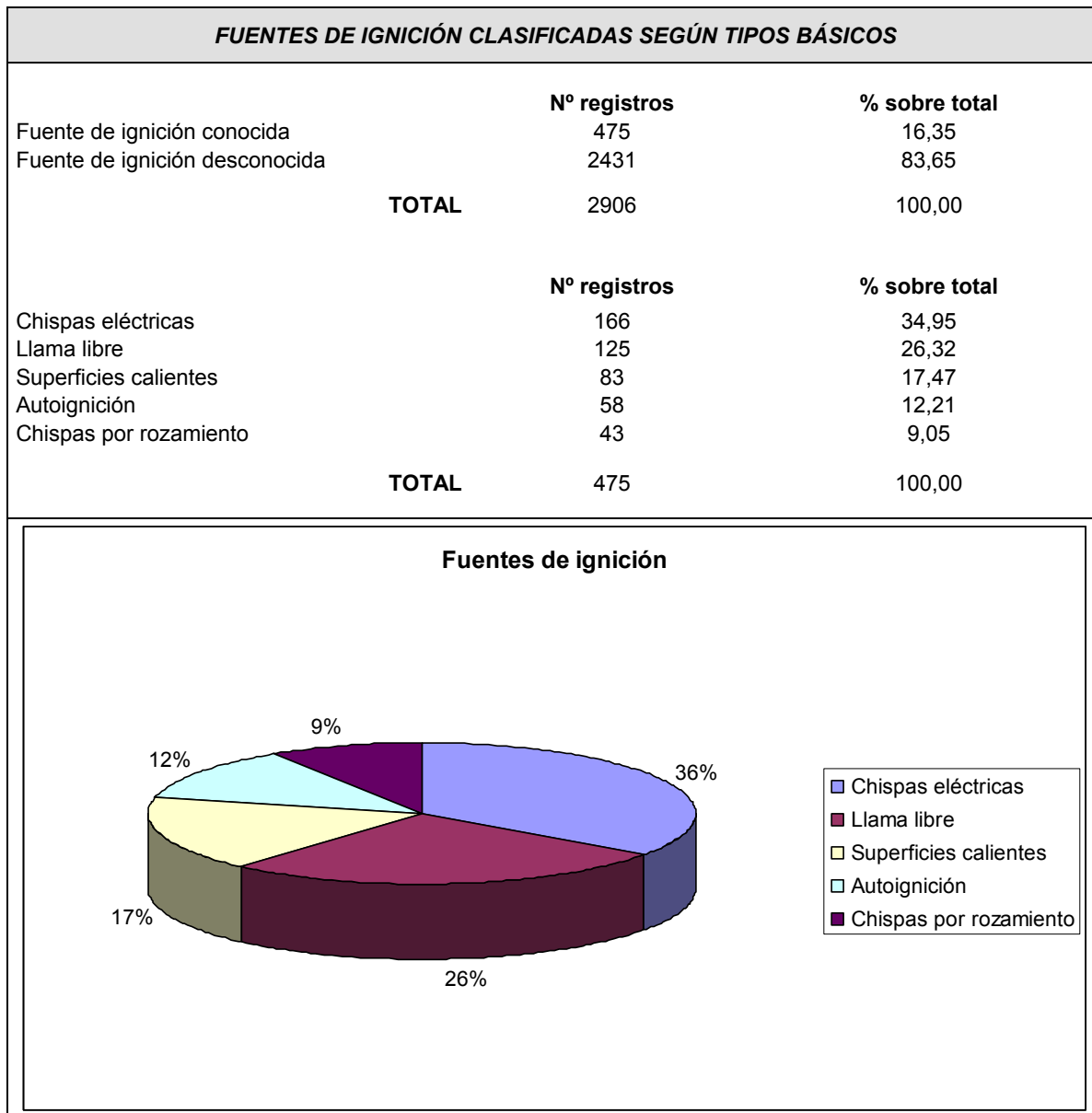


Tabla A.3.28 “Fuentes de ignición clasificadas “

Se observar como las principales fuentes de ignición con un 60% son las chispas eléctricas (36%) y las llamas libres (26%). Cabe destacar que las chispas mecánicas por rozamiento o fricción son las menos contabilizadas con un 9%. Posiblemente, esto sea debido a que es bastante difícil después de una explosión detectar la fuente de ignición que la ha ocasionado.



A continuación, se puede observar con más detalle las diferentes fuentes de ignición contabilizadas:

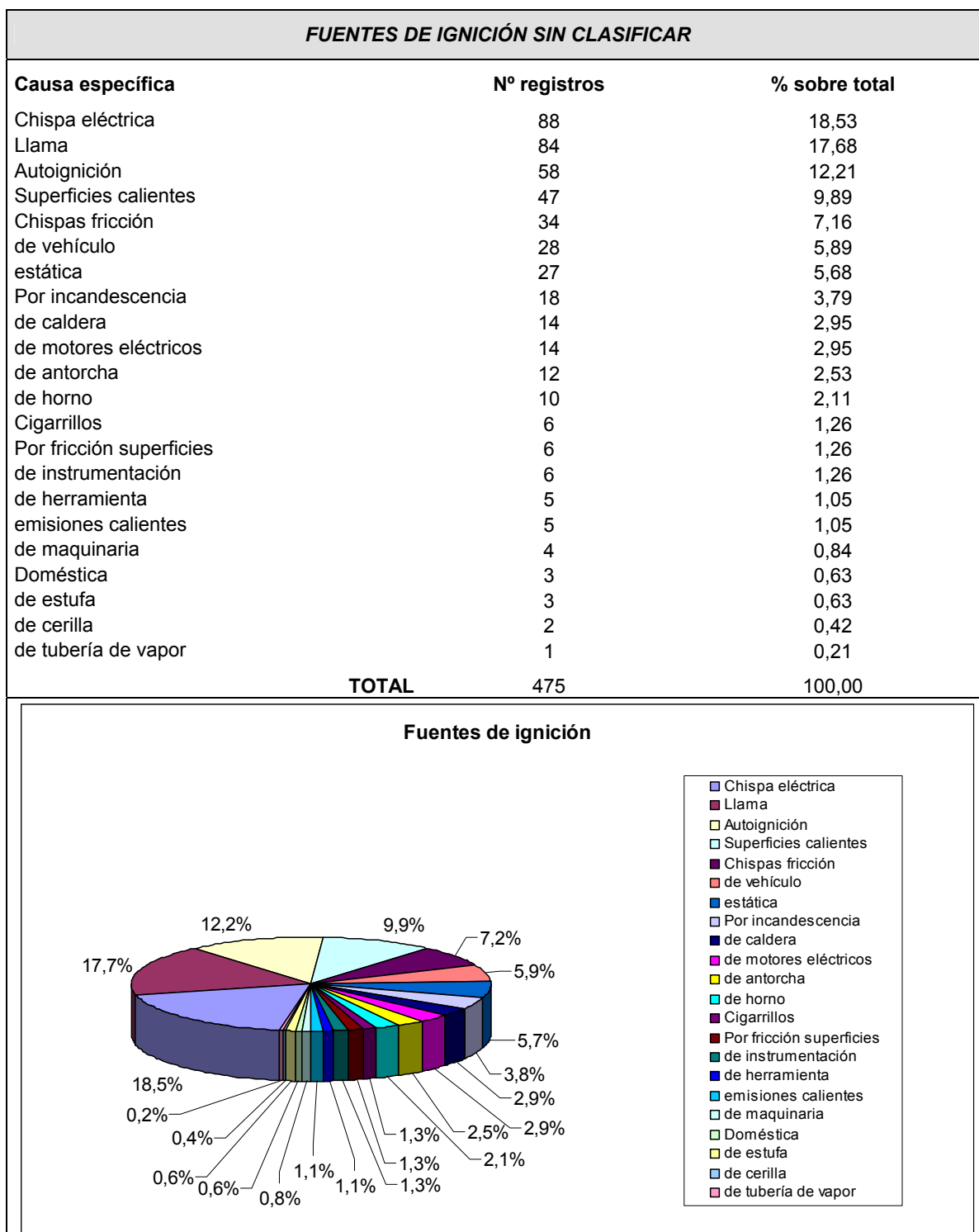


Tabla A.3.29 "Fuentes de ignición"





## A.4. Bibliografía

- [1] J.M. SANTAMARÍA RAMIRO, P.A. BRAÑA AÍSA. Fundación MapFre. *Análisis y Reducción de Riesgos en la Industria Química*.
- [2] CASALS, J.; MONTIEL, H.; PLANAS, E.; VÍLCHEZ, J.A. Análisis del riesgo en instalaciones industriales (1999).
- [3] SRD (Safety and Reliability Directorate). *Base de Datos "MHIDAS", versión Octubre 2003*

