

Universidad de **Cádiz**

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

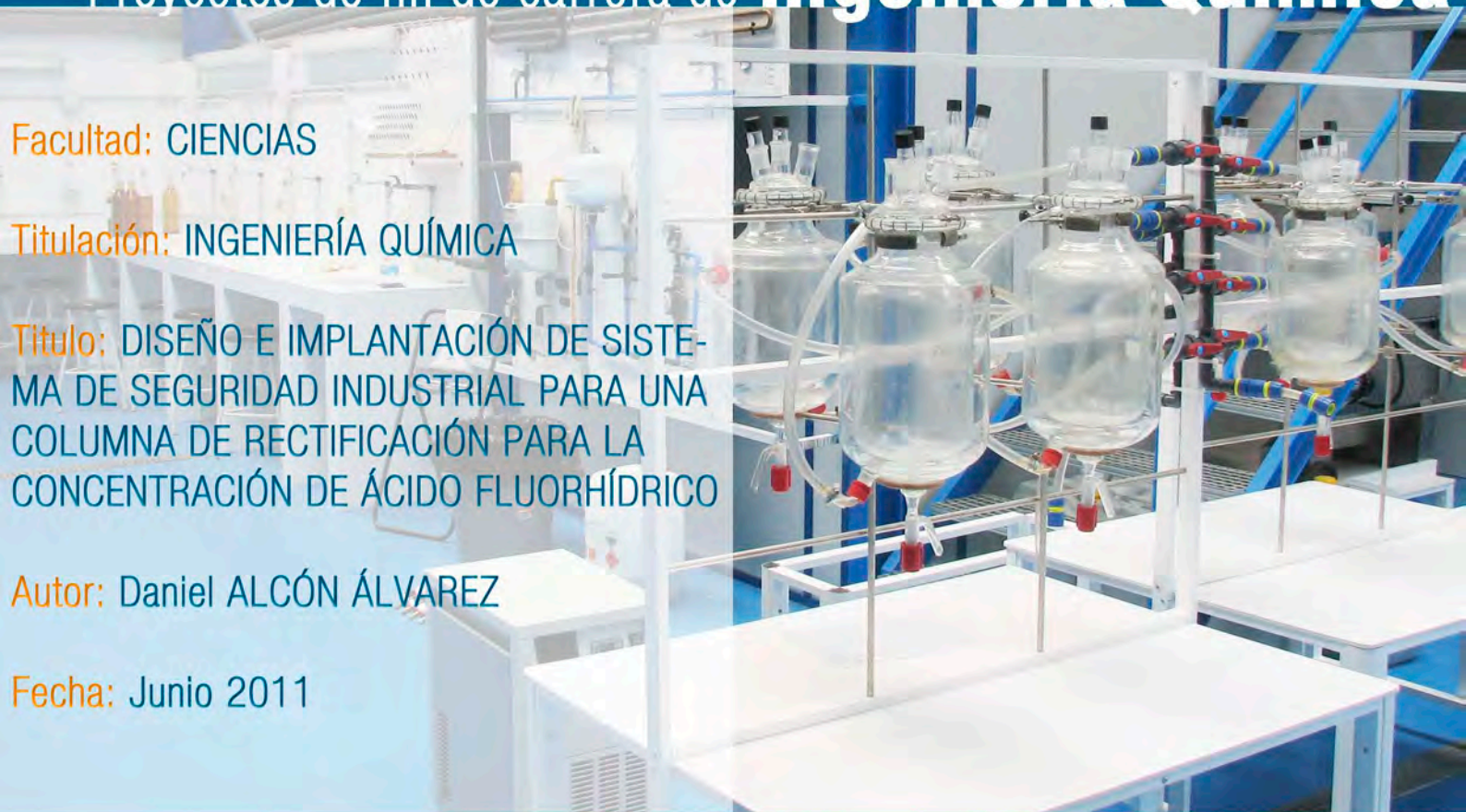
Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO

Autor: Daniel ALCÓN ÁLVAREZ

Fecha: Junio 2011







PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
INDICE

---

## INDICE

---

## INDICE

### **B.- MEMORIA**

#### **B.1.- MEMORIA DESCRIPTIVA**

##### **Capítulo 1: La Seguridad Industrial**

1.1 Introducción_____	18
1.1.1. La seguridad industrial_____	18
1.1.2. La industria y los accidentes mayores_____	19
1.1.3. Directiva Seveso_____	21
1.1.4. Riesgo: Definición_____	23
1.1.5. El análisis de riesgo_____	23
1.1.6. Accidentes en España_____	26
1.1.7. Actividades de las industrias_____	27
1.1.8. Causas Principales_____	28
1.1.9. Consideraciones finales_____	30
1.2. Justificación_____	30
1.3. Antecedentes_____	31
1.4. Situación_____	32
1.5. Descripción General de la Unidad_____	32
1.5.1. Descripción del proceso_____	34
1.6. Objetivo del Proyecto_____	37

##### **Capítulo 2. Descripciones principales de los caracteres del ácido fluorhídrico**

2.1. Introducción_____	39
2.2. Información general_____	39
2.3. Obtención del ácido fluorhídrico_____	40
2.4. Propiedades físicas y químicas del ácido fluorhídrico_____	41
2.4.1. Fluoruro de hidrógeno anhidro_____	41



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
INDICE**

---

2.4.2. Ácido Fluorhídrico en agua	42
2.5. Clasificación del ácido fluorhídrico	43
2.6. Aplicaciones industriales del ácido fluorhídrico	43
2.6.1. Industrial electrónicas	44
2.6.2. Industrial metalúrgicas	44
2.6.3. Producción de petróleo	44
2.6.4. Protección de cultivos	44
2.6.5. Detergentes	45

**Capítulo 3. Identificación y evaluación de riesgos**

3.1. Introducción	45
3.2. Objetivos	46
3.3. Alcance	46
3.4. Definiciones	47
3.5. Fases de la identificación y evaluación de riesgos	48
3.5.1. Fase 1. Aplicación de la matriz de riesgos	49
3.5.1.1. Magnitud del riesgo (MR)	50
3.5.1.1.1. (MR) relacionados personas	50
3.5.1.1.2. MR relacionados con los B.F. y M.A.	52
3.5.1.2. Medidas de control	55
3.5.1.3. Matriz de riesgos	55
3.5.2. Fase 2. Identificación de desviaciones a la intención de diseño, a través de la metodología HAZOP	65
3.5.2.1. Introducción	65
3.5.2.2. Definiciones para el HAZOP	66
3.5.2.3. Palabras guías en el método de análisis de riesgo HAZOP	66
3.5.2.4. Definición área de estudio	67
3.5.2.5. Definición de los nudos	68
3.5.2.6. Medidas propuestas	70
3.5.2.6.1. Nudo 1: Tanques de Alim (T-1)	70
3.5.2.6.2. Nudo 2: Línea comprendida entre tanque de	

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
INDICE**

---

alimentación y columna_____	74
3.5.2.6.3. Nudo 3: Columna de rectificación de ácido fluorhídrico_____	77
3.5.2.6.4. Resto de nudos _____	80
3.5.2.7. Matriz de Hazop_____	86

**Capítulo 4. Diseño de sistemas fijos de agua pulverizada contra incendios**

4.1. Introducción_____	105
4.2. Objetivos_____	106
4.3. Funcionamiento _____	106
4.4. Densidad de descarga de los sistemas fijos múltiples de agua pulverizada_____	107
4.5. Caudal de diseño de los sistemas fijos múltiples de agua pulverizada_____	107
4.6. Sistema de agua pulverizada en los depósitos de almacenamiento T-1, T-2 y T-3_____	108
4.7. Sistema de agua pulverizada en la columna_____	110
4.8. Boquillas de agua pulverizada_____	112
4.8.1. Selección _____	112
4.8.2. Situación _____	113
4.9. Abastecimiento de agua_____	114
4.10. Depósito de almacenamiento de agua_____	114
4.10.1. Dimensiones del tanque de almacenamiento de agua_____	114
4.10.2. Diseño mecánico del tanque de abastecimiento de agua_____	115
4.10.2.1. Presión diseño_____	115
4.10.2.2. Temperatura diseño _____	115
4.10.2.3. Material de construcción_____	116
4.10.2.4. Espesor requerido_____	116
4.10.2.5. Margen de corrosión_____	116

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
INDICE**

---

4.10.2.6. Edificación soldadura_____	117
4.10.2.7. Fijación envolvente con el fondo_____	117
4.10.2.8. Tubuladuras, boca de hombre y de inspección__	117
4.10.2.9. Pruebas_____	118
4.11. Tuberías_____	118
4.11.1. Normas de obligado cumplimiento_____	118
4.11.2. Materiales_____	119
4.11.3. Diámetros_____	119
4.11.4. Instalación_____	119
4.11.5. Soportes_____	120
4.12. Grupo presión_____	120
4.12.1. Introducción_____	121
4.12.2. Emplazamiento de las bombas_____	122
4.12.3. Composición general_____	122
4.12.4. Finalidad de los componentes del grupo de presión _____	122
4.12.5. Selección del grupo de presión_____	124

**Capítulo 5. Operaciones de mantenimiento**

5.1. Introducción_____	126
5.2. Inspecciones y revisiones_____	127
5.3. Administración del mantenimiento_____	128
5.3.1. Organización_____	129
5.3.2. Control_____	130
5.3.3. Motivación y formación_____	131
5.4. Tipos de mantenimientos_____	131
5.4.1. Mantenimiento colectivo_____	131
5.4.2. Mantenimiento preventivo_____	131
5.4.3. Mantenimiento predictivo_____	132
5.5. Mantenimiento preventivo_____	132
5.5.1. Objetivos_____	132
5.5.2. Formas de realizar el mantenimiento preventivo_____	133

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
INDICE**

---

5.5.3. Situación de los trabajadores_____	134
5.5.4. Procedimientos de mantenimiento preventivo_____	135
5.5.4.1. Objetivo_____	135
5.5.4.2. Herramientas_____	136
5.5.4.3. Desarrollo_____	136
5.5.4.4. Método de análisis_____	137
5.6. Mantenimiento en sistemas fijos de agua pulverizada_____	138
5.6.1. Generalidades_____	138
5.6.2. Mantenimientos_____	138
5.6.2.1. Suministro de agua_____	138
5.6.2.2. Tuberías_____	138
5.6.2.3. Válvulas y dispositivos de control_____	139
5.6.2.4. Boquillas_____	139
5.7. Limpieza_____	139
5.7.1. Limpieza de tuberías_____	139
5.7.2. Tuberías del sistema_____	140
5.8. Ensayos de presión hidrostática_____	140
5.9. Ensayos de descarga de agua_____	140
5.10. Ensayos de funcionamiento_____	141

### **Bibliografía y otras fuentes documentales**

Capítulo 1: Libros de consulta _____	143
Capítulo 2: Artículos de Investigación _____	145
Capítulo 3: Páginas Webs Consultadas _____	145

## **B.2 ANEXOS A LA MEMORIA:**

### **1.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

#### **Capítulo 1. Diseño de sistemas de agua pulverizada para protección contra incendios**



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
INDICE**

---

1.1. Consideraciones generales_____	148
1.2. Objetivos de diseños_____	149
1.3. Procedimiento de diseño específico_____	150
1.3.1. Procedimiento de diseño para la protección del tanque de alimentación horizontal (T-1)_____	150
1.3.1.1. Procedimiento de cálculo caudal total_____	151
1.3.1.2. Nª de boquillas y ángulo de pulverización_____	152
1.3.1.3. Caudal en las boquillas_____	155
1.3.1.4. Presión en las boquillas_____	155
1.3.2. Procedimiento de diseño para la protección de los tanques horizontales (T-2 y T-3)_____	156
1.3.3. Procedimiento de diseño para la protección de la columna de rectificación V-1_____	157
1.3.3.1. Procedimiento de cálculo del caudal total_____	158
1.3.3.2. Nª boquillas y ángulos pulverizadores_____	161
1.3.3.3. Caudal en las boquillas_____	163
1.3.3.4. Presión en las boquillas_____	163
1.4. Caudal diseño en sistemas fijos de agua pulverizada_____	163
1.5. Tanques de almacenamiento_____	165
1.6. Diseño mecánico del tanque de abastecimiento de agua_____	168
1.6.1. Presión de diseño _____	168
1.6.2. Temperatura de diseño _____	168
1.6.3. Espesor mínimo de pared _____	169
1.6.4. Diseño mecánico techo toriesférico _____	170
1.7. Transporte e impulsión de fluidos: tuberías y bombas_____	171
1.7.1. Transporte de fluidos: Tuberías_____	171
1.7.1.1. Situación_____	171
1.7.1.2. Diámetro de tubería_____	172
1.7.2. Diseño mecánico de tuberías_____	175
1.7.2.2. Espesor de tuberías y accesorios_____	175
1.7.3. Sistema impulsión de fluido: Grupo de presión_____	176
1.7.3.1. Selección de la bomba_____	176

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
INDICE**

---

1.7.3.2. Cálculo del sistema_____	177
1.7.3.3. Depósito de abastecimiento - punto P_____	178
1.7.3.4. Cálculo hidráulico punto p - depósito 1 (T-1)_____	184
1.7.3.5. Cálculo hidráulico punto p - depósito 3 (T-3)_____	186
1.7.3.6 Cálculo hidráulico punto p - columna (V-1)_____	188

**2.- TABLAS Y FIGURAS**

1.- Tablas y figuras: propiedades del Agua _____	193
2.- Tablas y figuras para el transp. de fluidos: Tuberías y bombas _	195
3.- Tablas y figuras Boquillas pulverizadoras _____	204

**3.- ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES (AHA)**

3.1. Introducción _____	206
3.2. Descripción de las principales bases de datos _____	207
3.2.1. Elección base de datos _____	208
3.2.2. Base de datos "MHIDAS" _____	208
3.3. AHA Análisis histórico de accidentes aplicado a explosiones _	220
3.3.1. Fuente del registro _____	220
3.3.2. Fecha del incidente _____	221
3.3.3. Densidad de población _____	223
3.3.4. Localización de los incidentes _____	224
3.3.5. Sustancias _____	226
3.3.6 Tipos de incidente explosión _____	227
3.3.7 Origen genérico de los incidentes _____	228
3.3.8 Origen específico de los incidentes _____	230
3.3.9. Causas generales del incidente _____	232
3.3.10 Causas específicas del incidente _____	233
3.3.11. Cantidad de sustancia _____	240
3.3.12. Daños económicos _____	241
3.3.13. Población afectada por el incidente _____	242
3.3.14. Fuente de ignición _____	245

#### **4.- CONDICIONES CLIMÁTICAS DE SAN ROQUE (CÁDIZ)**

4.1. Introducción	248
4.2. Climatología	248
4.2.1. Características generales	249
4.2.1.1. Temperaturas	249
4.2.1.2. Precipitaciones	250
4.2.1.3. Régimen de vientos	251
4.2.1.4. Humedad ambiental	252
4.2.1.5. Condicionantes microclimáticas	253
4.3. Geología	253
4.3.1. Litología	254
4.4. Geomorfología	254
4.4.1. Características generales	254

#### **5.- INSTRUCCIÓN TÉCNICA DE TOMA DE MUESTRA**

5.1. Introducción	259
5.2. Envases para la toma de muestras	259
5.3. Tipos de muestras	260
5.4. Conservación de Muestras	261
5.5. Solicitud analítica	262
5.6. Procedimiento analítico	262

#### **6.- VALORES LÍMITES DEL ÁCIDO FLUORHÍDRICO**

6.1. Las emisiones de sustancias tóxicas en la industria	265
6.2. Descripción del índice más utilizado: AEGLs	266
6.2.1. AEGLs: Acute Exposure Guideline Levels	266
6.2.2. Características y limitaciones	269
6.3. Los niveles de daño de los índices AEGLs	270
6.4. Interpolación y extrapolación del índice	271
6.5. Determinación de las zonas de planificación	275
6.5.1. Niveles de daño en las zonas de planificación	275

## **C. PLANOS**

Plano 1. Situación_____	279
Plano 2. Emplazamiento_____	280
Plano 3. Situación en planta_____	281
Plano 4. Diagrama de flujo original _____	282
Plano 5. Diagrama de flujo modificado_____	283
Plano 6. Depósito contra-incendio_____	284
Plano 7. Depósito T-1_____	285
Plano 8. Depósito T-2_____	286
Plano 9. Depósito T-3_____	287
Plano 10. Situación de las boquillas en T-1_____	288
Plano 11. Situación de las boquillas en T-2_____	289
Plano 12. Situación de las boquillas en T-3 _____	290
Plano 13. Situación de las boquillas en la columna V-1 _____	291
Plano 14. Plano de detalle boquilla _____	292
Plano 15. Plano de detalle boca de hombre _____	293

## **D. PLIEGO DE CONDICIONES**

### **1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

#### **Capítulo 1: Condiciones generales de índole facultativa**

1.1. De la Dirección Facultativa _____	295
1.1.1. Dirección facultativa _____	295
1.1.2. Facultad general de la dirección facultativa _____	295
1.2. Obligaciones y derechos generales del contratista _____	296
1.2.1 Representación del contratista _____	296
1.2.2. Presencia del contratista en la obra _____	297
1.2.3. Oficina en la obra _____	297
1.2.4. Trabajos no estipulados expresamente en el pliego de Condiciones _____	297



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
INDICE**

---

1.2.5. Insuficiente especificación en la documentación del Proyecto _____	298
1.2.6. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto _____	298
1.2.7. Información del contratista a subcontratas, instaladores y oficios _____	298
1.2.8. Copias de documentos _____	299
1.2.9. Reclamaciones contra las órdenes de la dirección ____	299
1.2.10. Recusación por el contratista del personal nombrado por la Dirección Facultativa _____	300
1.2.11. Recusación por la Dirección Facultativa del representante del contratista _____	300
1.2.12. Del personal del contratista _____	301
1.2.13. Libro de Órdenes _____	301
1.3. De las obras y su ejecución _____	302
1.3.1. Calendario de trabajo _____	302
1.3.2. Reglamento general _____	302
1.3.3. Comienzo de los trabajos _____	303
1.3.4. Plazo de ejecución _____	303
1.3.5. Orden de los trabajos _____	303
1.3.6. Ampliación del proyecto por causas imprevistas de fuerza Mayor _____	303
1.3.7. Prorrogas por causa de fuerza mayor _____	304
1.3.8. Responsabilidades de la Dirección Facultativa en el retraso de la obra _____	304
1.3.9. Condiciones generales de la ejecución de trabajos __	305
1.3.10. Obras Ocultas _____	305
1.3.11. Trabajos defectuosos _____	305
1.3.12. Vicios Ocultos _____	306
1.3.13. De los materiales y aparatos y su procedencia ____	307
1.3.14. Empleo de los materiales y aparatos _____	307
1.3.15. Materiales no utilizables _____	307

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
INDICE**

---

1.3.16. Materiales y aparatos defectuosos _____	308
1.3.17. De los medios auxiliares _____	308
1.4. De la recepción de las obras _____	309
1.4.1. Recepciones provisionales _____	309
1.4.2. Conserv. de las obras recibidas provisionalmente ____	310
1.4.3. Plazo de garantía _____	310
1.4.4. Recepción definitiva _____	310

**Capítulo 2: Condiciones generales de índole económica**

2.1. Base Fundamental _____	311
2.1.1. Base Fundamental _____	311
2.2. Fianzas _____	311
2.2.1. Constitución de la fianza _____	311
2.2.2. Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza ____	312
2.2.3. De su evaluación en general _____	312
2.2.4. De su evolución en el caso de efectuarse recepciones parciales _____	312
2.3. Precios _____	313
2.3.1. Precios unitarios _____	313
2.3.2. Alcance de los precios unitarios _____	313
2.3.3. Precios contradictorios _____	313
2.3.4. Precios no señalados _____	314
2.3.5. Revisión de precios _____	314
2.3.6. Formas tradicionales de medir o aplicar los precios __	316
2.4. Valoración u abonos de trabajos _____	316
2.4.1. Forma de abono de las obras _____	316
2.4.2. Abono de unidades de obras ejecutadas _____	316
2.4.3. Relaciones valoradas y certificaciones _____	316
2.4.4. Mejoras de obras libremente ejecutadas _____	318
2.4.5. Abonos por partidas enteras _____	318
2.4.6. Abonos por partidas alzadas _____	319
2.4.7. Abonos de agotamientos y otros trabajos especiales no	

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
INDICE**

---

contratados _____	319
2.4.8. Liquidaciones parciales _____	320
2.4.9. Liquidación general _____	320
2.4.10 Pagos _____	321
2.4.11 Suspensión o retraso en el ritmo de los trabajos ____	321
2.4.12. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía _____	321
2.4.13. Valoración en el caso de rescisión _____	322
2.4.14. Acopio de materiales _____	325
2.5. Indemnización _____	325
2.5.1. Importe de la indemnización por retraso _____	325
2.5.2. Demora de pagos _____	325
2.5.3. Indemnización de daños causados por fuerza mayor _	326
2.6. Otros pagos a cuenta del contratista _____	327
2.6.1. Arbitrios _____	327
2.6.2. Copia de documentos _____	327
2.6.3. Vigilante de obras _____	327
2.6.4. Seguro de obras _____	327

**Capítulo3: Condiciones generales de índole Legal**

3.1. Contratistas _____	329
3.2. El contrato y su adjudicación _____	329
3.3. Formalización del contrato _____	329
3.4. Arbitraje obligatorio _____	330
3.5. Jurisdicción competente _____	330
3.6. Responsabilidad del contratista _____	330
3.7. Reconocimiento de obras con vicios ocultos _____	331
3.8. Policía de obra _____	331
3.9. Accidentes de trabajo _____	331
3.10. Daños a terceros _____	332
3.11. Pagos de Arbitrios _____	333
3.12. Obligaciones laborales _____	333

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
INDICE**

---

3.13. Anuncios y carteles _____	333
3.14. Copias de documentos _____	333
3.15. Hallazgos _____	334
3.16. Causas de rescisión del contrato _____	334

#### **Capítulo 4: Condiciones generales de índole técnica**

4.1. Generalidades _____	336
4.1.1. Forma general de ejecutar los trabajos _____	336
4.1.2. Replanteo _____	337
4.1.3. Interpretación del peligro _____	337
4.1.4. Condiciones que deben satisfacer los materiales _____	337
4.1.5. Prescripciones técnicas _____	338
4.1.6. Materiales no consignados en los pliegos _____	338
4.1.7. Responsabilidades _____	339
4.1.8. Procedencia de materiales y aparatos _____	339
4.1.9. Control _____	339
4.1.10. Materiales no utilizables _____	340
4.1.11. Medios auxiliares _____	340
4.1.12. Documentación técnica de referencia _____	340
4.2. Características de las unidades de obra a realizar _____	341
4.2.1. Encofrado _____	341
4.2.2. Hormigones _____	343
4.2.3. Estructuras metálicas _____	344
4.2.4. Soleras del hormigón _____	344
4.2.5. Recomendaciones finales del Contratista _____	345

## **2 PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES**

#### **Capítulo 1: Reglamentos y normas de aplicación**

1.1. Disposiciones legales de aplicación _____	345
1.2. Códigos de construcción de los equipos _____	348



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
INDICE**

---

**Capítulo 2: Especificaciones Técnicas**

2.1. Objeto _____	349
2.2. Responsabilidades del instalador _____	350
2.3. Trabajos comprendidos, excluidos y materiales complementarios _____	351
2.3.1. Trabajos comprendidos _____	351
2.3.2. Trabajos no comprendidos _____	353
2.3.3. Materiales complementarios comprendidos _____	353
2.4. Condiciones Generales _____	354
2.4.1. Coordinación de trabajos _____	354
2.4.2. Planos de obra _____	355
2.4.3. Inspección de los trabajos _____	355
2.4.4. Modificaciones _____	355
2.4.5. Documentación de los equipos _____	356
2.4.6. Calidades _____	356
2.4.7. Protección de los equipos y limpieza final _____	357
2.4.8. Normativa _____	357
2.4.9. Interpretación del proyecto _____	358
2.5. Equipos _____	358
2.5.1. Monitores portátiles contra incendio _____	358
2.5.2. Red de incendios y boquillas pulverizadoras _____	358
2.5.2.1. Soportes para tubería _____	358
2.5.2.2. Tuberías de acero estirado sin soldadura _____	359
2.5.2.3. Pintura y señalización _____	361
2.5.3. Boquillas pulverizadoras _____	362
2.5.4. Grupo de incendios _____	363

**Capítulo 3: Estudio básico de seguridad**

3.1. Generalidades _____	364
3.2. Objeto _____	365
3.3. Identificación de riesgos laborales _____	366
3.3.1. Estabilidad y solidez _____	366

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
INDICE**

---

3.3.2. Instalaciones de suministro y reparto de energía _____	366
3.3.3. Vías y salidas de emergencia _____	366
3.3.4. Detección y lucha contra incendios _____	367
3.3.5. Ventilación _____	367
3.3.6. Exposición de riesgos particulares _____	367
3.3.7. Temperatura _____	367
3.3.8. Iluminación _____	368
3.3.9. Vías de circulación y zonas peligrosas _____	368
3.3.10. Espacio de trabajo _____	369
3.3.11. Primeros auxilios _____	369
3.3.12. Servicios higiénicos _____	369
3.4. Identificación de riesgos especiales _____	369
3.4.1. Trabajos móviles o fijos situados por encima o por debajo del nivel del suelo. _____	370
3.4.2. Caídas de objetos _____	370
3.4.3. Caídas de altura _____	370
3.4.4. Factores atmosféricos _____	371
3.4.5. Trabajos de soldadura _____	371
3.4.6. Trabajos eléctricos _____	371
3.4.7. Otros trabajos específicos _____	372

## **E. PRESUPUESTO**

### **Capítulo 1: Partidas presupuestarias**

#### **Partida presupuestaria 1: Estudio y evaluación del riesgo**

1.1. Ingeniería _____	374
1.2. Instalación medidas propuestas _____	374

#### **Partida presupuestaria 2: Sistema de mitigación de fugas**

2.1. Sistema fijo de agua pulverizada _____	376
---	-----

**Partida presupuestaria 3: Legalización y documentación**

3.1. Obra civil e instalaciones \_\_\_\_\_ 377

**Partida presupuestaria 4: Resumen del presupuesto**

Resumen del presupuesto \_\_\_\_\_ 378

**Capítulo 2: Justificación de la inversión**

2.1. Introducción \_\_\_\_\_ 381

2.2. Los costes de un accidente \_\_\_\_\_ 382

2.3 Evaluación de los costes de un accidente \_\_\_\_\_ 384

2.4. Cálculo de costes de un accidente en la torre de  
rectificación (HF) \_\_\_\_\_ 386

2.4.1. Introducción \_\_\_\_\_ 386

2.4.2. Datos del suceso \_\_\_\_\_ 386

2.4.3. Valoración económica de los costes salariales  
directos \_\_\_\_\_ 387

2.4.4. Valoración económica de los costes de seguridad  
social \_\_\_\_\_ 387

2.4.5. Valoración económica de los daños materiales \_\_\_\_\_ 387

2.4.6. Valoración económica de la pérdida de negocio o del  
incremento de coste de producción \_\_\_\_\_ 388

2.4.7. Costes generales \_\_\_\_\_ 388

2.4.8. Total coste del Accidente \_\_\_\_\_ 388

2.5. Consideraciones finales \_\_\_\_\_ 389

## B.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

---



## CAPITULO 1. SEGURIDAD INDUSTRIAL

### 1.1.- INTRODUCCIÓN:

#### 1.1.1.- La Seguridad Industrial

La seguridad industrial debe ser una disciplina de estudio capaz de formar a los especialistas apropiados, perteneciendo su naturaleza a un tipo de especialidad de corte profesional, es decir, es una rama de la ingeniería que se cultiva con la experiencia laboral del propio ingeniero desde sus orígenes.

Una definición clara y concisa del término Seguridad Industrial es:

***“Conjunto de normas que desarrollan una serie de prescripciones técnicas a las instalaciones industriales y energéticas que tienen como principal objetivo la seguridad de los usuarios, por lo tanto se rigen por normas de seguridad industrial, reglamentos de baja tensión, alta tensión, calefacción, gas, protección contra incendios, aparatos a presión, instalaciones petrolíferas, etc., que se instalen tanto en edificios de uso industrial como de uso no industrial.”***

El objetivo primordial de la seguridad industrial no debe ser otro que minimizar los riesgos en la industria, ya que toda actividad industrial tiene unos peligros inherentes que deben gestionarse de la mejor forma posible.

La seguridad industrial, por lo tanto, puede estructurarse de manera más general en tres niveles distintos pero de igual importancia como:

- La protección de los trabajadores (seguridad laboral)
- Implementación de controles técnicos (seguridad de los productos)

- Formación vinculada al control de riesgos (seguridad de las instalaciones)

Cabe destacar que la seguridad industrial siempre es relativa, ya que es imposible garantizar que nunca se producirá ningún tipo de accidente. Recientemente, la seguridad industrial, ha tomado un valor más importante debido a la innovación tecnológica, y a la obtención de productos cada vez más complejos que hacen que esta rama se desarrolle a través del tiempo con nuevos retos a la hora de gestionar y controlar el riesgo.

### **1.1.2.- La Industria y los accidentes mayores**

El desarrollo industrial a lo largo del tiempo, debido al crecimiento de la demanda de nuevos productos a nivel mundial, ha provocado la rápida evolución tecnológica en la industria en general y la industria química en particular, su gran crecimiento y, consecuentemente, el incremento de inventarios de productos químicos en las instalaciones y en diversos medios de transporte, han provocado un aumento de la probabilidad de que ocurran grandes accidentes con un notable impacto sobre personas, medio ambiente y equipo.

Las industrias químicas, se caracterizan por tener pocos accidentes pero, cuando se producen, alcanzan una severidad elevada. Ello se debe y da lugar a que los aspectos de seguridad tengan una importancia y sean objeto de una intensa atención en las actividades de diseño, proyecto, operación y mantenimiento de las plantas pertenecientes a dichas industrias. La secuencia de accidentes que se pueden dar en las industrias, de manera incompleta o total, suele ser:

- a) **Emisión:** derrame (líquidos o escape (gases y vapores) generalmente por pérdida de contención de los fluidos. Puede generar

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

efectos tóxicos, incendios y/o explosiones según la naturaleza de las sustancias emitidas.

b) **Incendio:** combustión de los fluidos contenidos o emitidos, generando radiación térmica dañina, cuando aquéllos son inflamables.

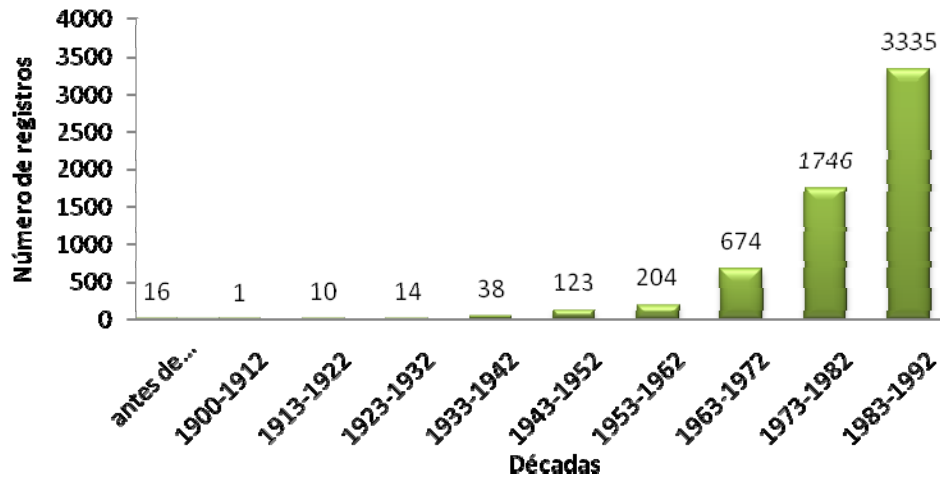
c) **Explosión:** anterior a la emisión o posterior al incendio, generando ondas de presión o de sobrepresión que son dañinas. La explosión puede también dar lugar a la propagación de proyectiles.

Si se hace un repaso a la historia de la industria química, desde el punto de vista de los accidentes graves que se han dado, se podrá observar que en la mayoría de los mismos, se produjo la secuencia anteriormente descrita.

Concretamente en 1984 se registraron tres de los accidentes más graves de la historia: Sao Paulo (rotura de una conducción de gasolina, 800 muertos), Ciudad de México (explosión e incendio de un parque de almacenamiento de GLP, 450 muertos) y Bhopal (India) (escape de gas con formación de una nube tóxica, 3.000 muertos). En 1989 la explosión de una gran nube de gas procedente de un escape, provocó la muerte de aproximadamente 1.000 personas en los Urales. Respecto al impacto ambiental, 1986 registró un grave episodio de contaminación en el Rin originado por el incendio de una industria química.

Recientemente se ha llevado a cabo un análisis histórico sobre un total de 5.325 accidentes ocurridos en la industria química y en el transporte de mercancías peligrosas, desde principios de siglo hasta julio de 1992. La distribución en el tiempo de los 5.325 accidentes está representada en la figura 1.1. Pudiéndose observar el grosor de todos los accidentes en la última década representada, con 3.335 registros, como se puede apreciar a continuación.

**Fig. 1.1.- Distribución de los accidentes en el tiempo**



Este análisis proporciona una visión completa de la evolución de los diferentes aspectos del riesgo asociado a materiales peligrosos.

Puede observarse un incremento progresivo, cada vez más importante en el tiempo: aproximadamente el 95% de los casos corresponden a los últimos 30 años de la figura. Ello debe atribuirse tanto a un mayor acceso a la información sobre accidentes, como al desarrollo de la actividad industrial en muchos países y el consiguiente incremento del transporte de productos peligrosos.

### **1.1.3.- Directiva Seveso**

Existe un hito importante dentro de la normativa vigente referente a seguridad industrial, que modificó el “modus operandi” en los accidentes graves con sustancias peligrosas.

Fue lo ocurrido en el pueblo italiano de Séveso, (cuyo nombre se adquirió para la directiva), lo que impulsó un cambio en las directrices a seguir en accidentes de este tipo, y desencadenó posteriormente en el último Real Decreto vigente aprobado en 2005 conocido como SEVESO III.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

El desastre de Séveso fue un accidente industrial que ocurrió el 10 de julio de 1976, en una pequeña planta química en el municipio de Séveso, 25 km al norte de Milán, en la región de Lombardía, en Italia.

Causó que la dioxina, tetraclorodibenzodioxina, llegará a zonas de población, causando diversos efectos, principalmente pánico, pues ningún ser humano perdió la vida en este accidente, pese a que todos continuaron viviendo allí durante más de quince días.

Seveso es el mejor ejemplo de que el pánico puede causar mucho más daño que el evento que genera ese temor descontrolado. Los bebés en gestación que continuaron en los vientres maternos no presentaron deformaciones atribuibles al accidente. Las investigaciones científicas hasta el año 2008 no muestran incrementos en la tasa de incidencia de cáncer en la provincia.

Las operaciones de seguridad por parte de los directores de la compañía y del gobierno local fueron mal coordinado, y hasta algún extremo, incompetentes.

Se tardó una semana en decir que la dioxina había sido emitida, y otra semana hasta que empezó la evacuación. Muy pocos estudios científicos habían probado el peligro de la dioxina, y apenas había regulaciones industriales, por eso la población local no supo qué hacer y se sintió asustada, siendo una experiencia traumática para esas pequeñas comunidades rurales. Lo que hizo pensar, a la mayoría de las organizaciones, que es lo que hubiera sucedido con otra sustancia con propiedades más tóxicas y corrosivas.

Como consecuencia, se introdujeron reglas de seguridad por la Comunidad Europea en 1982, llamadas la Directiva 82/501/EEC o “Directiva Seveso” que imponía duras regulaciones industriales. Éste es, sin duda, el esfuerzo legislativo más importante realizado en la mayoría

de los países de la Comunidad Económica Europea para afrontar los riesgos mayores, y ha significado un avance muy importante tanto en la metodología como en la filosofía con que se trata el problema del riesgo tecnológico. La Directiva Seveso no incluye ningún valor concreto para el riesgo tolerable, sino que establece un marco legal para facilitar a la administración el control del riesgo originado por las instalaciones industriales; contempla la utilización de un conjunto de técnicas de evaluación agrupadas en torno al llamado “análisis de riesgo”.

#### **1.1.4.- Riesgo: Definición**

Existen varias definiciones que se utilizan a la hora de definir el riesgo: “situación que puede conducir a una consecuencia negativa no deseada en un acontecimiento”, o bien “probabilidad de que suceda un determinado peligro potencial”, o aún, “consecuencias no deseadas de una actividad dada, en relación con la probabilidad de que ocurra”. Pero si utilizamos un tratamiento más exacto del término, y por tanto, una definición más rigurosa que permita su cuantificación sería:

$$\text{Riesgo} = \text{frecuencia} \cdot \text{magnitud consecuencias}$$

Es importante matizar la diferencia entre riesgo y peligro. Puede definirse el peligro como aquello que puede producir un accidente o un daño.

El riesgo, sin embargo, estaría asociado a la probabilidad de que un peligro se convierta realmente en un accidente con unas consecuencias determinadas.

#### **1.1.5.- El análisis de riesgo**

La evaluación de los diversos riesgos asociados a una determinada instalación industrial, o incluso, al transporte de mercancías

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

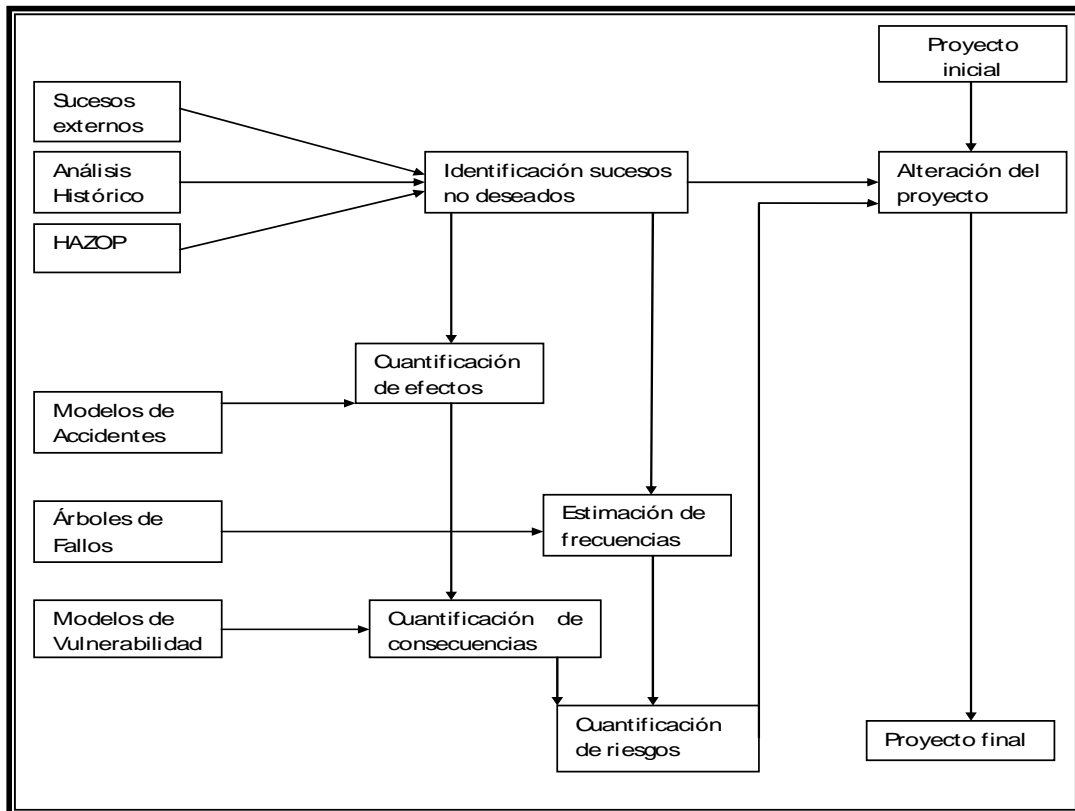
---

peligrosas, se lleva a cabo, mediante el análisis de riesgos, orientado a la determinación de los aspectos siguientes:

- Accidentes que pueden ocurrir.
- Frecuencia de estos accidentes.
- Magnitud de sus consecuencias.

El análisis de riesgo es una herramienta que permite detectar los riesgos a los que se expone la instalación objeto de estudio, como a su vez, cuantificar los efectos y las consecuencias de un posible accidente. Su aplicación a un proyecto, a una operación o a unas instalaciones determinadas se ha representado de forma simplificada en la siguiente figura 1.2.

**Fig. 1.2.- Análisis de riesgo**



Para llevar a cabo el análisis de riesgo, en primer lugar se deben identificar los acontecimientos externos ajenos a la instalación o planta



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

objeto de estudio, a través de las herramientas especificadas en la figura anterior.

Un claro ejemplo, que ha golpeado recientemente a la sociedad actual, es lo sucedido en Japón, y más concretamente en la planta nuclear de la ciudad de **Fukushima**.

El día 11 de marzo de 2011, Japón sufrió las graves consecuencias de un terremoto que desencadenó en un fuerte “tsunami”. Esto provocó varios incidentes en la central de energía nuclear Fukushima Daiichi, situada en la costa nordeste de Japón, produciéndose una serie de incidentes tales como explosiones de los edificios que albergan los reactores nucleares, fallos en los sistemas de refrigeración o liberación de radiación al exterior.

La gravedad del asunto es tal, que actualmente se sigue desconociendo las verdaderas consecuencias del desgraciado suceso. Estos ejemplos, ponen de manifiesto la importancia de esta etapa inicial de identificación de riesgo, ya que puede ser bastante útil a la hora de minimizar daños, coordinar sistemas de evacuación específicos, etc.

Referente a los propios peligros del sistema, la primera forma de analizarlos es el análisis histórico. Consiste en el estudio de los accidentes ocurridos previamente en sistemas que presentaban alguna similitud con el que se está analizando. El análisis histórico, llevado a cabo de forma muy rápida y simple mediante la consulta de un banco de datos informatizado, puede dar de forma muy directa algunos puntos débiles del sistema, o indicar los peligros presumiblemente más esperados.

No es, sin embargo, un método que permita explorar sistemáticamente los peligros de una determinada instalación. Por esta

razón debe ser complementado con otro procedimiento que implique una exploración exhaustiva de todos los orígenes posibles de accidentes. Es el llamado HAZOP (de HAZard and OPerability analysis). Existen otros métodos que permiten realizar análisis similares, pero el HAZOP, con sus diversas variantes, es el más utilizado y el que se utilizará para la ejecución de este proyecto.

#### **1.1.6.- Distribución Geográfica de Accidentes en España**

Periódicamente, la Dirección General de Protección Civil ha realizado estudios estadísticos sobre los accidentes ocurridos en el marco de la normativa Seveso, la cual ha servido para poder crear un banco de datos de los accidentes considerados mayores en España.

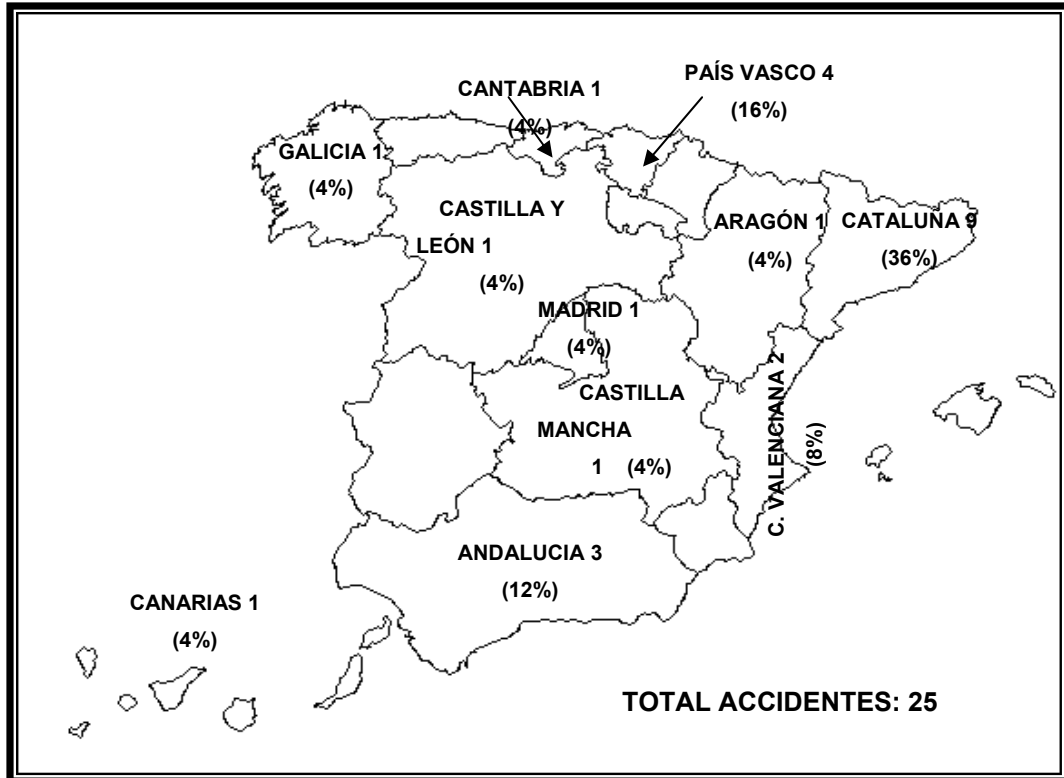
En la figura que aparece a continuación, se analizan un total de 25 accidentes relevantes, ocurridos en instalaciones afectadas por esta normativa durante el periodo que abarca desde 1988 hasta 2001. De estos veinticinco accidentes, dieciocho fueron clasificados como accidentes graves (o accidentes mayores según la nomenclatura de la Directiva Seveso I) y, por tanto, notificados a la Comisión Europea. Observándose fácilmente, una mayor concentración de accidentes en el núcleo industrial de Cataluña, País Vasco y Andalucía.

Una vez que se estableció la normativa Seveso, se pudo obtener una visión de las características de los accidentes más importantes ocurridos en cada una de las Comunidades Autónomas.

Por otra parte, se contribuyó a mejorar el desarrollo de la base de datos de accidentes graves, cuya consulta por órganos competentes de comunidades autónomas y otros organismos e instituciones puede facilitar la elaboración e implantación de los Planes de Emergencia

frente a este tipo de riesgos, desarrollando la manera de actuación ante situaciones de este tipo.

**Fig. 1.3.- Distribución Geográfica de Accidentes**

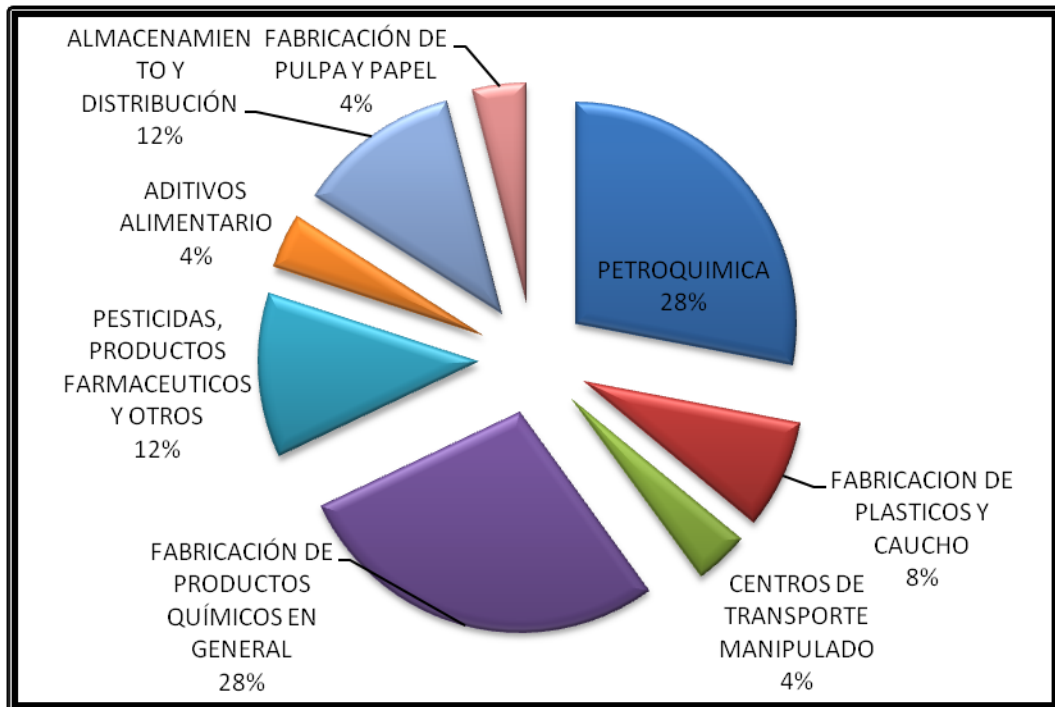


### **1.1.7.- Actividades de las industrias**

La mayor parte de los accidentes considerados se han producido en industrias de petroquímica y refino y en aquellas de fabricación de productos químicos generales o de base.

La instalación objeto de estudio de este proyecto, está instalada en una planta petroquímica, por lo que hay que añadir al riesgo intrínseco de la propia planta, el riesgo que sufre debido a su ubicación, una de las más afectadas por los accidentes considerados de tipo mayores. La distribución de accidentes por actividades se resume en la siguiente figura:

**Fig. 1.4.- Distribución según tipo de Industria**



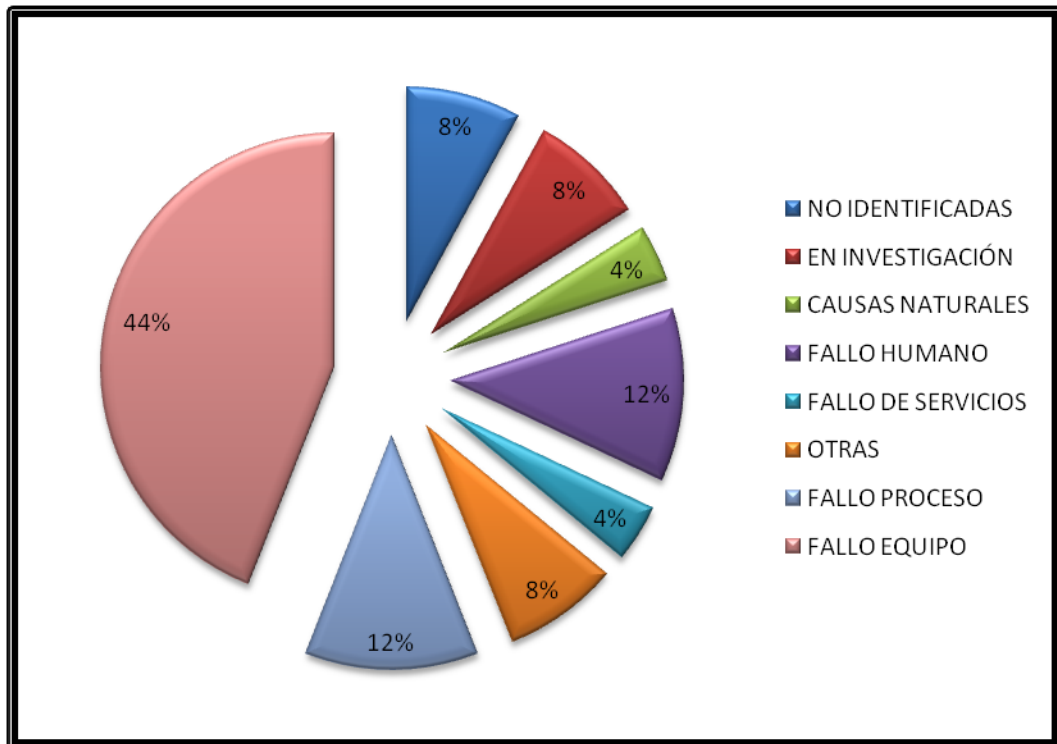
### **1.1.8.- Causas Principales**

La Dirección General de Protección Civil dispone de información sobre las causas de un total de veintiuno de los accidentes. En el resto, o bien no han sido identificadas por los órganos competentes o forman parte de los procesos de investigación que se requieren en estos casos.

Dentro de las causas identificadas, los fallos de equipos y componentes, incluyendo equipamientos eléctricos y de instrumentación y control, son los contribuyentes en mayor medida a las causas directas de los accidentes.

Se pueden contemplar de una forma más representativa en la siguiente figura:

**Fig. 1.5.- Causas de los accidentes**



Se puede observar de la figura 1.5, que la causa de los accidentes que cuenta con un mayor porcentaje es aquella que se debe al fallo de equipo o instrumentación, lo que da una idea de la importancia de establecer un plan de mantenimiento capaz de garantizar la máxima funcionalidad y durabilidad de los equipos.

Por consiguiente, en todos los establecimientos industriales se debería instaurar un plan de mantenimiento como herramienta primordial para poder minimizar los riesgos de este tipo.

El mantenimiento ha ido evolucionando industrialmente de una manera similar a como lo ha hecho la seguridad en las instalaciones, tomando cada vez un valor más importante dentro de los procesos productivos y de operación, siendo una herramienta importante dentro de la seguridad industrial.

### **1.1.9.- Consideraciones finales**

En esta introducción se ha querido reflejar la importancia que tienen las consideraciones de seguridad en el diseño de plantas químicas y petroleras, en particular, y en el de los establecimientos industriales en general, como a su vez, el desarrollo experimentado, a lo largo del tiempo, en materia de seguridad industrial en los distintos sectores.

El hecho de que durante la historia más reciente, se hayan producido, desgraciadamente, accidentes mayores, ha desembocado en una mejora del concepto de seguridad en el más amplio sentido de la palabra, pues no solo se han aprobado normativas nuevas referentes a seguridad y control, que han evolucionando con el paso de los años, sino que hay un aumento de la percepción del concepto de seguridad en la conciencia de cada individuo.

### **1.2.- JUSTIFICACIÓN**

Durante la fase de proyecto es preciso analizar una serie de aspectos relativos a la peligrosidad de las sustancias y las condiciones de proceso, características de la instalación y su idoneidad y capacidad de respuesta ante la diversidad de agentes agresivos internos y externos (corrosión, impactos, etc.) y los elementos tanto activos como pasivos con funciones de seguridad para prevenir fugas y minimizar consecuencias. Por tales circunstancias y dada la peligrosidad de la sustancia y la instalación en estudio, es de primordial importancia llevar a cabo un análisis funcional de la misma.

El análisis de riesgos de las instalaciones industriales no sólo debe usarse como elemento evaluador en la concesión o no de un permiso de funcionamiento, sino como herramienta para identificar

mejoras en los procesos y en las instalaciones con objeto de minimizar los daños potenciales.

El presente proyecto ha tomado como base de partida el **Proyecto Fin de Carrera** titulado “**Diseño de una columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico**” defendido en la Facultad de Ciencias de la **Universidad de Cádiz** en el año 2008 por D. **Javier Vidal Perea**.

La justificación del proceso se basa en la necesidad intrínseca de un sistema de seguridad, que garantice la máxima seguridad y permita la mejora de la operabilidad del proceso con el objetivo de minimizar los riesgos a través del diseño y la implantación de los sistemas de mitigación oportunos para cada caso.

### **1.3.- ANTECEDENTES**

Actualmente “Cepsa” así como “Cepsa Química” necesitan un suministro de ácido fluorhídrico del 98% para poder llevar a cabo el proceso de alquilación, donde dicha sustancia actúa como catalizador.

Este hecho hace que sean dependientes de la empresa Derivados del Flúor S.A. localizada en Oncón (Castro-Urdiales, Cantabria). El suministro de este ácido no aporta mayor beneficio que la obtención de los productos derivados de la alquilación, lo cual plantea la base del proyecto final de carrera citado anteriormente donde se desarrolla el diseño de una columna de destilación para aportar un mayor beneficio mediante la apertura de un nuevo mercado encargado de suministrar ácido fluorhídrico al 40%, cumpliendo a su vez el objetivo de autoabastecer a “Cepsa” y “Cepsa Química” de dicho ácido con la pureza requerida.



### **1.4.- SITUACIÓN**

Esta columna se ubica en “Cepsa Química” cuyas instalaciones ocupan una superficie de 3.000.000 m<sup>2</sup>; situada en la Bahía de Algeciras, punto de escala internacional que se encuentra en el centro de las principales vías y rutas marítimas de comercio con Norteamérica, Sudamérica, Norte de Europa, Oriente Medio y Lejano Oriente. La zona dispone de grandes calados, y, además, se comunica con la península por medio de redes nacionales de carreteras así como de ferrocarriles.

### **1.5.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD**

La columna de rectificación, objeto de estudio de este proyecto, se localiza, en la unidad de alquilación, la cual está diseñada para llevar a cabo la reacción entre las olefinas, parafinas y el benceno en exceso en presencia del ácido fluorhídrico como catalizador y así obtener como producto el alquilbenceno lineal base del posterior alquilbenceno sulfonado. Básicamente el proceso de Alquilación comprende dos etapas:

- **1º etapa:** En la que se lleva a cabo un 90% del proceso global de alquilación (donde se produce la reacción).
- **2º etapa:** Se lleva a cabo el 10% restante del proceso. En este se lleva a cabo la limpieza.

La alquilación combina las moléculas de las olefinas producidas en el craqueo catalítico con las de isoparafinas para aumentar el volumen y octanaje de las mezclas de gasolina. Las olefinas reaccionan con las isoparafinas en presencia de un catalizador muy activo, por lo general ácido sulfúrico o ácido fluorhídrico (o cloruro de aluminio) para crear una molécula parafínica de cadena ramificada larga, denominada

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

alquilato (isooctano), con excepcionales cualidades antidetonantes.

A continuación, el alquilato se separa y se fracciona. Las temperaturas de reacción, relativamente bajas, de 10 a 16 °C para el ácido sulfúrico, 27 a 0 °C para el ácido fluorhídrico y 0 °C para el cloruro de aluminio, se controlan y mantienen mediante refrigeración.

Hay dos tipos de procesos de alquilación del ácido fluorhídrico: “Phillips” y “UOP”. En el proceso “Phillips”, la carga de olefinas e isobutano se seca y pasa a una unidad combinada de reacción y decantación. El hidrocarburo procedente de la zona de decantación se carga en el fraccionador principal. El producto de evaporación de la sección superior del fraccionador principal pasa a un despropanizador.

El propano, que contiene trazas de ácido fluorhídrico (HF), pasa a una torre rectificadora de HF, y después se desflora catalíticamente, se trata y se almacena. El isobutano se extrae del fraccionador principal y se recicla en el reactor/decantador, y el alquilato del fondo del fraccionador principal se envía a un divisor.

El proceso “UOP” utiliza dos reactores con divisores separados. La mitad del material seco se carga en el primer reactor, junto con isobutano reciclado y de relleno, y después en su decantador, donde se recicla el ácido y se carga el hidrocarburo en el segundo reactor. La otra mitad del material va al segundo reactor; el ácido del decantador se recicla y los hidrocarburos se cargan en el fraccionador principal. El proceso subsiguiente es similar al “Phillips” en que el producto de la sección superior del fraccionador principal pasa a un despropanizador, se recicla el isobutano y se envía el alquilato a un divisor. Este es el tipo de proceso que se lleva a cabo tanto en “Cepsa” como en “Cepsa Química”.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

La columna diseñada con anterioridad en el antiguo proyecto ya citado, se alimenta con una carga de 53,05 kg. /h de ácido fluorhídrico, procedente del depósito inicial de recepción del mismo, que se ha diseñado, dimensionándolo acorde a las cantidades de destilado requeridas. Los productos obtenidos de dicha columna son ácido fluorhídrico con una pureza del 98% por cabeza y por fondo ácido fluorhídrico con una pureza del 40%.

Dicha columna se completa con equipos para el intercambio de energía, la impulsión, el transporte y el almacenamiento de fluidos. En concreto se trata de 4 equipos de intercambio de energía, 2 bombas centrífugas, una red de tuberías, un recipiente acumulador y 3 depósitos de almacenamiento, en concreto uno, el anteriormente citado (que provee a la columna del ácido fluorhídrico con una pureza del 60%) y dos destinados para el almacenamiento de los productos, uno de ellos para el ácido fluorhídrico al 98% y otro para el de 40%.

### **1.5.1.- Descripción del proceso**

En este apartado se detallará de forma clara y concisa los principales aspectos de operación de la unidad objeto de este proyecto, considerando las funciones más importantes de cada uno de los dispositivos que componen la instalación, este es el primer paso dentro de los análisis de riesgos puesto que se deben conocer las principales funciones de los equipos para detectar sus posibles fallas.

En la figura 1.6, que se muestra a continuación se puede apreciar el diagrama de proceso.

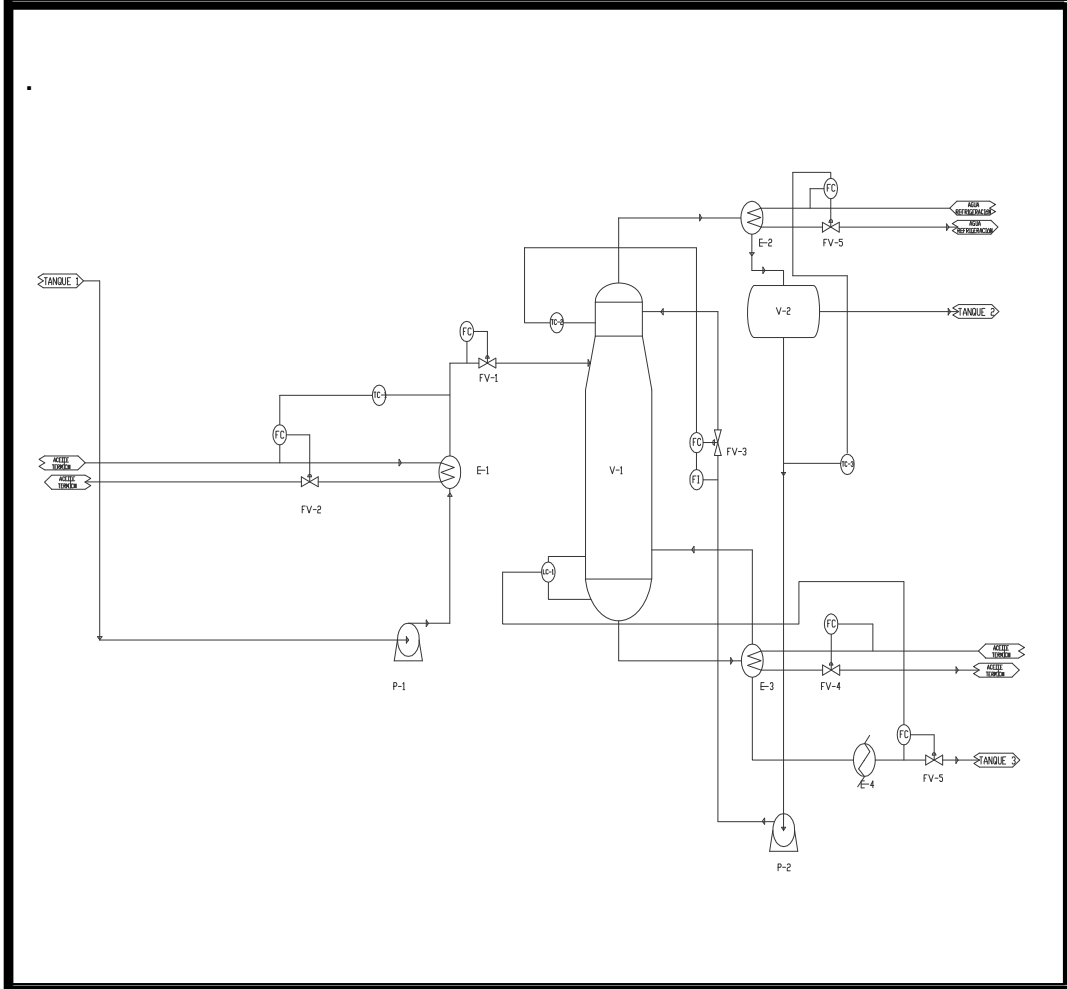
En este diagrama se muestran los principales equipos, los depósitos intermedios así como las distintas interconexiones entre

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

estos, que constituyen el objeto de estudio.

**Fig.1.6.- Diagrama de proceso**



La carga de la columna, proviene del tanque E-1 destinado a la recepción de ácido fluorhídrico con pureza del 60%. La columna V-1 separa por cabeza la fracción más ligera que corresponde a la corriente de ácido al 98%, que es enviada a el tanque E-2, y por fondo la fracción más pesada compuesta por ácido al 40%, que es enviada a el tanque E-3.

- **Alimentación a la columna**

La carga fría de ácido fluorhídrico, procedente del tanque E-1, entra en la columna V-1 impulsado por la bomba de alimentación P-1, con un caudal de 53 kg /h.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

Antes de entrar a la columna, se calienta hasta 82,22°C, temperatura por debajo del punto de ebullición, en el pre-calentador de carga E-1, que utiliza como fluido calefactor aceite térmico por el lado de los tubos.

La temperatura del pre-calentador se controla por el controlador de temperatura TC-1, que mide dicha temperatura a la salida del pre-calentador y regula, en cascada, el caudal de aceite térmico que entra al cambiador mediante la válvula FV-2.

El caudal de alimentación se fija mediante la válvula de control FV-1, que se encuentra aguas abajo del pre-calentador E-1. La mezcla de alimentación se introduce en una cascada vertical de etapas, aparece como líquido siendo su composición de 0.56 en fracción molar de ácido fluorhídrico y 0.44 en fracción molar de agua.

- **Columna V-1.**

En la columna V-1 se destila la corriente de Ácido Fluorhídrico, obteniéndose por cabeza una corriente de Ácido Fluorhídrico al 98% en pureza y por fondo al 40% en pureza.

La columna consta de 24 platos perforados más el calderín, con una temperatura comprendida entre los 84,1 °C por cabeza y los 112 °C por el fondo. Esta temperatura de cabeza se controla mediante el controlador de temperatura TC-2, que regula el caudal de reflujo que entra a la columna por medio de la válvula FV-3. El calor de intercambio en el rehervidor E-3 se regula con el caudal de aceite térmico.

- **Fondo de la columna.**

Tras abordar la columna, la corriente de fondo entra en el rehervidor. La corriente de ácido fluorhídrico, con caudal

aproximado de 66 kg /h y a una temperatura de 112°C y con una composición de 0,36 en fracción molar, se envía hacia el enfriador de salida de fondos E-4, en el que se enfría con agua de refrigeración hasta una temperatura de 37°C. A la salida de éste se dirige hacia su tanque de almacenamiento T-3. El caudal de esta corriente se regula mediante la válvula FV-6, que está en cascada con el control de nivel de fondo de la columna LC-1.

- **Cabeza de la columna V-1.**

Los vapores que salen por la cabeza, con una pureza del 98%, lo hacen con un caudal de 27,3 kg/h y una temperatura de 84,13°C.

Dichos vapores son conducidos hasta el condensador E-2 donde pasan a estado líquido a una temperatura de 21°C. Para controlar esta temperatura se varía el caudal de agua de refrigeración mediante el controlador de temperatura TC-3. Esta corriente de líquido condensado, se transporta hacia el recipiente acumulador V-2, de donde posteriormente una fracción se envía al tanque de almacenamiento T-2 mientras que la fracción restante se devuelve a la columna V-1 por medio de la bomba P-2 cuyo caudal está regulado mediante la válvula FV-3, que actúa controlada, en cascada, por el control de temperatura TC-2. El caudal de líquido que se transporta hasta el tanque T-2 es de 18,3 kg/h mientras que el caudal que se lleva de nuevo como reflujo hasta la columna V-1 es de 9,01 kg/h. La relación de reflujo interna  $L_0/V_1$  de 0,35.

### **1.6.- OBJETO DEL PROYECTO**

Se trata del diseño y la implantación de un sistema de seguridad que permita minimizar el riesgo y optimizar la operabilidad de la instalación.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

Previamente al análisis mediante la metodología **HAZOP** es necesario un análisis de identificación de riesgos, debido a que dicho análisis forma parte de las fases de un estudio de riesgos.

En segundo término se realizará el citado HAZOP, a través del cual, se podrán definir las desviaciones que pudiera sufrir la instalación, además de la identificación de las consecuencias inaceptables, que permitirán la mejora de la columna.

Conjuntamente se realizará el diseño de los sistemas de mitigación que se hayan registrado en el análisis, y la implantación de las medidas necesarias para un funcionamiento óptimo de la planta en términos de seguridad y operabilidad.

El estudio de riesgos es el método recomendado para identificar peligros y problemas que impiden el correcto funcionamiento en las industrias de procesos químicos. En la actualidad, el método HAZOP (“HAZard and OPerability”), es el de mayor aplicación y permite conocer las desviaciones respecto del diseño o propósito de un proceso mediante el examen de las condiciones de operación de éste en varios puntos clave (nodos).

Como se citó en el **apartado 1.2** de este capítulo, este Proyecto Fin de Carrera tiene como objeto la aplicación del método HAZOP tomando como base de partida el **Proyecto Fin de Carrera** titulado “Diseño de una columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico” defendido en la Facultad de Ciencias de la **Universidad de Cádiz** en el año 2008 por D. **Javier Vidal Perea**; de manera que sea posible el análisis de riesgo y por consiguiente el diseño del sistema de seguridad industrial para la citada planta.



## **CAPÍTULO 2**

### **2.- DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL ÁCIDO FLUORHÍDRICO (HF).**

#### **2.1.-INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se citarán las propiedades más importantes del ácido fluorhídrico (HF), así como sus principales características. Debido a que el HF es la principal sustancia de la instalación, es de primordial importancia su estudio con el fin de identificar las posibles consecuencias de su manejo.

#### **2.2.- INFORMACIÓN GENERAL**

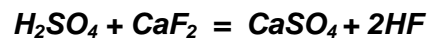
El Ácido Fluorhídrico es un líquido fumante, extremadamente corrosivo, no inflamable, de incoloro a amarillo claro, con un olor penetrante, irritante, punzante y desagradable, que consta de fluoruro de hidrógeno (normalmente del 40-70 % en peso) disuelto en agua. Se utiliza como abrillantador, agua fuerte y esmerilado; decapado, electro pulido, limpieza y tratamiento de varios metales; disolvente de minerales; y para otros muchos usos como se verá más adelante. El ácido es completamente soluble en agua y se mezcla rápidamente generando calor. En contacto con otros metales puede liberar hidrógeno, gas inflamable y potencialmente explosivo. El líquido pesa aproximadamente 1.2 kilos por litro.

Es estable en el transporte normal, pero es altamente reactivo con una amplia variedad de otros productos químicos y materiales. Ataca a la goma natural, piel, la mayoría de los materiales orgánicos, cristal, cemento y ciertos metales, especialmente los que al igual que el hierro de fundición contienen sílice. Es extremadamente corrosivo para los

tejidos corporales y puede producir graves quemaduras, dolorosas, profundas y lentas de cicatrizar que pueden retrasarse en su aparición.

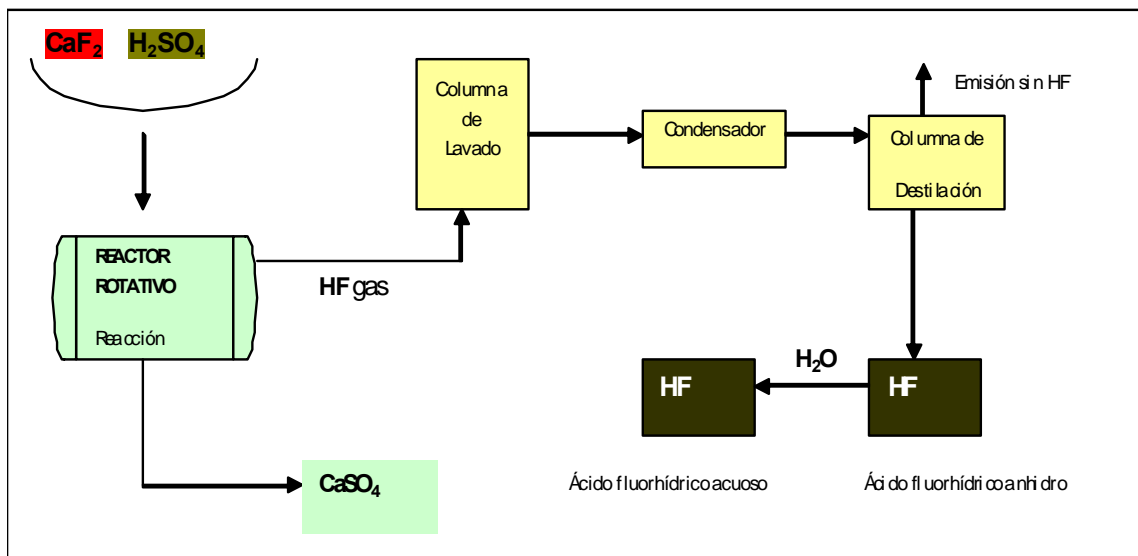
### 2.3.- OBTENCIÓN DEL ÁCIDO FLUORHÍDRICO.

El ácido fluorhídrico se obtiene por la reacción de la fluorita (fluoruro de calcio) con el ácido sulfúrico. Siguiendo la siguiente ecuación estequiométrica:



Una vez que el mineral se extrae de las minas o de yacimientos a cielo abierto, se separan las impurezas, de tal modo que el mineral final tiene una pureza mínima del 97%. La mayoría de los co-productos se separan y recogen para otros fines muy variados. El espato flúor (fluorita) en grado ácido se transporta a las plantas de HF por vía marítima, ferrocarril, carretera. En dichas plantas se produce la reacción con Ácido Sulfúrico para formar fluoruro de hidrógeno en forma gaseosa. Este producto se recoge y almacena para ser utilizado como gas licuado, o bien se diluye en agua para formar soluciones acuosas de ácido fluorhídrico.

**Fig 2.1.- Obtención de Ácido Fluorhídrico**



## **2.4.- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL HF.**

### **2.4.1.- Fluoruro de hidrogeno anhidro.**

En la tabla que aparece a continuación se tienen algunas de las propiedades del Ácido Fluorhídrico.

**Tabla 2.1: Propiedades del HF**

<b>PROPIEDAD</b>	<b>VALOR</b>
Peso molecular	20,006 g/mol
Punto crítico	T <sub>c</sub> : 188°C; P <sub>c</sub> : 64,85 bares
Densidad del líquido (1.013 bar en el punto de ebullición) :	959 kg/m <sup>3</sup>
Punto de ebullición (1.013 bar) :	19.5°C
Calor latente de vaporización (1.013 bar en el punto de ebullición) :	374.11 kJ/kg
Densidad del Gas (1 bar y 25 C (77°F)) :	0.83 kg/m <sup>3</sup>
Factor de Compresibilidad (Z) (1.013 bar y 15°C (59°F))	0.9835
Gravedad específica (aire = 1) (1.013 bar y 21°C (70°F))	0.7
Volumen Específico (1.013 bar y 21°C (70°F)) :	1.205 m <sup>3</sup> /kg
Capacidad calorífica a presión constante (C <sub>p</sub> ) (1.013 bar y 25°C (77°F))	0.029 kJ/(mol.K)
Viscosidad (1.013 bar y 0°C (32°F)) :	0.0001139 Poise
Conductividad Térmica (1.013 bar y 0°C (32°F)) :	23.53 mW/(m.K)

### **2.4.2.- Ácido fluorhídrico en agua**

Una de las características del ácido fluorhídrico es su alta miscibilidad en medios acuosos, debido a ello, es importante conocer las distintas propiedades según la cantidad de ácido en agua.

En la instalación objeto de estudio, se trabajará con porcentajes de ácido que van desde el 40% obtenido en cola hasta un 98% obtenido en la cabeza de la columna. Este hecho hace que se deban conocer las propiedades principales del ácido fluorhídrico en un rango amplio, puesto que dichas propiedades varían dependiendo del grado de concentración de ácido fluorhídrico. Se debe resaltar que la concentración de ácido en los distintos puntos del sistema cambia dependiendo de la situación en la misma.

La siguiente tabla nos muestra las propiedades más destacables para distintos porcentajes de ácido en disolución acuosa.

**Tabla 2.2.- Propiedades respecto al porcentaje de HF**

<b>PROPIEDADES</b>	<b>40 % EN AGUA</b>	<b>50% EN AGUA</b>	<b>≥70% EN AGUA</b>
<b>Aspecto</b>	Líquido Claro	Líquido Claro	Líquido Claro
<b>Color</b>	Incoloro	Incoloro	Incoloro
<b>Olor</b>	Picante	Picante	Picante
<b>pH</b>	<1	<1	<1
<b>Pto. Ebullición</b>	112°C	106°C	≥ 67°C
<b>Pto. Fusión</b>	(-44°C)	(-35°C)	(-70°C)
<b>Inflamabilidad</b>	No Inflamable	No Inflamable	No Inflamable
<b>Presión de Vapor</b>	n/s	n/s	176 mbar a 20°C
<b>Densidad relativa (20°C)</b>	1,13 g/cm <sup>3</sup>	1,16 g/cm <sup>3</sup>	1,25 g/cm <sup>3</sup>
<b>Solubilidad (20°C)</b>	Miscible	Miscible	Miscible

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

## **2.5.- CLASIFICACIÓN DEL ÁCIDO FLUORHÍDRICO**

El ácido fluorhídrico ha sido clasificado conforme al **REAL DECRETO 363/1995, de 10 de Marzo de 1995** por el que se regula la Notificación de Sustancias Nuevas y Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias Peligrosas. Dicha Clasificación queda resumida en la siguiente tabla:

**Tabla 2.3.- Categorías del HF conforme al RD 363/95**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>RUBRO</b>	<b>FRASE</b>
SÍMBOLOS	T+	MUY TÓXICO
	C	CORROSIVO
FRASES R	26/27/28	Muy tóxico por inhalación, en contacto con la piel y al ingerir.
	35	Causa quemaduras graves
FRASES S	(1/2)	(Mantenga cerrado bajo llave y fuera del alcance de los niños).
	(7/9)	Mantenga el recipiente bien cerrado y en un lugar bien ventilado.
	26	En caso del contacto con los ojos, enjuague de inmediato con grandes cantidades de agua y obtenga asistencia médica.
	36/37	Lleve ropa protectora adecuada y guantes.
	45	En caso de accidente o malestar, consulte con un médico de inmediato. (Muéstrela la etiqueta donde sea posible).

## **2.6.- APLICACIONES INDUSTRIALES DEL ÁCIDO FLUORHÍDRICO**

La principal aplicación del HF es la producción de floro carbonos. Alrededor del 60% del HF producido en el mundo se utiliza en esta área.

Se verán las aplicaciones más comunes de este ácido inorgánico, que es utilizado en una gran variedad de industrias.

### **2.6.1.- Industria electrónica**

En la industria electrónica, el HF es el principal producto químico en la producción de semiconductores con base de silicio. El HF ataca el óxido de silicio y lo transforma en compuestos solubles, con lo cual este producto es la base de múltiples aplicaciones en los procesos de limpieza y grabado.

### **2.6.2.- Industria Metalúrgica**

El ácido fluorhídrico y sus sales se utilizan en varias fases del procesamiento de muchos metales, en la industria del aluminio primario, acero inoxidable y fundición, entre otras.

### **2.6.3.- Producción de Petróleo**

Además de los diversos usos del HF como un agente químico de proceso, se utiliza también como catalizador en varias aplicaciones industriales. Un catalizador es un material que favorece una reacción química sin consumirse en ella. El uso de agentes catalíticos incrementa tanto la eficacia del proceso como el ahorro.

### **2.6.4.- Protección de cultivos**

El ácido fluorhídrico se usa también en la producción de agentes protectores de cultivos. En este caso, el componente de Flúor incrementa la reactividad y selectividad de insecticidas y herbicidas. Las sustancias activas actúan de un modo más eficiente, y son menos dañinas para el medio ambiente que muchas fórmulas tradicionales.

### **2.6.5.- Detergentes**

El Fluoruro de Hidrógeno se utiliza como catalizador en la producción de detergentes. El proceso tiene varios paralelismos con la alquilación de la gasolina, excepto que en este caso, se trata de producir LAB. Está compuesto se utiliza en la producción de detergentes LAS para aplicaciones en lavandería y lavavajillas.

Comparado con un detergente tradicional como el jabón, estos productos son más solubles en agua. Dicha solubilidad permite penetrar las manchas de la ropa de una manera más eficaz. La acción de un detergente depende en gran medida de la presencia de un componente polar y no polar en la molécula. El componente polar atrae el agua, mientras que el no polar atrae grasas y aceites. De este modo, se forma una emulsión por la cual la suciedad puede ser fácilmente eliminada por lavado.

Tanto en las aplicaciones relacionadas con el petróleo como las de detergente, se dan pérdidas de catalizador por las condiciones de operación. Ello implica que exista una continua demanda de HF. En 2001 se vendieron aproximadamente 7000 Toneladas de HF anhidro producido por fabricantes de la UE para estas aplicaciones.

## **CAPITULO 3**

### **3.- IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGO**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

El Método de Identificación y Evaluación de Riesgos se ha usado con éxito durante muchos años en una gran variedad de aplicaciones. Este Método cubre sistemáticamente todos los aspectos relacionados



con la ingeniería, las adquisiciones, la construcción, montaje, puesta en marcha, las operaciones, la mantención, los aspectos jurídicos y económicos de un Proyecto.

Su amplio campo de aplicación hace que sea una herramienta confiable, permite una participación multidisciplinaria, en donde se suman los conocimientos y experiencias individuales.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, la identificación y Evaluación de Riesgo debe considerarse como parte integrante del desarrollo de este proyecto.

### **3.2.- OBJETIVOS**

Al efectuar la identificación y evaluación de riesgos se pretende:

- Verificar los Diseños del proyecto desde el punto de vista de riesgos operacionales, que puedan afectar a las personas, a la comunidad, a los bienes físicos y/o al medio ambiente.
- Verificar la confiabilidad operacional de las instalaciones ya diseñadas, con el fin de garantizar la continuidad requerida.

De este modo, se busca disponer de una instalación bajo riesgos controlados, con un nivel de seguridad aceptable, dentro del marco legal requerido y de las normas y disposiciones reglamentarias que la propia sustancia por su peligrosidad intrínseca requiere.

### **3.3.- ALCANCE**

La identificación y evaluación de los riesgos que se desarrollará durante este proyecto, tendrá como única finalidad identificar los riesgos asociados a las nuevas instalaciones, procesos constructivos y futuras operaciones, los cuales podrán afectar a las personas, bienes físicos y

medio ambiente, y proponer las medidas de control que sean necesarias.

La revisión de los diseños cubrirá en mayor o menor grado los procesos del proyecto y tendrá como propósito:

- Aumentar la seguridad de la unidad de proceso, de tal forma que se garantice la integridad del diseño respecto a la aplicación de los reglamentos y normativas legales vigentes.
- Asegurar una adecuada constructibilidad de los procesos, durante la fase de construcción.
- Mejorar la operabilidad y mantención de la instalación objeto del proyecto.
- Identificar desviaciones en el diseño propuesto (identificar riesgos, dificultades de operatividad, interferencias, etc)
- Detectar eventuales vulnerabilidades en la instalación y los subsistemas que la componen.

### **3.4.- DEFINICIONES**

Con la finalidad de establecer un lenguaje común para algunos conceptos contenidos en el presente documento, se establecen las siguientes definiciones:

- **Análisis de Riesgos:** Es el proceso formal que se realiza durante la vida del proyecto, mediante el cual se identifican los factores de riesgo, se analizan y evalúan sus efectos y se definen las

acciones a seguir frente a los mismos, con el fin de disponer de una actuación planificada con vista a minimizarlos.

- **Riesgos:** Es un evento probable cuya ocurrencia produce un daño a las personas, bienes físicos, procesos y/o medio ambiente.
- **Consecuencias (C):** Mide el nivel o grado de severidad que pueden revestir los daños a las personas, a los bienes y perjuicios por paralización de la producción, como consecuencia de un incidente.
- **Exposición (E):** El número de veces que el trabajador se expone a un evento en un periodo determinado. Una escala clasifica en forma cualitativa el número de veces que la tarea esta expuesta a un evento, es ejecutada por cada persona o grupo de personas en un determinado tiempo.
- **Probabilidad (P):** Dice relación con la frecuencia de ocurrencia del evento no deseado y se expresa por medio de una escala de categorías que corresponden al nivel de frecuencia de ocurrencia.
- **Magnitud del Riesgo (MR):** Es una medición que permite evaluar y jerarquizar el riesgo en forma cuantitativa, en función de su **probabilidad (P), exposición (E) y consecuencias (C).**

### **3.5.- FASES DE LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE RIESGOS.**

La Identificación y Evaluación de Riesgos se desarrolla en dos fases:

**Fase 1: Aplicación de Matriz de Riesgos de acuerdo al Análisis de Riesgos, a las personas y a los Bienes Físicos.**

**Fase 2: Identificación de desviaciones a la intención del diseño, a través de la metodología HAZOP.**

### **3.5.1.- FASE 1: Aplicación de la Matriz de Riesgos.**

#### **Matriz de Identificación de Riesgos – Eventos**

Este método utiliza una Matriz de Riesgos – Eventos, previamente preparada, dividida en:

- Eventos relacionados con la naturaleza y fuentes externas
- Eventos relacionados con los suministros para el proceso
- Eventos relacionados con las operaciones de las áreas- procesos
- Eventos que se relacionan con los productos que se generan
- Eventos relacionados con terceras personas.

En primera instancia se identificará si el Riesgo-Evento puede estar presente en el área-proceso. En segundo término, aceptando que el Riesgo – Evento puede estar presente, se preguntará:

¿Qué pasa si se desencadena el evento o riesgo identificado (“What if?”).

La primera conclusión sobre esta interrogante, debe responder a:

- El área o proceso no es afectado por el evento, continúa operando normalmente.
- El área o proceso es afectado, pero continua operando, y requiere atención o reparación inmediata. Hay inestabilidad en el sistema.
- El área o proceso es afectado y deja de operar, desencadenándose las consecuencias.

La segunda conclusión a la que se llega, es que, desencadenado el evento, cuáles serán las consecuencias para:

- Personal propio

- Personal externo-comunidad
- Bienes Físicos
- Operaciones – procesos – productos – calidad – oportunidad
- Medio Ambiente

### **Material de consulta**

Para poder desarrollar el análisis, se debe disponer de antecedentes tales como:

- Detalle de ubicación de instalaciones – procesos. **Figura 1.6 capítulo 1** de esta memoria.
- Condiciones climáticas de la zona en estudio. **ANEXO B**
- Sismología de la zona en estudio. **ANEXO B**
- Mapas geográficos que identifiquen cursos de aguas – aluviones – derrumbes – fallas geomecánicas. **ANEXO B**
- Criterios de diseño de las instalaciones en estudio.
- Ciclo de vida de las obras – mantenibilidad
- Diagrama de los procesos. **Figura 1.6**
- Incidentes en plantas similares. **ANEXO A**

Una vez que se ha identificado los Eventos – Riesgos que pueden afectar al proceso o área, se inicia la Evaluación del Riesgo y se procede al cálculo de su Magnitud.

#### **3.5.1.1.- Magnitud del Riesgo (MR)**

##### **3.5.1.1.1.- MR relacionado con personas**

La Magnitud del Riesgo (MR), relacionada con las personas, se calcula utilizando las siguientes variables:

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

a) Consecuencias para las personas (C)

**Tabla 3.1.- Consecuencias para las personas**

CLASIFICACIÓN	CATEGORÍA	CONSECUENCIA
Leve	1	Lesión (es) leve (s) no incapacitante (s)
Seria	2	Lesión (es) incapacitante (s) temporal (es) y permanente (s) parcial (es)
Grave	4	Pérdida de vida de un trabajador o incapacidad permanente total

b) Estimación de exposición (E)

**Tabla 3.2.- Exposición para las personas**

Número de veces exposición del trabajador al riesgo			
Anual-Semestral	Trimestral-Mensual	Semanal	Diaria
1	2	3	4

c) Estimación de la Probabilidad (P)

**Tabla 3.3.- Probabilidad del suceso**

CATEGORIA	DEFINICION
1	“Casi improbable que ocurra”
2	“Puede ocurrir alguna vez”
3	“Ocurre regularmente”
4	“Ocurre la mayor parte de las veces”

d) Evaluación de la Magnitud del Riesgo (MR)

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

La Magnitud del Riesgo permite clasificar el riesgo a las personas, de manera de focalizar y priorizar las acciones correctivas que se deben incorporar en las etapas de diseño del proyecto, y de control durante su operación, con el fin de proteger a las personas y dar confiabilidad a los sistemas.

$$\text{Magnitud del Riesgo MR} = C * E * P$$

De esta manera se obtiene un ranking priorizado del inventario de riesgo a las personas en el proyecto en estudio y por tanto el nivel de criticidad de la magnitud del riesgo:

**Tabla 3.4.- Nivel de Criticidad de la Magnitud del Riesgo**

Nivel de Criticidad	Rango (MR)
Grave	24 a 64
Serio	16 a 18
Leve	1 a 12

### **3.5.1.1.2.-MR relacionado con los Bienes Físicos y Medio Ambiente**

a) Clasificación de las Consecuencias (C)

**Tabla 3.5.- Clasificación en € de las consecuencias**

Categoría	Definición		
1	Pérdidas	€	Entre 1 y 100.000
2	Pérdidas	€	Entre 100.000 y 250.000
3	Pérdidas	€	Entre 250.000 y 500.000
4	Pérdidas	€	Entre 500.000 y 1.000.000
5	Pérdidas Mayores	€	1.000.000

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

Para evaluar cómo afecta al medio ambiente con un incidente desencadenado, se aplicarán las siguientes orientaciones:

**Tabla 3.6.- Consecuencias para el Medio Ambiente**

<b>Categoría</b>	<b>Definición</b>
<b>1</b>	<b>Insignificante o mínimo impacto</b>
<b>2</b>	<b>Baja Severidad – acción local</b>
<b>3</b>	<b>Mediana severidad – apoyo de otras áreas</b>
<b>4</b>	<b>Severa – compromete a toda la organización</b>
<b>5</b>	<b>Muy severa – se afecta la comunidad</b>

a) Estimación de la Probabilidad (P)

Dice de la relación con la probabilidad de ocurrencia del evento no deseado, que tiene el potencial de producir daño a los bienes físicos y al medio ambiente.

**Tabla 3.7.- Probabilidad de que ocurra un suceso con daños al M. Ambiente**

<b>Categoría</b>	<b>Definición</b>
<b>6</b>	Se espera que ocurra al menos una vez al año Ocurre la mayor parte de las veces
<b>5</b>	Se espera que ocurra al menos una vez cada 3 años Ocurre regularmente
<b>4</b>	Se espera que ocurra al menos una vez cada 10 años Ocurre algunas veces
<b>3</b>	Se espera que ocurra al menos una vez en 15 años Es raro que ocurra
<b>2</b>	Se espera que ocurra no más de 1 vez en 25 años Ha ocurrido
<b>1</b>	Se espera que ocurra no más de 1 vez en 90 años Casi improbable que ocurra- se tiene conocimiento que ha ocurrido.

b) Evaluación de la Magnitud del Riesgo (MR)



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

La Magnitud del Riesgo permite clasificar los riesgos para priorizar las acciones de control en las etapas de diseño del proyecto.

$$\text{Magnitud del Riesgo (MR)} = C \cdot P$$

Para visualizar la clasificación se construye la matriz de gravedad de riesgo, utilizando la categoría de la consecuencia y la probabilidad de ocurrencia del evento, como dimensiones de la matriz.

**Tabla 3.8.- Matriz de Magnitud del riesgo**

MATRIZ GRAVEDAD RIESGO						
<b>PROBABILIDAD</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>24</b>	<b>30</b>
	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>
	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>20</b>
	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>15</b>
	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>
	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
	<b>CONSECUENCIAS</b>					

De acuerdo a la Magnitud del Riesgo se definen tres niveles de criticidad: grave, serio y leve, según los rangos que se muestran en la siguiente tabla.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

**Tabla 3.9.- Nivel de Criticidad Para los bienes físicos y el Medio Ambiente**

Nivel de Criticidad	Rango (MR)
Grave	15 a 30
Serio	5 a 12
Leve	1 a 4

De esta manera, conociendo el nivel de criticidad de los riesgos identificados, se obtiene un inventario priorizado de los riesgos a los bienes físicos y al medio ambiente del proyecto de diseño en análisis, es decir podremos identificar de manera clara los riesgos implícitos a la columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico.

#### **3.5.1.2.- Medidas de Control**

Este análisis debe concluir en recomendaciones destinadas a:

- Eliminar el riesgo que puede afectar a la torre e instalaciones adyacentes o proceso.
- Minimizar los efectos de los riesgos desencadenados
- Aplicar medidas de control de riesgos
- Establecer Planes de Emergencia y de Contingencias.

#### **3.5.1.3.- Matriz de Riesgos**

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la clasificación e identificación de riesgos, pero antes se especificarán las columnas de la matriz, identificando cada uno de los apartados de la

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

misma. Se usará como referencia lo indicado en la tabla que aparece a continuación:

**Tabla 3.10.- Descripción de las distintas casillas de la matriz**

<b>Matriz</b>	<b>Descripción</b>
<b>Impacto en área de proceso</b>	Se estudiará si el suceso tiene repercusión en el proceso. SI/NO
<b>Nivel a que afecta</b>	A qué nivel afecta: P.- personas, C.- Comunidad, BF.- Bien Físico (equipos, sistemas, instalaciones)
<b>CP</b>	Consecuencias para las personas y la comunidad
<b>CBF/MA</b>	Consecuencias para el bien físico y el medio ambiente
<b>PP</b>	Probabilidad para las personas y la comunidad
<b>PBF/MA</b>	Probabilidad para el bien físico y el medio ambiente
<b>MR P</b>	Magnitud del riesgo para las personas y la comunidad
<b>MR BF/MA</b>	Magnitud del riesgo para el bien físico y el medio ambiente

Nº	RIESGO EVENTO	IMPACTO EN AREA-PROCESO	NIVEL A QUE AFECTA	MAGNITUD DEL RIESGO						NIVEL CRITICIDAD	MEDIDAS DE CONTROL
				C P	C BF-MA	P P	P BF-MA	MR P	MR BF-MA		
<b>RIESGOS ASOCIADOS CON LA NATURALEZA Y FUENTES EXTERNAS AL PROYECTO</b>											
1	Alumbramiento de aguas	NO	BF/MA		2		4	0	8	LEVE	Revisiones periódicas.
2	Aluviones	SI	P/C/BF/MA	4		2		32		GRAVE	Río Palmones, coordinación con la administración pública. Sistema de drenajes.
3	Asentamiento de terreno	SI	BF/MA		5		1		5	SERIO	Estudios topográficos periódicos.
4	Avalanchas	SI	P/C/BF/MA	4	5	1	1	4	5	LEVE	Muros de contención.
5	Contam. Ambiental fuen. Ext	SI	P/C/BF/MA	4		2		32		GRAVE	Sistema de detección de fugas.
6	Crecida pluvial	SI	P/C/BF/MA	2	2	2	3	4	6	LEVE	Sistema de drenajes.
7	Derrumbres	SI	P/C/BF/MA	4		1		4		LEVE	Prospección del terreno.
8	Humedad- Neblina ambiental	NO	BF/MA		2		4		8	SERIO	Protección de estructuras
9	Incendio de bosques.	SI	P/C/BF/MA	2	3	3	3	12	9	SERIO	Sistemas contra incendio.
10	Inundación.	SI	P/C/BF/MA	4	4	2	4	16	16	GRAVE	Sistemas de drenajes.
11	Lluvias externas	NO	BF/MA		1		6		6	SERIO	Protección de estructuras
12	Maremoto	SI	P/C/BF/MA	4	5	1	1	4	5	SERIO	Diques de control.
13	Nevezones extremas.	NO	BF/MA		1		1		1	LEVE	Coordinar con la administración.
14	Sequía.	NO									
15	Seismo	SI	P/C/BF/MA	2	2	2	3	4	6	SERIO	Coordinar con la administración.
16	Temperatura Amb. Baja/Alta	NO	BF/MA		3		6		18	GRAVE	Control de Tª en operaciones sensibles
17	Tormenta Eléctrica	SI	BF/MA		3		2		6	SERIO	Sistema eléctrico específico.
18	Viento blanco	NO	BF/MA		1		1		1	LEVE	
19	Viento sobre los limites	NO	BF/MA		2		4		8	SERIO	Estudio disposición de estructura.

Tabla 3.11.- Matriz de Riesgos

RIESGOS ASOCIADOS A LOS INSUMOS PARA LAS OPERACIONES-CONSTRUCCIÓN- MONTAJE- PUESTA EN MARCHA											
20	Falla en el suministro de productos para el proceso	SI	BF/MA		4		4		16	GRAVE	Inventarios mensuales, Estudio consumo mensual.
21	Falla de combustible en planta. Cero Stock.	SI	BF/MA		4		4		16	GRAVE	Inventarios mensuales, Estudio consumo mensual.
22	Falta de agua para procesos en planta.	SI	BF/MA		4		4		16	GRAVE	Inventarios mensuales, Estudio consumo mensual.
23	Falla total de energía eléctrica. Suministro externo.	SI	BF/MA		4		4		16	GRAVE	Grupo Electrógeno auxiliar.
24	Material entregado por el proveedor no cumple estándares.	SI	BF/MA		2		3		6	SERIO	Toma de muestras. Utilizar distintos proveedores.
25	Producto entregado por el proveedor está contaminado	SI	BF/MA		4		2		8	SERIO	Toma de muestras. Utilizar distintos proveedores.
26	Virus Computacional.	NO	BF/MA		3		3		9	SERIO	Equipos auxiliares manuales.
27	Caída de personas a distinto nivel	NO	P/C	4		3		48		GRAVE	Señalización según normativa.
28	Caída de personas a mismo nivel.	NO	P/C	1		3		12		LEVE	Señalización según normativa.
29	Cargas dinamicas.	NO	P/C	1		3		12		LEVE	Señalización según normativa.
30	Cargas estáticas	NO	P/C	1		3		12		LEVE	Señalización según normativa.
31	Comunicación deficiente entre personas.	NO	P/C	1		4		16		SERIO	Implantación sistemas de calidad.

Tabla 3.11.- Continuación

Nº	RIESGO EVENTO	IMPACTO EN AREA-PROCESO	NIVEL A QUE AFECTA	MAGNITUD DEL RIESGO						NIVEL CRITICIDAD	MEDIDAS DE CONTROL
				C P	C BF-MA	P P	P BF-MA	MR P	MR BF-MA		
<b>RIESGOS ASOCIADOS A LOS INSUMOS PARA LAS OPERACIONES-CONSTRUCCIÓN- MONTAJE- PUESTA EN MARCHA</b>											
32	Conocimiento deficiente de la operación, por parte del personal.	NO	P	1		2		4		LEVE	Cursos específicos impartidos por la empresa.
33	Consumo de alcohol/drogas.	NO	P	2		1		2		LEVE	Prohibición en el recinto
34	Congelamiento de sistemas, equipos, tuberías, otros.	SI	BF/MA		2		3		6	SERIO	Sistemas de calefacción en equipos mayormente expuestos a bajas Tª.
35	Contacto con elementos agresores que afecten a personas.	NO	P	2		2		16	0	SERIO	Utilización de EPIS
36	Corrosión.	NO	BF/MA		2		5		10	SERIO	Materiales específicos.
37	Choques, Volcamiento.	NO	BF/MA		2		3		6	SERIO	Almacenamiento según normativa.
38	Deficiencia en la vigilancia de los parámetros del proceso.	NO	P/BF/MA		2		4		8	SERIO	Diseño de paneles de control de fácil entendimiento para el personal.
39	Deficiencia en los sistemas de puesta en marcha y parada.	NO	BF/MA		3		3		9	SERIO	Revisiones periódicas.

Tabla 3.11.- Continuación

Nº	RIESGO EVENTO	IMPACTO EN AREA-PROCESO	NIVEL A QUE AFECTA	MAGNITUD DEL RIESGO						NIVEL CRITICIDAD	MEDIDAS DE CONTROL
				C P	C BF-MA	P P	P BF-MA	MR P	MR BF-MA		
40	Derrames de líquidos/sólidos internos en Planta.	SI	P/BF/MA	4	4	2	3	32	12	GRAVE	Detectores de fugas en puntos críticos.
41	Derrumbes por excavaciones-demoliciones.	SI	P/BF/MA	4	4	1	1	4	4	LEVE	Ejecuciones de obras según normativa vigente.
42	Exceso de fluido para un equipo o sistema.	NO	P/BF/MA	2	4	2	3	16	12	SERIO	Sensores de entrada de flujo en el sistema.
43	Explosión por presencia de vapores, polvo o sobrepresión en recipientes, o redes.	SI	P/BF/MA	4	5	2	3	32	15	GRAVE	Sistemas de alivio, control de fugas, estudios de dispersión de nubes tóxicas.
44	Exposición de las personas a agentes nocivos. Físicos, Químicos, Biológicos.	SI	P	2		2		8	0	LEVE	Control de fugas, sensores en puntos críticos.
45	Falta de combustible para un proceso determinado	SI	BF/MA		2		2		4	LEVE	Control exhaustivo del stock de productos críticos.
46	Falta de destreza/ falta de habilidades por parte del operador.	NO	P	1		2		8	0	LEVE	Cursos específicos impartidos por la empresa.

**Tabla 3.11.- Continuación**

Nº	RIESGO EVENTO	IMPACTO EN AREA- PROCESO	NIVEL A QUE AFECTA	MAGNITUD DEL RIESGO						NIVEL CRITICIDAD	MEDIDAS DE CONTROL
				C P	C BF-MA	P P	P BF-MA	MR P	MR BF- MA		
47	Falta de herramientas dispositivos para intervenir los equipos o sistemas	NO	P	1		2		2	0	LEVE	Inventario mensual de herramientas taller.
48	Falta de presión de aire comprimido para un proceso determinado.	NO	BF/MA		1		2		2	LEVE	Control de almacén.
49	Falta de protecciones a elementos móviles	NO	P	2		2		12	0	LEVE	Señalizaciones según normativa.
50	Falta de repuestos críticos.	SI	BF/MA		4		5		20	GRAVE	Control exhaustivo del stock de productos críticos.
51	Falla de un componente de un sistema o equipo	NO	P/BF/MA		3		6		18	GRAVE	Equipos auxiliares.
52	Falla de los sistemas de control general del proceso	SI	P/BF/MA		4		3		12	SERIO	Sistemas auxiliares.
53	Falla en los sistemas de seguridad del sistema o equipo.	SI	P/BF/MA		4		3		12	SERIO	Sistemas auxiliares.
54	Falla en soldaduras	SI	BF/MA		4		5		20	GRAVE	Detectores de fugas en puntos críticos.

**Tabla 3.11.- Continuación**



Nº	RIESGO EVENTO	IMPACTO EN AREA-PROCESO	NIVEL A QUE AFECTA	MAGNITUD DEL RIESGO						NIVEL CRITICIDAD	MEDIDAS DE CONTROL
				C P	C BF-MA	P P	P BF-MA	MR P	MR BF-MA		
55	Fallas topográficas	NO	BF/MA		3		3		9	SERIO	Estudios de prospección del terreno.
56	Formación de atmósferas inflamables/explosivas	SI	P/BF/MA	2		2		12	0	LEVE	Sensores de presión.
57	Fugas por uniones y empaquetaduras.	SI	P/BF/MA		4		4		16	GRAVE	Detectores de fugas en puntos críticos.
58	Golpear contra un objeto fijo o en movimiento	NO	P	2		3		18	0	SERIO	Señalizaciones según normativa.
59	Incendio	SI	P/BF/MA		4		3		12	SERIO	Sistemas contraincendios
60	Inestabilidad de equipos, estructuras, almacenamientos.	SI	P/BF/MA		4		3		12	SERIO	Estudios de prospección del terreno.
61	Ignición espontánea	NO	P/BF/MA		4		1		4	LEVE	
62	Insuficiencia de fluidos de lubricación.	NO	BF/MA		3		4		12	SERIO	Control almacén
63	Insuficiencia de fluidos refrigerantes.	NO	BF/MA		3		4		12	SERIO	Control almacén
64	Lectura equivocada de instrumentos	NO	BF		1		4		4	LEVE	Paneles de control con alarmas sonoras para advertir cambios importantes.
65	Liberación de energía	NO	BF/MA		4		2		8	SERIO	Control de Tª

**Tabla 3.11.- Continuación**

Nº	RIESGO EVENTO	IMPACTO EN AREA- PROCESO	NIVEL A QUE AFECTA	MAGNITUD DEL RIESGO						NIVEL CRITICIDAD	MEDIDAS DE CONTROL
				C P	C BF-MA	P P	P BF-MA	MR P	MR BF- MA		
66	Mantenimiento deficiente	NO	BF/MA		2		3		6	SERIO	Mantenimiento preventivo.
67	Mezcla de productos no deseados en procesos	SI	BF/MA		4		2		8	SERIO	Líneas de productos claramente identificadas y separadas
68	Neblina ácida	SI	P/C/BF/MA	2	2	2	2	4	4	LEVE	Sistemas de dispersión nubes tóxicas.
69	Prendimiento en un objeto	NO	P/C/BF/MA	1	2	2	3	4	6	SERIO	Sistema Contra incendio.
70	Proyección de partículas de polvo o líquidas (aerosoles)	NO	P/C/BF/MA	2		2		8	0	LEVE	
71	Sobrepresión en recipiente	SI	BF/MA		2		4		8	SERIO	Control de la Presión a través de sensores en recipientes.
72	Sobreesfuerzo	SI	P/C	1		2		4	0	LEVE	
73	Stress físico/mental	NO	P	2		2		16	0	SERIO	Jornada Laboral con horarios según convenio.
74	Temperaturas fuera de los estándares en sistemas equipos o instalaciones.	SI	BF/MA		2		3		6	SERIO	Control de Tª
75	Visibilidad baja	NO	P	1		2		4	0	LEVE	

**Tabla 3.11.- Continuación**

Nº	RIESGO EVENTO	IMPACTO EN AREA- PROCESO	NIVEL A QUE AFECTA	MAGNITUD DEL RIESGO						NIVEL CRITICIDAD	MEDIDAS DE CONTROL
				C P	C BF-MA	P P	P BF-MA	MR P	MR BF-MA		
76	Contaminación del aire por gases-vapores-humos-aerosoles	NO	P/C	1		2		4	0	LEVE	
77	Despachos equivocados	NO	P	1		1		1	0	LEVE	
78	Manejo de residuos Sólidos	NO	P	1		3		9	0	LEVE	
79	Formación de productos secundarios, residuos o impurezas.	NO	BF/MA		2		6		12	SERIO	Recirculación a sistema principal.
80	Mezcla de productos desechados.	NO	BF/MA		2		2		4	LEVE	Plan de gestión de residuos de la empresa.
81	Producto final contaminante Tóxico agresivo.	NO	BF/MA		3		6		18	GRAVE	Identificación y evaluación de riesgos
82	Producto final no cumple estándares	NO	BF/MA		3		3		9	SERIO	Estudio de la instalación. Re-ingeniería.
83	Ruido que afecte a la comunidad.	NO	P/C/MA	1		3		12	0	LEVE	
84	Actos de sabotaje	SI	BF/MA		2		1		2	LEVE	Sistema de vigilancia
85	Intrusión de personas ajenas al proceso.	NO	BF/MA		2		1		2	LEVE	Sistema de vigilancia
86	Robo de valores	NO	BF/MA		2		1		2	LEVE	Sistema de vigilancia
87	Vandalismo.	NO	BF/MA		2		1		2	LEVE	Sistema de vigilancia

**Tabla 3.11.- Continuación**

### **3.5.2.- FASE 2: Identificación de desviaciones a la intención del diseño, a través de la metodología HAZOP.**

#### **3.5.2.1.- Introducción**

Normalmente el concepto de instalación de proceso va asociado a un sistema productivo o a una parte del mismo, en el que intervienen sustancias químicas, que, a través de determinadas operaciones básicas, generalmente concatenadas, son sometidas a procesos físicos y/o químicos para obtener productos intermedios o acabados.

Tales procesos físicos o químicos deben desarrollarse en condiciones de trabajo determinadas, siendo la composición de las sustancias químicas, la cantidad de las mismas en procesos discontinuos o el flujo másico en procesos continuos, la presión, y la temperatura, algunas de las variables fundamentales del sistema que exigen ser perfectamente controladas.

Evidentemente las instalaciones son diseñadas para adecuarse a las condiciones normales de trabajo, pero deben ser capaces de soportar alteraciones previsibles, aunque sean ocasionales, sin generar daños a personas y bienes.

Precisamente el análisis de riesgos en instalaciones donde se trabaja con ácido fluorhídrico requieren considerar todas las variables que condicionan el proceso en cuestión, planteándose variaciones de las mismas ante posibles fallos o deficiencias, y consecuentemente la capacidad de respuesta de la instalación en base a sus características y a los elementos de seguridad de que está constituida, muchos de los cuales deben garantizar una respuesta activa. Ello no es tarea fácil ya que las alteraciones posibles son diversas y tanto las causas que las pueden originar como sus consecuencias, que necesariamente deben

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

ser consideradas para poder efectuar una evaluación de los riesgos de la instalación, son múltiples, y además integradas, en a veces, complejos esquemas secuenciales.

Una peculiaridad destacable en este tipo de instalaciones es que suelen existir interrelación entre riesgos y sus factores causales, que según las circunstancias desencadenantes generan diferentes niveles de peligrosidad y de gravedad de sus consecuencias.

**3.5.2.2.- Definiciones para el HAZOP.**

Muchos de los términos que se emplearán en este proyecto son de uso común en la vida cotidiana, conviene por tanto que se acote el significado que se les asignan, de manera de evitar interpretaciones equívocas.

**Tabla 3.12.- Términos del Hazop**

<b>INTENCIÓN</b>	<b>Modo normal de operación en ausencia de desviaciones</b>
<b>DESVIACIÓN</b>	<b>Cualquier falla que modifica la intención</b>
<b>CAUSA</b>	<b>Razón por la cual se produce la desviación</b>
<b>CONSECUENCIA</b>	<b>Resultado ocasionado por la desviación</b>
<b>MEDIDA PROPUESTA</b>	<b>Acción recomendada destinada a la búsqueda de la solución de la desviación</b>
<b>PALABRAS GUÍA</b>	<b>Grupo de palabras para definir la desviación de la intención</b>

**3.5.2.3.- Palabras Guía en el Método de Análisis de Riesgo HAZOP**

El método Hazop, ("HAZard and OPerability" Riesgo y Operabilidad) o Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos, fue desarrollado por ingenieros de "ICI Chemicals" de Inglaterra a mediados de los años 70.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

El Hazop, es una técnica de identificación de riesgos, basada en la premisa de que los riesgos, los accidentes o los problemas de operabilidad, se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada. La técnica consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas “palabras guía”. Algunas de las palabras guía utilizadas en el método son:

**Tabla 3.13.- Palabras Guía utilizada en el método Hazop**

<b>PALABRA GUÍA</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
<b>NO-NULO-NADA</b>	Ausencia de la variable a la cual se aplica
<b>MAS-ALTO-SOBRE-MUCHO</b>	Aumento cuantitativo de una variable
<b>MENOS-DISMINUCION</b>	Disminución cuantitativa de una variable
<b>INVERSO</b>	Analiza la inversión en el sentido de la variable. Se obtiene el efecto contrario al que se pretende.
<b>ADEMÁS DE</b>	Aumento cualitativo. Se obtiene algo más que las intensiones de diseño
<b>PARTE DE</b>	Disminución cualitativa. Se obtiene solamente una parte de las intensiones del diseño.
<b>DIFERENTE DE</b>	Actividades distintas respecto a la operación normal

### **3.5.2.4.-Definición Área de Estudio**

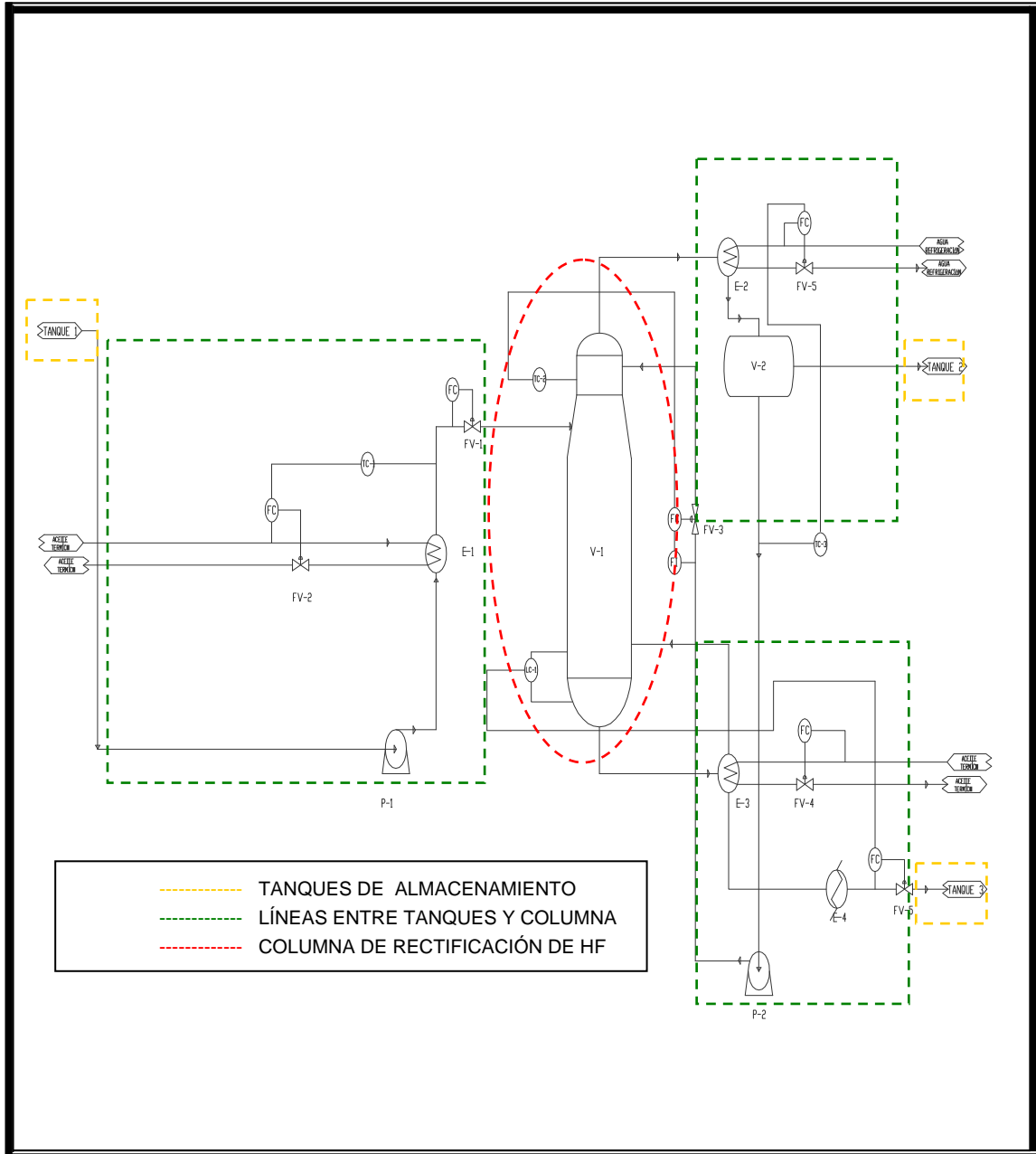
En este apartado se delimitarán las áreas a las cuales se aplicará la técnica de identificación de riesgos. En la instalación de proceso se considera un área, que será objeto de estudio, se definirán para mayor comodidad una serie de subsistemas o líneas de proceso que

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

corresponden a entidades funcionales propias, estos subsistemas quedan recogidos en la siguiente imagen:

**Fig. 3.14.- Nudos del sistema**



**3.5.2.5.- Definición de los nudos**

El HAZOP se basa en dos premisas fundamentales:

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

- Los sistemas funcionan bien, cuando operan de acuerdo con la intención de diseño.
- Los riesgos y problemas operacionales son generados por desviaciones a la intención de diseño.

Por tanto, se deben acotar de manera sistemática cada uno de los subsistemas o líneas que componen la instalación, para de esta forma, proceder al estudio de cada uno individualmente. Los subsistemas o líneas se han identificado como nudos o puntos importantes en el proceso. Los nudos quedan denominados de la siguiente forma:

- **Nudo 1:** Tanque de almacenamiento que alimenta a la columna (v-1)
- **Nudo 2:** Línea comprendida desde el tanque 1 hasta la columna de rectificación (v-1)
- **Nudo 3:** Columna de rectificación de ácido fluorhídrico (v-1).
- **Nudo 4:** Línea comprendida desde la columna de rectificación (v-1) hasta el tanque 2.
- **Nudo 5:** Línea comprendida desde la columna de rectificación (v-1) hasta el tanque 3
- **Nudo 6:** Tanque de almacenamiento productos de cabeza.
- **Nudo 7:** Tanque de almacenamiento productos de cola.

Cada nudo ha sido identificado y numerado correlativamente dentro de cada subsistema y en el sentido del proceso para mejor comprensión y comodidad. La técnica HAZOP se aplica a cada uno de estos puntos. Cada nudo vendrá caracterizado por variables de proceso como:

- **Presión**
- **Temperatura**



- **Flujo**
- **Nivel**
- **Composición**

Dependiendo del nudo donde nos encontremos, se utilizarán unas determinadas variables. El documento que actúa como soporte principal del método es el diagrama de flujo de proceso.

### **3.5.2.6.- Medidas Propuestas**

#### **3.5.2.6.1.- Nudo 1: Tanque de alimentación (T-1)**

En este apartado se procederá a describir las características más importantes del tanque, el cual se ha considerado **nudo 1**. Dicho tanque es el encargado de recepcionar el ácido fluorhídrico que llega desde la empresa Derivados del Flúor S.A. localizada en Oncón (Castro-Urdiales, Cantabria).

El tanque (T-1) almacena ácido fluorhídrico al 60% en agua, y su objetivo principal es el de suministrar la corriente de alimentación a la columna, este hecho hace que se considere como un punto importante de estudio dentro del análisis del riesgo, puesto que cualquier desviación en las principales variables puede desencadenar en un mal funcionamiento de la columna o incluso pueden provocarse situaciones de riesgo en la instalación, considerándose situación de riesgo aquellas situaciones en las que, por estar presente algún factor de riesgo, el riesgo no puede considerarse controlado.

**Tabla 3.15.- Características del Tanque de almacenamiento (T-1)**

Temperatura de almacenamiento	Volumen	Longitud	Diámetro externo	Material
25 °C	20 m <sup>3</sup>	1,370 m	4,450 m	Hastelloy C

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

A continuación, se detallan las medidas preventivas necesarias para asegurar el buen funcionamiento del equipo. Estas medidas han sido tomadas del punto **3.5.2.7 Matriz de HAZOP**.

1. **Instalación de sensor de nivel**, el cual será fabricado con el mismo material de construcción del tanque, es decir, Hastelloy C. Deberá ser un sensor de doble sello para servicios tóxicos y de riesgo o detectores de nivel sin contacto con el líquido.
2. Los sensores deberán ser instalados de forma que actúen de manera automática y manual sobre el apagado de la bomba, la cual estará en conexión con los citados sensores. Además de estar totalmente monitorizado para el control de dicho depósito, a través de válvulas de funcionamiento automático, las cuales tendrán como función principal la de asegurar el paso o no del ácido al interior del depósito.
3. **Instalación de sistemas de detección de fugas** que cumplan con la normativa vigente referente a seguridad industrial en plantas químicas. Dicho sensor deberá determinar la presencia de ácido fluorhídrico a concentraciones de 1 ppm.
4. **Cubeto de retención** individual para el depósito que tenga las dimensiones establecidas por la instrucción técnica ITC-MIE APQ-7 y que garantice la estanqueidad de la instalación y los sistemas de mitigación.
5. **Diseño e instalación de un sistema de cortinas de agua** que actúe como barrera de contención para las posibles fugas de ácido, dicho sistema deberá cumplir con los requisitos de la ITC-MIE APQ-7 y la norma de reconocida solvencia API 750. La duración del agua de mitigación no debe ser menor al tiempo que tarda en evaporarse el ácido que se ha fugado. En ningún caso

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

será inferior a 30 minutos, para garantizar la inocuidad del sistema. Además deberá disponer de boquillas de aspersion que tengan tamaños, capacidades y ángulos de aspersion tales que asegure la estanqueidad de la instalación.

6. **Instalar monitores de agua portátiles** en puntos estratégicos con una capacidad total de agua equivalente a 40:1 el volumen de HF, en fase liquida. Este volumen de agua podría mitigar hasta el 90 % del HF
7. **Verificación de la idoneidad de los materiales** de construcción del tanque con la legislación vigente respecto a seguridad industrial y la normativa API 750 en su punto 3 Materiales, Nueva Construcción, inspección y Mantenimiento.
8. Creación de **instrucción técnica** para la toma de muestra.
9. **Revisiones periódicas** de acuerdo con el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos (RD 379/2001, 6 de Abril), la instrucción técnica complementaria MIE APQ-7 y la API 750.
10. **Medidores de temperatura** que garanticen las condiciones de seguridad del depósito. Dichos medidores deberán estar monitorizados, con lo cual se podrá interactuar con las válvulas de llenado/vaciado para casos que conlleven a una clara situación de riesgo del sistema.
11. **Implantación de sistema de alarma** visual y sonora que este conexas a todos los sensores controladores de las variables presión, nivel y temperatura, además de emitir señal por causas tales como fugas de gas tóxico.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

12. Se deberá prestar una atención especial en la **inspección de las válvulas antes de la instalación**, para verificar que el proveedor ha usado los materiales correctos especificados de construcción y comprobar la ausencia de cualquier defecto evidente en todas las partes que estarán en contacto con HF.

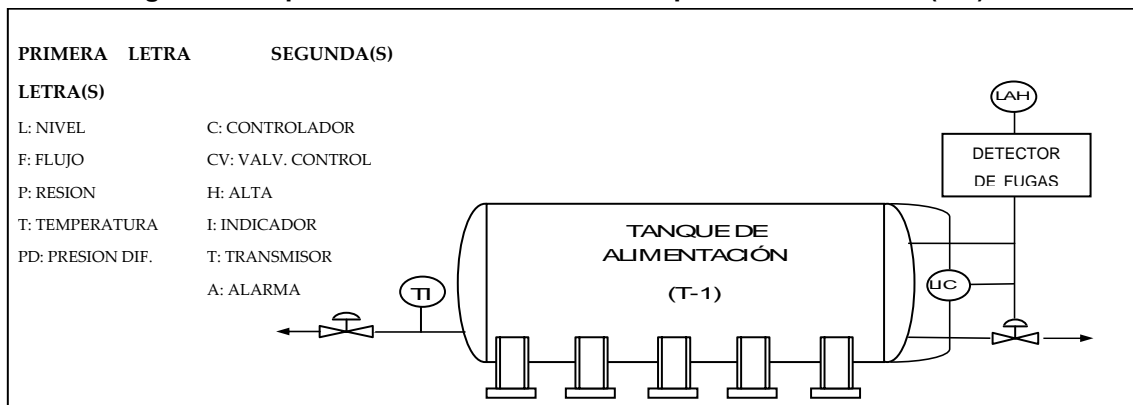
De esta forma, se pueden distinguir distintas directrices a seguir, por un lado se obtienen medidas que modificarán el diagrama de proceso y por tanto, tendrán influencia en el control y la operabilidad de la instalación, y otras medidas que quedarán reflejadas en los anexos a la memoria. A continuación, se resumen los dispositivos que modificarán el diagrama de proceso de la instalación:

**3.16.- Dispositivos a instalar depósito de almacenamiento (T-1)**

DISPOSITIVO	CARACTERÍSTICAS
✓ Detector de fugas	Capaz de detectar concentraciones de HF de 1 ppm.
✓ Sensor de Nivel	De doble sello si es de contacto directo con el líquido.
✓ Medidor de Temperatura	Conexión a válvula de llenado.
✓ Instalación de Alarma	Alarma sonora y visual.
✓ Sistema de cortinas de Agua	Cumplirán doble función contra incendios y medida de mitigación en caso de fuga.
✓ Monitores portátiles	Apoyo auxiliar contra incendio

Quedan resumidos los cambios aplicados al tanque de almacenamiento (T-1) de forma más clara:

**Fig.3.17.- Dispositivos necesarios en el tanque de alimentación (T-1)**



**3.5.2.6.2.- Nudo 2: Línea comprendida entre el Tanque de alimentación (T-1) y la columna de Rectificación (V-1).**

El nudo 2 comprende, como queda reflejado en el título de este apartado, a la línea de tubería que llega desde el tanque de alimentación (T-1) hasta la columna de rectificación (V-1). En dicha línea se pueden encontrar dos dispositivos a tener en cuenta a la hora del estudio de riesgo y operacionabilidad, como son la bomba (P-1) y el economizador (E-1).

El tipo de bomba que se seleccionó cuando se diseñó la instalación pertenece a la serie F. Las normas DIN 24255/ NF E-44111 definen los campos de trabajos hidráulicos y principales dimensiones de las bombas centrifugas horizontales. Así, la bomba P-1 que es la encargada de impulsar la carga de ácido que entra a la columna, presenta una potencia de 3 Kw y un rendimiento del 55 %.

El precalentador de carga calienta la alimentación, teniendo un caudal de 53,05 kg/h, procedente del tanque T-1, desde una temperatura de 25 °C a 82,22 °C. Esta corriente circula por lado de la carcasa, circulando por el lado de los tubos a contracorriente el aceite térmico, con un caudal de 71598,05 kg/h cuya temperatura desciende desde los 300 °C a los 250 °C. Según la designación TEMA se trata de un cambiador de calor de cabezal flotante y anillo partido, con cubierta y canal desmontable de paso simple, diámetro interno de 387,35 mm (15,25 in) con tubos de 6,096 m (20 ft) de longitud. TAMANO 12-240 TIPO AES.

La trayectoria de los fluidos se seleccionó teniendo en cuenta las consideraciones acerca del funcionamiento de estos dispositivos: el fluido menos viscoso, el aceite térmico, circulará por el lado de los tubos.

A continuación, se detallan, a modo resumen, las medidas preventivas más relevantes que aseguran el buen funcionamiento de la

línea. Estas medidas han sido tomadas del punto **3.5.2.7 Matriz de HAZOP.**

1. Sistema de **desconexión automática de bombas** para su protección.
2. **Revisiones periódicas** de acuerdo con el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos (RD 379/2001, 6 de Abril), la instrucción técnica complementaria MIE APQ-7 y la API 750.
3. **Instalación de válvula de control** a la entrada del precalentador con controlador indicador de flujo que cumpla con la normativa vigente referente a seguridad industrial en plantas químicas. El material utilizado será compatible con la legislación vigente respecto a seguridad industrial y la normativa API 750 en su **art. 3 Materiales, Nueva Construcción, inspección y Mantenimiento.**
4. **Instalación de indicador de presión** a la salida de la bomba (P-1) y del precalentador de carga (E-1). que cumpla con la normativa vigente referente a seguridad industrial en plantas químicas, además de cumplir con la legislación vigente respecto a seguridad industrial y la normativa API 750 en su art. 3 Materiales, Nueva Construcción, inspección y Mantenimiento.
5. Considerar las dilataciones térmicas en la etapa de diseño de la instalación.
6. **Instalar medidor de temperatura** antes de la entrada de la alimentación en la columna, dicho medidor cumplirá con la normativa vigente referente a seguridad industrial en plantas químicas. El material utilizado será compatible con la legislación

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

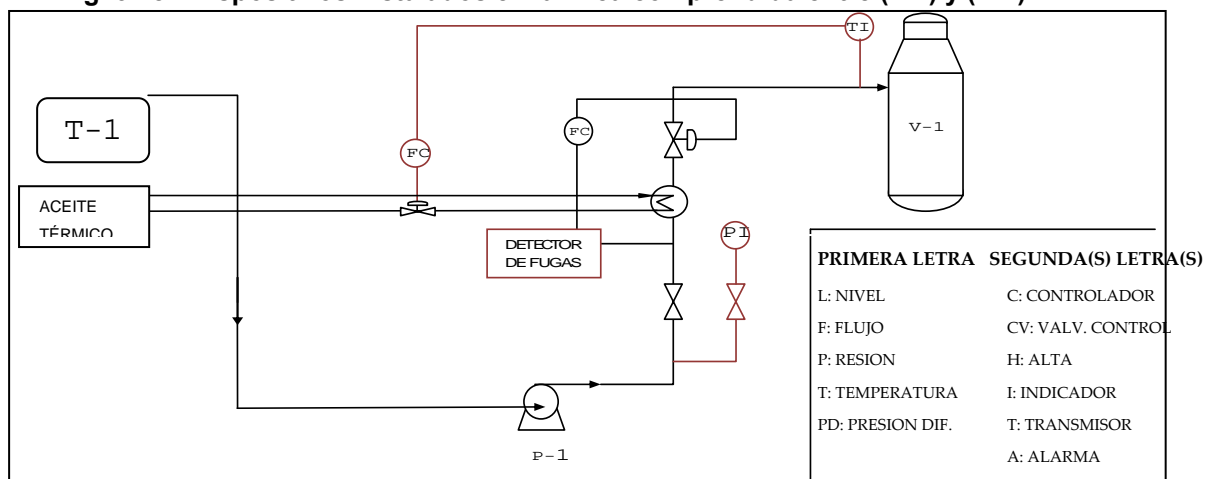
---

vigente respecto a seguridad industrial y la normativa API 750 en su **art. 3 Materiales, Nueva Construcción, inspección y Mantenimiento.**

7. Se controlará el flujo de HF antes de su entrada en el precalentador.
8. Se protegerán contra corrosión externa/interna, las tuberías y todos los dispositivos que sean susceptibles. Los métodos utilizados para dicha protección deben estar recogidos en la normativa vigente respecto a seguridad industrial.
9. **Instalación de sistemas de detección de fugas** que cumplan con la normativa vigente referente a seguridad industrial en plantas químicas. Dicho sensor deberá determinar la presencia de ácido fluorhídrico a concentraciones de 1 ppm.

Una vez estudiado el riesgo en el nudo 2, se pueden ver los cambios que sufre la línea en estudio de manera más gráfica a través de la figura 3.18, donde observamos la nueva disposición de los controladores que se deben instalar y la situación en la instalación, los nuevos dispositivos se han diferenciado con una línea de color rojo:

**Fig. 3.18.- Dispositivos instalados en la línea comprendida entre (T-1) y (V-1)**



### **3.5.2.6.3.- Nudo 3: Columna de rectificación de ácido fluorhídrico (V-1).**

En la columna V-1 se destila la corriente de Acido Fluorhídrico, obteniéndose por cabeza una corriente de Acido Fluorhídrico al 98% en pureza y por fondo al 40% en pureza. La columna consta de 24 platos perforados más el calderín, con una temperatura comprendida entre los 84,1 °C por cabeza y los 112 °C por el fondo. Esta temperatura de cabeza se controla mediante el controlador de temperatura TC-2, que regula el caudal de reflujo que entra a la columna por medio de la válvula FV-3. El calor de intercambio en el rehervidor E-3 se regula con el caudal de aceite térmico.

A continuación, se detallan, a modo resumen, las medidas preventivas más relevantes, que pueden asegurar el buen funcionamiento de la columna. Estas medidas han sido tomadas del punto **3.5.2.7 Matriz de HAZOP**

1. **Revisiones periódicas** de acuerdo con el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos (RD 379/2001, 6 de Abril), la instrucción técnica complementaria MIE APQ-7 y la API 750.
2. **Instalación de controlador registrador de presión diferencial** que tendrá como función principal ser el lazo de control de nivel en la columna, deberá ser instalado con doble sello para servicios tóxicos y de riesgo.
3. **Sistema de alarma de temperatura** en el condensador que cumpla con la normativa vigente referente a seguridad industrial en plantas químicas.



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

4. Se instalará un **lazo de control de flujo en el rehervidor** que funcionará según las condiciones de la columna, todos los dispositivos de instalación deberán cumplir con la normativa vigente referente a seguridad industrial en plantas químicas.
5. Se dispondrá de **bombas auxiliares** que permitan asegurar el buen funcionamiento de la columna en caso de falla en las bombas principales.
6. **Diseño e instalación de un sistema de cortinas de agua** que actúe como barrera de contención para las posibles fugas de ácido, dicho sistema deberá cumplir con los requisitos de la ITC-MIE APQ-7 y la norma de reconocida solvencia API 750. La duración del agua de mitigación no debe ser menor al tiempo que tarda en evaporarse el ácido que se ha fugado. En ningún caso será inferior a 30 minutos, para garantizar la inocuidad del sistema. Además deberá disponer de boquillas de aspersion que tengan tamaños, capacidades y ángulos de aspersion tales que asegure la estanqueidad de la instalación.
7. Se instalará **lazos de control de flujo al líquido calefactor y enfriador**, todos los dispositivos de instalación deberán cumplir con la normativa vigente referente a seguridad industrial en plantas químicas.
8. La **Limpieza de la columna** se llevará a cabo de tal forma que cumpla con la normativa vigente de aparatos a presión y de almacenamiento de productos químicos.
9. **Instalación de registrador de Temperatura** que deberá cumplir con la normativa vigente referente a seguridad industrial en plantas químicas.

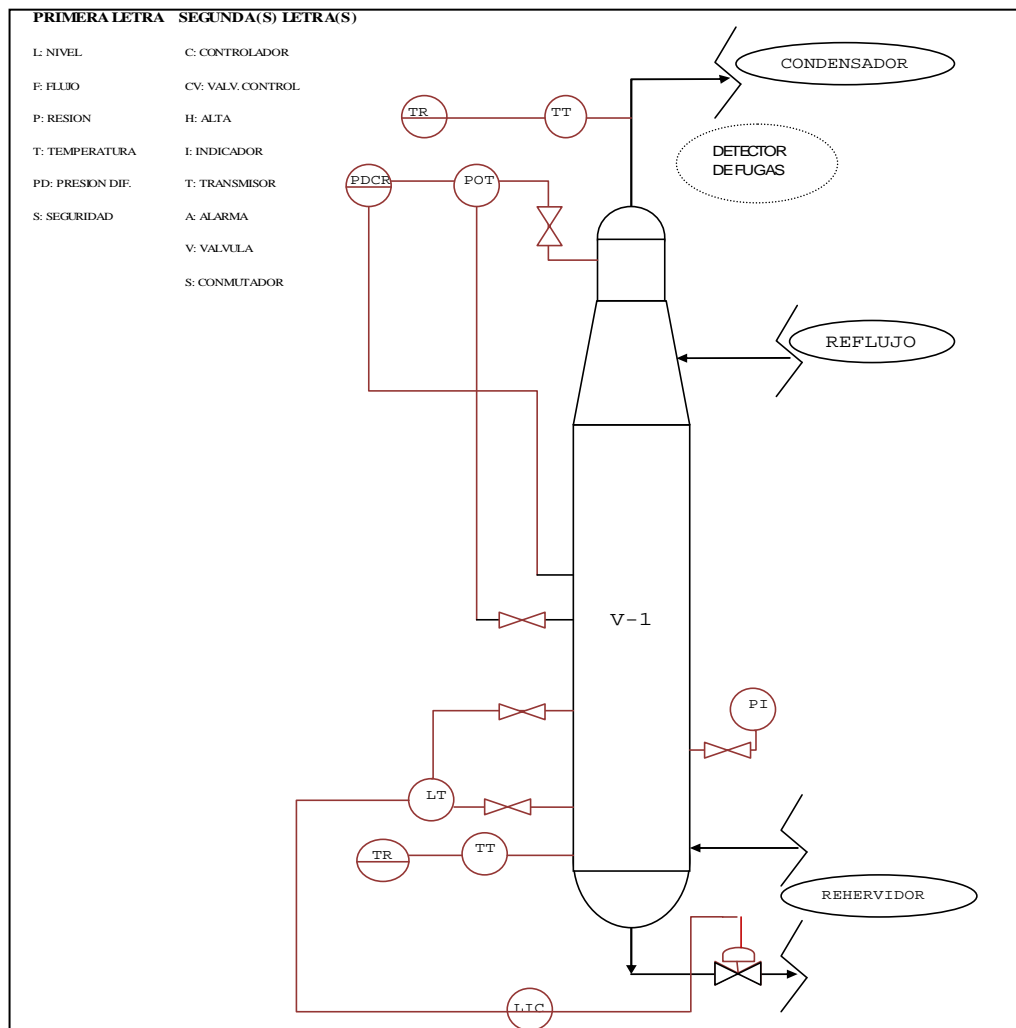
**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

10. **Instalación de sistemas de detección de fugas** que cumplan con la normativa vigente referente a seguridad industrial en plantas químicas. Dicho sensor deberá determinar la presencia de ácido fluorhídrico a concentraciones de 1 ppm.

En la figura 3.19, y con objeto de representar las modificaciones, se puede ver como el diagrama de proceso de la instalación cambia considerablemente al incluirle los distintos dispositivos, que aparecen en color rojo. (Sólo aparecen aquellos dispositivos de control que afectan principalmente a la columna, puesto que los que afecten directamente a los equipos auxiliares se verán cuando se estudien los nudos que los contienen).

**Fig.3.19.- Dispositivos instalados en la Columna de rectificación.**



#### **3.5.2.6.4.- Resto de nudos.**

En el siguiente punto, se hará un resumen de los dispositivos nuevos a instalar y las variaciones que se produzcan en relación a nudos estudiados anteriormente. Se ha de considerar que las medidas necesarias para mejorar la seguridad y la operacionabilidad de la instalación pueden repetirse en los nudos 4, 5, 6 y 7. Es decir, los nudos correspondientes a los tanques de cabeza y cola (6 y 7), sufrirán prácticamente las mismas directrices que en el nodo 1. Los nudos 4 y 5, tendrán pocas modificaciones con respecto al nudo 2, para no ser muy repetitivos, solo se indicarán los cambios más relevantes.

En primer lugar, se describirán las características de los tanques de cabeza y de cola y de los equipos auxiliares de las dos líneas.

##### **- *Condensador de cabeza.***

Este cambiador tiene como fin el efectuar una condensación del producto de cabeza, con el fin de producir una fase líquida que asegure la destilación óptima en la sección de rectificación. La corriente procedente de la cabeza de la columna condensa en este cambiador pasando por el interior de los tubos con un caudal de 27,31kg/h. Entra con una temperatura de 84,13 °C condensándose hasta llegar a un temperatura de 21°C para ser enviado en parte hacia el tanque T-2, mientras que el resto se devuelve a la columna a través de la bomba P-2. La corriente refrigerante es agua de refrigeración con un caudal de 0,44 kg/h, pasando de una temperatura de 15 °C hasta llegar a una de 19 °C. La corriente de este cambiador de calor para dirigirse al recipiente acumulador V-2, desde el que se suministra con un caudal de 18,3 kg/h al tanque T-2, mientras que desde el mismo recipiente, a su vez, se suministra a la columna V-1 mediante la bomba P-2 un caudal de de 9,01 kg/h. Se trata de un cambiador de panel de tubos y con cabezal

flotante con empaque externo y carcasa de flujo dividido, 590,55 mm (23 in) de diámetro interior con tubos de 6,09 m (20 ft) de longitud. TAMANO 12- 240 TIPO BEU

***- Rehervidor de la columna.***

Este cambiador tiene como fin el efectuar una vaporización parcial del producto de fondo de columna, con el fin de producir una fase gaseosa que asegure la separación en la sección de agotamiento. La corriente procedente del fondo de la columna compuesta fundamentalmente por agua, variando su temperatura desde 111,6 °C a 112 °C. Dicha corriente tiene un caudal másico de 65.58 kg/h, y entra en el cambiador por la tobera inferior, circulando por el lado de la carcasa. Por el lado de los tubos circula la corriente de aceite térmico con un caudal de 851,88 kg/h, variando su temperatura desde 300 °C a 250 °C. La corriente de vapor sale del rehervidor por la tobera superior y es recirculada a la columna de rectificación V-1. Su caudal másico es de 30,81 kg/h. La corriente de líquido por la tobera de salida abandona el rehervidor constituyendo el producto de colas, su caudal másico es de 34,76 kg/h. El cambiador está compuesto por un panel de tubos y un cabezal flotante con empaque externo y carcasa de flujo dividido, de 203,80 mm (8 in) de diámetro interior con tubos de 6,09 m (20 ft) de longitud. TAMANO 12-240. TIPO AJW.

***-Enfriador de salida de fondo.***

Su objetivo es el enfriar la corriente procedente del rehervidor. Dicha corriente circula por la carcasa presentando un caudal másico de 34,76kg/h y es enfriada por la corriente de agua de refrigeración que circula por el interior de los tubos para ser almacenada en su respectivo tanque T-3 a una temperatura de 37°C. La corriente de agua presenta un caudal másico de 610,84 kg/h y su temperatura aumenta de 15 a 19 °C.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

Consiste en un cambiador de calor de panel de tubos fijo, con cabezal estacionario de tipo casquete y de paso simple, de 939,60 mm (37 in) de diámetro interior con tubos de 6,09 m (20 ft) de longitud. TAMANO 19-240. TIPO BEM.

***-Tanques de almacenamiento T-2 y T-3.***

**Tabla.3.20.- Características del tanque T-2 y T-3**

TANQUE	VOLUMEN	LONGITUD(M)	DIÁMETRO EXTERNO (M)	MATERIAL
2	30 m <sup>3</sup>	1,570	5,071	Hastelloy C
3	30 m <sup>3</sup>	1,570	5,071	Hastelloy C

Una vez vistas las características de cada uno de los equipos estudiados, se dan paso a las variaciones realizadas en el PID de la instalación.

**Dispositivos instalados:**

- **Tanques de almacenamiento T- 2 y T- 3:**

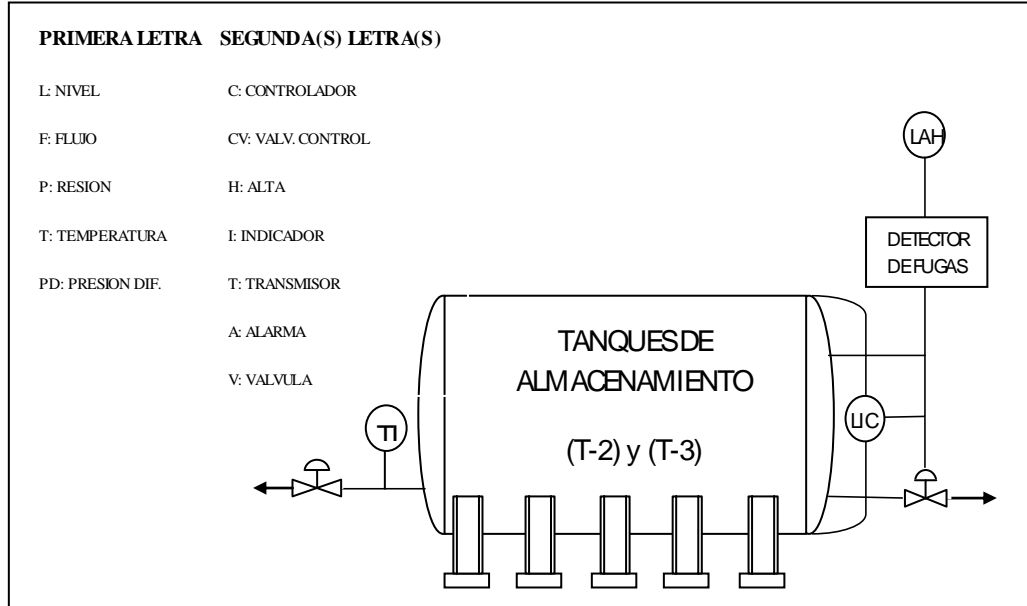
**Tabla 3.21.- Dispositivos a instalar en el tanque de alimentación (T-2) y (T-3)**

DISPOSITIVO	CARACTERISTICAS
✓ Detector de fugas	Capaz de detectar concentraciones de HF de 1 ppm.
✓ Sensor de Nivel	De doble sello si es de contacto directo con el liquido.
✓ Medidor de Temperatura	Conexión a válvula de llenado.
✓ Instalación de Alarma	Alarma sonora y visual.
✓ Sistema de cortinas de Agua	Cumplirán doble función contra incendios y medida de mitigación en caso de fuga.
☞ Monitores móviles	Apoyo auxiliar contra incendio

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

Las modificaciones se pueden ver en la siguiente figura:

**Fig.3.22.- Dispositivos instalados en los tanques de almacenamiento T-2 y T-3**



- Línea comprendida entre la columna (V-1) y el tanque de almacenamiento (T-2).

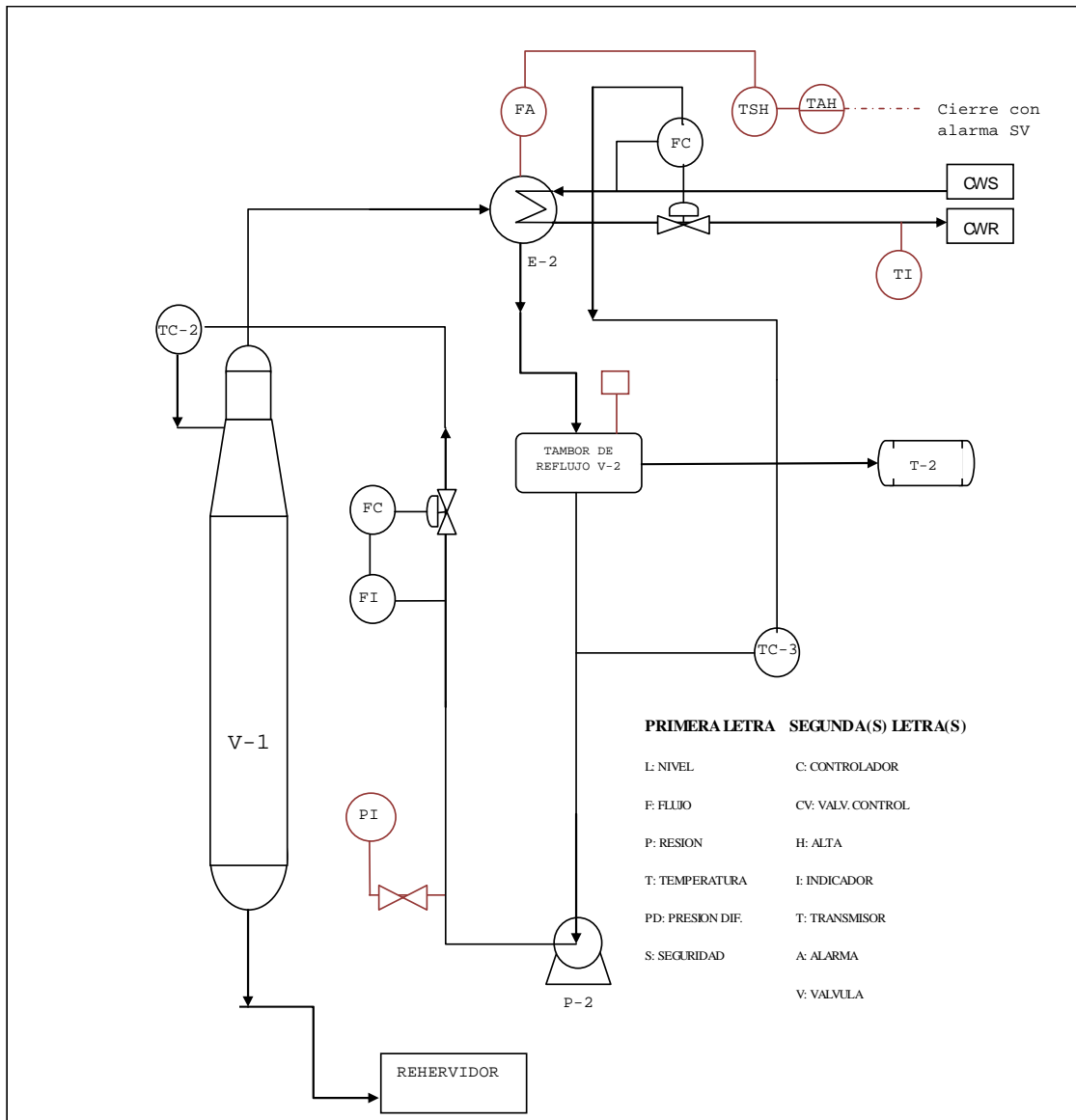
**Tabla 3.21.- Dispositivos a instalar entre V-1 y T-2**

DISPOSITIVO	CARACTERISTICAS
✓ Detector de fugas	Capaz de detectar concentraciones de HF de 1 ppm.
✓ Indicador de presión	De doble sello si es de contacto directo con el liquido.
✓ Indicador de Temperatura	Conexión al retorno del agua de refrigeración.
✓ Instalación de Alarma	Alarma sonora y visual de temperatura y flujo en el condensador
✓ Sistema de cortinas de Agua	Cumplirán doble función contra incendios y medida de mitigación en caso de fuga.
✓ Monitores fijos	Apoyo auxiliar contra incendio
✓ Instalación de válvula de seguridad	Válvula de seguridad en el tambor de reflujo

Las modificaciones se pueden ver en la siguiente figura, diferenciando en color rojo, las líneas que constituyen los elementos que se deberían instalar según la metodología Hazop.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

**Fig. 3.22.- Dispositivos en la línea comprendida entre la columna y el tanque 2**



- Línea comprendida entre la columna (V-1) y el tanque de almacenamiento T-3

**Tabla 3.23.- Dispositivos instalados entre V-1 y T-3**

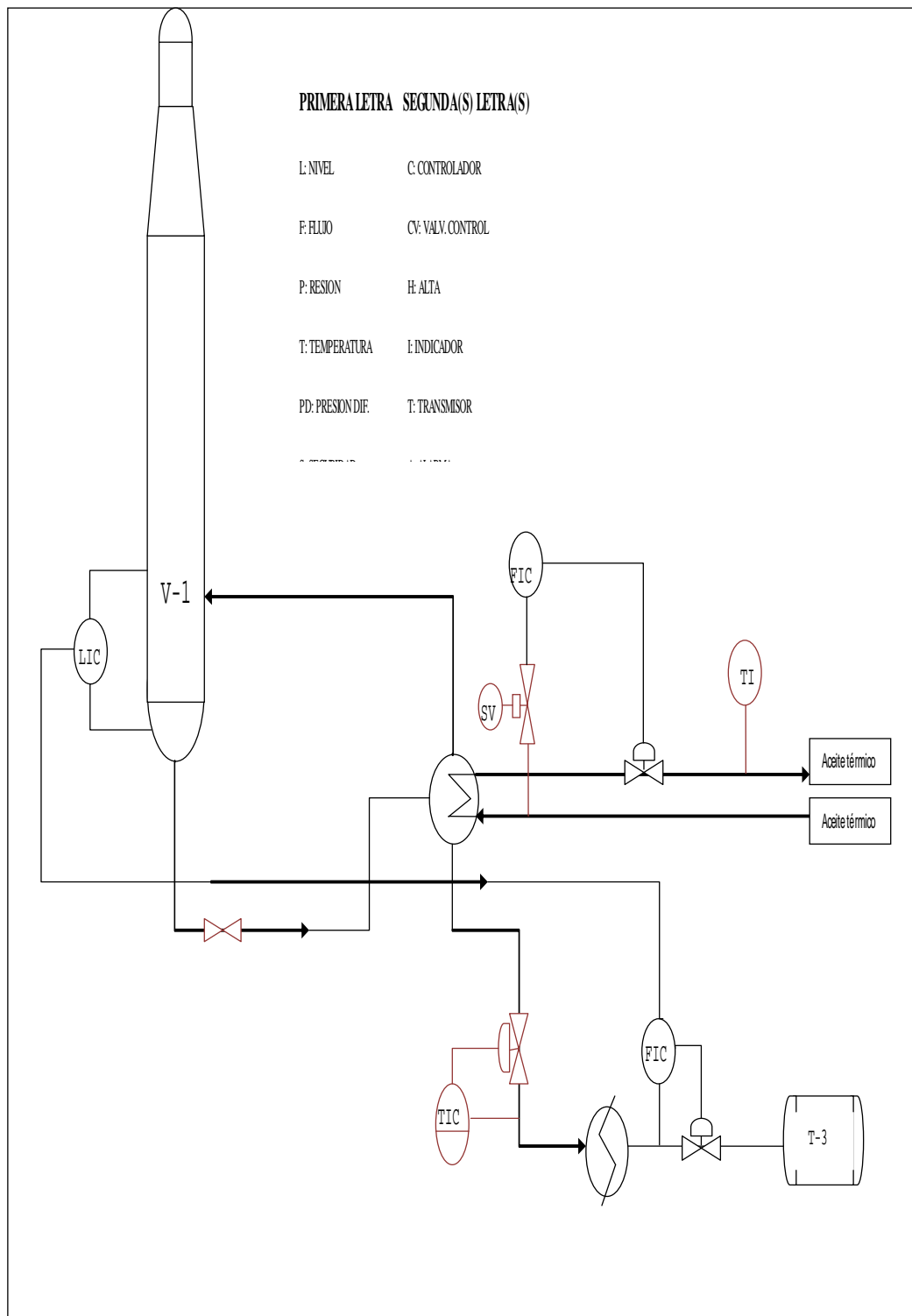
DISPOSITIVO	CARACTERISTICAS
✓ Indicador de presión	De doble sello si es de contacto directo con el liquido.
✓ Indicador de Temperatura	Conexión al retorno del agua de refrigeración.
✓ Sistema de cortinas de Agua	Cumplirán doble función contra incendios y medida de mitigación en caso de fuga.
✓ Instalación de válvula seguridad	Válvula de seguridad en el tambor de reflujo

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA**

---

En la siguiente figura se verá el diagrama de proceso, en la sección de la parte de cola, y las modificaciones llevadas a cabo indicadas por la línea roja:

**Fig. 3.24.- Dispositivos instalados entre V-1 y T-3**





### **3.5.2.7.- Matriz de Hazop**

A continuación, se muestran los resultados obtenidos al desarrollar la metodología Hazop a la instalación objeto de este proyecto.

Se ha realizado teniendo en cuenta cada uno de los nudos especificados anteriormente, quedando completamente descrito en el encabezado de cada matriz, dicha matriz está compuesta por cinco columnas donde aparecen las palabras guía utilizadas, la desviación, que este caso es la variable a analizar, las causas de la posible variación, las consecuencias que lleva consigo la desviación y por último las medidas propuestas para la mejora de la desviación.

MATRIZ HAZOP				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION DE HF</i>			<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTUARIA Y A ZONAS HABITADAS.</i>	
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>TANQUE DE ALMACENAMIENTO (T-1)</i>				
<i>PALABRAS GUIA</i>	<i>DESVIACIÓN</i>	<i>CAUSAS</i>	<i>CONSECUENCIA</i>	<i>MEDIDA PROPUESTA</i>
MENOS	NIVEL	1.-Tanque se vació. 2.-Daño o ruptura del tanque. 3.-Ruptura en la tubería de descarga.	La bomba cavita. Daños a la bomba Derrame de líquido tóxico. Peligro nube tóxica.	a)Considerar un sistema de apagado de la bomba en caso de que el nivel del tanque llegue a un minimo. b)Instalar sensores de nivel. c)Instalar sistema detección de fugas y mitigación d)Barrera de contención para el fluido, cortinas de agua. e)Instalación tanque auxiliar para transvase de liquido.
	TEMPERATURA	4.-Temperatura de la alimentación más baja de lo normal. 5.-Despresurización súbita del tanque. 6.-Condiciones climaticas extremas.	Posible generación de vacío. Implosión del tanque.	f)Verificación de la idoneidad de los materiales de construcción. g)Control de Temperatura a través de medidores
	PRESION	7.- Pérdidas 8.- Generación de condiciones de vacío	La bomba cavita. Daños equipo impulsión. Derrame Líquido tóxico.	h)veáse medida a) i)veáse medida c)
	COMPOSICION	9.-Error en la toma de muestra. 10.- Presencia de contaminantes.	Posible partida defectuosa con repercusiones en la purificación del ácido. Deterioro de las instalaciones.	j)Implantación de instrucción técnica para la toma de muestra.
	ESTRUCTURA	11.- Corrosión o erosión del depósito.	Derrame de Liquido tóxico.	k)vease medida c) l)Instalar revisiones periódicas conforme a normativa vigente.

**Fig. 3.25.- Matriz Hazop. Tanque de Alimentación (T-1).**

MATRIZ HAZOP				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION CONCENTRACION DE HF</i>			<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTUARIA Y A ZONAS HABITADAS .</i>	
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>TANQUE DE ALMACENAMIENTO (T-1)</i>				
PALABRAS GUIA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIA	MEDIDA PROPUESTA
MAS	NIVEL	12.-sobrecarga de una tubería 13.-retorno del fluido desde el proceso	El tanque se sobrellena.	m) Instauración de sistema de alarma por sobrellenado con actuación automática de válvula.
	PRESION	14.-Obstruccion de la tubería de alimentación 15.-Fallo en el sistema de válvulas. 16.-Exposición a condiciones climaticas extremas	Rotura del tanque. Fuga de gas y líquido muy tóxico. Daño en equipos auxiliares.	n) veáse medida f). ñ)Implantación lazo de control de presión. o) vease medida c). p)vease medida l).
	CORROSIÓN	17.-Mayor porcentaje de ácido fluorhídrico en la mezcla. 18.-Defectos en el material de construcción del tanque	Rotura del tanque. Vertido de líquido muy tóxico y corrosivo.	q)vease medida f). r)vease medida l) s) vease medida c) t)Control de Calidad de materiales.
OTRO	COMPOSICIÓN	19.-Compuesto incorrecto.	Posible reacción.	u)Hacer muestreo de la mezcla ácida.
ADEMAS DE	COMPOSICIÓN	20.-Impurezas en la mezcla ácida.	Problemas en la columna de rectificación. Si la impureza es volátil puede dar problemas de sobrepresurización.	v)Hacer muestreo de la mezcla en el tanque y verificar composición óptima. w)vease medida f).
NO	MANTENIMIENTO	21.-Falta de inspección de equipos. 22.-No utilización de personal cualificado. 23.-Incumplimiento de los planes de revisión.	Deterioro del tanque. Riesgos de fugas de gases tóxicos. Riesgo de accidente laboral	x)vease medida c). y)Revisiones periódicas con boletines específicos de observaciones y registro de firmas.

**Fig. 3.25.- Continuación Matriz Hazop. Tanque de Alimentación (T-1).**

MATRIZ HAZOP				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION PARA HF</i>		<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTURARIA Y A ZONAS HABITADAS</i>		
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>LÍNEA COMPRENDIDA ENTRE EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO (T-1) Y COLUMNA DE RECTIFICACIÓN (V-1)</i>				
<b>PALABRAS GUIA</b>	<b>DESVIACIÓN</b>	<b>CAUSAS</b>	<b>CONSECUENCIA</b>	<b>MEDIDA PROPUESTA</b>
NO	FLUJO	1.- Inexistencia de HF en el tanque de almacenamiento T-1 2.- Fallo en la bomba P-1 3.- Fallo válvula de control FV-1. 4.- Rotura de conducción.	Paralización Columna de Rectificación. Daños equipos auxiliares Bomba sobrecargada Vértido de HF	a) Alarma y control de nivel en tanque (T-1). b) Sistemas de desconexion automaticas de bombas para su protección. c)Revisiones periódicas. (Válvulas, bomba...)
MAS	FLUJO	5.-Falla Válvula de control FV-1 abierta 6.-By-pass de FC para la medida de caudal funciona incorrectamente.	Mal funcionamiento de la columna. Daños en el economizador.	d) Instalación de valvula de control a la entrada en el precalentador de carga con controlador indicador de flujo. e) Instalación de Válvula manual de regulación de caudal.
	PRESIÓN	7-Cierre de la Válvula FV-1 estando la bomba P-1 en funcionamiento.	Conducción sometida a sobrepresión generando posibles fugas y roturas.	f)Cubierta por b) excepto cuando la desconexión este bloqueada o aislada. g)Instalación de indicadores de presión a la salida de la bomba, del precalentador de carga
	TEMPERATURA	8.- Dilatación térmica en una válvula o conducción debido a fuego o a fuente de radiación solar 9.- Elevada temperatura en el tanque de Alimentación T-1. 10.- Mal funcionamiento precalentador	Rotura de conducción o rotura en Brida. Excesiva presión en línea de conducción y deposito alimentación Desviación en la intención de diseño.	h) Considerar las dilatación térmica en el diseño. i) Instalar medidor de temperatura antes de entrar en la columna. j)Instalar control de flujo antes de entrar en el precalentador.

**Fig. 3.26.- Matriz Hazop. Línea comprendida entre el tanque (T-1) y la columna de rectificación (V-1).**

MATRIZ HAZOP				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION PARA HF</i>		<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTUARIA Y A ZONAS HABITADAS</i>		
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>LÍNEA COMPRENDIDA ENTRE EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO (T-1) Y COLUMNA DE RECTIFICACIÓN (V-1)</i>				
PALABRAS GUIA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIA	MEDIDA PROPUESTA
MENOS	FLUJO	11.- Pérdida en Brida o en Válvula	Vertido de sustancia muy tóxica y corrosiva. Exposición a gases muy tóxicos.	k) Instalación sistema de detección de fugas con accionamiento automático de sistemas de mitigación. l) Véase medida c)
	TEMPERATURA	12.- Condiciones invernales. 13.- Mal funcionamiento Precalentador de carga E-1.	Disminución de la Tª global del proceso con riesgo de congelación Deterioro Aceite térmico. Mal funcionamiento Válvula de control.	m) Véase medida c) n) Revisión propiedades y funcionamiento del Aceite térmico. o) Véase medida i)
	PRESION	14.- Fallo en la bomba P-1	Mal funcionamiento de la columna. Disminución del flujo de entrada.	p) Véase medida g) q) Véase medida d)
MAS	CORROSIÓN/EROSIÓN	15.-Falta de protección de corrosión interna/externa 16.-Cambios en el porcentaje de ácido de la mezcla. 17.-Instalaciones ubicadas en zonas con ambiente salino.	Aumento del grado de corrosión en las instalaciones. Riesgo de fugas tóxicas. Deterioro de los equipos y sistemas.	r) verificación de la idoneidad de los materiales de construcción. s) Protección para corrosión interna/externa. t) Véase medida c).
ADEMAS DE	LA MEZCLA ACIDA LLEVA IMPUREZAS.	18.-Solidos en suspencion debido a la corrosión. 19.-El ácido suministrado no es el requerido.	Perturbaciones en el proceso de purificación del ácido fluorhídrico. Posibles daños a la columna de destilación.	u) Véase medida c) y r). v) Sistema de recogida de muestras a la llegada de los camiones cisternas para su análisis y cotejo.
MAYOR QUE	COMPOSICION ACIDA.	20.-El acido suministrado no es el requerido 21.-Volatilización del agua.	Aumento del poder corrosivo de la mezcla.	w) Véase medida v).

**Fig. 3.26.- Continuación Matriz Hazop. Línea comprendida entre el tanque (T-1) y la columna de Rectificación (V-1).**

MATRIZ HAZOP				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION CONCENTRACION DE HF</i>		<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTUARIA YA ZONAS HABITADAS.</i>		
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>TANQUE DE PRODUCTO DE CABEZA (T-2)</i>				
<b>PALABRAS GUA</b>	<b>DESVIACIÓN</b>	<b>CAUSAS</b>	<b>CONSECUENCIA</b>	<b>MEDIDA PROPUESTA</b>
MENOS	NIVEL	1.-Tanque se vació. 2.-Daño o ruptura del tanque. 3.-Ruptura en la tubería de descarga.	La bomba cavita. Daños a la bomba. Derrame de líquido tóxico. Peligro nube tóxica.	a)Considerar un sistema de apagado de la bomba en caso de que el nivel del tanque llegue a un minimo. b)Instalar sensores de nivel. c)Instalar sistema detección de fugas y sistemas de mitigación. d)Barrera de contención para el fluido, cortinas de agua. e)Instalación tanque auxiliar para transvase de liquido.
	TEMPERATURA	4.-Temperatura del producto de cola mas baja. 5.-Despresurización súbita del tanque. 6.-Condiciones climaticas extremas.	Posible generación de vacío. Implosión del tanque.	f)Verificación de la idoneidad de los materiales de construcción. g)Control de Temperatura a través de medidores
	PRESION	7.- Pérdidas 8.- Generación de condiciones de vacío	La bomba cavita. Daños equipo impulsión. Derrame Líquido tóxico.	h)veáse medida a) i)veáse medida c)
	COMPOSICION	9.-Error en la toma de muestra. 10.- Presencia de contaminantes.	Posible partida defectuosa con repercusiones en la purificación del ácido. Deterioro de las instalaciones. Mal funcionamiento de la columna.	j)Implantación de instrucción técnica para la toma de muestra.
	ESTRUCTURA	11.- Corrosión o erosión del depósito.	Derrame de Liquido tóxico.	k)vease medida c) l)Instalar revisiones periódicas conforme a normativa vigente.

**Fig.3.27.- Matriz de Hazop. Tanque de producto de Cabeza (T-2).**

MATRIZ HAZOP				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION CONCENTRACION DE HF</i>		<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTUARIA YA ZONAS HABITADAS.</i>		
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>TANQUE DE PRODUCTO DE CABEZA (T-2)</i>				
<b>PALABRAS GUIA</b>	<b>DESVIACIÓN</b>	<b>CAUSAS</b>	<b>CONSECUENCIA</b>	<b>MEDIDA PROPUESTA</b>
MAS	NIVEL	12.-sobrecarga de una tubería 13.-Mal funcionamiento de la torre de rectificación 14.-Falla en el control de reflujo.	El tanque se sobrellena.	m) Instauración de sistema de alarma por sobrellenado con actuación automática de válvula.
	PRESION	15.-Obstruccion de la tubería 16.-Fallo en el sistema de válvulas. 17.-Exposición a condiciones climaticas extremas	Rotura del tanque. Fuga de gas y líquido muy tóxico. Daño en equipos auxiliares.	n) veáse medida f). ñ)Implantación lazo de control de presión. o) vease medida c). p)vease medida l).
	CORROSIÓN	18.-Mayor porcentaje de ácido fluorhídrico 19.-Defectos en el material de construcción del tanque.	Rotura del tanque. Vertido de líquido muy tóxico y corrosivo.	q)vease medida f). r)vease medida l) s) vease medida c) t)Control de Calidad de materiales.
OTRO	COMPOSICIÓN	20.-Compuesto incorrecto.	Posible reacción. Mal funcionamiento columna	u)Hacer muestreo de la mezcla ácida.
ADEMAS DE	COMPOSICIÓN	21.-Impurezas en la mezcla ácida.	Problemas en la columna de rectificación. Si la impureza es volátil puede dar problemas de sobrepresurización.	v)Hacer muestreo de la mezcla en el tanque y verificar composición óptima. w)vease medida f).
NO	MANTENIMIENTO	22.-Falta de inspección de equipos. 23.-No utilización de personal cualificado. 24.-Incumplimiento de los planes de revisión.	Deterioro del tanque. Riesgos de fugas de gases tóxicos. Riesgo de accidente laboral	x)vease medida c). y)Revisiones periódicas con boletines específicos de observaciones y registro de firmas.
	FLUJO	25.- Columna opera a reflujo total.	No obtención de producto de cabeza	z) Instalar control de nivel del tanque 2

Fig.3.27.- Continuación Matriz Hazop. Tanque de producto de cabeza (T-2).

MATRIZ HAZOP				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION CONCENTRACION DE HF</i>		<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTUARIA Y A ZONAS HABITADAS.</i>		
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>TANQUE DE PRODUCTO DE COLA (T-3)</i>				
<i>PALABRAS GUIA</i>	<i>DESVIACIÓN</i>	<i>CAUSAS</i>	<i>CONSECUENCIA</i>	<i>MEDIDA PROPUESTA</i>
MENOS	NIVEL	1.-Tanque se vació. 2.-Daño o ruptura del tanque. 3.-Ruptura en la tubería de descarga.	La bomba cavita. Daños a la bomba. Derrame de líquido tóxico. Peligro nube tóxica.	a)Considerar un sistema de apagado de la bomba en caso de que el nivel del tanque llegue a un minimo. b)Instalar sensores de nivel. c)Instalar sistema detección de fugas y sistema de mitigación. d)Barrera de contención para el fluido, cortinas de agua. e)Instalación tanque auxiliar para transvase de liquido.
	TEMPERATURA	4.-Temperatura de producto mas baja de lo normal. 5.-Despresurización súbita del tanque. 6.-Condiciones climaticas extremas.	Posible generación de vacío. Implosión del tanque.	f)Verificación de la idoneidad de los materiales de construcción. g)Control de Temperatura a través de medidores
	PRESION	7.- Pérdidas 8.- Generación de condiciones de vacío	La bomba cavita. Daños equipo impulsión. Derrame Líquido tóxico.	h)veáse medida a) i)veáse medida c)
	COMPOSICION	9.-Error en la toma de muestra. 10.- Presencia de contaminantes.	Posible partida defectuosa con repercusiones en la purificación del ácido. Deterioro de las instalaciones.	j)Implantación de instrucción técnica para la toma de muestra.
	ESTRUCTURA	11.- Corrosión o erosión del depósito.	Derrame de Liquido tóxico.	k)vease medida c) l)Instalar revisiones periódicas conforme a normativa vigente.

**Fig.3.28.- Matriz Hazop. Tanque de producto de cola (T-3).**



MATRIZ HAZOP				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION CONCENTRACION DE HF</i>		<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTUARIA YA ZONAS HABITADAS.</i>		
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>TANQUE DE PRODUCTO DE COLA (T-3)</i>				
PALABRAS GUIA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIA	MEDIDA PROPUESTA
MAS	NIVEL	12.-sobrecarga de una tubería 13.-Mal funcionamiento de la torre de rectificación.	El tanque se sobrellena.	m) Instauración de sistema de alarma por sobrellenado con actuación automática de válvula.
	PRESION	14.-Obstruccion de la tubería 15.-Fallo en el sistema de válvulas. 16.-Exposición a condiciones climaticas extremas	Rotura del tanque. Fuga de gas y líquido muy tóxico. Daño en equipos auxiliares.	n) veáse medida f). ñ)Implantación lazo de control de presión. o) vease medida c). p)vease medida l).
	CORROSIÓN	17.-Mayor porcentaje de ácido fluorhídrico en la mezcla. 18.-Defectos en el material de construcción del tanque	Rotura del tanque. Vertido de líquido muy tóxico y corrosivo.	q)vease medida f). r)vease medida l) s) vease medida c) t)Control de Calidad de materiales.
OTRO	COMPOSICIÓN	19.-Compuesto incorrecto.	Posible reacción.	u)Hacer muestreo de la mezcla ácida.
ADEMAS DE	COMPOSICIÓN	20.-Impurezas en la mezcla ácida.	Problemas en la columna de rec- tificación. Si la impureza es volátil puede dar problemas de sobrepresurización.	v)Hacer muestreo de la mezcla en el tanque y verifi- car composición óptima. w)vease medida f).
NO	MANTENIMIENTO	21.-Falta de inspección de equipos. 22.-No utilización de personal cualificado. 23.-Incumplimiento de los planes de revisión.	Deterioro del tanque. Riesgos de fugas de gases tóxicos. Riesgo de accidente laboral	x)vease medida c). y)Revisiones periódicas con boletines específicos de observaciones y registro de firmas.

**Fig. 3.28.- Continuación Matriz Hazop. Tanque de producto de cola (T-3).**

MATRIZ HAZOP				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION PARA HF</i>		<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTUARIA YA ZONAS HABITADAS</i>		
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>LÍNEA COMPRENDIDA ENTRE LA COLUMNA DE RECTIFICACIÓN (V-1) Y EL TANQUE DE PRODUCTOS DE CABEZA (T-2)</i>				
<b>PALABRAS GUIA</b>	<b>PERTURBACIONES</b>	<b>CAUSAS</b>	<b>REPERCUSIONES</b>	<b>MEDIDAS NECESARIAS</b>
NO	FLUJO	1.- Inexistencia de HF en el tanque de almacenamiento 1. (T-1) 2.- Fallo en la bomba P-1 3.- Fallo válvula de control FV-1. 4.- Rotura de conducción. 5.- Problemas en el Rehervidor.	Paralización Columna de Rectificación. Daños equipos auxiliares Bomba cavita. Vertido de líquido muy tóxico y emisiones de vapor de HF.	a) Asegurar la comunicación con el operador del tanque de almacenamiento E-1. b) Instalar alarma de nivel mínimo en tanques T-1 y T-2. c) Instalar sistemas de desconexión automáticas para protección de bombas. d) Instalar grupo de presión alternativo. e) Revisiones periódicas (válvulas, bombas,...) f) Implantar inspección periódicas de la conducción
	MANTENIMIENTO	6.- Falta de inspección de equipos. 7.- No utilización de personal cualificado. 8.- Incumplimiento de los planes de revisión periódicos.	Deterioro de la instalación Riesgo de fugas de gases tóxicos. Riesgo de accidente laboral, pudiendo ocasionar daños a los operarios de planta y zonas adyacentes.	g) Implantación sistemas fijos y móviles de detección de fugas. h) Revisiones periódicas con boletines específicos de observaciones y registro de firmas. i) Creación de instrucciones técnicas para la inspección de equipos y sistemas.
	FASE	9.- Mal funcionamiento de la columna. 10.- Mal diseño de los platos.	No se obtiene los resultados esperados	j) Instalación de lazos de control en puntos críticos de operación.

**Fig. 3.29.- Matriz Hazop. Línea comprendida entre la columna de rectificación (V-1) y el Tanque de productos de cabeza (T-2)**

MATRIZ HAZOP				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION PARA HF</i>		<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTUARIA YA ZONAS HABITADAS</i>		
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>LÍNEA COMPRENDIDA ENTRE LA COLUMNA DE RECTIFICACIÓN (V-1) Y EL TANQUE DE PRODUCTOS DE CABEZA (T-2)</i>				
PALABRAS GUIA	PERTURBACIONES	CAUSAS	REPERCUSIONES	MEDIDAS NECESARIAS
MAS	FLUJO	11.-Aumento presión diferencial de la columna. 12.-Aumento de la ebullición en el rehervidor.	Mal funcionamiento de la columna.	k) Instalacion de alarmas auxiliares que determinen el nivel máximo y mínimo de caudal a la entrada del condensador. l) vease medida j)
	PRESIÓN	13.- Falla en el tambor de reflujo 14.- Falla en la bomba de impulsión.	Conducción sometida a sobrepresión generando posibles fugas y roturas. Mal funcionamiento de la columna.	m) Instalación de indicadores de presión a la salida de la bomba y válvula de seguridad en el tambor de reflujo.
	TEMPERATURA	15.- Dilatación térmica en una válvula o conducción debido a fuego o a fuente de radiación solar 16.- Elevada temperatura en el condensador	Rotura de conducción o rotura en Brida. Excesiva presión en línea de trasvase y deposito regulador.	n) Instalar sistema de alivio de dilataciones térmicas. ñ) Verificar si hay adecuadas precauciones frente a elevadas temperaturas en el sistema.
	CORROSIÓN/EROSIÓN	17.-Falta de protección de corrosión interna/externa 18.-Cambios en el porcentaje de ácido de la mezcla. 19.-Instalaciones ubicadas en zonas con ambiente salino.	Aumento del grado de corrosión en las instalaciones. Riesgo de fugas tóxicas. Deterioro de los equipos y sistemas.	o) verificación de la idoneidad de los materiales de construcción. p) Protección para corrosión interna/externa. q) Revisiones periodicas.

**Fig. 3.29.- Continuación Matriz Hazop. Línea entre la columna de rectificación (V-1) y el tanque de productos de cabeza (T-2).**

MATRIZ HAZOP				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION PARA HF</i>		<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTUARIA Y A ZONAS HABITADAS</i>		
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>LÍNEA COMPRENDIDA ENTRE LA COLUMNA DE RECTIFICACIÓN (V-1) Y EL TANQUE DE PRODUCTOS DE CABEZA (T-2)</i>				
PALABRAS GUIA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIA	MEDIDA PROPUESTA
ADEMAS DE	LA MEZCLA ACIDA LLEVA IMPUREZAS.	20.-Solidos en suspension debido a la corrosión. 21.-El ácido suministrado no es el requerido.	Perturbaciones en el proceso de purificación del ácido fluorhídrico. Posibles daños a la columna de rectificación.	r) Sistema de recogida de muestras a la llegada de los camiones cisternas para su análisis y cotejo.
MAYOR QUE	COMPOSICION ÁCIDA.	22.-El acido suministrado no es el requerido 23.-Volatilización del agua.	Aumento del poder corrosivo de la mezcla.	s)vease medida r) t) vease medida e)
MENOS	COMPOSICION	24.-Mal funcionamiento de la torre de rectificación	mezcla azeotrópica	u)vease medida r) v)vease medida j)
	FLUJO	25.- Pérdida en Brida o en Válvula 26.- Falla bomba P-2 27.- Razón de reflujo demasiado alta.	Vertido de sustancia muy tóxica y corrosiva. Exposición a gases muy tóxicos. Obtención de menos cantidad de HF	x) Instalación sistema de detección de fugas con accionamiento automático de sistemas de mitigación. y) Implantar inspección regular de la conducción. z)Lazo de control en tambor de reflujo.
	TEMPERATURA	28.- Condiciones invernales. 29.-Condensador E-2 enfría demasiado.	Disminución de la Tª global del proceso con riesgo de congelación Mal funcionamiento Válvula de control.	aa) Inspección zonas susceptibles. ab) Instalación sistema de calorifugación. ac) Revisión propiedades y funcionamiento del condensador.
	PRESION	30.- Problemas en la columna. 31.- Mal funcionamiento del condensador. 32.- Falla en la bomba. 33.- Pérdidas en tubería.	Obtención de menor producto de cabeza para proceso. Mala condensación del producto. Exposición a liquido y gas muy tóxico	ad) Instalación de lazo de control para linea. ae) Instalación de indicador de presión despues de la salida de la bomba P-2.

**Fig. 3.29.- Continuación Matriz Hazop. Línea entre la columna de rectificación (V-1) y el tanque de productos de cabeza (T-2).**

MATRIZ HAZOP				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION PARA HF</i>		<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTUARIA Y A ZONAS HABITADAS</i>		
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>LÍNEA COMPRENDIDA ENTRE LA COLUMNA DE RECTIFICACIÓN (V-1) Y EL TANQUE DE PRODUCTOS DE COLA (T-3)</i>				
<b>PALABRAS GUIA</b>	<b>PERTURBACIONES</b>	<b>CAUSAS</b>	<b>REPERCUSIONES</b>	<b>MEDIDAS NECESARIAS</b>
NO	FLUJO	1.- Inexistencia de HF en el tanque de almacenamiento 1. (T-1) 2.- Fallo en la bomba P-1 3.- Fallo válvula de control FV-1. 4.- Rotura de conducción. 5.- Problemas en el Rehervidor.	Paralización Columna de Rectificación. Daños equipos auxiliares Bomba cavita. Vertido de líquido muy tóxico y emisiones de vapor de HF.	a) Asegurar la comunicación con el operador del tanque de almacenamiento E-1. b) Instalar alarma de nivel mínimo en tanque T-3. c) Instalar sistemas de desconexión automáticas para para protección de bombas. d) Instalar grupo de presión alternativo. e) Revisiones periódicas (válvulas, bombas,...) f) Implantar inspección periódicas de la conducción
	MANTENIMIENTO	6.- Falta de inspección de equipos. 7.- No utilización de personal cualificado. 8.- Incumplimiento de los planes de revisión periódicos.	Deterioro de la instalación Riesgo de fugas de gases tóxicos. Riesgo de accidente laboral, pudiendo ocasionar daños a los operarios de planta y zonas adyacentes.	g) Implantación sistemas fijos y móviles de detección de fugas. h) Revisiones periódicas con boletines específicos de observaciones y registro de firmas. i) Creación de instrucciones técnicas para la inspección de equipos y sistemas.
	FASE	9.- Mal funcionamiento de la columna. 10.- Mal diseño de los platos.	No se obtiene los resultados esperados Producto de cola con un porcentaje de HF mayor.	j) Instalación de lazos de control en puntos críticos de operación.

**Fig. 3.30.- Matriz Hazop. Línea entre la columna de rectificación (V-1) y el tanque de producto de cola (T-3).**

ANÁLISIS DE RIESGOS Y OPERACIONABILIDAD				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION PARA HF</i>		<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTUARIA Y A ZONAS HABITADAS</i>		
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>LÍNEA COMPRENDIDA ENTRE LA COLUMNA DE RECTIFICACIÓN (V-1) Y EL TANQUE DE PRODUCTOS DE COLA (T-3)</i>				
<b>PALABRAS GUIA</b>	<b>PERTURBACIONES</b>	<b>CAUSAS</b>	<b>REPERCUSIONES</b>	<b>MEDIDAS NECESARIAS</b>
MAS	FLUJO	11.-Aumento presión diferencial de la columna. 12.-Disminución de la ebullición en el rehervidor.	Mal funcionamiento de la columna. Riesgo de Inundación.	k) Instalacion de alarmas auxiliares que determinen el nivel máximo y mínimo de caudal a la entrada del condensador. l)Sistema de control en el rehervidor y enfriador. m) vease medida j)
	PRESIÓN	13.- Falla en el Rehervidor 14.- Aumento de la ebullición.	Conducción sometida a sobrepresión generando posibles fugas y roturas. Mal funcionamiento de la columna. Riesgo de Arrastre.	n)vease medida l).
	TEMPERATURA	15.- Dilatación térmica en una válvula o conducción debido a fuego o a fuente de radiación solar 16.- Aumento de la ebullición en el rehervidor.	Rotura de conducción o rotura en Brida. Excesiva presión en línea de traspase y deposito regulador.	ñ) Instalar sistema de alivio de dilataciones térmicas. o) Verificar si hay adecuadas precauciones frente a elevadas temperaturas en el sistema. p) vease medida l).
	CORROSIÓN/EROSIÓN	17.-Falta de protección de corrosión interna/externa 18.-Cambios en el porcentaje de ácido de la mezcla 19.-Instalaciones ubicadas en zonas con ambiente salino.	Aumento del grado de corrosión en las instalaciones. Riesgo de fugas tóxicas. Deterioro de los equipos y sistemas.	q) verificación de la idoneidad de los materiales de construcción. q) Protección para corrosión interna/externa. r) Revisiones periodicas.

Fig. 3.30.- Continuación Matriz Hazop. Línea entre la columna de rectificación (V-1) y el tanque de producto de cola (T-3).

MATRIZ HAZOP				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION PARA HF</i>		<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTUARIA Y A ZONAS HABITADAS</i>		
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>LÍNEA COMPRENDIDA ENTRE LA COLUMNA DE RECTIFICACIÓN (V-1) Y EL TANQUE DE PRODUCTOS DE COLA (T-3)</i>				
<i>PALABRAS GUIA</i>	<i>DESVIACIÓN</i>	<i>CAUSAS</i>	<i>CONSECUENCIA</i>	<i>MEDIDA PROPUESTA</i>
ADEMAS DE	LA MEZCLA ACIDA LLEVA IMPUREZAS.	20.-Sólidos en suspension debido a la corrosión. 21.-El ácido suministrado no es el requerido.	Perturbaciones en el proceso de purificación del ácido fluorhídrico. Posibles daños a la columna de rectificación.	r) Sistema de recogida de muestras a la llegada de los camiones cisternas para su análisis y cotejo.
MAYOR QUE	COMPOSICION ÁCIDA.	22.-El acido suministrado no es el requerido 23.-Volatilización del agua.	Aumento del poder corrosivo de la mezcla.	s)vease medida q) t) vease medida e)
MENOS	FLUJO	24.- Pérdida en Brida o en Válvula 25.- Falla bomba P-1 26.-Falla en la razón de reflujo	Vertido de sustancia muy tóxica y corrosiva. Exposición a gases muy tóxicos. Obtención de menos cantidad de HF	s) Instalación sistema de detección de fugas con accionamiento automático de sistemas de mitigación. t) Implantar inspección regular de la conducción. u)Lazo de control en tambor de reflujo.
	TEMPERATURA	27.- Condiciones invernales. 28.-Falla en el Rehervidor.	Disminución de la Tª global del proceso con riesgo de congelación Mal funcionamiento Válvula de control.	v) Inspección zonas susceptibles. w) Instalación sistema de calorifugación. x) Revisión propiedades y funcionamiento del rehervidor.
	PRESION	29.- Problemas en la columna. 30.- Mal funcionamiento del rehervidor 31.- Falla en la bomba P-1. 32.- Pérdidas en tubería.	Obtención de menor producto de cabeza para proceso. Disminución de la ebullición. Exposición a liquido y gas muy tóxico Riesgo de goteo.	y) Instalación de lazo de control para línea. z) Control del Rehervidor y del aceite térmico.

**Fig. 3.30.- Continuación Matriz Hazop. Línea entre la columna de rectificación (V-1) y el tanque de producto de cola (T-3).**

MATRIZ DE HAZOP				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION CONCENTRACION DE HF</i>		<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTUARIA Y A ZONAS HABITADAS.</i>		
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACIÓN (V-1) PARA LA CONCENTRACIÓN DE HF. (alimentación)</i>				
<i>PALABRAS GUIA</i>	<i>DESVIACIÓN</i>	<i>CAUSAS</i>	<i>CONSECUENCIA</i>	<i>MEDIDA PROPUESTA</i>
MENOS	FLUJO	1.-Bomba de la alimentación P-1 defectuosa o con admisión taponada. 2.-Mal funcionamiento del control de regulación del flujo.	Mal funcionamiento torre de destilación. Pérdida eficacia Formación de Espuma.	a)Paro de la bomba de alimentación (acción inmediata), accionamiento bomba auxiliar. b)Revisiones periódicas del sistema de control. c)Instalación Indicador de presión. d)Instalación Indicador controlador Flujo que conecte con la recirculación.
	TEMPERATURA	3.-Intercambiador de calor sucio. 4.-Intercambiador de calor deteriorado. 5.-Flujo de alimentación demasiado alto	Disminución eficacia de la columna. Gasto Energético mayor.	e)limpieza periódica, control suciedad. f)Control de Temperatura a la salida del intercambiador a través de indicador g)veáse medida d).
MAS	FLUJO	6.-Mayor velocidad de flujo 7.-Mal funcionamiento bomba de alimentación P-1 8.-Fallas en el control	Riesgo de Inundación de la columna. Disminución tiempo de residencia en cada plato, menor contacto líquido-vapor. Riesgo de Arrastre	h)veáse medida a) i)veáse medida d) j)Instalacion registrador controlador de presión diferencial.
	TEMPERATURA	9.- Aumento de Presión	Mal funcionamiento columna, formación de espuma.	k)veáse medida f)
	PRESION	10.-Oscilación exagerada del lazo de control de presión. 11.-Golpes de Ariete.	Mal funcionamiento columna, formación espuma, disminución de contacto entre fases.	l)vease medidas b) y c)

**Fig. 3.31.- Matriz Hazop. Columna de Rectificación (V-1). Alimentación.**



MATRIZ DE HAZOP				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION CONCENTRACION DE I</i>		<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTUARIA YA ZONAS HABITADAS.</i>		
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACIÓN (V-1) PARA LA CONCENTRACIÓN DE HF. (cabeza)</i>				
PALABRAS GUIA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIA	MEDIDA PROPUESTA
MAS	TEMPERATURA	1.- Temperatura rectificacion alta 2.- Flujo de reflujo demasiado bajo 3.- Flujo del destilado demasiado alto 4.- Presión alta en columna	Mal funcionamiento de la columna. Riesgo de sobrepresión.	a)Ajuste de los controladores de temperatura y de nivel, con instalación de registradores de temperatura. b)Corregir bomba de reflujo.
	FLUJO	5.- Reflujo demasiado alto 6.- Alimentación alta o demasiado rica 7.- Falta de agua de enfriamiento	Riesgo de inundación. Peor contacto entre fases.	c)Disminuir la razon de alimentación. d)Sistema de control del flujo.
	PRESION	8.- Mal funcionamiento del condensador de la columna. 9.- Aumento de la temperatura. 10.- Falla en el sistema de control.	Riesgo de inundación	e)vease medida a) f)Revisar los sistemas de control de la columna. g)Sistema de alarma.
NO	FLUJO	11.- Falla en la bomba de reflujo 12.- Falla en los controladores e indicadores de flujo.	Pérdida de eficacia de la columna Mayor demanda de alimentación	h) Equipos auxiliares. i) Revisar sistema de control.
MENOS	TEMPERATURA	13.- Temperatura de control baja 14.- Ebullición insuficiente	Riesgo de goteo Disminución de eficacia de la columna.	j) Ajustar los controladores de Temperatura. k) Aumentar flujo de aceite termico
	FLUJO(destilado)	15.- Recirculación al tanque de alimentación demasiado alto. 16.- Válvulas cerradas o lineas taponadas. 17.- Alimentación demasiado baja 18.- Reflujo demasiado alto 19.- Temperatura de control demasiado alta	Disminucion de eficacia de la columna.	l)Revisar controladores de la columna. m)Control del reflujo.
	COMPOSICION	20.- Reflujo utilizado inadecuado. 21.- Falla en el condensador	Destilado no cumple las expectativas de diseño	n) veáse medida m) ñ) Sistema de alarma de flujo en el condensador

**Fig. 3.32.- Matriz Hazop. Columna de Rectificación (V-1). Cabeza**

MATRIZ DE HAZOP				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION CONCENTRACION DE HF</i>		<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTUARIA YA ZONAS HABITADAS.</i>		
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACIÓN (V-1) PARA LA CONCENTRACIÓN DE HF. (Cola)</i>				
<b>PALABRAS GUIA</b>	<b>DESVIACIÓN</b>	<b>CAUSAS</b>	<b>CONSECUENCIA</b>	<b>MEDIDA PROPUESTA</b>
MENOS	TEMPERATURA	1.-Ebullición insuficiente 2.-Pérdida de vapor 3.-Tubos intercambiador sucios o rotos	Obtención de menor cantidad de producto de cabeza. Presión diferencial en la columna baja.	a)Recirculación tanque de alimentación T-1 b)Revisar Caldera c)Lazo de control en la columna.
	NIVEL	4.-Condensación insuficiente 5.-Inundación Columna	Disminución contacto de fases. Reducción de eficacia.	d)Sistema de Alarma en el condensador. e)Control del Rehevidor
	COMPOSICION	6.-Control de calidad inadecuados. 7.-Procedimiento de control de procesos inadecuados. 8.-Tubos intercambiador con pérdidas.	Reducción de pureza en cabeza. Reduccion de eficacia.	f)Asegurar el cumplimiento del sistema de calidad de la empresa. g)Procedimientos de control según normativa.
	FLUJO	9.-Falla de bombas de impulsión. 10.- Problemas en el Rehevidor. 11.- Obturación de válvulas en tanque T-3 12.- Rotura conducción	Aumento en los costes de producción. Riesgo de explosión. Riesgo de fuga	h)Sistema de control de flujo, con alarma sonora en puesto de control. i)Bomba auxiliar. j)Sistema de mitigación.
	PRESION	13.-Problemas en el Rehevidor 14.- Ebullición insuficiente 15.- Fuga aceite térmico.	Riesgo de inundación de la columna.	k)veáse medida b) l)Lazo de control al liquido calefactor

**Fig. 3.33.- Matriz Hazop. Columna de Rectificación (V-1). Cola**

MATRIZ DE HAZOP				
<b>UNIDAD:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACION CONCENTRACION DE HF</i>		<b>EMPLAZAMIENTO:</b> <i>COMPLEJO PETROQUÍMICO PRÓXIMO A ZONA PORTUARIA Y A ZONAS HABITADAS.</i>		
<b>SECCION A ANALIZAR:</b> <i>COLUMNA DE RECTIFICACIÓN (V-1) PARA LA CONCENTRACIÓN DE HF. (Cola)</i>				
PALABRAS GUIA	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIA	MEDIDA PROPUESTA
MAS	TEMPERATURA	16.- Gasto Alimentación alto 17.- Alimentación muy rica. 18.- Presión columna alta 19.- Demasiada ebullición.	Accionamiento alarma de temperatura. Formación de espuma, disminución contacto fase liquido-vapor.	m) Limpieza n) Reducir el punto de control de presión diferencial de la columna.
	FLUJO	20.-Falla bomba 21.-Economizador línea taponada 22.-Válvula cerrada	Riesgo de inundación. Riesgo de derrame y sobrepresión	ñ)vease medida a) o)colocación de válvula de seguridad. p)sistema de control
	COMPOSICION	23.- Falla en el rehervidor	Productos de cabeza de menor pureza.	q)vease e)
	PRESION	24.-Ebullición demasiado alta 25.- Aumento del nivel en la columna	Riesgo de sobrepresión Disminución de eficacia	r)Medida de la presión diferencial en la columna s) vease medida e)
NO	FLUJO	26.-Falla del equipo 27.- Presión diferencial incorrecta. 28.- Rotura tubería.	Riesgo de contaminación Peligro de exposición a HF Mal funcionamiento columna	t) Detección de fugas u)veáse j)

**Fig. 3.33.- Continuación Matriz Hazop. Columna de Rectificación (V-1). Cola**

## **CAPITULO 4: DISEÑO DE SISTEMAS FIJOS DE AGUA PULVERIZADA CONTRA INCENDIO.**

### **4.1.- INTRODUCCIÓN.**

Los sistemas de agua pulverizada se utilizan corrientemente para la protección de equipos e instalaciones de proceso, recipientes de gases y líquidos inflamables, tuberías y otros equipos, tales como motores, transformadores e interruptores de aceite. También pueden utilizarse en ciertos fuegos de combustibles sólidos. Su uso puede ser independiente o complementario con otros sistemas o equipos de protección contra el fuego.

El agua pulverizada se utiliza para la protección de los siguientes tipos de riesgos:

- Materiales inflamables líquidos o gaseosos.
- Transformadores, interruptores de aceite y motores.
- Combustibles ordinarios tales como papel, madera y productos textiles.
- Sólidos que no reaccionen peligrosamente con el agua.

En general, el agua pulverizada puede utilizarse para cualquiera de los siguientes fines o una combinación de los mismos:

- Extinción del incendio.
- Control del incendio.
- Protección contra la radiación.
- Prevención del incendio.
- Mitigación de fugas.

El ácido fluorhídrico cuando es liberado a la atmósfera representa un gran riesgo por ser altamente irritante y corrosivo a la piel y mucosas, tal hecho conduce a pensar que es indispensable diseñar un sistema de mitigación que permita reducir al mínimo los niveles de peligrosidad que éste representa para las personas y el ambiente mediante cortinas de agua, las cuales mitigan la dispersión atmosférica de la nube tóxica gracias a su potencial higroscópico reduciendo los niveles de concentración del HF en la atmósfera a los valores permisibles en un lapso de tiempo breve; la cantidad de agua a utilizar representa 40 veces el volumen de HF desprendido en fase líquida.

#### **4.2.- OBJETIVO.**

Desarrollar un sistema de mitigación que permita reducir al mínimo los niveles de peligrosidad del ácido fluorhídrico, al ocurrir una liberación súbita al ambiente, tanto en la planta como en las zonas aledañas, reduciendo, en un lapso de tiempo breve, los niveles de concentración de HF en la atmósfera, a valores permisibles. Dicho sistema cumplirá la doble función de actuar como sistema contra incendio.

#### **4.3.- FUNCIONAMIENTO.**

Un sistema de Agua Pulverizada está compuesto de los siguientes componentes.

- Abastecimiento de agua.
- Válvula de Control del Sistema.
- Sistema de detección de incendios.
- Alarmas.
- Tuberías.

- Filtros.
- Boquillas.

El riesgo o riesgos se tienen protegidos mediante agua que se hace llegar desde el abastecimiento de agua hasta las boquillas de descarga mediante una red de tuberías. El agua es retenida en la red gracias a la **Válvula de Control del Sistema**. La cual debe abrirse automáticamente gracias a la orden recibida por el Sistema de Detección. Además cuando esta Válvula de Control se dispare o tenga problemas el sistema se debe de dar alarma. Después de la abertura de la Válvula de Control el agua fluye por toda la red de tuberías hasta que salga proyectada sobre el riesgo en forma pulverizada a través de las boquillas.

#### **4.4.- DENSIDAD DE DESCARGA DE LOS SISTEMAS FIJOS MÚLTIPLES DE AGUA PULVERIZADA.**

La fuente de agua será tal que proporcione la presión y el caudal de diseño durante el tiempo previsto. Al calcular la demanda máxima, se consideró el caudal de los monitores portátiles y otros equipos de protección contra el fuego que utilizan agua simultáneamente de la misma fuente. Las válvulas de cierre de control parcial se han situado de forma que sean accesibles durante las emergencias. La densidad de descarga de agua pulverizada que es eficaz y que asegura la demanda requerida para los sistemas que componen la instalación de este proyecto será de **10 L/min por m<sup>2</sup>, según Norma UNE 23-503- 89**, donde se determina el diseño e instalaciones de sistemas fijos de agua pulverizada.

#### **4.5.- CAUDAL DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS FIJOS MÚLTIPLES DE AGUA PULVERIZADA.**

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA DESCRIPTIVA**

---

Aplicando la norma española para **sistemas fijos de agua pulverizada UNE 23-503-89** y en correspondencia con la **NFPA 15**, el caudal de diseño empleado en la instalación será de **4000 lpm**, quedando desglosados los caudales individuales en la siguiente tabla:

**Tabla 4.1.- Caudales individuales**

**Tabla 4.1.- Caudales individuales**

Sistema	L/min
Deposito1	577,29
Deposito2	724,94
Deposito3	724,94
Columna	1824,74
monitores	900,00

El cálculo del caudal de diseño reflejado anteriormente, se lleva a cabo mediante las sumas de los sistemas individualmente y de forma combinatoria, el resultado con mayor demanda de agua, será el que determine el caudal de diseño, dichos cálculos se encuentran desglosados en el Anexo Cálculos Justificativos.

#### **4.6.- SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA EN LOS DEPOSITOS DE ALMACENAMIENTO T-1, T-2 Y T-3.**

Para poder determinar las boquillas necesarias en los depósitos, primero se deben considerar las dimensiones de los mismos, siendo estas las siguientes:

**Tabla 4.2- Dimensiones depósito T-1**

DEPOSITO 1	
<b>Diámetro(m)</b>	<b>4,31</b>
<b>Longitud(m)</b>	<b>1,37</b>
<b>Densidad de descarga(L/min/m<sup>2</sup>)</b>	<b>10</b>

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA DESCRIPTIVA**

---

**Tabla 4.3- Dimensiones depósito T-2 y T3.**

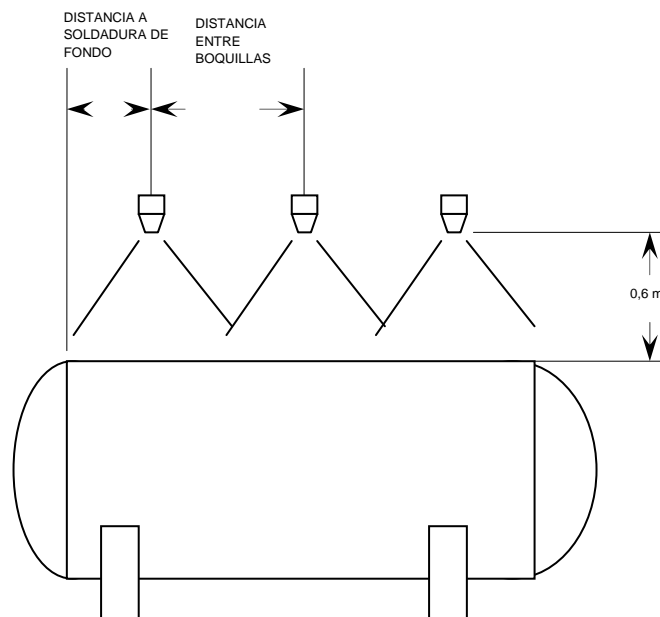
DEPOSITO 2 y 3	
<b>Diámetro(m)</b>	<b>4,93</b>
<b>Longitud(m)</b>	<b>1,57</b>
<b>Densidad de descarga(L/min/m<sup>2</sup>)</b>	<b>10</b>

Para determinar el número de boquillas pulverizadoras necesarias se ha dividido el tanque en dos áreas principales, por un lado el área cilíndrica horizontal y por otro, los dos fondos toriesféricos de tipo KOPPLER.

**- Área cilíndrica horizontal.**

El número de boquillas instaladas serán 3, y tendrán un ángulo de pulverización de 60°, ya que de esta forma se garantiza la cobertura total del sistema, su distribución será uniforme y estarán situadas a 0,6 m de la línea horizontal del tanque. La distancia de boquilla a boquilla será de 0,455 m y la distancia a la soldadura de fondo será de 0,6 m.

**Fig. 4.4.- Distancias de las boquillas.**

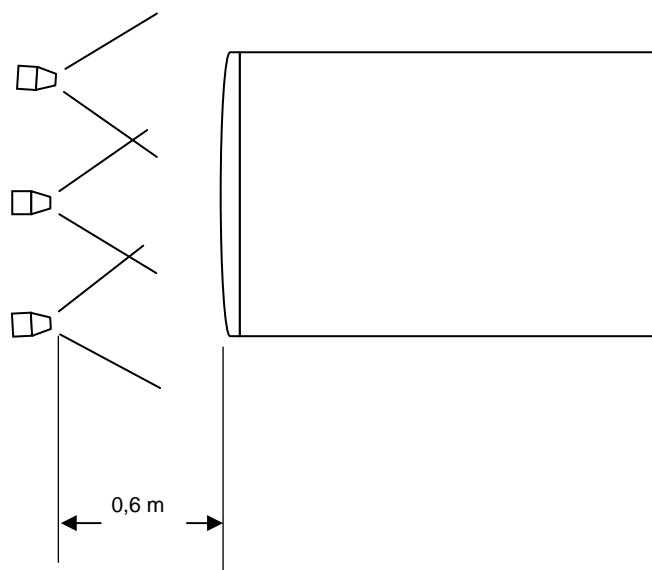




**- Fondos planos.**

El número de boquillas instaladas en este caso, serán 3 por cada fondo, teniendo un ángulo de pulverización de  $140^\circ$ , su distribución será uniforme y estarán situadas a 0,6 m de la soldadura de fondo de tanques convexos.

**Fig. 4.5.-Ejemplo de disposición de boquillas en los fondos.**



**4.7.- SISTEMA DE AGUA PULVERIZADA EN LA COLUMNA DE RECTIFICACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.**

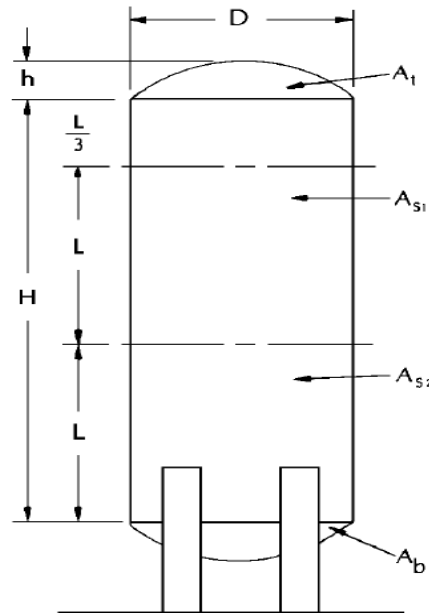
La columna se tratará como un tanque vertical, en la cual se pueden diferenciar varias áreas en estudio. La columna tiene las siguientes dimensiones:

**Tabla 4.6.- Dimensiones de la columna**

<b>Diámetro Columna</b>	<b>2,98 m</b>
<b>h Altura de Techo</b>	<b>0,02 m</b>
<b>H Altura de Cilindro</b>	<b>18,00 m</b>
<b>Densidad req. Columna</b>	<b>10,00 L/min</b>
<b>Densidad req. Sopor</b>	<b>10,00 L/min</b>
<b>h Altura fondo</b>	<b>0,05 m</b>

Como muestra la figura 4.7, se aprecian cuatro áreas principales, que determinarán la posición de las boquillas, el cálculo de todas las dimensiones vienen expuestos detalladamente en el Anexo Cálculos.

**Fig. 4.7.- Secciones de la columna.**



Por tanto, el sistema se divide en varias áreas para garantizar que el agua pulverizada cumpla con la intención de diseño y sea efectiva. Por un lado se tienen las boquillas que cubrirán ambos fondos de la columna, tanto el superior como el inferior y por otro lado, las boquillas pulverizadoras que resguardarán la parte cilíndrica vertical.

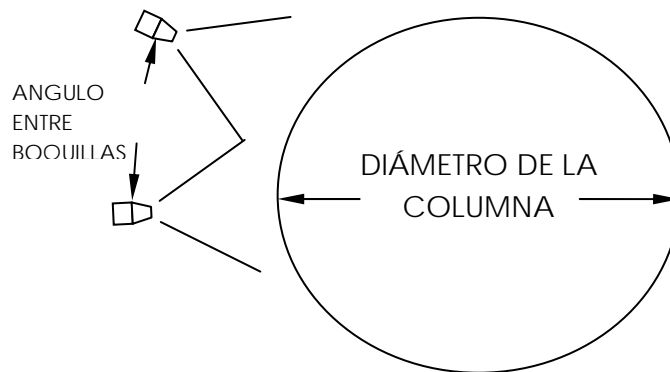
- **Fondos de la columna toriésfericos KORBBOGEN.**

El número de boquillas instaladas en este caso, serán 2 por cada fondo, teniendo un ángulo de pulverización de  $120^\circ$  cada una, su distribución será uniforme y estarán situadas a 0,6 m de la soldadura de fondo de tanques convexos.

- **Área cilíndrica vertical.**

El área cilíndrica vertical se ha dividido en dos partes, las cuales se protegerán con 5 boquillas cada una, cada boquilla tendrá un ángulo de pulverización de  $60^\circ$ , su distribución será uniforme y las boquillas tendrán un ángulo de separación de  $72^\circ$ , nuevamente estarán situadas a 0,6 m de la soldadura de fondo.

**Fig. 4.8.- Ejemplo de disposición de las boquillas.**



## **4.8.- BOQUILLAS DE AGUA PULVERIZADA.**

### **4.8.1.- Selección**

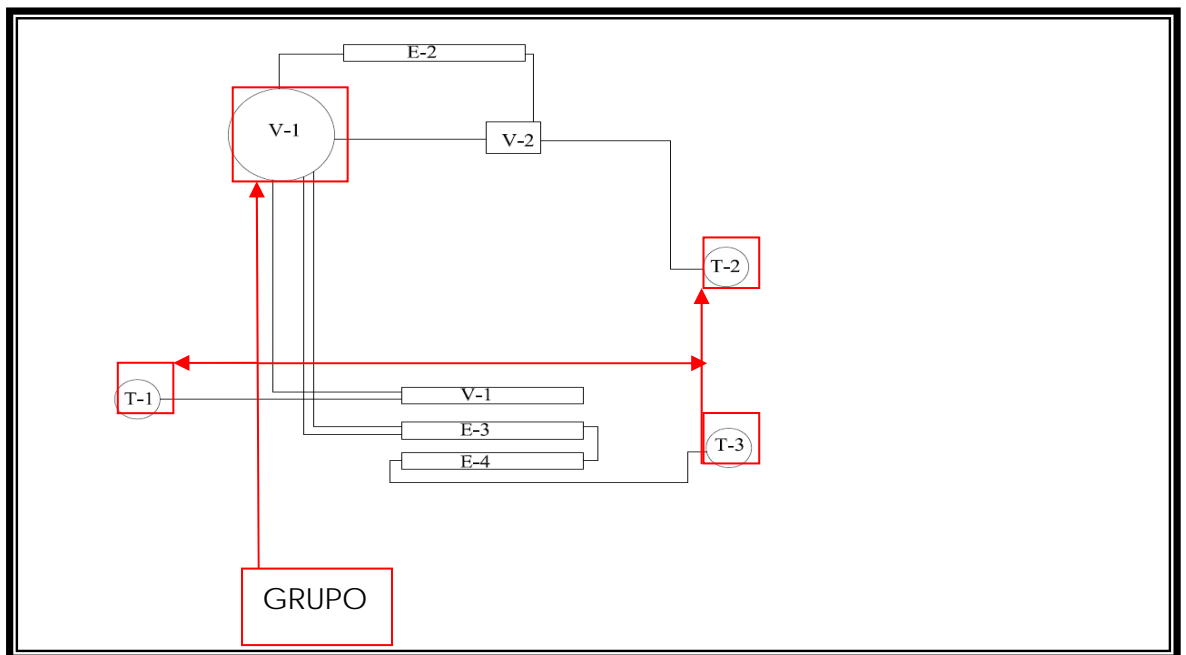
La selección del tipo y tamaño de boquillas se realizó teniendo en cuenta factores tales como el carácter físico del riesgo, dirección y fuerza de los vientos dominantes, naturaleza de los materiales que pueden arder y objetivo principal del sistema, máxima efectividad en la mitigación de fugas tóxicas. Las boquillas serán “**Boquillas pulverizadoras modelo M**” de bronce, que cumplen con la norma **UNE 23-503-89**, en correspondencia con la **NFPA 15**. Las boquillas tendrán un tamaño de rosca de  $\frac{1}{2}$ ” NPT, y los valores del factor K de las mismas serán de 43 para las boquillas de los depósitos y 81 para las boquillas de la columna. Seguirán el modelo de pulverización de cono lleno teniendo

una cobertura redonda, llena totalmente de pequeñas gotas. Las boquillas serán también de atomización fina.

#### **4.8.2.-Situación**

Las boquillas pueden situarse en cualquier posición conveniente para obtener una correcta cobertura del área protegida. La posición de las boquillas respecto a las superficies a proteger o a los fuegos a controlar o a extinguir se ajustará a las áreas definidas en los puntos 5.5 y 5.6 de este capítulo. El estudio de los vientos predominantes de la zona, recogidos en el Anexo B se consideró para delimitar la situación de las boquillas. En la figura 4.9, se expone la situación global de la planta y la disposición de los sistemas de mitigación de fugas en los distintos dispositivos. Dichos dispositivos se han diferenciado de las líneas correspondientes a la planta con color rojo. A continuación se detallan las posiciones de los sistemas de agua pulverizada:

**Fig. 4.9.- Disposición en la planta de los sistemas de agua pulverizada.**



#### **4.9.- ABASTECIMIENTO DE AGUA.**

En estos sistemas el requerimiento de agua suele ser por lo general muy elevado y a veces suele pedirse descargas de agua durante 2 horas, pero en el caso concreto de esta instalación debemos reseñar que la planta tiene su propio sistema contra incendio, por lo que, gobernado por la **norma UNE 23-500-90**, se dispondrá de cómo mínimo un abastecimiento de agua que suministre a la instalación en un tiempo no inferior de 30 minutos ininterrumpidamente, que permita reducir las posibles concentraciones del ácido fluorhídrico a la mas mínima posible aceptada. Por lo tanto, es necesario el diseño de un depósito que satisfaga las demandas de agua requerida.

#### **4.10.- DEPOSITO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA.**

El depósito que garantizará el abastecimiento de agua contra incendios de la instalación será catalogado según a lo establecido en el **Real Decreto 2060/2008** por el que se aprueba el **Reglamento de Aparatos a Presión ITC MIE AP 6** y diseñado de acuerdo con el Código ASME, Sección VIII, División I.

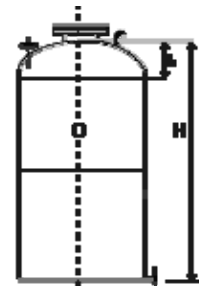
##### **4.10.1.- Dimensionamiento del tanque de almacenamiento de agua.**

Para el dimensionamiento del depósito se ha utilizado el caudal de diseño de **4000 lpm** y un tiempo de funcionamiento ininterrumpido mínimo de **30 minutos**, por lo que la capacidad del depósito más un 25% gobernado por norma, ha de ser de **150000 litros**.

Tabla 4.10.- Dimensiones Tanque

Capacidad (litros)	Diámetro D(mm)	Cabezal (litros)	h (mm)	H (mm)
<b>165420</b>	<b>5758</b>	<b>15420</b>	<b>970</b>	<b>5760</b>

Fig4.11.-Dimensiones Tanque



Se tratará de un tanque cilíndrico vertical auto soportado con fondo plano y cabezal toriesférico.

El depósito tendrá los siguientes equipos auxiliares:

- Boca de hombre.
- Escaleras de acceso
- Boca de vaciado

#### **4.10.2.- Diseño mecánico del tanque de abastecimiento de agua.**

##### **4.10.2.1.- Presión de diseño**

La presión de diseño es la presión que se utiliza para diseñar un recipiente. Es necesario mantener una cierta sobrepresión en el interior respecto a la presión externa para que no entre aire del exterior. También sirve como margen de seguridad en el caso de que surja algún problema y se trabaje a una presión mayor a la de trabajo. En el caso concreto objeto del presente proyecto, el depósito de abastecimiento trabaja a presión atmosférica, por lo que, su presión de diseño, gobernada por la norma, será de 3,5 kg/cm<sup>2</sup>.

##### **4.10.2.2.- Temperatura de diseño**

Para el cálculo de la temperatura de diseño se sigue el mismo criterio que para la presión de diseño. La temperatura de diseño se determina como:

$$T_{\text{diseño}} = 20^{\circ}\text{C} + T_{\text{trabajo}}$$

Si consideramos la temperatura máxima de trabajo 60 °C, la temperatura de diseño será de 80°C.

#### **4.10.2.3.- Material de construcción**

La elección del material a utilizar se realiza en base a los siguientes factores:

- La temperatura de diseño.
- La presión de diseño.
- Las características corrosivas del fluido contenido en el recipiente.
- El coste.
- La disponibilidad en el mercado de medidas estándares

Se utilizarán placas de **acero al carbón SA-283 GRADO C**, y se empleará tanto para perfiles estructurales como para la pared, techo, fondo y accesorios del tanque.

#### **4.10.2.4.- Espesor requerido**

El cálculo del espesor requerido del recipiente se basará en las exigencias del código ASME, Sección VIII, División 1. Deberá tenerse en cuenta que, el espesor mínimo requerido, excluido el sobre espesor para la corrosión, de las envolventes y fondos de los recipientes a presión, no será inferior a  $t_{\min} = 5$  (mm), para aceros al carbono; se elegirá el mayor espesor que resulte de los cálculos de las tensiones longitudinales y circulares.

#### **4.10.2.5.- Margen o sobreespesor de corrosión**

En todo equipo se debe determinar un sobre espesor de corrosión para compensar la corrosión que van sufriendo los mismos. Este valor es habitualmente igual al máximo espesor corroído previsto durante diez años, y en la práctica oscila de 1 a 6 mm incrementándose a los espesores obtenidos para resistir las cargas a las que se encuentran sometidos los recipientes. Se ha decidido utilizar un margen de corrosión

de 5 mm para compensar las posibles cargas a las que se pueda encontrar el recipiente debido a la corrosión que origine el producto.

#### **4.10.2.6.- EFICIENCIA DE LA SOLDADURA.**

La unión entre chapas se realiza, normalmente, por medio de soldadura, y ésta representa una discontinuidad dentro del trazado de chapa. Esta razón, junto con la posibilidad de producirse defectos en la realización de la soldadura y el calentamiento y rápido enfriamiento al que está sometida la zona más próxima a la soldadura, dan pie a considerar la zona de soldadura como debilitada. Teniendo en cuenta esto, en el cálculo de los recipientes se introduce una reducción de la tensión máxima admisible multiplicando a esta por un coeficiente denominado eficiencia de soldadura (E). Según la bibliografía el valor de la eficiencia es:  $E=1$ , considerando que el radiografiado se realiza totalmente.

#### **4.10.2.7.- Fijación de la envolvente con el fondo**

El mínimo tamaño de soldadura, gobernado por la norma, ha de ser de 6 mm.

#### **4.10.2.8.-TUBULADURAS, BOCA HOMBRE Y DE INSPECCION.**

Las tubuladuras serán perpendiculares a los ejes de la envolvente, todas las conexiones se realizarán mediante bridas. Tendrán tamaños comprendidos entre 6" para la toma de bombeo del sistema contra incendios y de 3" para la toma de reposición del tanque y para el vaciado del mismo.



La boca de hombre y de inspección se instalará en el techo del tanque, se reforzará alrededor de la placa. El tamaño, gobernado por norma será de 600 mm (24").

Se dispondrá de una boquilla de venteo en el techo del tanque de un diámetro de 76 mm (3") y una altura mínima de 150 mm (6").

#### **4.10.2.9.- Pruebas**

Los tanques han de ser probados hidrostáticamente (llenado de agua a temperatura ambiente), y su llenado debe ser gradual de manera que se pueda detectar a tiempo posibles fugas, asentamiento de la fundación o cualquier otro problema. Será necesario el revisar la API-510, la norma API-570 así como la norma API RP 572.

#### **4.11.- TUBERIAS.**

##### **4.11.1.- Normas de obligado cumplimiento**

En este apartado se especifican todos los aspectos involucrados a la hora de diseñar la tubería. Las normas que se usarán para el dimensionamiento y el diseño de la tubería de un sistema fijo de agua pulverizada serán la norma española **UNE- 23-503-89** por la que se detalla el diseño de los **sistemas de agua pulverizada y sus instalaciones**, en correspondencia con las normas NFPA, además se considerará las normas siguientes:

- **UNE 19-045 - Tubos soldados roscables. Características.**
- **UNE 23-501 - Sistemas fijos de agua pulverizada.**
- **UNE 23-506 - Sistemas fijos de agua pulverizada. Planos, especificaciones y cálculos hidráulicos.**

- **UNE 27-650 - Tubos de acero para construcción naval.**
- Los estándares **ASTM, la ASME y la AWWA.**

#### **4.11.2.- Materiales**

Los materiales serán construidos en función a las calidades de tuberías que se indican en las normas, en este caso particular se hará la elección del material a través de la ASTM International.

Se tratará de tubos de acero sin costuras, que se obtiene por laminación en caliente de un Tocho de Acero Estructural. La denominación del acero será más concretamente **ASTM A-53 grado A.**

Los tramos de tubería que van desde la válvula de control hasta las conexiones de las boquillas serán galvanizados.

#### **4.11.3.- Diámetros**

La tubería es sin duda el elemento básico de cualquier instalación, se presentan en gran variedad de diámetros nominales, que se expresan en pulgadas. La norma **ASA B 36.10** tabula diámetros desde 1/8 in (10 mm) hasta 36 in (0.914 m). Una vez calculado el diámetro para la línea de tubería del sistema se acude a datos comerciales seleccionando así, el valor más próximo al calculado inicialmente. Se ha seleccionado una tubería de 6 in.

#### **4.11.4.- Instalación**

Para las boquillas pulverizadoras las uniones se realizarán mediante accesorios roscados. Se admite la soldadura para diámetros nominales de 6 in, que se realizará según el Código de tuberías a presión cuando sea aplicable. Se requerirá el galvanizado de las secciones que contengan partes soldadas después de la fabricación. Se

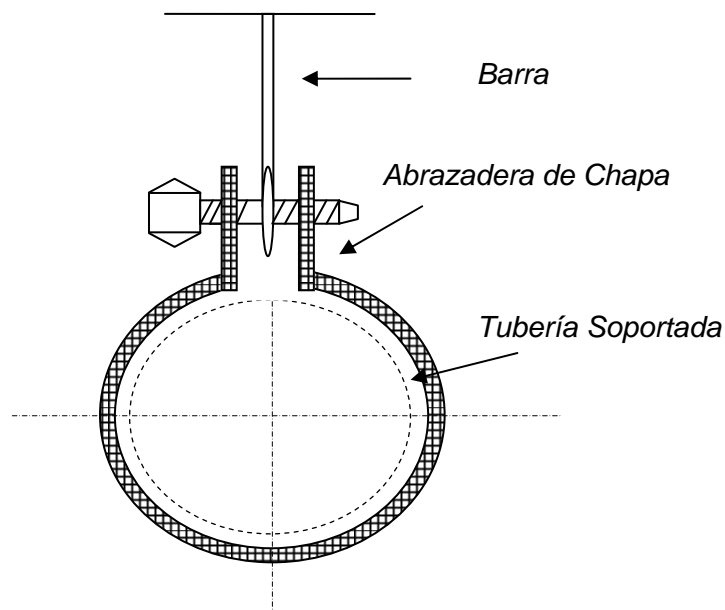
cuidará de que las aberturas estén limpias y no haya obstrucción alguna al paso del agua. Las soldaduras o cortes se realizarán teniendo en cuenta las correspondientes normas de seguridad.

#### **4.11.5.- Soportes**

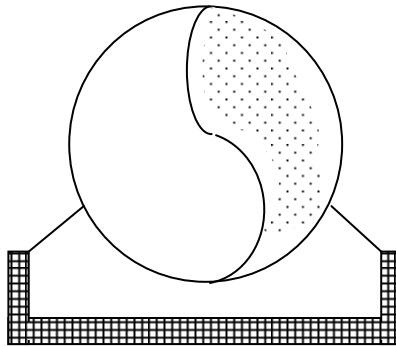
Son los dispositivos destinados a soportar los pesos y los demás esfuerzos ejercidos por las tuberías.

El sistema de tuberías dispondrá de soportes semirrígidos, estos soportes dan gran libertad de movimientos y en ellos no hay rozamiento. Todos los soportes en el área de fuego estarán protegidos por el sistema. Cuando se requiera soldar el soporte directamente a equipos o recipientes, la soldadura se realizará respetando todas las normas y códigos de seguridad, de estructuras y de incendios. A continuación se muestra un ejemplo de soportes semirrígidos colgantes para las tuberías en altura y para las tuberías que se sitúen en el suelo de la instalación:

**Fig. 4.11.- Soportes colgantes en altura.**



**Fig. 4.12.- Soportes para tubería en el terreno.**



## **4.12.- GRUPO DE PRESIÓN**

### **4.12.1.- Introducción**

Una bomba es un dispositivo físico que se emplea para transportar fluido desde una posición a otra, a través de conducciones. Los requisitos básicos para definir su aplicación están estrechamente relacionados con las presiones de succión y descarga, con la pérdida de presión transmitida, y la velocidad de flujo especificada.

Aunque existen diversos tipos de bombas, la bomba centrífuga es, con diferencia, el tipo de dispositivo que más se utiliza en la industria química, así como en la refinería, para transferir líquidos de todo tipo. Son sencillas, presentan bajo costo inicial, flujo uniforme (sin pulsos), necesitan pequeño espacio para su instalación, bajos costos de mantenimiento, tienen un funcionamiento silencioso y capacidad de adaptación para su empleo con una unidad motriz de motor eléctrico o de turbina. Por tanto, se ha elegido dicho tipo de bomba como principal en el grupo de presión utilizado en el diseño del sistema fijo de agua pulverizada.

#### **4.12.2.- Emplazamiento de las bombas**

El conjunto de bombas para la transferencia del agua situada en el depósito de abastecimiento hasta las boquillas pulverizadoras, se encuentran reunidas en un recinto denominado estación de bombeo.

#### **4.12.3.- Composición general**

Básicamente el grupo de presión está formado por:

- BOMBA PRINCIPAL ELÉCTRICA
- BOMBA DE RESERVA DIESEL / ELÉCTRICA
- BOMBA AUXILIAR (JOCKEY)
- CUADROS ELÉCTRICOS DE CONTROL
- ACCESORIOS (valvulería, tuberías, bancada, etc...)

#### **4.12.4.- Finalidad de los componentes del grupo de presión**

Todos los equipos contra incendio tienen un sistema básico de funcionamiento. A continuación se indica la finalidad de los componentes principales del grupo:

##### ***- BOMBA PRINCIPAL:***

Su función es suministrar el caudal de agua necesario a la presión suficiente que se ha calculado necesaria en la instalación, en cada uno de los puntos de suministro. Una vez que la bomba principal está en marcha su parada ha de realizarse manualmente, aún cuando ya no sea necesario el suministro de agua.

##### ***- BOMBA DE RESERVA:***

Tendrá las mismas características y función que la bomba principal. Esta bomba entrará en funcionamiento cuando, por cualquier motivo, la bomba principal no haya funcionado. El sistema de accionamiento de la bomba de reserva será independiente del utilizado para la bomba principal. Su parada también se realizará manualmente.

*- BOMBA AUXILIAR (JOCKEY):*

Su función es la de mantener presurizada toda instalación o bien hacer frente a pequeñas demandas o posibles fugas que existieran. Su funcionamiento está controlado por un presostato que detecta las variaciones de presión en la instalación.

*- CUADROS ELÉCTRICOS DE CONTROL:*

Su función es el control, maniobra y protección de los distintos elementos que componen el grupo contraincendios. Dependiendo de las características del grupo el cuadro puede presentar diferentes componentes pero básicamente se compone de bornero de conexiones, fusibles de protección, contactores, protectores magnetotérmicos, transformador, batería, cargador de batería, sirena, etc... .

*- PRESOSTATOS:*

Son interruptores automáticos que actúan en función de la presión y ordenan la puesta en marcha de las bombas. Se regularán en función del punto de trabajo determinado para la instalación.

*- DEPÓSITO:*

Es una reserva de agua a presión que controla que la bomba jockey no esté arrancando y parando continuamente en el caso de existir

una fuga o pequeña demanda de agua, a la vez que hace la función de colchón amortiguador en la instalación evitando las variaciones bruscas de presión, facilitando la regulación de los presostatos y aminorando efectos indeseados como el “golpe de ariete”.

*- VÁLVULA DE SEGURIDAD:*

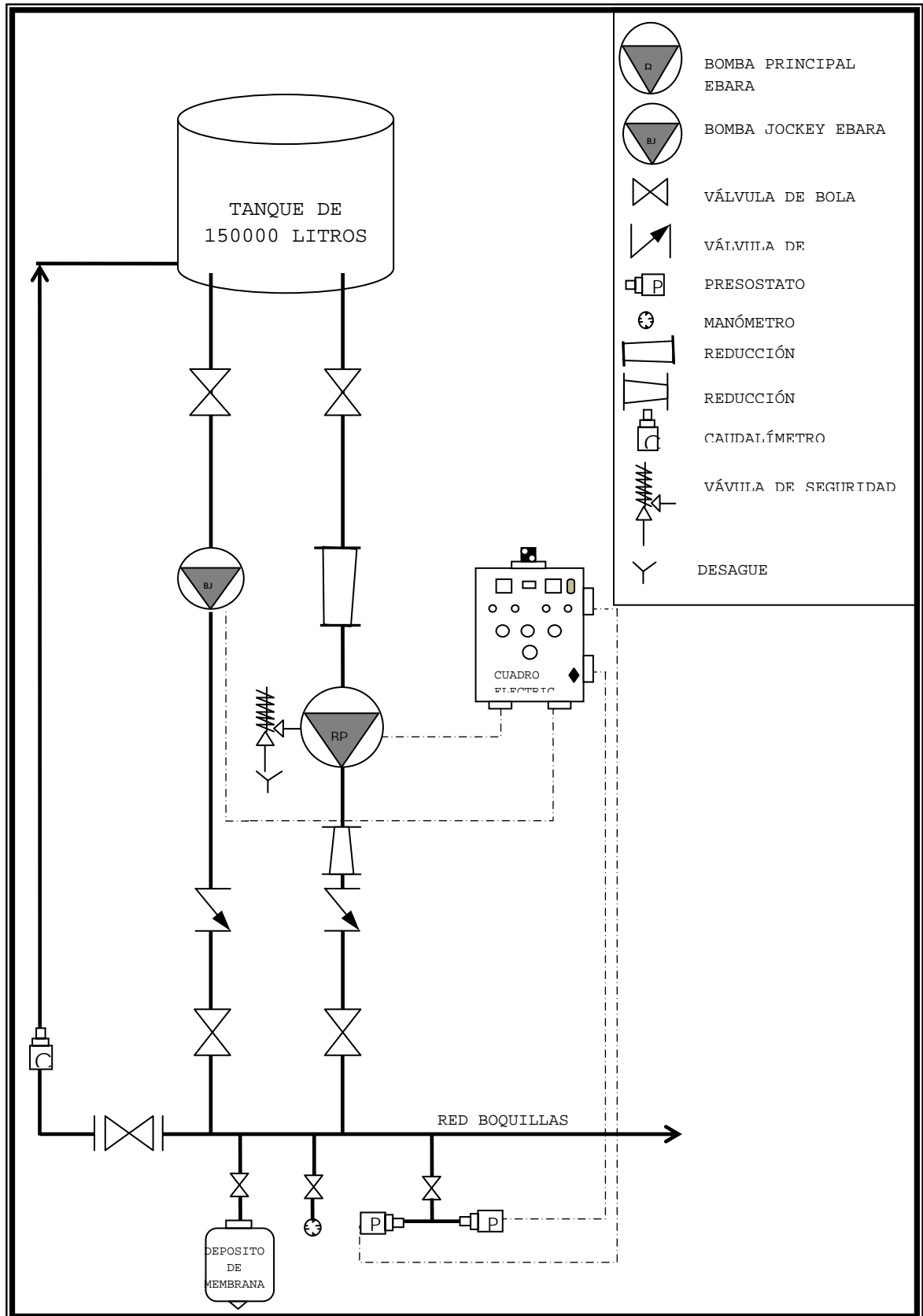
Su función es evitar que la bomba principal trabaje a caudal cero, permitiendo la salida de un pequeño caudal que facilite la refrigeración del cuerpo de la bomba, evitando daños por sobrecalentamiento del agua por volteo continuo. Su uso se hace necesario dada la particularidad de parada manual de las bombas principales (no regulada por presostatos).

**4.12.5.- Selección grupo de presión**

El tipo de bomba que se ha seleccionado pertenece a la serie ENR. La norma **UNE 23-500-90** define los campos de trabajos hidráulicos y principales dimensiones de las bombas centrifugas horizontales. Se trata en concreto de una bomba **EBARA AQUAFIRE AFU-ENR 125-250/55 EDJ**. Así, el grupo de presión estará conformado, como se vio en el apartado **4.12.4** de este mismo capítulo, por distintos componentes que conforman el grupo, cuya bomba principal reúne las siguientes características: Bomba principal eléctrica de 55 Kw de potencia con un rendimiento del 78 %, será la encargada de hacer llegar el agua situada en el depósito a las boquillas pulverizadoras. Una vez descrita la finalidad de los componentes del grupo a presión y conociendo el tipo de bomba principal y sus características, se muestra una figura que permite visualizar de forma más precisa, los componentes necesarios para el grupo de presión que se utilizará en este proyecto. Quedando definido de la siguiente manera:

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.-MEMORIA DESCRIPTIVA**

**Fig. 4.13.- Componentes del grupo de presión**





## CAPÍTULO 5: OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

### 5.1.-INTRODUCCIÓN

La instalación objeto de estudio en este proyecto, se cataloga como instalación peligrosa, debido a que el ácido fluorhídrico es altamente tóxico como bien se indica en el **Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, aprobado por Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo y en su modificación Real Decreto 1802/2008 notificaciones de sustancias peligrosas**. Teniendo en cuenta esta clasificación; un fallo en la instalación puede tener consecuencias graves para la propia instalación y/ o personas.

Las causas principales de los posibles accidentes en instalaciones peligrosas pueden ser múltiples y tener orígenes diversos, como se estudió en capítulos anteriores: fallos debidos a las condiciones de trabajo a las que están sometidas y que pueden dar lugar a fenómenos de corrosión, desgaste de las partes rotativas, fatiga de los materiales, daños y deformaciones en las partes internas o ensuciamiento, etc.; desviaciones de las condiciones normales de operación; errores humanos en la identificación de materiales, componentes, etc.; injerencias de agentes externos al proceso y fallos de gestión u organización, entre otros, tal y como se ha desarrollado en el estudio de riesgos HAZOP.

Antes de que los aspectos vistos anteriormente afecten a la seguridad de toda la instalación y a las personas es necesario llevar a cabo una atención y mantenimiento de la misma. Así pues, es de capital importancia que se lleve a cabo un programa de mantenimiento acorde a la peligrosidad de la instalación, teniendo en cuenta que en una planta industrial en la que haya instalaciones peligrosas los trabajos de

mantenimiento pueden llevar aparejados un incremento de la propia peligrosidad de las mismas según la forma en que se efectúen.

Por otro lado el personal de mantenimiento está sometido a riesgos suplementarios por la propia peligrosidad de la instalación donde realizan su trabajo; será pues necesario llevar un control cuidadoso de los trabajos de mantenimiento para reducir al máximo los problemas para la instalación y los riesgos para los trabajadores y para el personal que realiza tales tareas.

El objetivo de este capítulo es dar a conocer algunos tipos de mantenimiento existentes, y dar pautas sobre las formas de realizarlo, medición y distribución de los tiempos de mantenimiento, estrategias, administración, procedimientos, seguridad de los trabajos y aspectos a tener en cuenta en cuanto al diseño de las instalaciones para facilitar su mantenimiento.

Previamente se dan de forma sintetizada los diferentes tipos de revisiones periódicas de instalaciones que complementan o incluyen las actividades de mantenimiento

## **5.2.- INSPECCIONES Y REVISIONES**

Para que el mantenimiento sea lo más eficaz posible es muy importante disponer de la mayor cantidad de información sobre las instalaciones, equipos y lugares de trabajo; para ello es básico, como se dispuso en el HAZOP la realización de distintos tipos de revisiones programadas. Se exponen a continuación:

- ***Revisiones específicas de equipos o componentes regulados por una legislación propia***

Aparatos a presión, instalación eléctrica, instalaciones fijas contra incendios, extintores. Las realizarán servicios especializados externos contando con la colaboración de la propia empresa.

- ***Revisiones generales de instalaciones y lugares de trabajo***

Suelos, escaleras, vías y salidas de evacuación, condiciones de protección contra incendios, condiciones de protección contra contactos eléctricos, orden y limpieza, iluminación, etc. Podrá haber revisiones específicas de seguridad sobre equipos que las requieran y no controladas reglamentariamente.

- ***Observaciones del trabajo***

Analizan las actuaciones inseguras de los trabajadores en la realización de sus funciones con el fin de incorporar las mejoras que se estimen oportunas. Las realizarán personas con mando.

- ***Revisiones y controles específicos de mantenimiento con las diferentes formas de actuación***

Para la realización de los distintos tipos de revisiones (mantenimiento predictivo, preventivo, correctivo, etc) se establecerán por parte de los directores de las unidades funcionales para cada máquina, instalación, equipo, área de trabajo, etc.

### **5.3.- ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Toda la información generada como resultado de los distintos tipos de revisiones que puedan afectar a las condiciones de funcionamiento seguro de los equipos, además de ser analizadas por los responsables de las diferentes unidades funcionales, deberán ser

conocidas por el servicio de prevención y el servicio de mantenimiento, debiendo organizar y controlar los trabajos.

### **5.3.1.- Organización**

La organización incluye el establecimiento de la política y los procedimientos para mantener el programa en marcha y el personal necesario para llevar a cabo las actividades de mantenimiento. Especialmente en nuevos programas de mantenimiento se deben enseñar los procedimientos seguros de trabajo y los métodos de inspección, reparación o sustitución, así como llevar los correspondientes registros. Los registros se utilizarán para programar fechas de futuras inspecciones y operaciones de conservación.

La organización debe desarrollar la programación elaborando los programas de inspecciones y un calendario planificado para llevarlas a cabo. Una vez hechas las inspecciones se elaborarán una serie de órdenes de trabajo diferenciando entre las que no necesitan trabajo posterior y las que indican que es necesario un trabajo de reparación. Para cada reparación necesaria se podría elaborar una hoja de trabajo en la que se indique la necesidad de mantenimiento, indicando su prioridad dentro del sistema de programación y planificación general de trabajos o equipos a realizar o controlar.

Todos los equipos sujetos a un programa de mantenimiento dispondrán de un registro en el que se archive toda la información generada tanto por el propio programa de mantenimiento como en las reparaciones o intervenciones diversas que se hayan realizado. La programación la constituyen:

- ✓ Prioridades de trabajo
- ✓ Cuando debe hacerse cada trabajo

- ✓ Necesidades de mano de obra
- ✓ Disponibilidad de materiales necesarios para efectuar los trabajos

La planificación de los trabajos comprende:

- ✓ Por qué debe hacerse y quién lo hará
- ✓ En qué consiste y cómo debe hacerse
- ✓ Donde debe hacerse
- ✓ Materiales necesarios
- ✓ Calendario de realización

### **5.3.2.- Control**

El control del mantenimiento abarcará los siguientes aspectos:

- ✓ Planificar cuidadosamente y de forma completa cada operación específica
- ✓ Dotar de equipo apropiado a cada tipo de trabajo u operación
- ✓ Mantener todos los equipos en perfecto estado
- ✓ Prever los riesgos de cada operación de mantenimiento y dictar las normas de seguridad necesarias en cada caso
- ✓ Seleccionar y formar al personal idóneo para efectuar las distintas operaciones de mantenimiento
- ✓ Atención especial sobre la utilización y el mantenimiento de los equipos de protección individual
- ✓ Control de piezas de recambio

Los trabajos de mantenimiento deben realizarse teniendo en cuenta: entrega o existencia de las piezas, uso de las mismas y demás factores que influyen en las operaciones. En general se deberán tener existencias de todas las piezas más necesarias salvo las que se compran para su uso inmediato.

### **5.3.3.- Motivación y formación**

La motivación incluye procedimientos de estimulación como son los incentivos para mantener a los operarios de mantenimiento interesados en efectuar sus trabajos de la forma más eficaz. Un plan formativo permitirá el adiestramiento necesario del personal en las diferentes tareas que deban realizar.

### **5.4.- TIPOS DE MANTENIMIENTO**

Para centrar el mantenimiento preventivo se definen además otros dos tipos de mantenimiento como son el correctivo y el predictivo.

#### **5.4.1.- Mantenimiento correctivo**

Se puede definir el mantenimiento correctivo como el efectuado a una máquina o instalación cuando la avería ya se ha producido, para restablecerla a su estado operativo habitual de servicio. El mantenimiento correctivo puede ser o no planificado. El mantenimiento correctivo planificado comprende las intervenciones no planificadas (preventivas) que se efectúan en las paradas programadas.

#### **5.4.2.- Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo consiste en programar las intervenciones o cambios de algunos componentes o piezas según intervalos predeterminados de tiempo o espacios regulares (horas de servicio, kilómetros recorridos, toneladas producidas). El objetivo de este tipo de mantenimiento es reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de una máquina o instalación tratando de planificar unas intervenciones que se ajusten al máximo a la vida útil del elemento intervenido.

El origen de este tipo de mantenimiento surgió analizando estadísticamente la vida útil de los equipos y sus elementos mecánicos y efectuando su mantenimiento basándose en la sustitución periódica de elementos independientemente del estado o condición de deterioro y desgaste de los mismos. Su gran limitación es el grado de incertidumbre a la hora de definir el instante de la sustitución del elemento.

#### **5.4.3.- Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo es el mantenimiento subordinado a un suceso predeterminado que pone de manifiesto el estado de degradación de un bien. Se basa en el conocimiento del estado operativo de una máquina o instalación. Es asimilable al preventivo, pero el conocimiento de la condición operativa a través de la medición de ciertos parámetros de la máquina o instalación (vibración, ruido, temperatura, etc.) permite programar la intervención justo antes de que el fallo llegue a producirse, eliminando así la incertidumbre.

El mantenimiento predictivo abarca un conjunto de técnicas de inspección, análisis y diagnóstico, organización y planificación de intervenciones que no afectan al servicio del equipo, y que tratan de ajustar al máximo la vida útil del elemento en servicio al momento planificado para la intervención. El mantenimiento predictivo podría incluirse en el mantenimiento preventivo entendido este último en un sentido amplio.

### **5.5.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

#### **5.5.1.- Objetivos**

Los objetivos del mantenimiento preventivo son proporcionar un programa de administración del mantenimiento que permita el tiempo

máximo de funcionamiento de la instalación de este proyecto, con un costo y mantenimiento mínimos y con la máxima seguridad. Con un programa de mantenimiento preventivo se aseguran las inspecciones periódicas y las reparaciones rápidas.

El departamento de mantenimiento debe velar por la seguridad de su propio personal y de proporcionar servicio a toda la instalación. Para cumplir con estas premisas deben incorporarse al programa de mantenimiento preventivo recomendaciones y técnicas referentes a métodos para la prevención de accidentes. Asimismo se deben actualizar todos los métodos de mantenimiento siempre que se produzcan modificaciones en algún proceso o instalación peligrosa.

#### **5.5.2.- Formas de realizar el mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo se realizará de tres formas:

1. Se revisarán las instalaciones con intervalos de tiempo iguales entre revisiones, desmontando los componentes objeto de revisión antes de que fallen y reponiéndose a tiempo cero.
2. Tal y como se visualizó en el HAZOP se revisarán las instalaciones periódicamente y según su estado efectuar su sustitución si exceden sus límites de operación. Se realizará básicamente para componentes eléctricos y electrónicos y en los instrumentos de control.
3. Se desmontarán los componentes para ser examinados y sustituyendo los que están en deficientes condiciones. Es adecuado en sistemas complejos electrónicos y en equipos donde resulta complicado predecir sus fallos.



### **5.5.3.-Seguridad de los trabajos de mantenimiento preventivo**

El servicio de prevención de riesgos laborales y el de mantenimiento deberán trabajar estrechamente unidos para que los trabajos se realicen con la máxima seguridad.

Se dispondrá de un procedimiento ordenado, uniforme, continuo y programado para de esta forma, conseguir el alargamiento de la vida útil de las instalaciones y consecuentemente la reducción de los accidentes.

Desde el punto de vista práctico, para que todas las operaciones de mantenimiento se realicen con seguridad se deben incorporar continuamente al programa de mantenimiento preventivo instrucciones de trabajo y normas de seguridad para las diferentes tareas con riesgo de accidente.

Otro aspecto importante es la formación y el adiestramiento del personal de mantenimiento. La seguridad en relación con el mantenimiento se puede agrupar en tres apartados:

**a. Cómo y en qué condiciones se realiza el trabajo: sistema de permisos de trabajo.**

Se asegurará que se toman las precauciones necesarias para minimizar los riesgos presentes en cada trabajo concreto. El sistema deberá garantizar además que el trabajo se ha realizado correctamente y que la instalación objeto de mantenimiento queda en condiciones de entrar en funcionamiento. El sistema de permisos de trabajo pretende asegurar que previa la intervención del personal de mantenimiento se han adoptado las medidas de prevención y protección necesarias y éste sabe cómo actuar con seguridad, dejando constancia de ello.

**b. Extensión del mantenimiento que se realiza: programa de mantenimiento.**

La elaboración de un programa de mantenimiento ajustado es básico pues la falta de mantenimiento o el mantenimiento insuficiente permiten que se llegue a situaciones potencialmente peligrosas. Es importante que los equipos críticos para la seguridad no fallen de forma imprevista. Normalmente no es práctico someter a todas las instalaciones de la planta a un mantenimiento preventivo, ni hacerlo para todas con la misma frecuencia.

Por lo que se establecerá un programa especial sobre los equipos críticos, es decir se le dará un nivel de importancia a la columna de rectificación de ácido fluorhídrico, considerando también los equipos auxiliares que intervienen en el proceso, como son el rehervidor, condensadores, bidón de reflujo. Así mismo se tendrá en cuenta el precalentador de carga de la alimentación, así como las estaciones de bombeo y las uniones de tubería-tuberías y tuberías-depósito, considerándolos como puntos críticos de la instalación. Se establecerá para cada uno de los anteriores equipos citados, su nivel de importancia, la frecuencia y el tipo de revisión.

#### **c. Control de las modificaciones introducidas en la planta.**

Hay que tener en cuenta que las modificaciones incontroladas pueden alterar las condiciones de seguridad de la planta si no se someten a revisiones previas cuidadosas y detalladas.

#### **5.5.4.- Procedimiento de mantenimiento preventivo**

##### **5.5.4.1.- Objetivo**

El objetivo del procedimiento es mejorar las técnicas para la optimización del mantenimiento preventivo.

#### **5.5.4.2.- Herramientas**

Para conseguir una mejora continua del mantenimiento preventivo se utilizarán las siguientes herramientas:

- Retroinformación de los ejecutores de los trabajos
- Análisis de las causas de las averías
- Introducción de modificaciones
- Estudio de la evolución del costo de mantenimiento
- Programa de sugerencias para mejorar los procedimientos
- Análisis de la eficacia de los procedimientos

#### **5.5.4.3.- Desarrollo**

Para desarrollar de forma práctica los procedimientos, se considerará un conjunto de bloques de información necesarios para aplicar el método de análisis. Estos tres bloques de información son:

1. **Identificación de averías:** Se identificarán todas las averías asignando un código identificativo y a su vez se asignarán a cada tipo de operación de mantenimiento un código. El informe de cada avería se plasmará en un documento de diseño propio de la empresa y que se deberá tratar adecuadamente en función de la gravedad y la urgencia para ser reparada.
2. **Trabajos planificados:** Se dividirán las máquinas, equipos o instalaciones en elementos, creando para cada uno de ellos una serie de revisiones preventivas normalizadas e identificadas con código.

Para cada tipo de trabajo se genera una orden de revisión preventiva en la que se deben incluir el elemento a revisar, fecha ejecución, equipo que debe ejecutar los trabajos y el tipo de mantenimiento a realizar con su código correspondiente.

4. **Resultados de las revisiones preventivas:** Cuando en el curso de una revisión planificada se detectan anomalías, estas se tratarán tomando nota del elemento con su código y por otro lado se identifica la probabilidad de ocurrencia de la avería según las consecuencias que ocasionaría su ocurrencia y obviamente se reparan siempre que se tengan los elementos de recambio, o se programa para planificar su sustitución lo más rápidamente posible. La detección de anomalías no prevista servirá al departamento para corregir y actualizar los procedimientos.

#### **5.5.4.4.- Método de análisis**

La información referente a las averías aportará el tiempo medio de paro por avería de cada elemento objeto de mantenimiento. La información referente a las revisiones preventivas dará los trabajos planificados con sus tiempos de revisión y los resultados de las revisiones realizadas, con anomalías encontradas y su criticidad. De esta forma tratando la información adecuadamente se obtendrán los siguientes resultados:

- Nivel medio de paro evitado aplicando el mantenimiento preventivo.
- Conocimiento preciso de la influencia en la prevención de los paros de cada actividad de mantenimiento preventivo.
- Empleo de los recursos de mantenimiento en actividades más efectivas y rentables.

## **5.6.- MANTENIMIENTO EN SISTEMAS FIJOS DE AGUA PULVERIZADA**

### **5.6.1.- Generalidades**

Los sistemas de agua pulverizada requieren un mantenimiento adecuado que asegure un correcto funcionamiento en caso de incendio. Los sistemas se revisarán y ensayarán periódicamente por personal especializado, recomendándose establecer un contrato de inspección con una entidad especializada para el mantenimiento, ensayo y puesta en funcionamiento a intervalos regulares de tiempo de los mismos. La tarea de manejar y cuidar el equipo se asignará a personal especializado, al que se entrenará debidamente.

A intervalos regulares de tiempo, semanalmente, se examinará visualmente el equipo para detectar defectos mayores tales como roturas o falta de componentes u otra evidencia de protección inadecuada.

### **5.6.2.- Mantenimiento**

#### **5.6.2.1.- Suministro de agua**

Se cuidará que el suministro de agua esté abierto y en condiciones de servicio en todo momento.

#### **5.6.2.2.- Tuberías**

Todas las tuberías se examinarán a intervalos regulares para determinar su estado y correcto drenaje. La frecuencia de las inspecciones dependerá de las condiciones locales, y se realizarán al menos una vez al año. Los ensayos de caudal de los sistemas de salida

libre se realizarán al menos una vez cada 5 años, o según lo aconseje la experiencia.

#### **5.6.2.3.- Válvulas y dispositivos de control**

Las válvulas de control y el equipo de detección automática se ensayarán al menos una vez al año, por personal cualificado. Todos los dispositivos y todas las válvulas de disparo normal deberán accionarse una vez al año como mínimo. Cuando las válvulas que están abiertas normalmente, se cierran después del funcionamiento o ensayo del sistema, se tomarán medidas apropiadas que aseguren su reapertura y que el sistema vuelve rápida y debidamente a estar en condiciones de servicio, asegurándose que llegue agua en cantidad suficiente al puesto de control.

#### **5.6.2.4.- Boquillas**

Todas las boquillas se inspeccionarán desde el punto de vista de situación, obstrucciones exteriores y corrosión y se limpiarán, si es necesario, a intervalos de un año o menos, según la experiencia. Las condiciones locales pueden imponer una inspección y limpieza más frecuente, así como una inspección interior. Después de cada funcionamiento, las boquillas abiertas equipadas con filtro individual se retirarán de su posición, y se limpiará el filtro y la boquilla, a menos que, observando el caudal suministrado, pueda deducirse que no es necesario hacerlo.

### **5.7.- LIMPIEZA**

#### **5.7.1.- Limpieza de tuberías**

Las conducciones principales y las acometidas de suministro a los distintos sistemas, deberán limpiarse a fondo antes de su conexión, para eliminar los cuerpos extraños que pudieran haberse introducido durante la instalación o que pudieran existir en las tuberías ya instaladas. El caudal de agua para la limpieza no será inferior al de funcionamiento del sistema determinado en el diseño.

El tiempo empleado será tal que proporcione una correcta limpieza. Al planear las operaciones de limpieza, debe tenerse en cuenta la evacuación del agua procedente de los desagües.

#### **5.7.2.- Tuberías del sistema**

Todas las tuberías del sistema deberán limpiarse siempre que sea posible; en caso contrario, se hará un examen visual para determinar el grado de limpieza.

#### **5.8.- ENSAYOS DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA**

Todas las tuberías de los sistemas nuevos deberán probarse hidrostáticamente de acuerdo con la **norma UNE 23-596**.

#### **5.9.- ENSAYOS DE DESCARGA DE AGUA**

Siempre que sea posible, el sistema se someterá a un ensayo de caudal como medio de comprobar la disposición de las boquillas, la forma de descarga, cualquier tipo de obstrucción y para determinar la relación entre los criterios de diseño y el rendimiento y garantizar que no se produce el atasco de las boquillas y tuberías de pequeño diámetro debido a las materias transportadas por el agua. Siempre que sea posible, deberán ponerse en funcionamiento simultáneo el máximo número de sistemas que se supone actúan en caso de incendio, para

comprobar que el suministro de agua es adecuado. La presión de descarga en la boquilla hidráulicamente más desfavorable será, al menos, igual a su presión de diseño.

#### **5.10.- ENSAYOS DE FUNCIONAMIENTO**

Todas las partes que intervienen en el sistema deberán someterse a un ensayo, para asegurarse de que las mismas están en condiciones de servicio. Los ensayos de funcionamiento deberán incluir un ensayo del equipo de detección automática.



# BIBLIOGRAFÍA Y OTRAS FUENTES DOCUMENTALES

---

## CAPITULO 1: LIBROS DE CONSULTA

- ❖ **Manual del ingeniero químico. Volumen I, II y III.**  
Robert H. Perry, Don W.Green.  
Ed. McGraw-Hill 2001.
  
- ❖ **Soluciones prácticas para el Ingeniero Químico**  
Carl R. Branan  
Ed. McGraw- Hill (2ª edición)
  
- ❖ **Manual de recipientes a presión. Diseño y cálculo.**  
Eugene F.Megyesy. Prefacio de Paul Buthord; 1989.  
Ed. Limusa.
  
- ❖ **Introducción a las operaciones de separación**  
Marcilla Gomis  
Ed. Textos Docentes  
Universidad de Alicante 1998
  
- ❖ **Problemas de Ingeniería química. Tomo I y II.**  
J. Ocon - G. Tojo.  
Ed. Aguilar, 1986
  
- ❖ **Manual de seguridad industrial en plantas químicas y petroleras.**  
**Fundamentos, evaluación de riesgos y diseño.**  
J.M. Storh de Gracia.  
Ed. McGraw-Hill.
  
- ❖ **Análisis del Riesgo en instalaciones industriales**  
Joaquim Casal – Elena Montiel  
Ed. UPC. 1999.

- ❖ **La seguridad industrial ante accidentes graves.**  
Domingo Moreno  
Dr. Ingeniero Industrial  
E.T.S.I. Industriales, UPM.
  
- ❖ **Flujo de Fluidos en válvulas, accesorios y tuberías**  
Crane  
Ed. McGraw-Hill.
  
- ❖ **SRD (Safety and Reliability Directorate).**  
Base de Datos "MHIDAS",  
Versión Octubre 2003
  
- ❖ **Análisis y Reducción de Riesgos en la Industria Química.**  
J.M. SANTAMARÍA RAMIRO, P.A. BRAÑA AÍSA.  
Fundación MapFre.
  
- ❖ **Instalaciones de Protección Contra Incendios**  
J. Antonio Neira Rodríguez  
Ed. Fundación Confemetal. 2008
  
- ❖ **Bombas: Selección, uso y mantenimiento.**  
Kenneth J.  
Ed. McGraw-Hill.  
Año 1989
  
- ❖ **Proyecto Fin de Carrera: "*Diseño de una columna de rectificación de ácido Fluorhídrico*".**  
Javier Vidal Perea  
Facultad de Ciencias. UCA  
Año 2008

## **CAPÍTULO 2: ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN**

### **📖 Seguridad y Medio Ambiente**

Fundación Mapfre

Año 31, nº121

### **📖 Revista VirtualPro**

Procesos Industriales

Año 2009, Nº92

## **CAPÍTULO 3: PÁGINAS WEBS CONSULTADAS**

- 🔗 [http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An\\_riesgo/HAZOP.html](http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_riesgo/HAZOP.html)
  
- 🔗 [http://www.proteccioncivil.org/ca/DGPCE/Informacion\\_y\\_documentacion/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos\\_cualitativos/cuali\\_215.html](http://www.proteccioncivil.org/ca/DGPCE/Informacion_y_documentacion/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos_cualitativos/cuali_215.html)
  
- 🔗 <http://www.proteccioncivil.org>
  
- 🔗 <http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/Seveso.html>
  
- 🔗 [http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_quimica/almacenajefluidos](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_quimica/almacenajefluidos)
  
- 🔗 [http://www.uclm.es/area/ing\\_rural/BibliotecaProyectos.html](http://www.uclm.es/area/ing_rural/BibliotecaProyectos.html)
  
- 🔗 <http://www.jmcprl.net/>
  
- 🔗 <http://www.incendiosyseguridad.com>
  
- 🔗 <http://www.spray-cas.com>
  
- 🔗 <http://www.convertworld.com/es/>

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- MEMORIA DESCRIPTIVA: BIBLIOGRAFÍA Y OTRAS FUENTES DOCUMENTALES**

---

- ☞ [http://www.engineeringtoolbox.com/water-dynamic-kinematic-viscosity-d\\_596.html](http://www.engineeringtoolbox.com/water-dynamic-kinematic-viscosity-d_596.html)
  
- ☞ [http://www.elriego.com/informa\\_te/abacos/abacos.html](http://www.elriego.com/informa_te/abacos/abacos.html)
  
- ☞ <http://www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/results53.html>
  
- ☞ <http://www.mtas.es/insht/EncOIT/pdf/tomo3/78.pdf->13/11/2006>
  
- ☞ [http://www.tdr.cesca.es/TESIS\\_UC/AVAILABLE/TDR-0810105-135141//1de8.RAGintroduccion.pdf](http://www.tdr.cesca.es/TESIS_UC/AVAILABLE/TDR-0810105-135141//1de8.RAGintroduccion.pdf)
  
- ☞ [http://www.cepsa.com/DMPetresa/2005/1\\_actividad\\_empresa.html](http://www.cepsa.com/DMPetresa/2005/1_actividad_empresa.html)
  
- ☞ <http://www.ingeba.org>
  
- ☞ <http://www.sterlingsihi.com>
  
- ☞ [www.ri-ol.com](http://www.ri-ol.com)

---

## B.2.- ANEXOS A LA MEMORIA: 1.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

---

## **CAPITULO 1: DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA PULVERIZADA PARA PROTECCION CONTRA INCENDIOS**

### **1.1.- CONSIDERACIONES GENERALES**

Los sistemas de diluvio se utilizan en aplicaciones de alto riesgo. El objeto principal de estos sistemas puede ser la extinción (de incendio o fugas), la refrigeración o ambos. En el caso de la instalación objeto de estudio, su objetivo, cumple la doble funcionalidad, ya que el sistema actuaría en caso de fugas tóxicas y en caso de incendio en las instalaciones. Normalmente el incendio se extingue por acción directa sobre el mismo, pero además se podrán utilizar las boquillas pulverizadoras como agentes extintores llegados al caso.

En la mayoría de los procesos es necesario proteger todas las partes de los equipos. (A veces equipos muy altos como las torres de craking se protegen únicamente hasta una altura de 30 pies o 9 metros). Idealmente se desearía aplicar sobre cada punto de la superficie expuesta la misma densidad de agua. Esto conlleva una ardua tarea de estudio, dado que los patrones de descarga de las boquillas rara vez, se adaptan exactamente a los contornos de los equipos, de todas formas se ha conseguido minimizar el área seca de los equipos que componen la instalación y por consiguiente maximizar la cobertura de los mismos. Adicionalmente los efectos de la gravedad y del viento complican la situación, situándose la instalación que nos ocupa a la intemperie, debido al viento, las boquillas deben situarse a 2 ft. (0,60 m) de la superficie a proteger.

Normalmente el agua aplicada en la parte superior del equipo, escurre por sus partes verticales. Sin embargo la cantidad que escurre por las partes verticales no puede estimarse de forma precisa, debido a las condiciones de viento, a que las superficies pueden no estar

perfectamente verticales, a la existencia de partes sobresalientes en el equipo que pueden “tapar” áreas determinadas y quizás lo más importante, la pérdida de agua por vaporización debido al intenso calor del incendio. Adicionalmente, el equipo puede no estar perfectamente limpio, lo que hace que el agua se “repela” en cierta manera canalizándose por la superficie en lugar de distribuirse por ella de forma homogénea.

Para los equipos de altura que conforman la instalación, prácticamente no hay escurrimiento a las partes inferiores. En consecuencia, el efecto del agua escurrida se ha tenido en cuenta, aunque no pueda quedar garantizado.

## **1.2.- OBJETIVOS DE DISEÑO**

Al diseñar el sistema de boquillas pulverizadoras se siguieron los siguientes pasos:

1. Se determinó las dimensiones del equipo y las necesidades de densidad de aplicación de agua.
2. Se establecieron las áreas de diseño individuales y la total.
3. Se determinó las demandas de agua parcial y total.
4. Se determinó las condiciones del abastecimiento de agua y la probable presión disponible en cada zona del diseño.
5. Se calculó el número y el tipo de boquillas requeridas para tener una adecuada cobertura y las necesidades de agua (proceso de tanteo).

Al establecer una distribución de boquillas con el fin de tener una adecuada cobertura, se eligieron diferentes ángulos de pulverización y caudal de boquillas. Es necesario establecer una distribución adecuada, con el fin de tener la correcta densidad aplicación y cobertura de la instalación.



### **1.3.- PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO ESPECÍFICOS.**

#### **1.3.1.- Procedimiento de diseño para la protección del tanque de alimentación horizontal (T-1).**

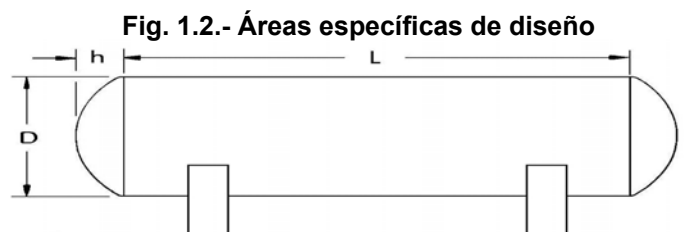
Para realizar el diseño del tanque de almacenamiento T-1, se debe llevar a cabo en primer término una inspección detallada del tanque y su entorno. Considerar su diámetro, longitud, altura de los fondos, situación y dimensiones para poder controlar y por tanto maximizar la distribución del agua en el mismo. El líquido contenido en el tanque, es el que ha establecido las necesidades de densidad de aplicación de agua para la correcta protección. Las dimensiones correspondientes al tanque T-1 necesarias son:

- Diámetro del Tanque = D
- Altura de los Fondos = h
- Longitud del Cilindro = L
- Densidad Requerida = d

**Tabla 1.1.- Dimensiones y densidad de descarga en T-1**

DEPOSITO 1	
<b>Diámetro(m)(D)</b>	<b>4,31</b>
<b>Longitud(m)(L)</b>	<b>1,37</b>
<b>Densidad de descarga(L/min/m<sup>2</sup>)(d)</b>	<b>10</b>

En la figura que aparece a continuación se detallan las áreas específicas de diseño para tanques horizontales:



### **1.3.1.1.- Procedimiento de cálculo caudal total $Q_{tot}$**

- **Hallar el área de la parte cilíndrica ( $A_s$ ).**

$$A_s = \pi \cdot D \cdot L \qquad (A_s) = \pi \cdot 4,31 \cdot 1,37 = 18,55 \text{ m}^2$$

- **Hallar el agua necesaria para la parte cilíndrica ( $Q_s$ )**

Es la densidad de aplicación por la superficie.

$$Q_s = A_s \cdot (d) \qquad Q_s = 18,55 \cdot 10 = 185,50 \text{ L/min}$$

- **Hallar el área de los fondos ( $A_e$ )**

Se usará la fórmula del área para fondos planos. No se consideró la presencia de otros accesorios del tanque.

$$A_e = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 4,31^2}{4} = 14,59 \text{ m}^2$$

- **Hallar el agua necesaria para cubrir los fondos ( $Q_e$ )**

Es la densidad de aplicación por la superficie.

$$Q_{e1} = A_{e1} \cdot (d) \qquad Q_{e1} = 14,59 \cdot 10 = 145,90 \text{ L/min}$$

$$Q_{e2} = A_{e2} \cdot (d) \qquad Q_{e2} = 14,59 \cdot 10 = 145,90 \text{ L/min}$$

- **Determinar la totalidad de agua necesaria ( $Q_{tot}$ )**

Es la suma de todas las cantidades anteriores

$$Q_{tot} = Q_s + Q_{e1} + Q_{e2} + \text{porcentaje exceso}$$

$$Q_{tot} = 185,50 + 145,90 + 145,90 + 100 = 577,29 \text{ L/min}$$

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA  
UNACOLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO  
FLUORHÍDRICO. B.2-ANEXO A LA MEMORIA: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

A través de la siguiente tabla se resumen los distintos valores que se han calculado anteriormente:

**Tabla 1.1.- Valores de Áreas y Caudales**

1º Área parte cilíndrica $A_s$	18,55 m <sup>2</sup>
2º Agua necesaria cilindro $Q_s$	185,50 L/min
3º Área de los fondos $A_{e1}, A_{e2}$	14,59 m <sup>2</sup>
4º Agua necesaria para los fondos $Q_{e1}, Q_{e2}$	145,90 L/min
5º Totalidad agua Necesaria $Q_{tot}$	577,29 L/min

**1.3.1.2.- Número de boquillas y ángulo de pulverización**

Una vez calculados los valores de las demandas de agua requerida y totales para cada componente del tanque, se está en condiciones de poder determinar los siguientes factores implicados en el cálculo de los sistemas fijos de agua pulverizada, como son el número de boquillas para la parte cilíndrica y los laterales y el ángulo de pulverización en función del diámetro del tanque, los valores para los fondos han sido tomados de la tabla 1.2 que aparece a continuación:

**Tabla 1.2.- Número de Boquillas y Angulo de pulverización**

Num. Boq. usadas	DIÁMETRO MÁX. DEL TANQUE EN FUNCIÓN DEL ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN DE LA BOQUILLA									
	30°		60°		90°		120°		140°	
	Ft	M	Ft	M	Ft	M	Ft	M	Ft	M
1	1,4	0,43	3,0	0,86	5,0	1,52	8,5	2,60	11	3,3
2	1,8	0,52	4,0	1,22	6,5	2,0	9,5	2,9	12,5	3,8
3	2,4	0,74	5,0	1,52	10,5	3,2	11	3,3	14	4,3
4	3,0	0,86	6,0	1,84	12,0	3,6	18	5,5	22,5	6,8
5	4,0	1,22	8,5	2,60	15,0	4,6	25	7,6	32	9,7
6	4,7	1,43	9,7	2,9	17,5	5,4	29	8,8	43	13,1
7	6,4	1,95	11	3,3	20	6,1	34	10,4	48	14,8
8	7,1	2,20	14	4,3	23	7,0	43	13,1	53	16,1
9	7,9	2,40	15,5	4,7	27,5	8,4	47	14,2	59	17,8
10	8,5	2,60	17	5,2	30	9,2	51	15,5	64	19,4
11	9,2	2,80	18	5,5	32	9,7	55	16,6	68	21,5

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA  
UNACOLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO  
FLUORHÍDRICO. B.2-ANEXO A LA MEMORIA: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

Num. Boq. usadas	DIÁMETRO MÁX. DEL TANQUE EN FUNCIÓN DEL ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN DE LA BOQUILLA									
	30°		60°		90°		120°		140°	
	Ft	M	Ft	M	Ft	M	Ft	M	Ft	M
<b>12</b>	9,8	3,00	19	5,8	34	10,4	58	17,5	73	22,2

Si el diámetro del tanque es de 4'31 metros, se aprecia en la tabla que el valor del ángulo que satisface el menor número de boquillas es de 140°. Por lo que, el sistema de boquillas que conformarán la protección del tanque en los laterales, queda reflejado en la siguiente tabla:

**Tabla 1.3.- Laterales del tanque**

Laterales(2 lados)	
Nº Boquillas(0,6)	6(3 a cada lado)
Angulo pulverización	140

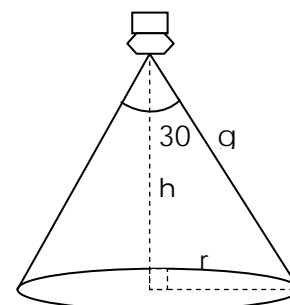
Para la parte cilíndrica se ha considerado la geometría del cono para determinar el área de mojado y por consiguiente la cobertura en dicha zona. Si se considera el ángulo de pulverización del sistema de 60° y considerando la distancia a la que se coloca la boquilla del tanque y la longitud del tanque de 1'37 metros, se podrá determinar a través de las razones trigonométricas los distintos elementos del cono. Por el teorema de Pitágoras se puede obtener el radio de cobertura del cono de 60°, ya que:

$$g^2 = h^2 + r^2$$

La generatriz del cono se calcula a través del coseno del ángulo, ya que es la hipotenusa del rectángulo

$$\text{Cosa} = \frac{\text{cateto adyacente } h}{\text{hipotenusa } g}$$

h= 60 cm (distancia establecida para la boquilla)



**Fig. 1.4.- Cono proyectado**

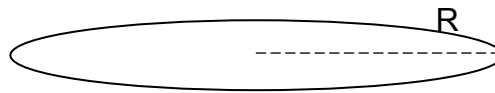
Despejando la hipotenusa:

$$g = \frac{60}{\cos 40} = 69'28 \text{ cm}$$

Ya se puede proceder al cálculo del radio proyectado por el cono:

$$r^2 = g^2 - h^2 = 1200 \text{ cm} \text{ por lo que, } r = 39'64 \text{ cm}$$

Fig 1.5.- Radio del círculo formado por el cono



Si la longitud del tanque es igual a 1'37 metros y considerando que hay tres boquillas conformando el sistema de agua pulverizada, a una separación de 45'5 cm cada una, se podrá determinar la longitud de solapamiento entre las distintas boquillas:

$$\Phi_{\text{cono}} = 69'28 \text{ cm} * 3 \text{ boquillas} = 207'84 \text{ cm cobertura total};$$

$$207'84 - 137 = 70'84 \text{ cm sobrante};$$

$$70'84 / 3 (\text{boquillas}) = 23'61 \text{ cm de solapamiento}$$

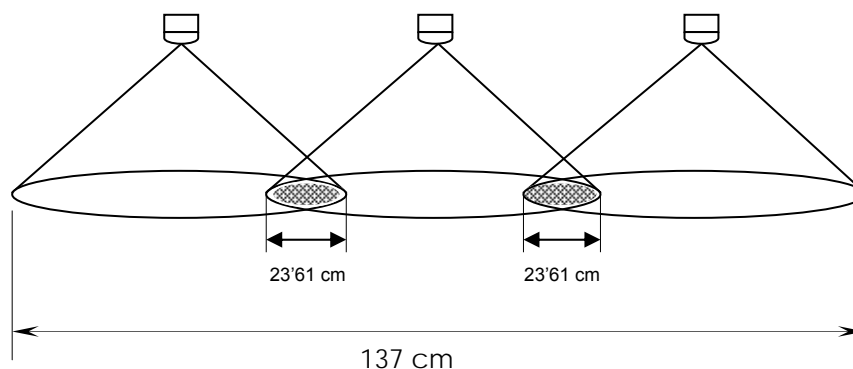


Fig. 1.6.- Longitud de solapamiento

Por lo que, el sistema de boquillas que conformarán la protección del tanque en la parte cilíndrica, queda reflejado en la siguiente tabla:

**Tabla 1.7.- Parte cilíndrica**

Parte cilíndrica horizontal	
Nº Boquillas(0,6)	3
Angulo pulverización	60

### **1.3.1.3.- Caudal en las boquillas**

Para poder estimar la presión en cada boquilla se debe conocer con anterioridad el caudal en cada boquilla, para ello es necesario dividir el caudal total por el número total de boquillas que se instalarán en total en la instalación:

$$Q_{\text{boquilla}} = Q_{\text{TOTAL}} / N_{\text{boquillas}}$$

Por lo que, el caudal en cada boquilla será:

$$Q_{\text{boquilla}} = 577'29/9=64'14 \text{ L/min en cada boquilla}$$

### **1.3.1.4.- Presión en las boquillas**

Para determinar la presión en las boquillas, se recurre a la expresión, gobernada por **norma UNE 23-506:89**, donde:

$$P = (Q_{\text{boquillas}} / K_{\text{factor}})^2$$

Si el factor K proporcionado por el fabricante de la boquilla es de 43, la presión en cada boquilla será:

$$P = (64'14/43)^2 = 2'23 \text{ bar}$$

### **1.3.2.- Procedimiento de diseño para la protección de los tanques horizontales (T-2) y (T-3).**

El procedimiento de cálculo para determinar los sistemas fijos de agua pulverizada en los tanques T-2 y T-3 serán idénticos a los expuestos para el tanque de alimentación T-1, por lo que, solo se mostrarán las dimensiones y los resultados obtenidos para dichos tanques.

Las dimensiones de los tanques T-2 y T-3 son las que aparecen en la siguiente tabla:

**Tabla 1.8.- Dimensiones de T-2 y T-3**

DEPOSITO 2 y 3	
Diámetro(m)	4,93
Longitud(m)	1,57
Densidad de descarga(L/min/m <sup>2</sup> )	10

Los valores de las áreas y el caudal total de agua requerida aparecen a continuación:

**Tabla 1.9.- Valores de áreas y caudales**

1º Área parte cilíndrica $A_s$	24,32 m <sup>2</sup>
2º Agua necesaria cilindro $Q_s$	243,16 L/min
3º Área de los fondos $A_{e1}$ , $A_{e2}$	19,09 m <sup>2</sup>
4º Agua necesaria para los fondos $Q_{e1}$ , $Q_{e2}$	190,89 L/min
5º Totalidad agua Necesaria $Q_{tot}$	724,94 L/min

Al igual que para el tanque 1, se utilizarán las siguientes boquillas:

**Tabla 1.10.- Numero de boquillas y ángulo de pulverización**

Laterales(2 lados)		Parte cilíndrica horizontal	
Nº Boquillas(0,6)	6 (3 a cada lado)	Nº Boquillas(0,6)	3
Angulo pulverización	140	Angulo pulverización	60

Por último se muestran los distintos parámetros calculados para las boquillas situadas en el tanque T-2 y T-3:

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA  
UNACOLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO  
FLUORHÍDRICO. B.2-ANEXO A LA MEMORIA: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

---

**Tabla 1.11.- Parámetros de las boquillas**

Boquillas k factor	<b>43</b>
Distancia. soldadura de fondo	<b>0,6 m</b>
Distancia entre boquillas	<b>0,47 m</b>
Longitud de Solapamiento	<b>0,169 m</b>
Qboquillas	<b>80,55 L/min</b>
P(bar)	<b>3,51 bar</b>

**1.3.3.- Procedimiento de diseño para la protección de la columna de rectificación.**

A la hora de realizar el cálculo de los sistemas fijos de agua pulverizada para la torre de rectificación de ácido fluorhídrico, se deben de tener en cuenta los siguientes factores:

- I. Realizar una inspección detallada del tanque y su entorno.
- II. Hallar su diámetro, longitud, altura de los fondos, situación y dimensiones de cualquier irregularidad que pueda afectar a la distribución del agua, como escaleras, bocas de hombre, conexiones de tuberías y similares.
- III. Tomar nota del tipo, dimensiones y materiales de las estructuras portantes.
- IV. Considerar la proximidad de otros equipos que puedan presentar otros riesgos.
- V. Tener en cuenta la presencia de cubetos, barreras, y paredes.
- VI. Considerar el contenido del tanque y establecer las necesidades de densidad de aplicación de agua para la correcta protección.

La torre se protegerá mediante boquillas en su parte superior y con boquillas a varios niveles en toda su altura. Se dispondrá de la suficiente cantidad de agua en toda la “Área de Diseño”.

- Diámetro del Tanque = D



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA  
UNACOLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO  
FLUORHÍDRICO. B.2-ANEXO A LA MEMORIA: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

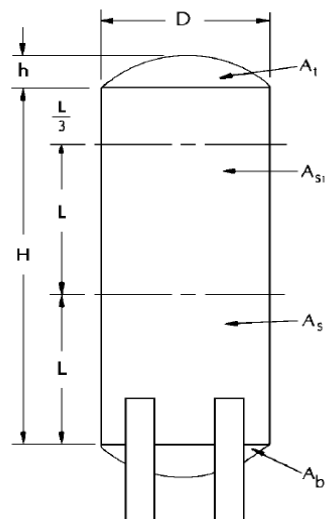
- Altura del Techo = h
- Altura de la parte cilíndrica = H
- Densidad Requerida para el tanque = d
- Densidad Requerida para soportes = dl

**Tabla 1.12.- Dimensiones de la columna**

<b>Diámetro Columna</b>	<b>2,98 m</b>
<b>h Altura de Techo</b>	<b>0,02 m</b>
<b>H Altura de Cilindro</b>	<b>18,00 m</b>
<b>Densidad req. Colum</b>	<b>10,00 L/min</b>
<b>Densidad req. Sopor</b>	<b>10,00 L/min</b>
<b>h Altura fondo</b>	<b>0,05 m</b>

En la figura que aparece a continuación se detallan las áreas específicas de diseño para torres verticales:

**Fig. 1.13.- Áreas de Diseño de la torre**



**1.3.3.1.- Procedimiento de cálculo caudal total  $Q_{tot}$**

- **Hallar la Altura (L) y Número (N) de las área de diseño de la parte cilíndrica**

Para tanques con cubierta esférica, la altura total se divide en dos o más zonas de tal forma que la altura de la superior es un tercio de la

altura de las inferiores como se puede apreciar en la figura anterior 1.13.

$$L = H/(N + 1/3)$$

Donde N debe ser un número entero en nuestro caso será 2 y H se considerará 18 m que es la altura de la torre salvando los accesorios de la misma; Por tanto,

$$L = 18/(2+1/3) = 7'71 \text{ m}$$

- **Hallar el Área de Diseño superior**

Esta zona es igual a la superficie de techo más la zona cilíndrica entre el borde superior del tanque y la zona superior de diseño de la parte cilíndrica.

$$A_t = \pi ((D^2/4) + (h^2) + (DL/3))$$

Si se sustituyen los valores correspondientes, se obtiene el siguiente resultado:

$$A_t = \pi ((2'98^2/4) + (0'02^2) + (2'98 \cdot 7'71/3)) = 31'05 \text{ m}^2$$

- **Hallar el total de agua necesaria para el techo (Qt)**

Es igual a la superficie por la densidad de aplicación necesaria

$$Q_t = A_t \cdot d = 31'05 \cdot 10 = 310'49 \text{ L/min}$$

- **Hallar el área de diseño para los anillos laterales (As)**

Se han calculado dos áreas laterales:

$$A_{s1} = \pi \cdot D \cdot L = \pi \cdot 2'98 \cdot 7'71 = 72'22 \text{ m}^2$$

$$A_{s2} = \pi \cdot D \cdot L = \pi \cdot 2'98 \cdot 7'71 = 72'22 \text{ m}^2$$

- **Hallar el agua necesaria para los anillos laterales (Qs)**

Para cada anillo o área lateral, el agua necesaria es igual a la superficie por la densidad de aplicación necesaria.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA  
UNACOLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO  
FLUORHÍDRICO. B.2-ANEXO A LA MEMORIA: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

---

$$Q_{s1} = A_{s1} \cdot d = 722'21 \text{ L/min}$$

$$Q_{s2} = A_{s2} \cdot d = 722'21 \text{ L/min}$$

- **Hallar el área de diseño del fondo ( $A_b$ )**

Para fondos esféricos será:

$$A_b = \pi (D^2/4 + h^2) = 6'98 \text{ m}^2$$

- **Hallar la demanda de agua para el fondo ( $Q_b$ )**

La totalidad de agua necesaria es igual a la superficie de fondo por la densidad de aplicación necesaria.

$$Q_b = A_b \cdot d = 69'83 \text{ L/min}$$

- **Determinar la totalidad de agua necesaria ( $Q_{tot}$ )**

Es la suma de todas las cantidades anteriores

$$Q_{total} = Q_t + Q_{s1} + Q_{s2} + Q_b = 1824'74 \text{ L/min}$$

A través de la siguiente tabla se resumen los valores calculados anteriormente:

**Tabla 1.14.- Valores de la Torre de rectificación**

<b>L</b>	<b>7,71</b>	<b>m</b>
<b>N</b>	<b>2,00</b>	
<b>H</b>	<b>18,00</b>	<b>m</b>
<b>At</b>	<b>31,05</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>As<sub>1</sub></b>	<b>72,22</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>As<sub>2</sub></b>	<b>72,22</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>Ab</b>	<b>6,98</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>Qt techo</b>	<b>310,49</b>	<b>L/min</b>
<b>Qs<sub>1</sub></b>	<b>722,21</b>	<b>L/min</b>
<b>Qs<sub>2</sub></b>	<b>722,21</b>	<b>L/min</b>
<b>Qb</b>	<b>69,83</b>	<b>L/min</b>
<b>Qtot</b>	<b>1824,74</b>	<b>L/min</b>

### **1.3.3.2.- Numero de boquillas y angulo de pulverización**

Una vez calculados los valores de las demandas de agua requerida y totales para cada componente de la torre, se está en condiciones de poder determinar los siguientes factores implicados en el cálculo de los sistemas fijos de agua pulverizada, como son el número de boquillas para la parte cilíndrica, el techo y los fondos de la columna y el ángulo de pulverización en función del diámetro, los valores para el fondo y el techo han sido tomados de la tabla 1.15 que aparece a continuación:

**Tabla 1.15.- Número de Boquillas y Ángulo de pulverización, techo y fondo**

Num. Boq. usadas	DIÁMETRO MÁX. DEL TANQUE EN FUNCIÓN DEL ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN DE LA BOQUILLA									
	30°		60°		90°		120°		140°	
	Ft	M	Ft	M	Ft	M	Ft	M	Ft	M
<b>1</b>	1,4	0,43	3,0	0,86	5,0	1,52	8,5	2,60	11	3,3
<b>2</b>	1,8	0,52	4,0	1,22	6,5	2,0	9,5	2,9	12,5	3,8
<b>3</b>	2,4	0,74	5,0	1,52	10,5	3,2	11	3,3	14	4,3
<b>4</b>	3,0	0,86	6,0	1,84	12,0	3,6	18	5,5	22,5	6,8
<b>5</b>	4,0	1,22	8,5	2,60	15,0	4,6	25	7,6	32	9,7
<b>6</b>	4,7	1,43	9,7	2,9	17,5	5,4	29	8,8	43	13,1
<b>7</b>	6,4	1,95	11	3,3	20	6,1	34	10,4	48	14,8
<b>8</b>	7,1	2,20	14	4,3	23	7,0	43	13,1	53	16,1
<b>9</b>	7,9	2,40	15,5	4,7	27,5	8,4	47	14,2	59	17,8
<b>10</b>	8,5	2,60	17	5,2	30	9,2	51	15,5	64	19,4
<b>11</b>	9,2	2,80	18	5,5	32	9,7	55	16,6	68	21,5
<b>12</b>	9,8	3,00	19	5,8	34	10,4	58	17,5	73	22,2

Como se demuestra en la tabla anterior, el número de boquillas y el ángulo de pulverización óptimo para las dimensiones de la torre, son de 2 y 120° respectivamente, de tal forma que se garantiza el número mínimo de boquillas para las zonas estudiadas.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA  
UNACOLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO  
FLUORHÍDRICO. B.2-ANEXO A LA MEMORIA: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

**Tabla 1.16.- Boquillas y Ángulo de Pulverización techo y fondos**

Boquillas techo	2
Angulo	120
Boquillas fondo	2
Angulo	120

Para conocer los valores del ángulo de pulverización y el número de boquillas usadas en la parte cilíndrica, se ha empleado la siguiente tabla:

**Tabla 1.17.- Nº de Boquillas y Angulo de pulverización parte cilíndrica**

Num. Boq. usadas	Angulo entre boquillas	DIÁMETRO MÁX. DEL TANQUE EN FUNCIÓN DEL ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN DE LA BOQUILLA									
		30°		60°		90°		120°		140°	
		Ft	M	Ft	M	Ft	M	Ft	M	Ft	M
1	-	0,8	0,24	1,5	0,46	2,0	0,62	*	*		
2	180	1,5	0,46	3	1,22	5	1,50	*	*		
3	120	2,4	0,74	4,6	1,4	8	2,4	*	*		
4	90	2,8	0,85	5,6	1,7	10,5	3,2	17	5,2	*	
5	72	3,4	1,0	6,8	2,1	12,5	3,8	20	6,1	*	
6	60	4,0	1,2	8,0	2,4	14,8	4,5	24	7,3	*	
7	53'5	4,5	1,4	9,2	2,8	16,7	5,1	26,7	8,1	*	
8	45	5,2	1,6	10,4	3,2	19,5	5,9	30,8	9,3	*	
9	40	5,8	1,8	11,7	3,6	21,9	6,6	35,1	10,6	*	
10	36	6,5	2,0	12,9	3,9	24,5	7,4	38,8	11,7	*	
11	37'7	7,1	2,2	14,2	4,3	27,7	8,2	42,6	12,9	*	
12	30	7,7	2,4	15,5	4,7	29	8,9	45	13,6	58	17,6

Por lo tanto se instalarán 10 boquillas en la parte cilíndrica que se dividirán en dos anillos que se situarán a 7'71 metros cada uno partiendo desde la base y hacia el techo de la torre. Cada anillo estará compuesto de 5 boquillas con un ángulo de pulverización de 60° y con un ángulo entre ellas de 72°, ofreciendo de esta forma la mayor cobertura a la torre. El sistema de boquillas que se instalará en la torre queda resumido en la siguiente tabla:

**Tabla 1.18.- Boquillas y Ángulos de pulverización parte cilíndrica**

Parte cilíndrica 1	5
Parte cilíndrica 2	5
Angulo	60
Angulo entre boquillas	72

### **1.3.3.3.- Caudal en las boquillas**

Para poder estimar la presión en cada boquilla se debe conocer con anterioridad el caudal en cada boquilla, para ello es necesario dividir el caudal total por el número total de boquillas que se instalarán en total en la torre:

$$Q_{\text{boquilla}} = Q_{\text{TOTAL}} / N_{\text{boquillas}}$$

Por lo que, el caudal en cada boquilla será:

$$Q_{\text{boquilla}} = 1874'74/14 = 130'33 \text{ lpm en cada boquilla}$$

### **1.3.3.4.- Presión en las boquillas**

Para determinar la presión en las boquillas, se recurre a la expresión, gobernada por norma UNE 23-506:89, donde:

$$P = (Q_{\text{boquillas}} / K_{\text{factor}})^2$$

Si el factor K proporcionado por el fabricante de la boquilla es de 81, la presión en cada boquilla será:

$$P = (130'33/81)^2 = 2'58 \text{ bar}$$

## **1.4.- CAUDAL DE DISEÑO DEL SISTEMA FIJO DE AGUA PULVERIZADA**

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA  
UNACOLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO  
FLUORHÍDRICO. B.2-ANEXO A LA MEMORIA: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

---

Aplicando la norma española para **sistemas fijos de agua pulverizada UNE 23-503-89** y en correspondencia con la **NFPA 15**, el caudal de diseño empleado en la instalación será de **4000 lpm**.

Para el cálculo de dicho caudal se ha tenido en cuenta cada una de las demandas individuales requeridas por el sistema. Según la norma anteriormente citada, para determinar el caudal de diseño en sistemas múltiple como es el caso del proyecto, se lleva a cabo las sumas de los sistemas individualmente y de forma combinatoria, el resultado con mayor demanda de agua, será el que determine el caudal de diseño.

**Tabla 1.18.- Demandas individuales**

	L/min
<b>Q Deposito1</b>	<b>577,29</b>
<b>Q Deposito2</b>	<b>724,94</b>
<b>Q Deposito3</b>	<b>724,94</b>
<b>Q Columna</b>	<b>1824,74</b>
<b>monitores portátiles 3</b>	<b>900,00</b>

Los sistemas para el cálculo del caudal de diseño son los siguientes:

**Tabla 1.19.- Suma de caudales**

<u>sistema1</u>	<u>sistema2</u>	<u>sistema3</u>
Qdep1	Qdep2	Qdep3
Qdep2	Qdep3	Qcolum
Qdep3	Qcolum	Qmonitores
<b>2027,18</b>	<b>3274,62</b>	<b>3449,68</b>

Por lo que el caudal de diseño será el establecido por el sistema de mayor demanda, que en este caso es el sistema 3, por tanto el caudal de diseño será de **4000 lpm**.

### **1.5.- TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

Para el dimensionado del tanque de abastecimiento se ha establecido un tiempo mínimo de funcionamiento ininterrumpido de 30 minutos, dicho depósito será utilizado exclusivamente para las funciones anteriormente descritas de la instalación.

Por tanto el depósito tendrá que tener como mínimo una capacidad que satisfaga esta condición:

$$\mathbf{4000 \text{ l/min} \cdot 30 \text{ min} = 120000 \text{ litros}}$$

Si además se añade un 25% más de capacidad el depósito será de **150000 litros**.

#### **- Dimensiones parte cilíndrica**

Para calcular la longitud y el diámetro, se aplica la condición de superficie mínima. Así, se obtendrá el volumen deseado utilizando la mínima cantidad de material posible.

**Volumen:**

$$V = 150 \text{ m}^3 = \pi \cdot R^2 \cdot L \quad \Leftrightarrow L = 150 / (\pi \cdot R^2)$$

**Superficie:**

$$S = 2 \pi \cdot R \cdot L + 2 \pi \cdot R^2$$

Para que la superficie se a mínima la derivada de S respecto de H debe ser 0. Sustituyendo el valor de L despejado del volumen en S, se obtiene:

$$S = 2 \pi \cdot R \cdot \frac{150}{\pi \cdot R^2} + 2 \pi \cdot R^2 = \frac{300}{R} + 2 \pi \cdot R^2$$

Derivando S respecto de R, se obtiene:



$$S' = - \frac{300}{R^2} + 4 \pi \cdot R$$

A continuación se iguala la derivada de S (S') a cero para que cumpla la condición de mínimo:

$$S' = - \frac{300}{R^2} + 4 \pi \cdot R = 0 \iff \frac{300}{R^2} = 4 \pi \cdot R$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{300}{4\pi}} = 2,879 \text{ m}$$

La altura vendrá dada sustituyendo el radio en la fórmula del volumen:

$$L = 150 / (\pi \cdot R^2) = 5,76 \text{ m}$$

Finalmente se comprueba cual será el volumen final del tanque.

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot L = 150 \text{ m}^3$$

El volumen añadido que se le proporcionará al depósito una vez instalado el techo toriesférico aumentará el porcentaje de volumen de reserva. En la siguiente tabla se recogen las dimensiones de la parte cilíndrica del depósito de abastecimiento de agua:

**Tabla 1.20.- Dimensiones parte cilíndrica**

VOLUMEN	RADIO	ALTURA
150000 litros	2,879 m	5,76 m

- **Dimensiones Techo Toriesférico**

El techo del depósito supondrá un aumento en la capacidad del tanque por lo que de esta forma se garantiza la cantidad suficiente de agua para la protección de la instalación.

**Volumen:**

$$V = 0'08089 \cdot D_i^3 = 0'08089 \cdot (226'69 \text{ in})^3 = 941184'0355 \text{ in}^3 = 15'42 \text{ m}^3$$

**Área:**

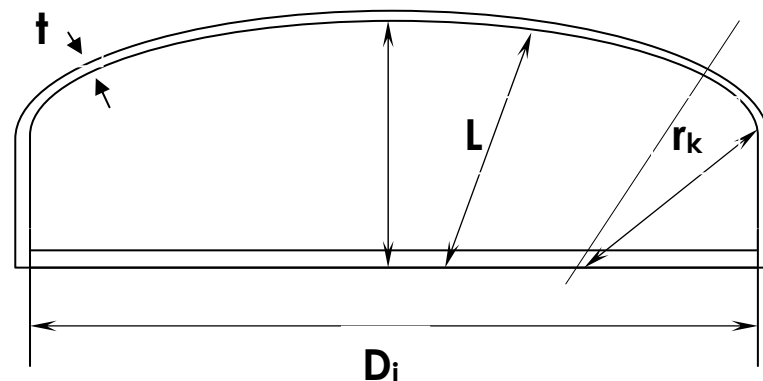
$$A = 0'931 \cdot D_{\text{ext}}^2 = 0'931 \cdot 226'95^2 = 47952'37 \text{ in}^2 = 30'94 \text{ m}^2$$

**Altura (h):**

$$h = 0'169 \cdot D_i = 0'97 \text{ m}$$

Siendo las dimensiones de dicho techo las siguientes

Fig. 1.21.- Dimensiones Techo Toriesférico



$D_i$ : Diámetro interno

$h$ : Altura

$L$ : Radio de la curvatura siendo este igual a  $D_i$

$t$ : Espesor

$r_k$ : Radio de nudillos que es igual a  $0'06L$

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA  
UNACOLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO  
FLUORHÍDRICO. B.2-ANEXO A LA MEMORIA: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

---

Todas las dimensiones del techo quedan recogidas en la siguiente tabla:

**Tabla 1.22.- Dimensiones Techo Toriesférico**

Volumen	Área	Altura (h)	Radio curvatura	Diámetro interior	Espesor t sin C.	Radio de nudillos
15'42 m <sup>3</sup>	30'94 m <sup>2</sup>	0'97 m	5'758 m	5'758 m	1'62·10 <sup>-3</sup> m	0'3454 m

## **1.6.- DISEÑO MECÁNICO DEL TANQUE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.**

### **1.6.1.- Presión de diseño**

Según aparece en el código de diseño de reconocida solvencia, ASME en su sección VIII, división 1 y 2, esta presión debe ser en todo caso mayor a la máxima de operación o servicio. Su valor se puede fijar como el mayor de:

$$P \geq 1'1 \times \text{Presión máxima de operación (kg/cm}^2\text{)}$$

$$P \geq \text{Presión máxima de operación} + 2 \text{ kg/cm}^2$$

$$P \geq 3'5 \text{ kg/cm}^2$$

La presión máxima de operación para el depósito es de 1'03 kg/cm<sup>2</sup>, es decir el tanque trabajará a presión atmosférica, por tanto la condición que hace mayor la presión de diseño es la última condición, por tanto **la presión de diseño es de 3'5 kg/cm<sup>2</sup>, 49'78 lb/in<sup>2</sup>.**

### **1.6.2.- Temperatura de diseño**

Para el cálculo de la temperatura de diseño se sigue el mismo criterio que para la presión de diseño, según norma. La temperatura de diseño se determina como:

$$T_{\text{diseño}} = 20^{\circ}\text{C} + T_{\text{trabajo}}$$

Si se considera la temperatura máxima de trabajo 60 °C, las condiciones más extremas que se pueden dar en estaciones estivales y teniendo en cuenta la acción del viento, la temperatura de diseño será de 80°C.

### **1.6.3.- Espesor mínimo de pared**

Por norma o código se debe fijar un valor mínimo del espesor de la envolvente. El espesor mínimo, excluido el sobre espesor por corrosión admisible de las envolventes y fondos, será el mayor de los siguientes valores:

- Por especificación para aceros al carbono, según la fórmula:

$$t_{\text{min}} = 5 + c \text{ (mm)} = 10 \text{ mm} = 0'39 \text{ in}$$

- Para costura circunferencial:

$$t = \frac{PR}{2SE+0,4P} = 0'179 \text{ in} + 0'2 = 0'379 \text{ in}$$

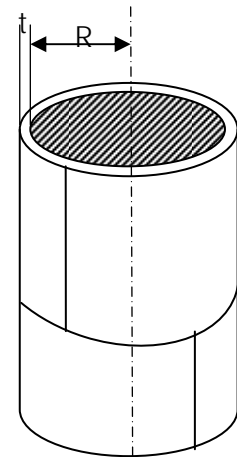
- Para costura longitudinal:

- a) En función de las dimensiones interiores

$$t = \frac{PR}{SE-0,6P} = 0'36 \text{ in} + 0'2 = 0'56 \text{ in}$$

- b) En función de las dimensiones exteriores

$$t = \frac{PR}{SE+0,4P} = 0'36 \text{ in}^{1)}$$



**Fig. 1.23.- Cilindro**

1.- Se ha tenido en cuenta el radio exterior, con un espesor mínimo de 5 mm gobernado por norma.

*P: Presión de diseño 49'78 lb/in<sup>2</sup>*

*S: Valor de esfuerzo del material 15700 lb/in<sup>2</sup>*

*E: Eficiencia de la junta 1*

*R: Radio interior, 113'35 in*

*D: Diámetro interior, 226'7 in*

*t: Espesor de pared, pulgadas*

*c: margen de corrosión 5 mm, 0'2 pulg*

El espesor será de 0'56 in o lo que es lo mismo 14'22 mm una vez añadidos los 5 mm de margen de corrosión.

#### **1.6.4.- Diseño mecanico techo toriesferico**

A través de las dimensiones que aparecen en la tabla 1.22, y con los valores de los esfuerzos para el acero al carbono 283 grado C, podremos calcular el espesor mínimo para el techo del depósito.

Según norma para  $L/r_k = 16 \frac{2}{3}$ , el espesor se calcula según la expresión que aparece a continuación:

$$t = \frac{0,885PL}{SE-0,1P}$$

*L: Radio de la curvatura siendo este igual a  $D_i$*

*P: Presión de diseño 49'78 lb/in<sup>2</sup>*

*S: Valor de esfuerzo del material 15700 lb/in<sup>2</sup>*

*E: Eficiencia de la junta 1*

*$r_k$ : Radio de nudillos, 13'60 in*

*$D_i$ : Diámetro interior, 226'7 in*

*t: Espesor de pared, pulgadas*

Por lo tanto  $L/r_k = 226'7/13'60 = 16 \frac{2}{3}$ ,

$$t = \frac{0,885PL}{SE-0,1P} = 0'636 \text{ in} + 0,2 = \mathbf{0'83 \text{ in}}$$
, o lo

que es lo mismo 21 mm de espesor mínimo requerirá el techo toriesférico.

## **1.7.- TRANSPORTE E IMPULSIÓN DE FLUIDOS: TUBERÍAS Y BOMBAS.**

### **1.7.1.- Transporte de fluido: tuberías**

#### **1.7.1.1- Situación**

Para poder llevar a cabo el cálculo de la red de tuberías que permitan el abastecimiento de los sistemas fijos de agua pulverizada, se ha de conocer la disposición en la planta de las mismas y a su vez las distancias de los equipos e instalaciones sujetos a protección, con respecto al grupo de presión y el tanque de abastecimiento.

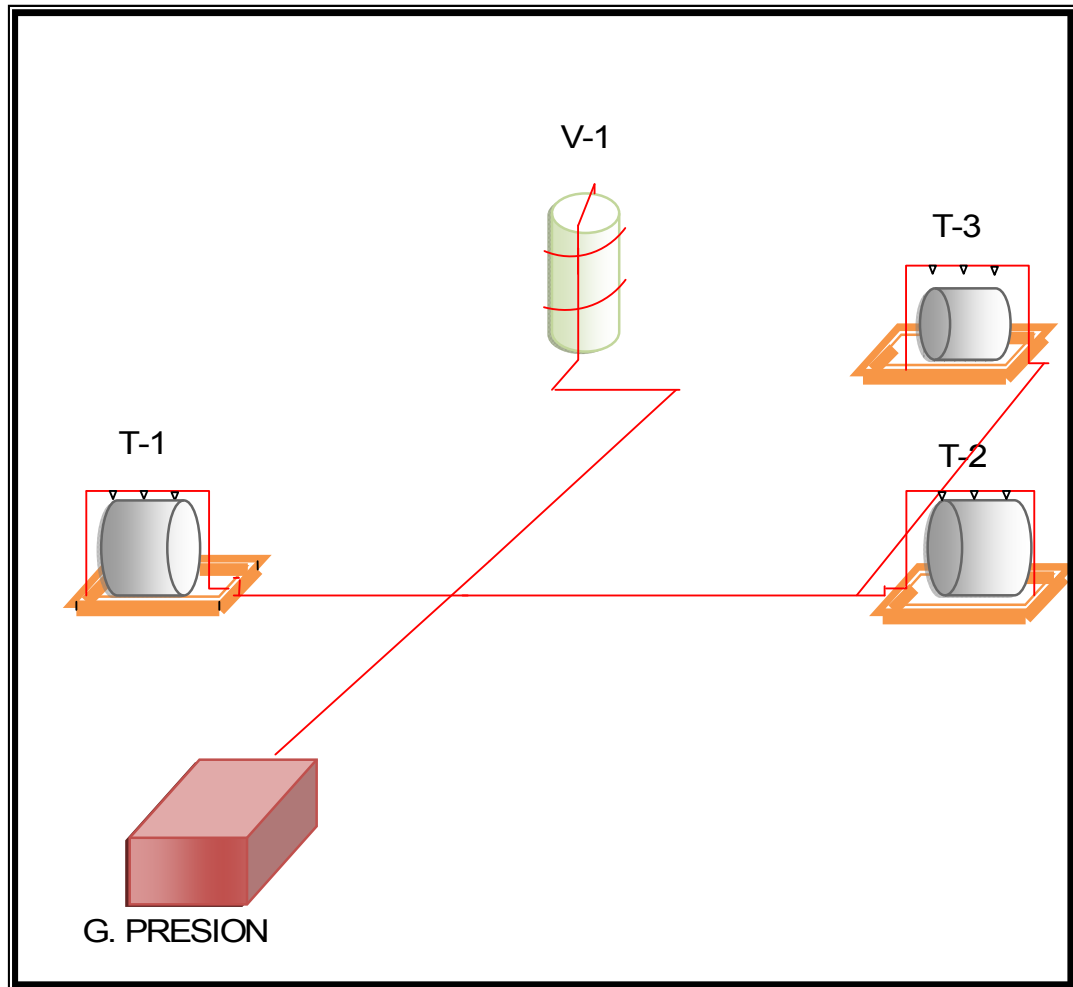
Las distancias de los tanques y la columna respecto al grupo de presión, entendiéndose éste como el conjunto de dispositivos encargados de suministrar presión al fluido para su impulsión, aparecen recogidos en la siguiente tabla:

**Tabla 1.24.- Distancias**

<b>INSTALACIÓN</b>	<b>DISTANCIA RESPECTO AL GRUPO DE PRESIÓN (m)</b>
<b>DEPOSITO 1</b>	<b>11</b>
<b>DEPOSITO 2</b>	<b>20</b>
<b>DEPOSITO 3</b>	<b>30</b>
<b>COLUMNA RECTIFICACION</b>	<b>20</b>

Estas cotas se pueden apreciar en los planos pertenecientes al proyecto, pero para poder tener una idea aproximada de la situación del sistema se ha adjuntado la figura siguiente, donde se ha reflejado la distribución en planta, eliminando para su mejor comprensión, los elementos auxiliares:

Fig. 1.25.- Situación de la red de tuberías en planta



### 1.7.1.2.- Diámetro de tubería

El diámetro se establece inicialmente en función del caudal del fluido que por la tubería ha de circular y de la elección de una velocidad del fluido, que se estima generalmente, en base a la experiencia, de modo que se eviten problemas mecánicos tales como golpes de ariete, erosión del tubo, etc. No obstante, una vez establecido el diámetro será necesario comprobar la aceptabilidad del mismo estudiando que la pérdida de carga que se producirá en el sistema es aceptable y que no se presentarán problemas mecánicos debido a ello.

Por lo tanto a la hora de determinar el diámetro de las tuberías encargadas de transportar el agua hasta los sistemas fijos pulverizadores se ha considerado el caudal de diseño anteriormente calculado en el punto 1.4, 4000 lpm, como a su vez una velocidad media que viene determinada por el fluido que circula a través de la tubería, en el caso de estudio es agua a temperatura ambiente y que se estipula una velocidad de 4 m/s.

La ecuación básica para el cálculo del diámetro es:

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = v \text{ (m/s)} \cdot S \text{ (m}^2\text{)} = v \cdot \pi D^2/4$$

De acuerdo con lo expuesto, el diámetro de la tubería puede conocerse a través de la expresión:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}$$

Siendo:

D = Diámetro tubería, m.

Q = Caudal, m<sup>3</sup>/s.

V = Velocidad recomendada, m/s.

Una vez calculados, se toman los valores estandarizados más próximos a los obtenidos.

Si sustituimos los valores en la ecuación anterior se obtiene:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,066667}{\pi \cdot 4}} = 0,145 \text{ metros}$$

En el sistema técnico de unidades, son 5'71 pulgadas. Por tanto el diámetro será el inmediatamente superior a este, por lo que el diámetro nominal será de 6 pulgadas.



**Tabla 1.24.- Dimensiones de la tubería**

<b>Diámetro Tubería(in)</b>	<b>Diámetro Nominal (in)</b>	<b>Diámetro exterior (in)</b>	<b>Designación Schedule 40</b>	<b>Peso (lb/ft)</b>
5'71	6	6'625	0'280	18'99

### **1.7.2.- Diseño mecanico de tuberías**

Los esfuerzos en un sistema de tuberías determinan las condiciones de servicio del propio sistema y, dichos esfuerzos están condicionados por las cargas o solicitaciones del sistema. Las fuentes de esas cargas son: presión interna, peso muerto de los elementos, expansión térmica debido a variaciones de temperatura, cargas de viento, nieve o hielo. Las cargas en un sistema de tuberías se clasifican en CARGAS CONSTANTES Y VARIABLES.

Las cargas constantes: son las que no sufren variación en el tiempo y se aplican de manera constante al sistema (presión interna y externa, peso del sistema incluido el peso de la columna de fluido). La máxima presión de operación resulta un parámetro fundamental para el cálculo de la presión de diseño.

La Temperatura de diseño resulta el valor de la temperatura del fluido a la presión de diseño. Ambos parámetros, presión y temperatura de diseño se emplean para calcular el mínimo espesor de pared del sistema y el rating de sus componentes. Las cargas variables: son las que actúan en el sistema de forma discontinua (prueba hidráulica, sismo y otras cargas dinámicas como el golpe de ariete o la presión liberada por una válvula de seguridad, la carga por viento produce deflexión en el sistema y dependiendo de la zona eólica tendrá mayor o menor importancia).

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA  
UNACOLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO  
FLUORHÍDRICO. B.2-ANEXO A LA MEMORIA: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

**1.7.2.1.- Presión y temperatura de diseño**

Todos los componentes del sistema de tuberías se ha diseñado para soportar una presión mínima de 12 bar, según la norma **UNE 23-502-86**. La temperatura de diseño será de 80°C o lo que es lo mismo 176 °F, por lo que se le dará un rating de 150, para la tubería y las bridas y los accesorios bridados.

**Tabla 1.25.- Rangos de Presión-Temperatura**

<b>RANGOS DE PRESION — TEMPERATURA</b>							
<b>PARA ACCESORIOS BRIDADOS Y BRIDAS PARA TUBERIA DE ACERO</b>							
<b>American National Standard ANSI B16.5-1981</b>							
<b>CLASE</b>	<b>150 lb.</b>	<b>300 lb.</b>	<b>400 lb.</b>	<b>600 lb.</b>	<b>900 lb.</b>	<b>1500 lb.</b>	<b>2500 lb.</b>
<b>PRESION DE LA PRUEBA HIDROSTATICA, LB/PULG<sup>2</sup> MAN.</b>	450	1125	1500	2225	3350	5575	9275
<b>TEMPERATURA, °F</b>	<b>PRESION MAXIMA PERMITIDA (NO DE IMPACTO), LB/PULG<sup>2</sup> MAN.</b>						
-20 a 100	285	740	990	1480	2220	3705	6170
200	260	675	900	1350	2025	3375	5625
300	230	655	875	1315	1970	3280	5470
400	200	635	845	1270	1900	3170	5280
500	170	600	800	1200	1795	2995	4990
600	140	550	730	1095	1640	2735	4560
650	125	535	715	1075	1610	2685	4475
700	110	535	710	1065	1600	2665	4440
750	95	505	670	1010	1510	2520	4200
800	80	410	550	825	1235	2060	3430
850	65	270	355	535	805	1340	2230
900	50	170	230	345	515	860	1430
950	35	105	140	205	310	515	860
1000	20	50	70	105	155	260	430

**1.7.2.2.- Espesor de tuberías y accesorios**

Según **ASME B31.3 Sec. 304**, el cálculo del espesor de pared se realiza de la siguiente manera:

La fórmula que debe ser utilizada para todos los cálculos de diseño es la **ecuación de Barlow**:

$$e = \left[ M \cdot \frac{P \cdot D_0}{2 \cdot \sigma} \right] + C$$

Donde:

e = Espesor tubería, in.

P = Presión interna de diseño, 174'05 psig.

M = Tolerancia de fabricación 12%

D<sub>0</sub> = Diámetro exterior, 6'625 in.

σ = Tensión admisible para la temperatura de diseño, 13700 lb/in<sup>2</sup>.

C = Espesor para la corrosión, 0,125 in.

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación de Barlow, se obtiene el siguiente espesor:

$$e = \left[ 1,12 \cdot \frac{174,05 \cdot 6,625}{2 \cdot 13700} \right] + 0,125 = 0,187 \text{ in}$$

El espesor de pared de la tubería y los accesorios que soportará los esfuerzos de la tubería es de **4'75 mm**.

### **1.7.3.- SISTEMA DE IMPULSIÓN DEL FLUÍDO: GRUPO DE PRESIÓN**

#### **1.7.3.1.- Selección de la bomba**

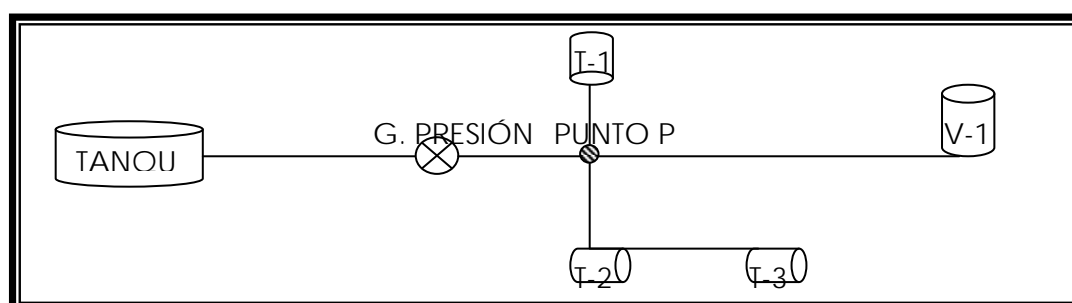
La elección de la bomba se ha realizado en función de una serie de parámetros que son de vital importancia a la hora de garantizar la máxima protección a la instalación. Los parámetros a tener en cuenta son el caudal que debe impulsar la bomba, la altura útil, la altura neta de succión positiva (NPSH) y por supuesto, la presión mínima en las boquillas más desfavorables según su situación en el sistema. La altura

útil es una medida de la potencia que ha de suministrar la bomba, mientras que la altura neta de succión positiva representa la altura que necesita la bomba para realizar la aspiración del fluido.

### **1.7.3.2.- Calculo del sistema**

Para poder realizar el cálculo de todos los parámetros anteriormente citados, se ha calculado la presión que debe suministrar la bomba en un punto denominado P, dicho punto está situado en la línea que comprende la tubería que va desde el tanque de abastecimiento hasta el lugar donde se ramifica la tubería para distribuir a las boquillas situadas en los depósitos de alimentación, de cabeza, de cola y a la columna, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura:

**Fig 1.26.- Situación de la instalación**



Se ha establecido un cálculo fraccionado del sistema, utilizando la ecuación de Bernouilli en los distintos puntos que se verán a continuación, pero antes se mostrarán los caudales que deben circular por cada uno de estos ramales y que fueron calculados en apartados anteriores:

**Tabla 1.27.- Caudales de cada línea**

LÍNEA	CAUDAL EN LPM
Desde el T. de abastecimiento hasta punto P	4000
Desde Punto P hasta T-1	600

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA  
UNACOLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO  
FLUORHÍDRICO. B.2-ANEXO A LA MEMORIA: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

---

LÍNEA	CAUDAL EN LPM
Desde Punto P hasta T-3	1500
Desde Punto P hasta V-1	1900

El sistema cumple con la siguiente expresión:

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 600 + 1500 + 1900 = 4000 \text{ L/min}$$

### 1.7.3.3.- Deposito de abastecimiento – punto p

Como se ha citado anteriormente, se deben conocer las condiciones de presión a la que llega el agua al punto denominado P, para que en función de éste, poder calcular las condiciones en el resto de ramales que protegen los distintos equipos e instalaciones. Para lograr esto, se debe aplicar la ecuación de energía procedente de la ecuación de Bernoulli en dicha línea.

La ecuación general de energía es la siguiente:

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + z_1 + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + h_A - h_R - h_f = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + z_2 + \frac{V_2^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

$P_1$ : Presión en el punto 1, que se considera el tanque de abastecimiento, Pas.

$\rho$ : Densidad del agua  $\text{kg/m}^3$ .

$g$ : Constante gravedad  $9.8 \text{ m/s}^2$ .

$z_1$ : Altura en el punto 1, m.

$V_1$ : Velocidad del fluido en 1, m/s

$h_A$ : Altura añadida por la bomba, m.

$h_R$ : Altura retirada por un motor eléctrico, para este caso será 0

$h_f$ : Pérdidas por fricción, m.

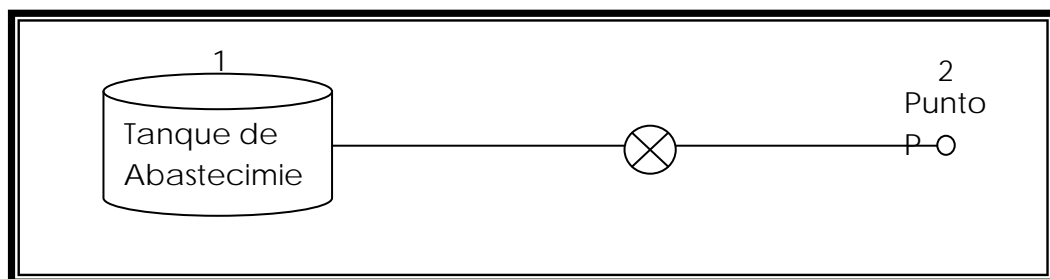
$P_2$ : Presión en el punto 2, que en este caso se considera el punto P, Pas.

$z_2$ : Altura en el punto 2, m.

$V_2$ : Velocidad del fluido en 2,  $m/s^2$ .

El sistema que se ha considerado en este apartado es el siguiente:

**Fig 1.28.- Determinación Punto P**



La presión en toda la instalación será variable en función del punto al que se refiera cada caso. Se tomara como altura cero la cota de las bombas y las tuberías.

Las condiciones en cada uno de los puntos son las siguientes:

- La presión en el punto 1 será atmosférica, 101325 pascales.
- La altura considerada para el punto 1 y para el punto 2 será de 0, por estar en la cota de la bomba.
- La velocidad del fluido en 1, será próxima a 0, debido al gran diámetro del depósito en comparación con la tubería, por lo que  $V_1 \ll V_2$ .
- La presión en el punto 2 deberá ser como mínimo  $\geq 540000$  pascales, para poder garantizar la presión en las boquillas más alejadas.
- Se ha tomado el agua como un fluido incompresible por lo que la variación de su densidad será  $\approx 0$ .

La ecuación general de energía quedaría de la siguiente forma:

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + h_f = h_A$$

Por lo que para el cálculo de  $h_A$  se deberá conocer la velocidad en el interior de la tubería en el punto 2 y las pérdidas de energía a través de la conducción.

El cálculo de la velocidad en el punto 2, se lleva a cabo a través de la expresión del caudal:

$$Q = V \cdot S \rightarrow V = Q/S = 0'0666667 / 0'0167 = 3'98 \text{ m/s}$$

$$Q = 4000 \text{ l/m} = 0'0666667 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S = \pi \cdot D^2/4 = 0'0167 \text{ m}^2$$

El término de las pérdidas de energía debido a la conducción por la tubería  $h_f$  vendrá determinado por **la ecuación de Fanning**:

$$h_f = (4f) \frac{L V_2^2}{D 2g}$$

Donde (4f) representa el denominado **factor de rozamiento**, parámetro empírico adimensional que depende de las propiedades del fluido, de la velocidad de éste y del diámetro y rugosidad interna de la conducción. Además hay que considerar que el tramo de tubería en estudio, es un tramo recto, donde prácticamente no hay accesorios, por lo que solo se consideraran las perdidas mayores. Por tanto el factor de rozamiento dependerá del número de Reynolds y de la rugosidad relativa del material de la conducción,  $4f (Re, \epsilon/D)$ .

Lo primero será obtener la rugosidad relativa para el acero comercial, que es el material de la tubería, en función de su diámetro que en este caso es de 6 in. Para ello se hace uso de la tabla 2.5 situada en el anexo tablas, siendo **la rugosidad relativa  $\epsilon/D = 0'0003$** . Después se calcula el número de Reynolds mediante la expresión:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} = \frac{998 \cdot 3,98 \cdot 0,146}{1002 \cdot 10^{-6}} = 2,89 \cdot 10^5$$

Siendo:

Re = Número de Reynolds.

$\rho$  = Densidad del fluido, kg/m<sup>3</sup>.

V = Velocidad del fluido, m/s.

D = Diámetro de tubería, m.

$\mu$  = Viscosidad, Pa·s.

Mediante el gráfico de Moody, situado en el Anexo tabla, fig. 2.4, y con los valores del Reynolds y la rugosidad relativa, obtenemos un valor del **coeficiente de rozamiento de 0'026**.

Sustituimos los valores en la ecuación de Fanning:

$$h_f = 0'026 \frac{10 \cdot 3'98^2}{0'146 \cdot 2g} = 0'0091 \text{ m}$$

Solo queda sustituir nuevamente los valores obtenidos en la ecuación siguiente:

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + h_f = h_A$$

Por lo que  $h_A$  tendrá un valor de,



$$\frac{540000 - 101325}{998 \cdot 9'8} + \frac{3'98^2}{2 \cdot 9'8} + 0'0091 = h_A = 45'66 \text{ m}$$

A continuación se calcula la altura de aspiración disponible de la instalación mediante la siguiente expresión:

$$\text{NPSH}_d = h_{sp} + h_s - h_f - h_{pv}$$

Los términos de la ecuación se definen como:

- $h_{sp}$  = carga de presión estática (absoluta) aplicada al fluido, expresada en metros de líquido.
- $h_s$  = diferencia de elevación desde el nivel del fluido en el depósito hacia la entrada de la bomba, expresada en metros. La bomba está debajo del depósito,  $h_s$  es positiva.
- $h_f$  = pérdida de carga por fricción en la tubería de succión, en metros.
- $h_{vp}$  = presión de vapor del agua a la temperatura de bombeo, en metros.

Los fabricantes de bombas proporcionan datos acerca de la carga de succión positiva neta que se requiere para una operación satisfactoria. Se ha seleccionado una bomba que asegura que existe una  $\text{NPSH}_d$  lo suficientemente grande. Esto es,

$$\text{NPSH}_{\text{disponible}} > \text{NPSH}_{\text{requerida}}$$

El valor de la  $\text{NPSH}$  disponible depende de la naturaleza del fluido que se está bombeando, la tubería de succión, la ubicación del depósito del fluido y la presión aplicada al fluido en el depósito.

Si consideramos que desde la salida del depósito hasta la bomba solo contamos con dos codos de radio corto de 90°, válvula de compuerta y el efecto de salida de la bomba, junto con 5 metros de tubería, el valor de  $h_f$  para la tubería de succión vendrá determinado por las siguientes expresiones:

$$(h_f)_{\text{total}} = (h_f)_{\text{recto}} + (h_f)_{\text{acc}}$$

$$h_{f\text{recto}} = (4f) \frac{L V_2^2}{D 2g}$$

$$h_f = \sum K \frac{V_2^2}{2g}$$

$$h_{sp} = (P_1/\rho g) = 10'36 \text{ m.c.a}$$

$$h_s = 0$$

$h_f = 2'72 \text{ m.c.a}$ , (donde los coeficientes K de los codos, válvula de compuerta y la salida del tanque son 0'9, 0'2 y 0'5 respectivamente y 5 m de tramo recto).

$$h_{pv} = 0,238 \text{ m.c.a, presión de vapor del agua a } 20^\circ\text{C}.$$

Por tanto y aplicando la fórmula para el cálculo de la altura neta de succión positiva:

$$NPSH_d = h_{sp} + h_s - h_f - h_{vp} = 10'36 + 0 - 2'72 - 0'238 = 7'4 \text{ m}$$

Resulta una altura neta de succión positiva de 7'4 m. Luego, la bomba seleccionada debe presentar una NPSH inferior a este valor.

Finalmente, se selecciona la bomba con ayuda de las curvas suministradas por los fabricantes y recogidas en el anexo tablas, tablas 2.10.

De acuerdo con lo expuesto, se ha seleccionado una bomba, **ENR 125- 225**, tenemos que para una **altura útil de 45'66 m** y un **caudal de 240 m<sup>3</sup>/h**, se necesita una bomba de diámetro 225 de rodete y que trabaja a un rendimiento de 78%. Presenta un NPSH de 6'90 m aproximadamente y absorbe una potencia de 55 kw.

#### **1.7.3.4.- cálculo hidráulico desde punto p – depósito 1(T-1)**

Para realizar el cálculo de la presión que se le suministrará a la boquilla más desfavorable ubicada en el depósito, se han utilizado las mismas ecuaciones que en el apartado anterior por lo que para no caer en repeticiones tediosas y asegurar la claridad de la memoria de cálculo se procederá a indicar las cuestiones más relevantes. El procedimiento de cálculo de la presión que se suministrará se ha realizado aplicando la ecuación de Bernouilli en el tramo de tubería que comprende al punto P hasta la boquilla más desfavorable situada en el depósito 1. Considerando de este modo, que al satisfacer las condiciones de presión necesarias en la boquilla más alejada y de mayor altura, se satisfecerán la demanda de presión en las boquillas colindantes a ésta.

#### **- *Situación de la instalación***

Se ha determinado como sección 1 la bifurcación denominada punto P, mientras que la sección 2 se considera la boquilla más desfavorable del sistema de agua pulverizada.

#### **- *Situación de la boquilla más desfavorable:***

La boquilla más desfavorable se encuentra a 5 metros de altura (superando el diámetro del depósito), y a una distancia de la sección 1 de 11 metros.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA  
UNACOLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO  
FLUORHÍDRICO. B.2-ANEXO A LA MEMORIA: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

**- Variables conocidas del sistema**

Caudal circulante: 600 L/min.

Diámetro de Tubería: 0'150 m

$\rho_{H_2O}(20^\circ C) = 998 \text{ Kg/m}^3$

$\mu_{H_2O}(20^\circ C) = 1'79 \cdot 10^{-3}$

En el tramo de tubería en estudio no existe ninguna bomba que aporte energía al fluido, ni tampoco ningún otro sistema que retire energía por lo que la ecuación general derivada de la ecuación de Bernoulli queda expresada del modo siguiente:

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + z_2 - z_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \cdot g} + h_f = 0$$

**- Determinación de las secciones 1 y 2.**

$P_1 = 540000 \text{ Pas}$

$P_2 = \text{Desconocida}$

$Z_1 = 0$

$Z_2 = 5 \text{ m}$

$V_1 = V_2 = 0'566 \text{ m/s}$

$V_2 = V_1 = 0'566 \text{ m/s}$

**- Pérdidas de carga en tuberías y accesorios**

**Tabla 1.29.- Parámetros relativos a las pérdidas de carga**

accesorios	Cantidad	Coef. K	Total
codos 90°	7	0,5	3,5
reducción	1	0,43	0,43
entrada	1	0,5	0,5
ordinaria	1	1,5	1,5
tees	1		
Reynolds		4,85 · 10 <sup>4</sup>	
ε/D		0,0003	
(4f)		0,022	
Sumatorio K		5,93	
Hf accesorios		0,09688439	
Hf tubería		0,02635	
Hf total		0,123	

- ***Presión en Boquillas más desfavorable***

Una vez establecidos todos los valores del sistema en estudio, y utilizando las ecuaciones antes mencionadas, se obtiene una **presión de 490212'218 pascales**, por lo que se satisface la demanda de presión en el conjunto del sistema fijo de agua pulverizada, garantizando el buen funcionamiento.

**1.7.3.5.- Cálculo hidráulico desde punto p – depósito 3 (T-3)**

Dentro de este ramal perteneciente a las boquillas que protegerán el depósito 2 y el 3, la boquilla más desfavorable se encuentra situada en este último, por ser la más alejada al grupo de presión. Para realizar el cálculo de la presión que se le suministrará a dicha boquilla, se han utilizado las mismas ecuaciones que en los apartados anteriores de tal forma que se procederá a indicar las cuestiones más relevantes.

El procedimiento de cálculo de la presión que se suministrará se ha realizado aplicando la ecuación de Bernouilli en el tramo de tubería que comprende al punto P hasta la boquilla más desfavorable situada en el depósito 3. Considerando de este modo, que al satisfacer las condiciones de presión necesarias en la boquilla más alejada y de mayor altura, se satisfacerán la demanda de presión en las boquillas colindantes a ésta.

- ***Situación de la instalación***

Se ha determinado como sección 1 la bifurcación denominada punto P, mientras que la sección 2 se considera la boquilla más desfavorable del sistema de agua pulverizada en el depósito 3.

- **Situación de la boquilla más desfavorable:**

La boquilla más desfavorable se encuentra a 5 metros de altura (superando el diámetro del depósito), y a una distancia de la sección 1 de 30 metros.

- **Variables conocidas del sistema**

Caudal circulante: 1500 L/min.

Diámetro de Tubería: 0'150 m

$\rho_{H_2O}(20^\circ C) = 998 \text{ Kg/m}^3$

$\mu_{H_2O}(20^\circ C) = 1'79 \cdot 10^{-3}$

En el tramo de tubería en estudio no existe ninguna bomba que aporte energía al fluido, ni tampoco ningún otro sistema que retire energía por lo que la ecuación general derivada de la ecuación de Bernouilli queda expresada del modo siguiente:

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + z_2 - z_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \cdot g} + h_f = 0$$

- **Determinación de las secciones 1 y 2.**

P1 = 540000 Pas

P2 = Desconocida

Z1 = 0

Z2 = 5 m

V1 = V2 = 1'41 m/s

V2 = V1 = 1'41 m/s

- **Pérdidas de carga en tuberías y accesorios**

Como se vio anteriormente, se procede a recoger el número de accesorios, número de Reynolds, coeficiente de rugosidad relativa y los distintos coeficientes de pérdidas de carga a través de la tabla 1.30, donde se aprecia el valor de las pérdidas de carga en la instalación de red de tuberías.

**Tabla 1.30.- Parámetros relativos a las pérdidas de carga**

accesorios	Cantidad	Coef. K	Total
codos 90°	9	0,5	4,5
reducción	1	0,43	0,43
Entrada ordinaria	1	0,5	0,5
<hr/>			
Reynolds		1,15 · 10 <sup>5</sup>	
ε/D		0,0003	
(4f)		0,029	
<hr/>			
Sumatorio K		5,43	
Hf accesorios		0,55447118	
Hf tubería		0,5922	
Hf total		1,1467	

**- Presión en Boquillas más desfavorable**

Una vez establecidos todos los valores del sistema en estudio, y utilizando las ecuaciones antes mencionadas, se obtiene una **presión de 491879'984 pascales**, por lo que se satisface la demanda de presión en el conjunto del sistema fijo de agua pulverizada, garantizando el buen funcionamiento.

**1.7.3.5.- Cálculo hidráulico desde punto p – columna (V-1)**

Para las boquillas situadas en la columna V-1, se hará el mismo procedimiento que en los casos anteriores, considerando la boquilla más desfavorable la que se encuentra situada en la parte superior de la

columna a 17 metros de altura, por ser la más alejada al grupo de presión.

Para realizar el cálculo de la presión que se le suministrará a dicha boquilla y como se ha mencionado anteriormente, se han utilizado las mismas ecuaciones que en los apartados anteriores de tal forma que se procederá a indicar las cuestiones más relevantes.

El procedimiento de cálculo de la presión que se suministrará se ha realizado aplicando la ecuación de Bernoulli en el tramo de tubería que comprende al punto P hasta la boquilla más desfavorable situada en la columna. Considerando de este modo, que al satisfacer las condiciones de presión necesarias en la boquilla más alejada y de mayor altura, se satisfacen la demanda de presión en las boquillas colindantes a ésta.

- ***Situación de la instalación***

Se ha determinado como sección 1 la bifurcación denominada punto P, mientras que la sección 2 se considera la boquilla más desfavorable del sistema de agua pulverizada en la Columna.

- ***Situación de la boquilla más desfavorable:***

La boquilla más desfavorable se encuentra a 17 metros de altura y se encuentra a una distancia de la sección 1 de 20 metros.

- ***Variables conocidas del sistema***

Caudal circulante: 1900 L/min.

Diámetro de Tubería: 0'150 m

$\rho_{H_2O}(20^\circ C) = 998 \text{ Kg/m}^3$



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA  
UNACOLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO  
FLUORHÍDRICO. B.2-ANEXO A LA MEMORIA: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

---

$$\mu_{\text{H}_2\text{O}}(20^\circ\text{C}) = 1,79 \cdot 10^{-3}$$

En el tramo de tubería en estudio no existe ninguna bomba que aporte energía al fluido, ni tampoco ningún otro sistema que retire energía por lo que la ecuación general derivada de la ecuación de Bernoulli queda expresada del modo siguiente:

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + z_2 - z_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \cdot g} + h_f = 0$$

- **Determinación de las secciones 1 y 2.**

P1 = 540000 Pas	P2 = Desconocida
Z1 = 0	Z2 = 17 m
V1 = V2 = 1'49 m/s	V2 = V1 = 1'49 m/s

- **Pérdidas de carga en tuberías y accesorios**

Tabla 1.31.- Parámetros relativos a las pérdidas de carga

accesorios	Cantidad	Coef. K	Total
codos 90°	3	0,5	1,5
reducción	4	0,43	1,72
entrada ordinaria	1	0,5	0,5
tees	3	1,5	4,5
<b>Reynolds</b>		<b>1,46 · 10<sup>5</sup></b>	
<b>ε/D</b>		<b>0,0003</b>	
<b>(4f)</b>		<b>0,027</b>	
<b>Sumatorio K</b>			<b>8,22</b>
<b>Hf accesorios</b>			<b>1,3467</b>
<b>Hf tubería</b>			<b>0,5898</b>
<b>Hf total</b>			<b>1,9365</b>

- *Presión en Boquillas más desfavorable*

Una vez establecidos todos los valores del sistema en estudio, y utilizando las ecuaciones antes mencionadas, se obtiene una **presión de 328656'812 pascales**, por lo que se satisface la demanda de presión en el conjunto del sistema fijo de agua pulverizada, garantizando el buen funcionamiento.

---

## B.2.- ANEXOS A LA MEMORIA: 2.-TABLAS Y FIGURAS

---

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXOS A LA MEMORIA: TABLAS Y FIGURAS**

---

**1.- TABLAS Y FIGURAS: PROPIEDADES DEL AGUA**

**Tabla 1.1.- Propiedades del Agua en función del Temperatura**

<b>Temperatura T [°C]</b>	<b>Densidad agua [Kg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Calor específico Cp [J/kg.K]</b>	<b>Viscosidad <math>\mu</math> [Pa.s]</b>	<b>Tensión superficial. agua [N/m]</b>
0	999.8	421.76	1793x10 <sup>-6</sup>	0.07564
5	1000.0			
10	999.7	419.21	1307x10 <sup>-6</sup>	0.07423
15	999.1			
20	998.2	418.18	1002x10 <sup>-6</sup>	0.07275
25	997.0			
30	995.6	417.84	797.7x10 <sup>-6</sup>	0.07120
35	994.1			
40	992.2	417.85	653.2x10 <sup>-6</sup>	0.06960
45	990.2			
50	988.1	418.06	547.0x10 <sup>-6</sup>	0.06794
55	985.7			
60	983.2	418.43	466.5x10 <sup>-6</sup>	0.06624
65	980.6			
70	977.8	418.95	404.0x10 <sup>-6</sup>	0.06447
75	974.9			
80	971.8	419.63	354.4x10 <sup>-6</sup>	0.06267
85				
90	965.3	420.5	314.5x10 <sup>-6</sup>	0.06080
95				
100	958.4	421.59	281.8x10 <sup>-6</sup>	0.05891

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXOS A LA MEMORIA: TABLAS Y FIGURAS**

**Tabla 1.2.- Presión de vapor del Agua**

<i>T</i>	<i>P</i>	<i>T</i>	<i>P</i>	<i>T</i>	<i>P</i>
°C	mmHg	°C	mmHg	°C	mmHg
0	4,579	53	107,20	106	937,92
1	4,926	54	112,51	107	970,60
2	5,294	55	118,04	108	1 004,42
3	5,685	56	123,80	109	1 038,92
4	6,101	57	129,82	110	1074,56
5	6,543	58	136,08	111	1111,20
6	7,013	59	142,60	112	1148,74
7	7,513	60	149,38	113	1187,42
8	8,045	61	156,43	114	1227,25
9	8,609	62	163,77	115	1267,98
10	9,209	63	171,38	120	1 489,14
11	9,844	64	179,31	125	1 740,93
12	10,518	65	187,54	130	2 026,10
13	11,231	66	196,09	135	2 347,26
14	11,987	67	204,96	140	2 710,92
15	12,788	68	214,17	145	3 116,76
16	13,634	69	223,73	150	3 570,48
17	14,530	70	233,71	175	6 694,08
18	15,477	71	243,9	200	11 659,16
19	16,477	72	254,6	225	19 123,12
20	17,535	73	265,7	250	29 817,84
21	18,650	74	277,2	275	44 580,84
22	19,827	75	289,10	300	64 432,8
23	21,068	76	301,4	325	90 447,6

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXOS A LA MEMORIA: TABLAS Y FIGURAS**

<i>T</i>	<i>P</i>	<i>T</i>	<i>P</i>	<i>T</i>	<i>P</i>
°C	mmHg	°C	mmHg	°C	mmHg
24	22,377	77	314,1	350	124 001,6
25	23,756	78	327,3	360	139 893,2
26	25,209	79	341,0	365	148 519,2
27	26,739	80	355,11	366	150 320,4
28	28,349	81	369,7	367	152 129,2
29	30,043	82	384,9	368	153 960,8
30	31,824	83	400,6	369	155 815,2
31	33,695	84	416,8	370	157 692,4
32	35,663	85	433,62	371	159 584,8
33	37,729	86	450,9	372	161 507,6
34	39,898	87	468,7	373	163 468,4
35	42,175	88	487,1	374	165 467,2
36	44,563	89	506,1	374,11	165 808,0
37	47,067	90	525,76		

**2.-TABLAS Y FIGURAS PARA EL TRANSPORTE DE FLUIDOS:TUBERÍAS  
Y BOMBAS**

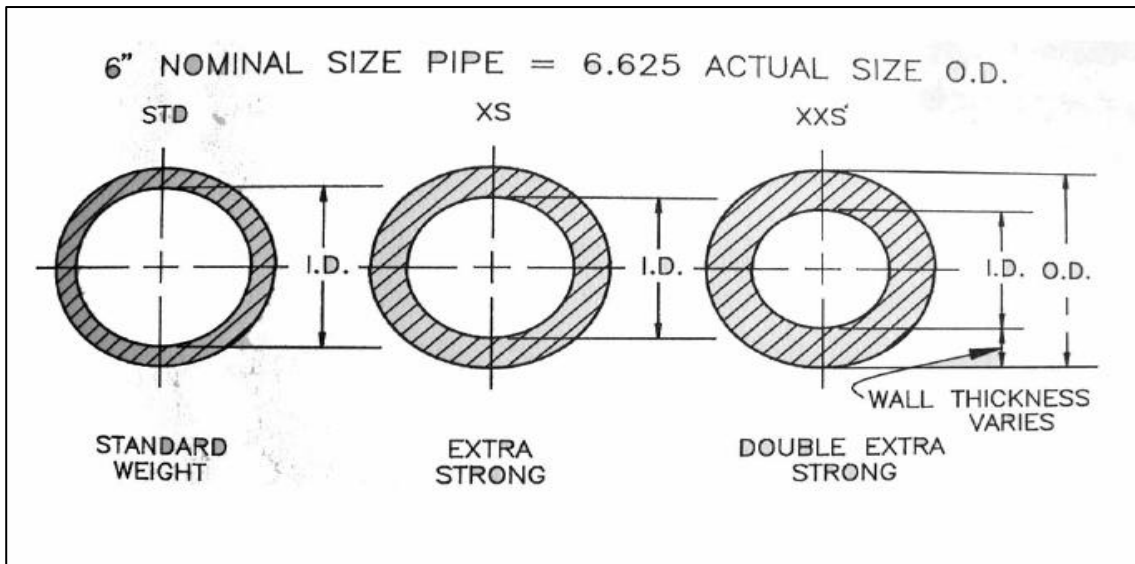
Tabla 2.1.- Velocidades recomendadas

Fluidos	Velocidad (m/s)
Agua en general	1 a 4
Agua caliente	2 a 3
Agua para turbinas	2 a 7
Fluidos viscosos	1 a 2
Gases a baja presión	3 a 10
Gases a alta presión	5 a 15
Aire comprimido	3 a 10
Vapor saturado	10 a 25

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXOS A LA MEMORIA: TABLAS Y FIGURAS**

Fluidos	Velocidad (m/s)
Vapor sobrecalentado	30 a 60

**Figura 2.2.- Diámetro nominal de la tubería y espesores nominales**



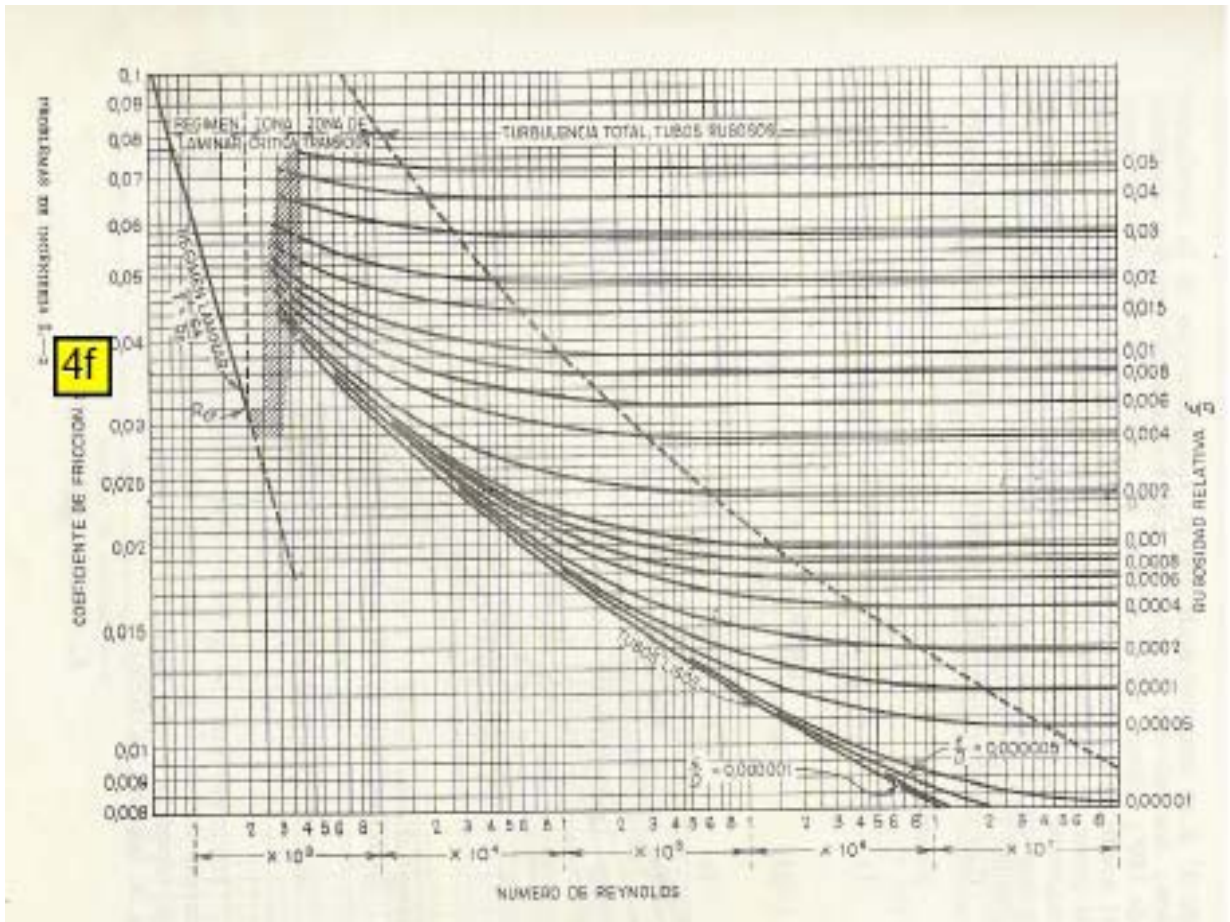
**Tabla 2.3.- Tamaños de tubo y espesores de pared nominales**

TABLA 1-1 Tamaños de tubo y espesores de pared nominales generalmente disponibles										
Unidades convencionales										
Tamaño nominal del tubo	Diámetro exterior (in)	Cédula o designación								
		5S	10S	Std	40	XS	80	120	160	XXS
¼	0.405	0.035	0.049	0.068	0.068	0.095	0.095			
¼	0.540	0.049	0.065	0.088	0.088	0.119	0.119			
½	0.675	0.065	0.065	0.091	0.091	0.126	0.126			
½	0.840	0.065	0.083	0.109	0.109	0.147	0.147			
¾	1.050	0.065	0.083	0.113	0.113	0.154	0.154		0.187	0.294
1	1.315	0.065	0.109	0.133	0.133	0.179	0.179		0.250	0.358
1¼	1.660	0.065	0.109	0.140	0.140	0.191	0.191		0.281	0.382
1½	1.900	0.065	0.109	0.145	0.145	0.200	0.200		0.281	0.400
2	2.375	0.065	0.109	0.154	0.154	0.218	0.218		0.344	0.436
2½	2.875	0.083	0.120	0.203	0.203	0.276	0.276		0.375	0.552
3	3.500	0.083	0.120	0.216	0.216	0.300	0.300		0.438	0.600
3½	4.000	0.083	0.120	0.226	0.226	0.318	0.318			0.636
4	4.500	0.083	0.120	0.237	0.237	0.337	0.337	0.438	0.531	0.674
5	5.563	0.109	0.134	0.258	0.258	0.375	0.375	0.500	0.625	0.750
6	6.625	0.109	0.134	0.280	0.280	0.432	0.432	0.562	0.719	0.864
8	8.625	0.109	0.148	0.322	0.322	0.500	0.500	0.594	0.906	0.875
10	10.75	0.134	0.165	0.365	0.365	0.500	0.594	0.719	1.125	1.000
12	12.75	0.156	0.165	0.375	0.406	0.500	0.688	0.844	1.312	1.000
14	14.00	0.156	0.250	0.375	0.438	0.500	0.750	1.094	1.406	
16	16.00	0.165	0.250	0.375	0.500	0.500	0.844	1.219	1.594	
18	18.00	0.165	0.188	0.375	0.562	0.500	0.938	1.375	1.781	
20	20.00	0.188	0.250	0.375	0.594	0.500	1.219	1.500	1.969	
24	24.00	0.218	0.250	0.375	0.688	0.500	1.219	1.812	2.344	
>24				0.375		0.500				

**PROYECTO FIN DE CARRERA:**  
**DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.**  
**B.2- ANEXOS A LA MEMORIA: TABLAS Y FIGURAS**

---

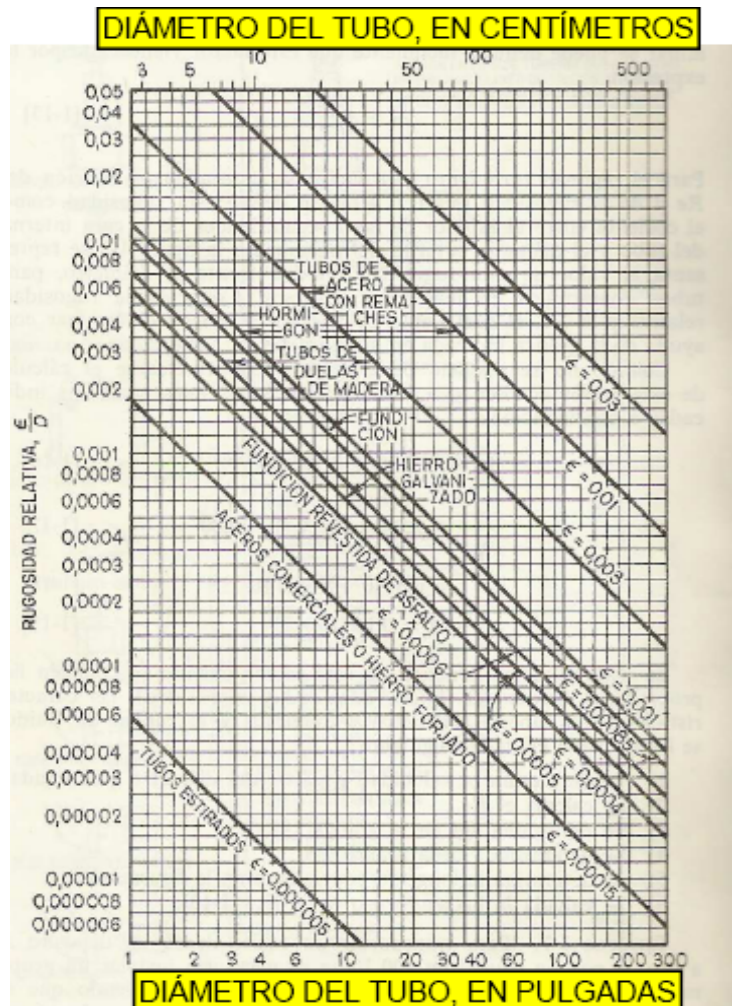
**Tabla 2.4.- Gráficos de Moody para el cálculo del coeficiente de fricción**





**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXOS A LA MEMORIA: TABLAS Y FIGURAS**

**Tabla 2.5.- Rugosidad Relativa**



**Tabla 2.6.- Valores del coeficiente de pérdida para accesorios de tuberías**

Accesorio	K	Leq/D
Válvula de g	10	350
Válvula de ángulo, completamente abierta	5	175
Empalme en T normal	1,8	67
Codo de radio corto	0,9	32
Codo de radio medio	0,75	27
Codo de radio largo	0,60	20
Codo de 45°	0,42	15
Válvula de compuerta		
- Completamente abierta	0	7
- entreabierta	2,06	72

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXOS A LA MEMORIA: TABLAS Y FIGURAS**

**Tabla 2.7.- Propiedades de los  
materiales**

156

<b>PROPIEDADES DE LOS MATERIALES ACERO AL CARBONO Y DE BAJO CONTENIDO DE ELEMENTOS DE ALEACION*</b>				
Forma	Composición nominal	Especificación		APLICACION
		Número	Grado	
Placa	C	SA-283	C	Calidad estructural. Para recipientes a presión puede usarse con limitaciones; ver nota 1
	C	SA-285	C	Calderas para servicio estacionario y otros recipientes a presión
	C - Si	SA-515	55	Principalmente para servicio a temperaturas media y alta
	C - Si	SA-515	60	- " -
	C - Si	SA-515	65	- " -
	C - Si	SA-515	70	- " -
	C - Si	SA-516	55	Para servicio a temperaturas moderada y baja
	C - Si	SA-516	60	- " -
	C - Mn - Si	SA-516	65	- " -
	C - Mn - Si	SA-516	70	- " -
Bridas y accesorios	C - Mn - Si	SA-105		Para servicio a alta temperatura
	C - Si	SA-181	I	Para servicio general
	C - Mn	SA-350	LF1	Para servicio a baja temperatura
	C - Mn - Si		LF2	
Tubería	C - Mn	SA-53	B	Para servicio general
	C - Mn	SA-106	B	Para servicio a alta temperatura
Tornillería	1Cr-1/5 Mo.	SA-193	B7	Para servicio a alta temperatura; tornillos pasantes de 2 1/2 pulg de diámetro o menos
		SA-194	2H	Para tuercas para servicio a alta temperatura
		SA-307	B	Tornillo de máquina para uso general
* Datos de los materiales de uso más frecuentes tomados de las normas ASME, secciones II y VIII.				

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXOS A LA MEMORIA: TABLAS Y FIGURAS**

Tabla 2.7.- Continuación

157

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES (Continuación)							
Forma	Especificación		Número P	Resistencia a la tensión 1000 lb/pulg <sup>2</sup>	Punto de cedencia, 1000 lb/pulg <sup>2</sup>		Ver notas
	Número	Grado					
PLACA	SA-283	C	1	55.0	30.0		1
	SA-285	C	1	55.0	30.0		2,6
	SA-515	55	1	55.0	30.0		3
	SA-515	60	1	60.0	32.0		3
	SA-515	65	1	65.0	35.0		3
	SA-515	70	1	70.0	38.0		3
	SA-516	55	1	55.0	30.0		3,8
	SA-516	60	1	60.0	32.0		3,8
	SA-516	65	1	65.0	35.0		3,8
	SA-516	70	1	70.0	38.0		3,8
BRIDAS Y ACCESORIOS	SA-105		1	70.0	36.0		2,3
	SA-181	I	1	60.0	30.0		2,3
	SA-350	LF1 1,2	1	60.0 70.0	30.0 36.0		--
Tubo sin costura	SA-53	B	1	60.0	35.0		2,3,4,7
	SA-106	B	1	60.0	35.0		3
TORNILLERIA	SA-193	B7		125.0	105.0	DIAM > 2 1/2 pulg y < 4 pulg	--
	SA-194	2H		55.0	--		--
	SA-307	B		55.0			5

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXOS A LA MEMORIA: TABLAS Y FIGURAS**

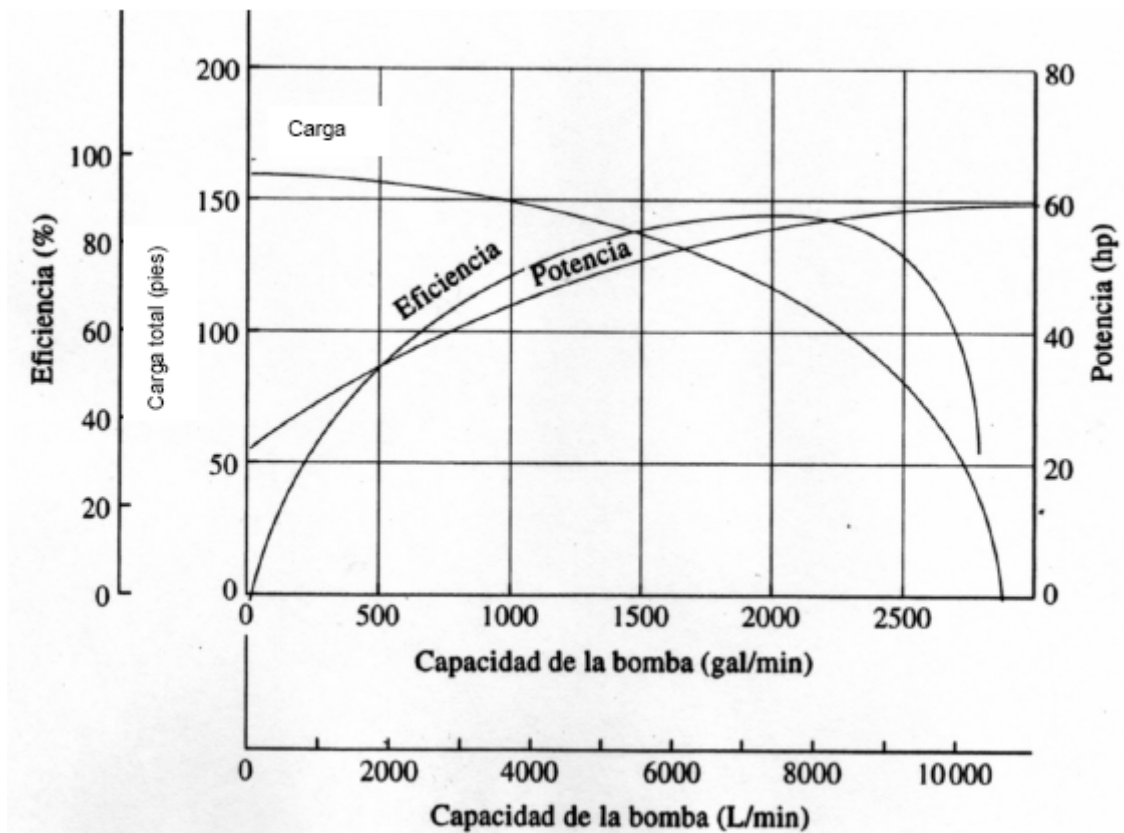
**Tabla 2.8.- Propiedades Acero al carbono**

159

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES: ACERO AL CARBONO Y DE BAJO CONTENIDO DE ELEMENTOS DE ALEACION Valores máximos de esfuerzo permitido a tensión 1000 lb/pulg <sup>2</sup> *												
Especificación		Para temperatura del metal no mayor de, grados F										
Número	Grado	- 20 a 650	700	750	800	850	900	950	1050	1100	1150	1200
SA-283	C	12.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SA-285	C	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	-	-	-	-	-
SA-515	55	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-515	60	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-515	65	16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-515	70	17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-516	55	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-516	60	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-516	65	16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-516	70	17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-105		17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-181	I	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-350	LF1	15.0	14.4	13.0	10.8	7.8	5.0	3.0	1.5	-	-	-
SA-350	LF2	17.5	16.6	14.8	12.0	7.8	5.0	3.0	1.5	-	-	-
SA-53	B	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	-	-	-	-	-
SA-106	B	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	-	-	-
SA-193	B7 ≤ 2½"	25.0	25.0	23.6	21.0	17.0	12.5	8.5	4.5	-	-	-
SA-194	2H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SA-307	B		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Los valores de esfuerzo de esta tabla pueden interpolarse para determinar los valores para temperaturas intermedias.

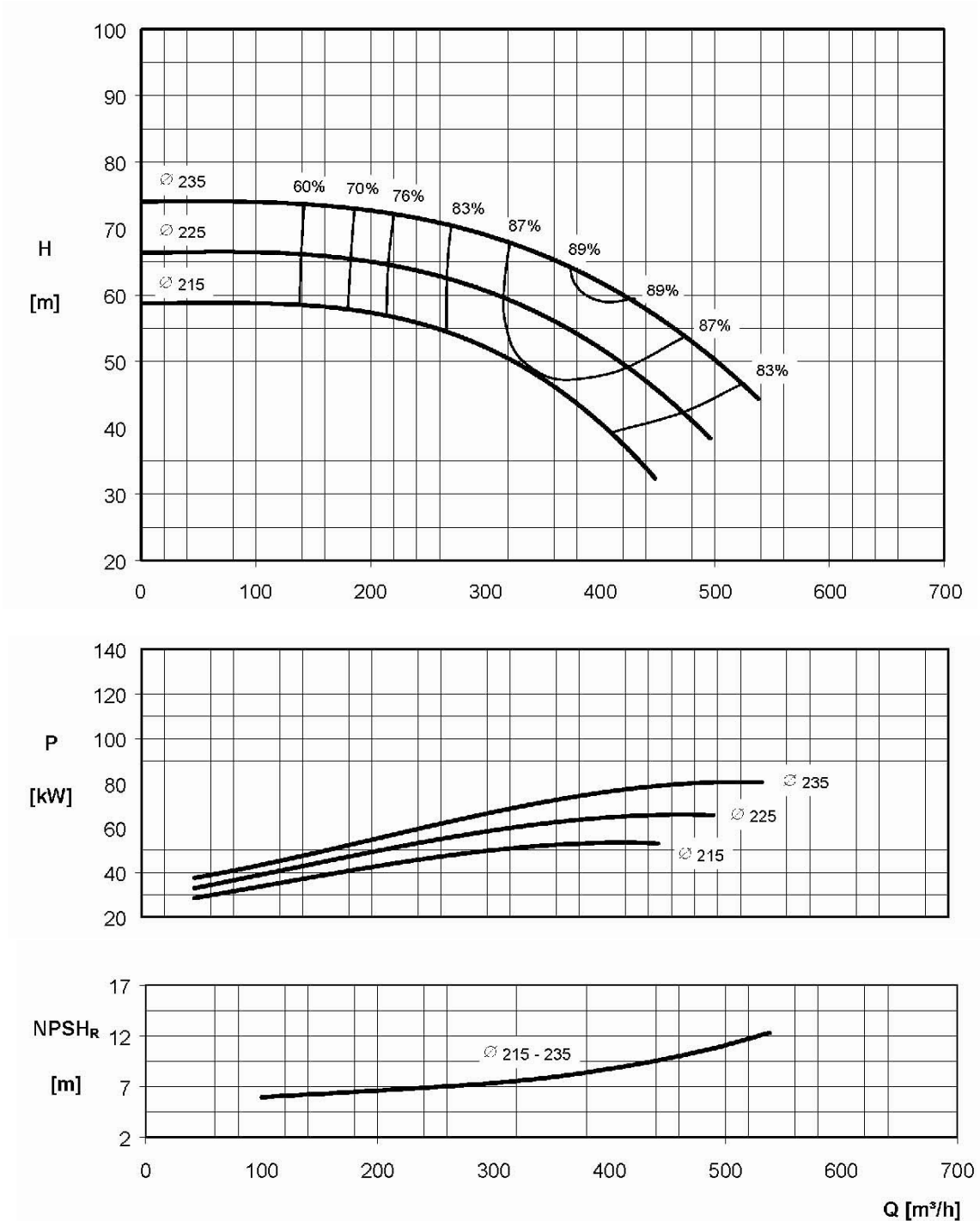
2.9.- Curva Típica de funcionamiento de la bomba





**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXOS A LA MEMORIA: TABLAS Y FIGURAS**

**Tabla 2.10.- Gráficas características de la bomba ENR- 125-250**



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXOS A LA MEMORIA: TABLAS Y FIGURAS**

**3.- TABLAS Y FIGURAS BOQUILLAS PULVERIZADORAS**

Tabla 3.1.- Boquillas pulverizadoras

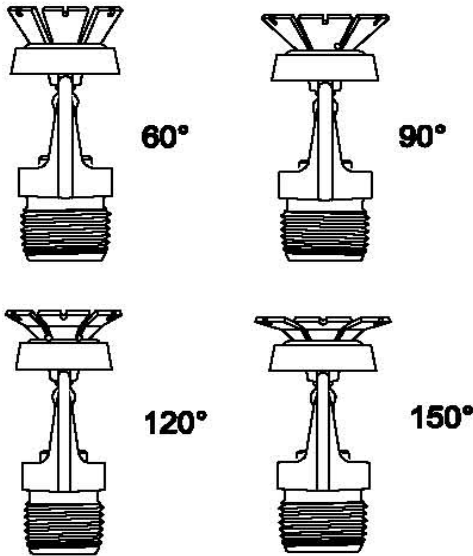
BOQUILLA PULVERIZADORA MODELO M	Tamaño rosca	Angulo de descarga	Factor K (métr.)
	½" NPT	60°	81
	½" NPT	90°	81
	½" NPT	120°	81
	½" NPT	150°	81
	½" NPT	60°	60
	½" NPT	90°	60
	½" NPT	120°	60
	½" NPT	150°	60
	½" NPT	60°	40
	½" NPT	90°	40
	½" NPT	120°	40
	½" NPT	150°	40
	½" NPT	60°	27
	½" NPT	90°	27
	½" NPT	120°	27
	½" NPT	150°	27
	½" NPT	60°	20
	½" NPT	90°	20
	½" NPT	120°	20
	½" NPT	150°	20

Tabla 3.2.- Distancia mínima entre el equipo de agua pulveriza y componentes eléctricos no aislados

Tensión Nom. línea (KV)	Tensión Nom. tierra (KV)	BIL Diseño (KV)	Distancia mín. (in)	Distancia mín. (mm)
hasta 15	hasta 9	110	7	178
23	13	150	10	254
34.5	20	200	13	330
46	27	250	17	432
69	40	350	25	635
115	66	550	37	939
138	80	650	44	1117
161	93	750	52	1320
196-230	114-132	900	63	1600
		1050	76	1930
287-380	166-220	1175	87	2209
		1300	98	2489
		1425	109	2768
		1550	120	3048
500	290	1675	131	3327
		1800	142	3606
500-700	290-400	1925	153	3886
		2100	168	4267
		2300	184	4673

---

## B.2.- ANEXO A LA MEMORIA: 3.-ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES

---



### **3.- ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES (AHA)**

#### **3.1. 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. A partir de estos análisis históricos es posible iniciar un análisis de riesgo tal y como el que se ha realizado en el presente proyecto, de tal manera 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 sido una explosión, ya sea: física, no confinada, confinada, de polvo, de aerosol, en masa o bleve, debido a la situación y al riesgo intrínseco que tiene la propia columna de rectificación y al estar situada dentro de una refinería, donde estos tipos de accidentes e incidentes son desgraciadamente algo muy común, tiene una índole importante.

### **3.2. 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".

### **3.2.1. 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.)

### **3.2.2. 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, se puede apreciar que su alcance es a nivel

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

---

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):

**Tabla 3.1.- Descripción de los Códigos del MHIDAS**

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, KAAAT, 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.
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 Resumen 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

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

CÓDIGO	CAMPO	DESCRIPCIÓN
		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
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 "Transport of Dangerous Goods. Recommendations of the Committee of Experts on the transport of Dangerous Goods" 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 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

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.1.: Descripción de los códigos de la Base de Datos "MHIDAS"*.

### 1. 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

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

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:

**Tabla 3.2.- Tipos y subtipos de incidentes**

	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.
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.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

---

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

## 2. Origen del incidente:

El campo denominado 'Origin' (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:

**Tabla 3.3.- Tipos de orígenes generales 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.

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".



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

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

**Tabla 3.4.- Tipos de orígenes específicos del incidente**

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



### 3. 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.

**Tabla 3.5.- Tipos de causas generales del incidente**

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

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.

### 4. 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.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

---

**Tabla 3.6.- Causas específicas por impacto**

<b>CAUSAS ESPECÍFICAS</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<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 barcazas)
SHIP/LAND	Colisión entre barco y tierra (incluidas barcazas)

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.

**Tabla 3.7.- Causas específicas por fallo mecánico**

<b>CAUSAS ESPECÍFICAS</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<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 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.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

---

**Tabla 3.8.- Causas específicas por factor humano**

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

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.

**Tabla 3.9.- Causas específicas por fallo de instrumentación**

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

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.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

---

**Tabla 3.10.- Causas específicas por fallo de servicio**

<b>CAUSAS ESPECÍFICAS</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<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

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.

**Tabla 3.11.- Causas específicas por Reacción Violenta**

<b>CAUSAS ESPECÍFICAS</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<i>VREACTIO</i>	<i>Reacción violenta</i>
INTNLFIRE	Combustión interna
CONEXP	Explosión confinada
RUNAWAY	Reacción fuera de control

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.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

---

**Tabla 3.12.- Causas específicas por factor externo**

<b>CAUSAS ESPECÍFICAS</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<i>EXTERNAL FACTOR</i>	<i>Factor externo</i>
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

## **5. 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 'número 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 'número 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 'número 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.

## **6. 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

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

---

pueden dividir en varios tipos específicos. En la tabla siguiente se definen los diferentes tipos de fuentes de ignición utilizados:

**Tabla 3.13.- Fuentes de Ignición**

<b>FUENTE de IGNICIÓN</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
NONIGNITE - NON-IGNITE	Sin ignición
AUTOIGNITE - AUTOIGNITION	Auto ignición
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
VEHHAUSTS	Escapes de vehículos
STEAMPIPE	Tuberías de vapor (líneas de proceso)

### **3.3.- 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 (véase Tabla 3.2.- “Tipos y subtipos de incidentes”, por incidente se entenderá cualquier tipo de explosión).

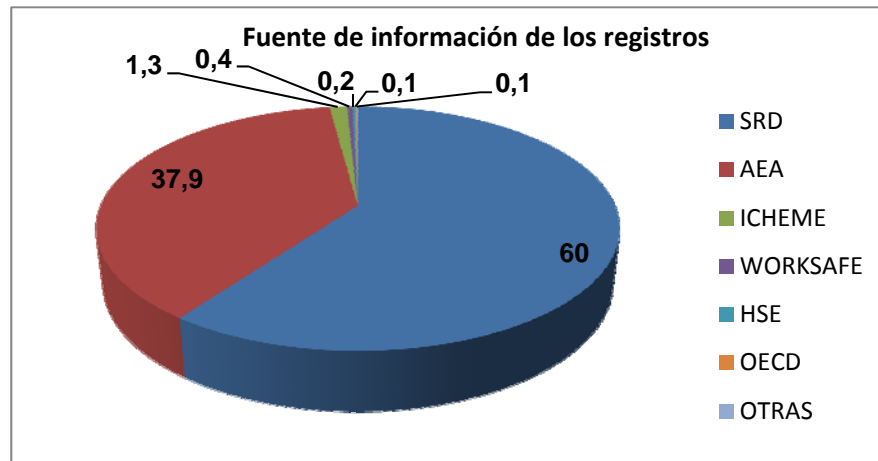
#### **3.3.1. Fuente del registro**

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

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

**Tabla 3.14.- Fuente de información de los registros**

<b>FUENTE DE INFORMACIÓN DE LOS REGISTROS</b>		
<b>Nombre de la fuente</b>	<b>Nº Registro</b>	<b>% sobre el total</b>
<b>SRD</b>	1744	60
<b>AEA</b>	1100	37,9
<b>ICHEME</b>	37	1,3
<b>WORKSAFE</b>	13	0,4
<b>HSE</b>	5	0,2
<b>OECD</b>	3	0,1
<b>OTRAS</b>	4	0,1
<b>TOTAL</b>	<b>2906</b>	<b>100</b>



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.

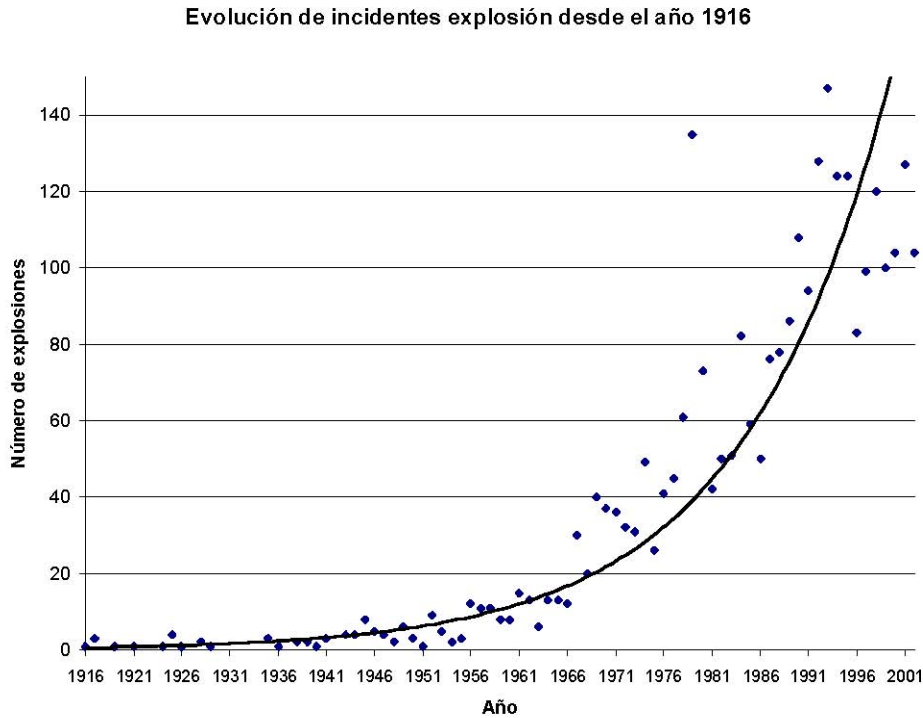
**3.3.2. Fecha del incidente**

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.



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

**Figura 3.15.- 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.

**Tabla 3.16.- Explosiones por décadas naturales**

<b>EXPLOSIONES POR DÉCADAS NATURALES</b>			
Décadas Naturales	Nº registros	crecimiento	% sobre el total
Del 1/1/1916 al 31/12/1925	11		0,38

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

---

<b>EXPLOSIONES POR DÉCADAS NATURALES</b>			
<b>Décadas Naturales</b>	<b>Nº registros</b>	<b>crecimiento</b>	<b>% sobre el total</b>
Del 1/1/1926 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>

Se puede observar que los incidentes ocurridos en los últimos 18 años, 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 de los tiempos muy acusados en estas últimas décadas. Es decir, aun 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.

### **3.3.3. Densidad de población**

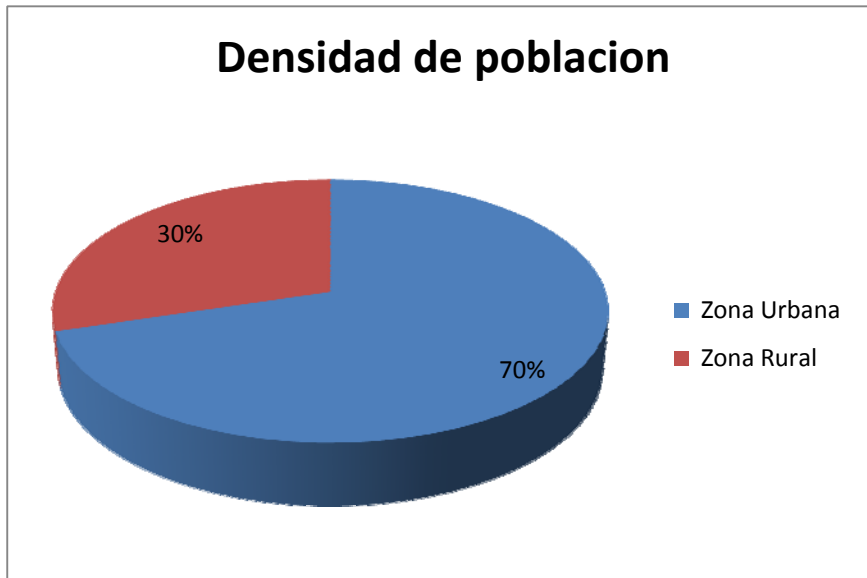
La siguiente tabla resume los datos estadísticos referentes a este campo:

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

---

**Tabla 3.17.- Densidad de Población**

Tipo de población	Nº registros	% sobre total	% sobre total conocido
Zona Urbana	626	21,54	70,26
Zona Rural	265	9,12	29,74
Desconocidos	2015	69,34	---
<b>TOTAL</b>	<b>2906</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>



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.

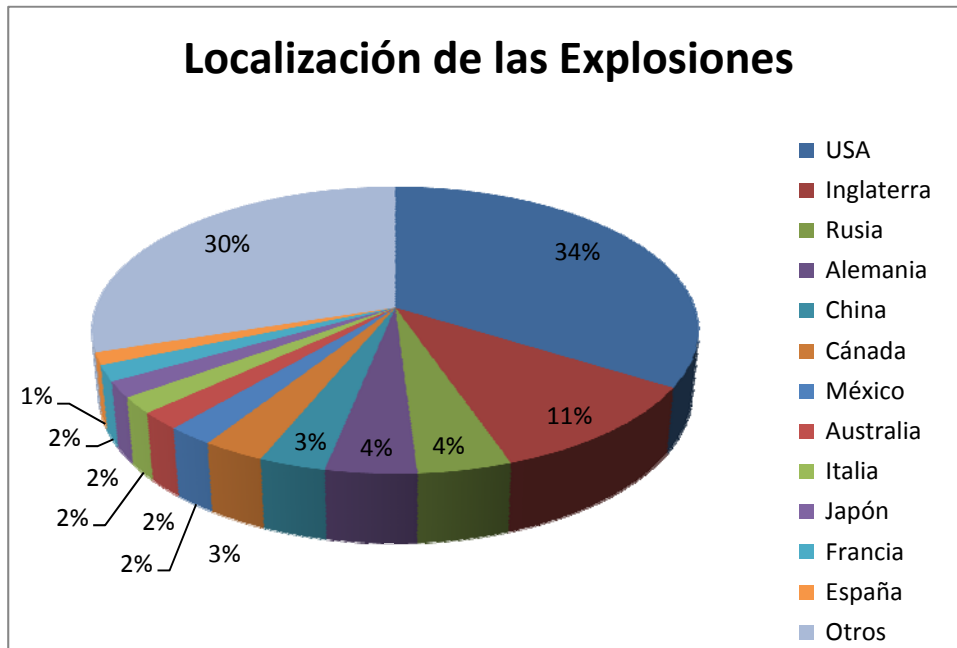
#### **3.3.4. Localización de los incidentes**

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:

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

**Tabla 3.18.- Localización del incidente**

	Nº Registros	% sobre el total
Localización conocida	2888	99,38
Localización desconocida	18	0,62
<b>TOTAL</b>	<b>2906</b>	<b>100,00</b>
<b>USA</b>	976	33,80
<b>Inglaterra</b>	314	10,87
<b>Rusia</b>	125	4,33
<b>Alemania</b>	121	4,19
<b>China</b>	89	3,08
<b>Cánada</b>	83	2,87
<b>México</b>	62	2,15
<b>Australia</b>	57	1,97
<b>Italia</b>	53	1,84
<b>Japón</b>	52	1,80
<b>Francia</b>	52	1,80
<b>España</b>	40	1,39
<b>Otros</b>	864	29,92
<b>TOTAL</b>	<b>2888</b>	<b>100,00</b>



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

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

---

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.

### **3.3.5. 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:

**Tabla 3.19.- Sustancias Comburentes causantes de la explosión**

<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>

La principal sustancia involucrada en explosiones con un 15,4% del total de registros conocidos es el petróleo (crudo) y sus derivados de

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

---

menos importancia. Cabe destacar que una gran parte de las sustancias arriba reflejadas (gasolina, gasóleo, LPG, etc.) también son derivados del petróleo. Por tanto es de vital importancia, tener constancia de la peligrosidad de la instalación objeto del proyecto, puesto que los posibles incidentes que pueden ocurrir en dicha instalación, pueden ser originados en instalaciones colindantes. Este hecho hace que se hayan considerado las siguientes sustancias, en parte por lo anterior mencionado y por su importancia y a su peligrosidad intrínseca, son el Gas Natural, los explosivos, los disolventes y el LPG.

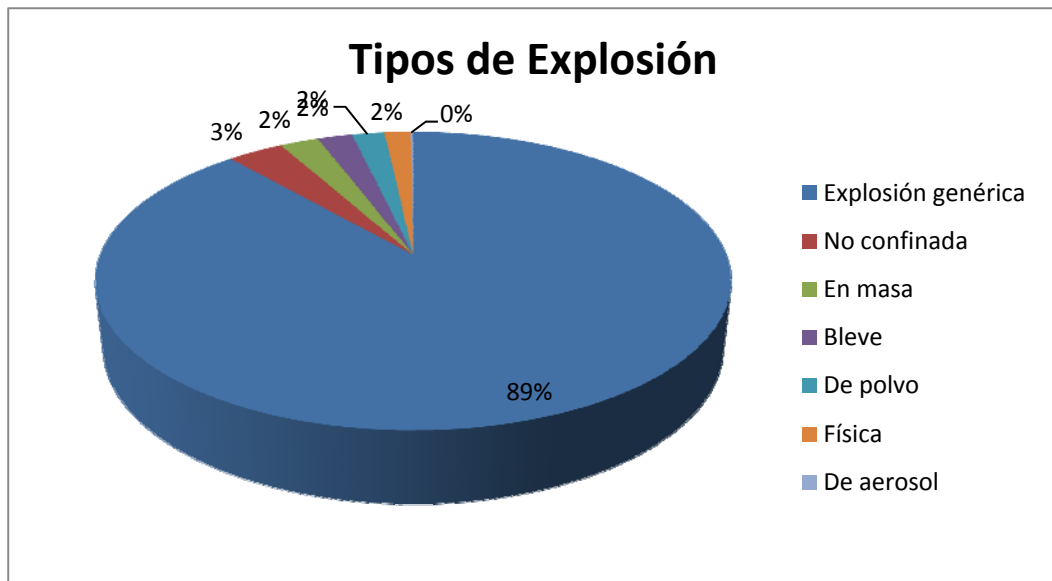
Si tenemos en cuenta que en un mismo incidente, se pueden registrar más de una sustancia, el riesgo es mayor en una instalación petrolífera, por la variedad de compuestos derivados del petróleo, ya que una sustancia puede ser la iniciadora de la explosión, mientras que otra/s que estén registradas en el mismo incidente participen por causas secundarias (proximidad, formar parte del mismo proceso, etc.)

### **3.3.6. 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 3.20.- Tipos de Explosión**

<b>TIPOS DE EXPLOSIÓN</b>	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total conocido</b>
Explosión genérica	2572	88,51
No confinada	98	3,37
En masa	68	2,34
Bleve	61	2,10
De polvo	57	1,96
Física	46	1,58
De aerosol	4	0,14
<b>TOTAL</b>	<b>2906</b>	<b>100,00</b>



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 puede dar la idea que clasificar la tipología de una explosión no es fácil.

### **3.3.7. Origen genérico de los incidentes**

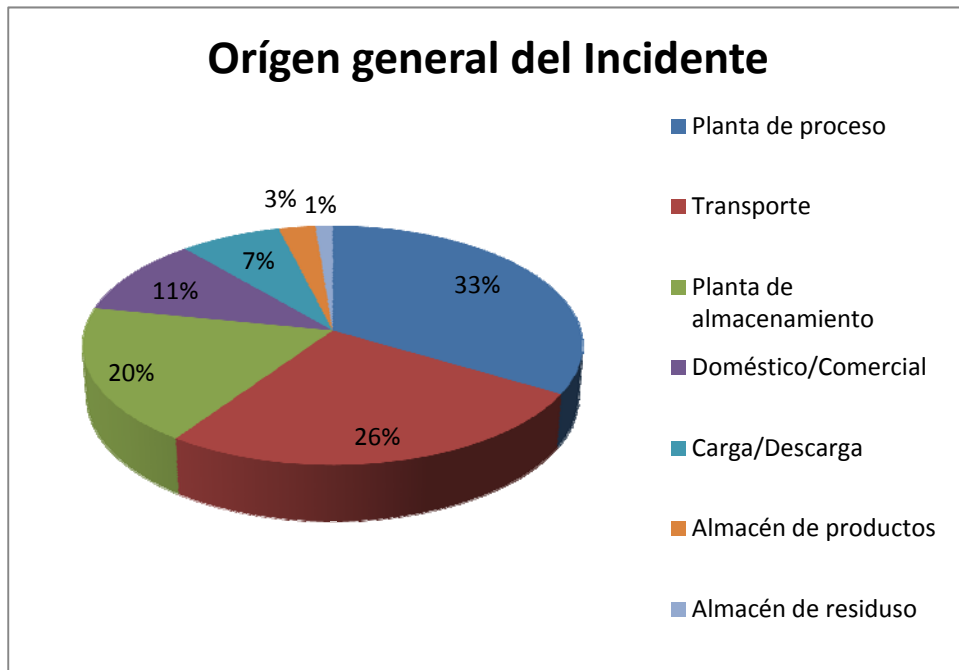
A continuación, se tabulan los valores estadísticos extraídos del análisis de los registros, efectuando su representación en un diagrama de pastel (dicho tipo de representación es posible dado que se asigna a cada incidente un único valor de origen general del incidente), ya que como se vio en anteriormente,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

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

**Tabla 3.21.- Origen General del Incidente**

<b>ORÍGEN GENERAL DEL INCIDENTE</b>		
	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total</b>
Origen general conocido	2849	98,04
Origen general desconocido	57	1,96
<b>TOTAL</b>	<b>2906</b>	<b>100,00</b>

	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total conocido</b>
Planta de proceso	953	33,45
Transporte	745	26,15
Planta de almacenamiento	527	18,50
Doméstico/Comercial	302	10,60
Carga/Descarga	210	7,37
Almacén de productos	76	2,67
Almacén de residuos	36	1,26
<b>TOTAL</b>	<b>2849</b>	<b>100,00</b>



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,



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

---

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.

### **3.3.8. Origen específico de los incidentes**

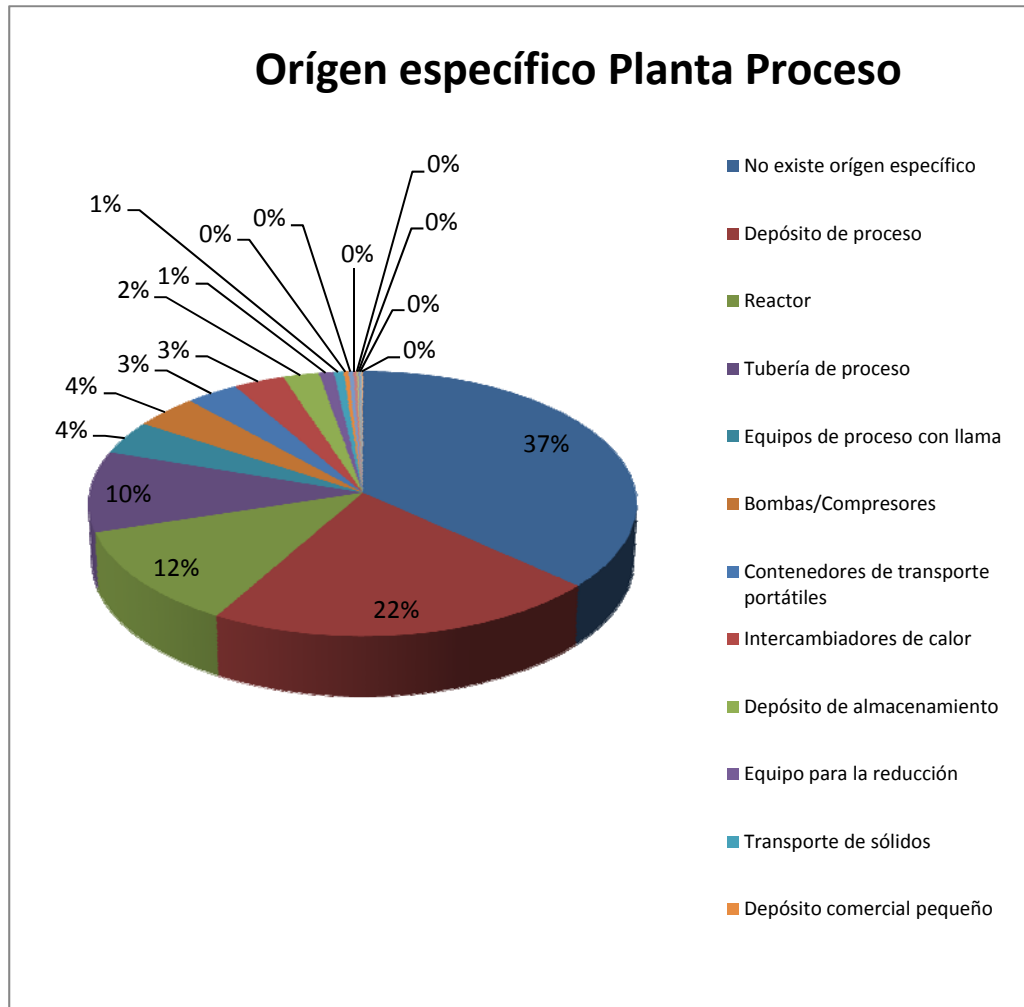
A continuación, se pasan a analizar los orígenes específicos de los incidentes que tengan una descripción específica. Únicamente van a analizarse aquellos orígenes específicos asociados a la industria química (queda exento el análisis de doméstico/comercial).

#### ***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:

**Tabla 3.22.- Origen específico en planta de proceso**

Origen general	Nº registros	% sobre total
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>



El análisis de los orígenes específicos para Planta de Proceso muestra que un 36,6% de los incidentes que tienen origen en las **Plantas de Procesos** 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%),

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

---

tubería exterior (0,2%), barcaza (0,1%), almacenamiento de sólidos (0,1%), subestación (0,1%) y tanque contenedor (0,1%).

### **3.3.9. 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:

**Tabla 3.23.- Causas generales del incidente**

<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>

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.

### **3.3.10. 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.

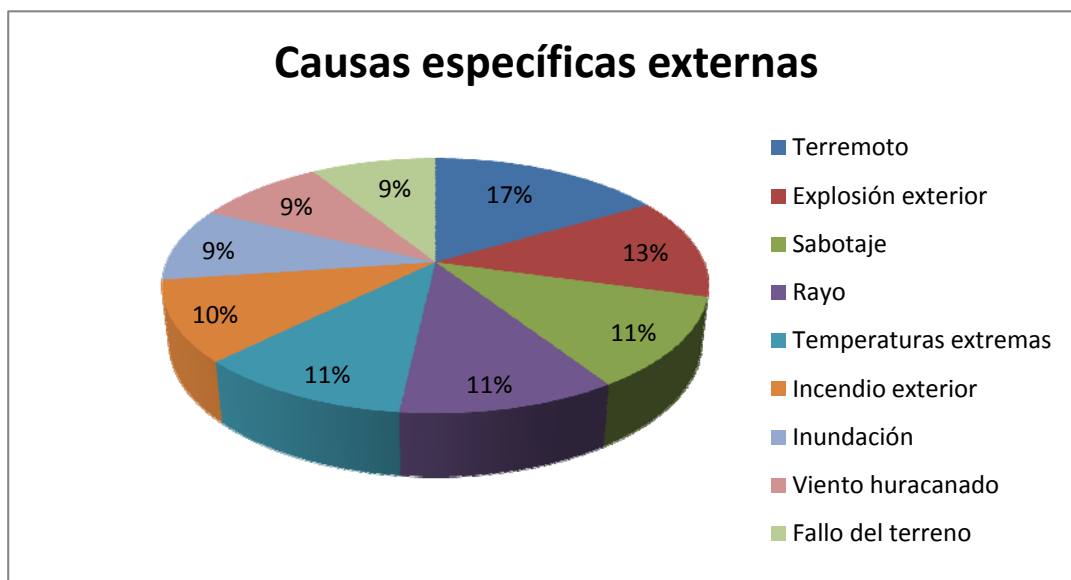
### **Causas específicas externas**

**Tabla 3.24.- Causas específicas externas**

<b>Causa específica</b>	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total</b>
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

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

Causa específica	Nº registros	% sobre total
Fallo del terreno	163	8,82
<b>TOTAL</b>	<b>1849</b>	<b>100,00</b>



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%.

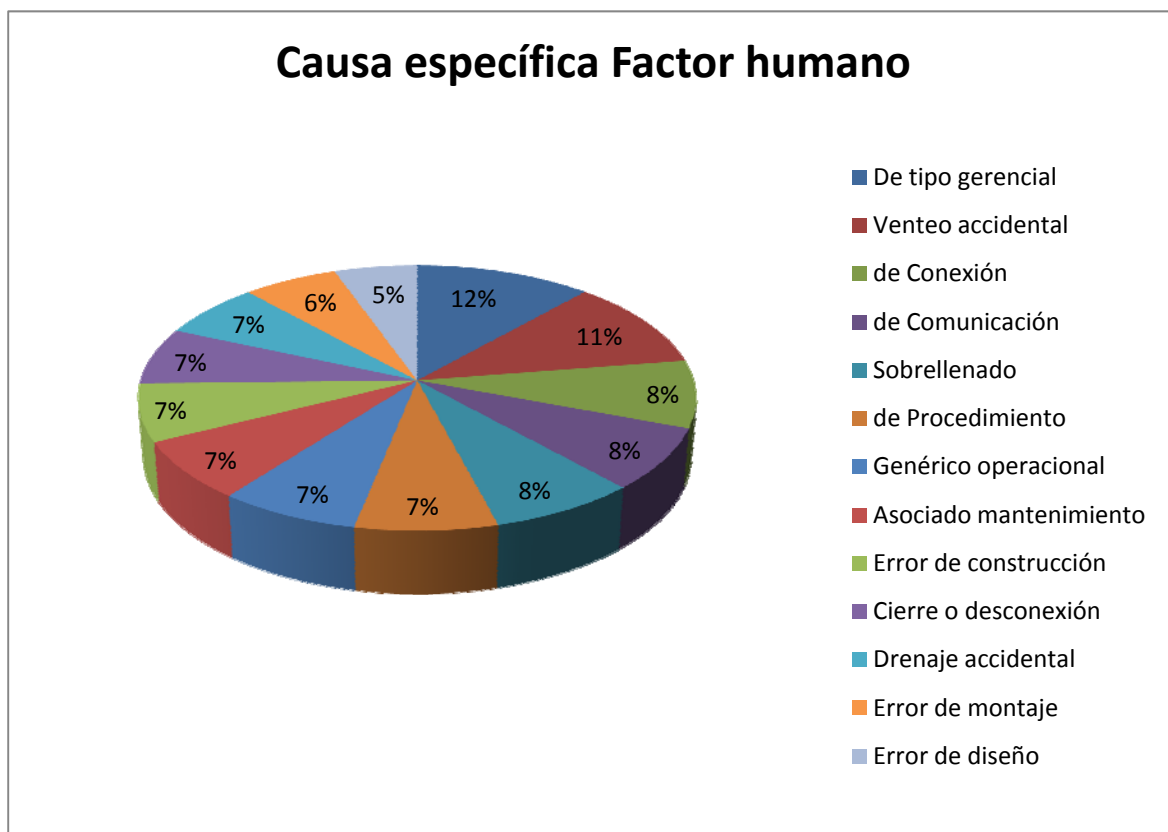
### Causas específicas por factor humano

**Tabla 3.25.- Causas específicas Factor humano**

Causa específica	Nº registros	% sobre total
De tipo gerencial	208	11,59
Venteo accidental	196	10,93
de Conexión	147	8,19
de Comunicación	136	7,58
Sobrellenado	136	7,58
de Procedimiento	131	7,30
Genérico operacional	130	7,25
Asociado mantenimiento	129	7,19

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

Causa específica	Nº registros	% sobre total
Error de construcción	126	7,02
Cierre o desconexión	124	6,91
Drenaje accidental	121	6,74
Error de montaje	112	6,24
Error de diseño	98	5,46
<b>TOTAL</b>	<b>1794</b>	<b>100,00</b>



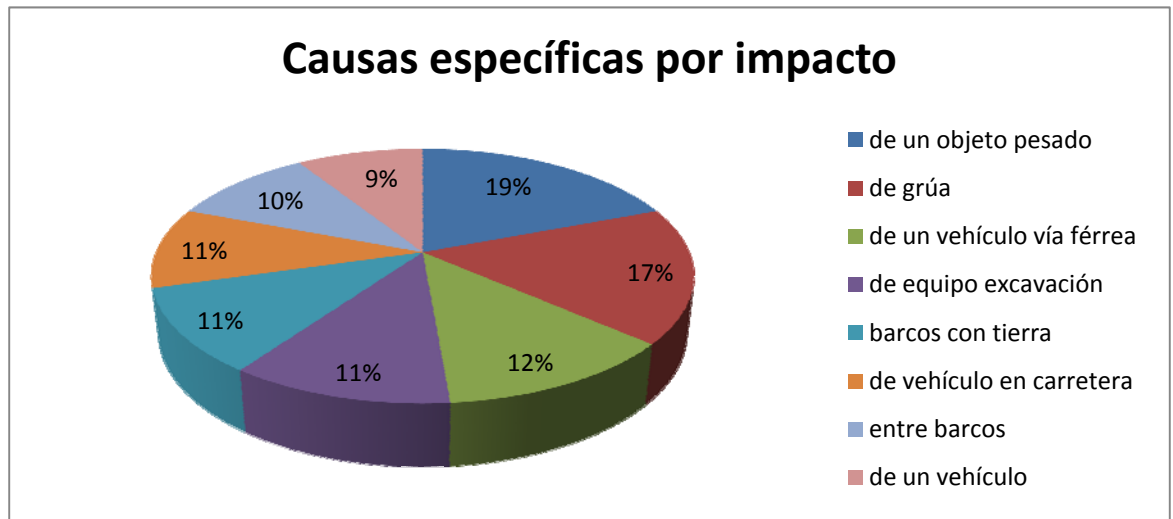
Las causas específicas por error humano más registradas son: las de tipo gerencial con un 12%, venteo accidental con un 11% y de conexión, de comunicación y de sobrellenado con un 8%. Una gran parte de éstas podrían ser debidas a “despiste” del operario o a una mala gestión/organización por parte del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

**Causas específicas de fallo por impacto**

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

**Tabla 3.26. Tabla específica fallo por impacto**

Causa específica	Nº registros	% sobre total
de un objeto pesado	185	19,19
de grúa	166	17,22
de un vehículo vía férrea	118	12,24
de equipo excavación	108	11,20
barcos con tierra	103	10,68
de vehículo en carretera	99	10,27
entre barcos	98	10,17
de un vehículo	87	9,02
<b>TOTAL</b>	<b>964</b>	<b>100,00</b>



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%.

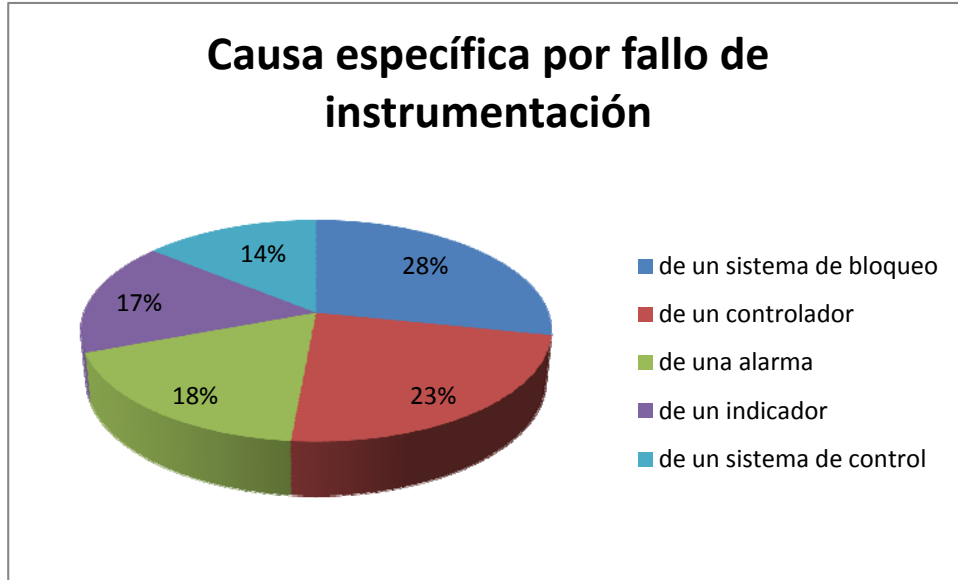
### Causas específicas de fallo de instrumentación

**Tabla 3.27.- Causas específicas por fallo de instrumentación**

Causa específica	Nº registros	% sobre total
de un sistema de bloqueo	68	28,22
de un controlador	56	23,24
de una alarma	43	17,84
de un indicador	40	16,60

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

Causa específica	Nº registros	% sobre total
de un sistema de control	34	14,11
<b>TOTAL</b>	<b>241</b>	<b>100,00</b>



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

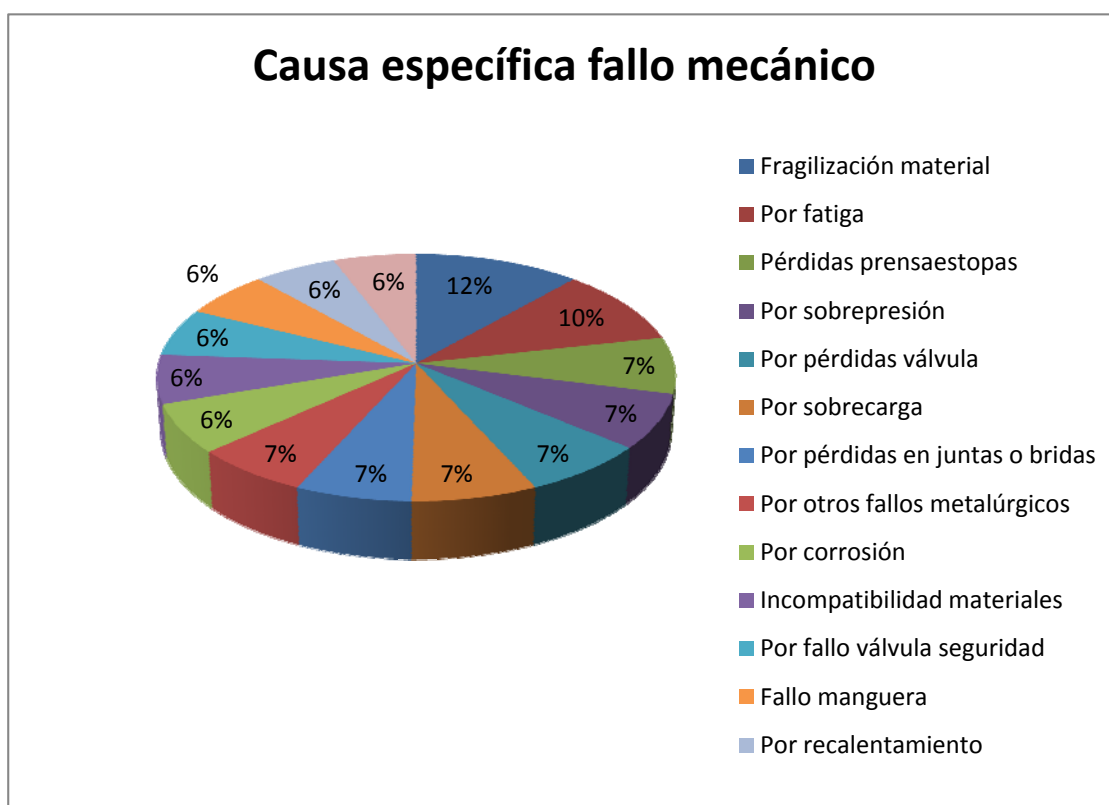
**Tabla 3.28.- Causas específicas por fallo mecánico**

Causa específica	Nº registros	% sobre total
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



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

Causa específica	Nº registros	% sobre total
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>



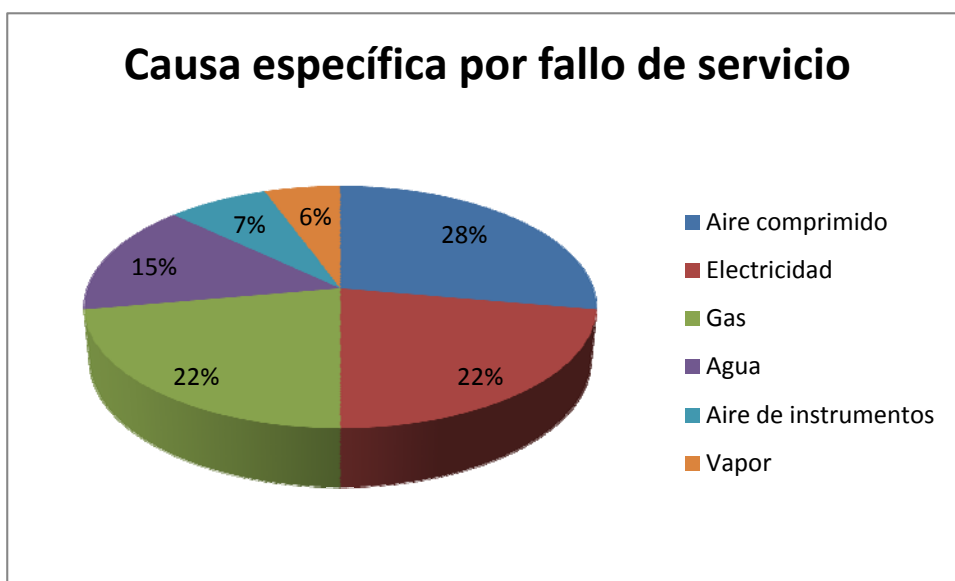
Aunque los fallos mecánicos están bastante equilibrados, alrededor del 7%, se puede observar como la fragilización del material y la fatiga de éste son las principales causas específicas por fallo mecánico. Aunque también cabe destacar que casi todos los fallos mecánicos poseen un porcentaje muy igualado.

### **Causas específicas de fallo por servicios generales**

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

**Tabla 3.29.- Causas específicas por fallo de servicios generales**

Causa específica	Nº registros	% sobre total
Aire comprimido	15	27,78
Electricidad	12	22,22
Gas	12	22,22
Agua	8	14,81
Aire de instrumentos	4	7,41
Vapor	3	5,56
<b>TOTAL</b>	<b>54</b>	<b>100,00</b>

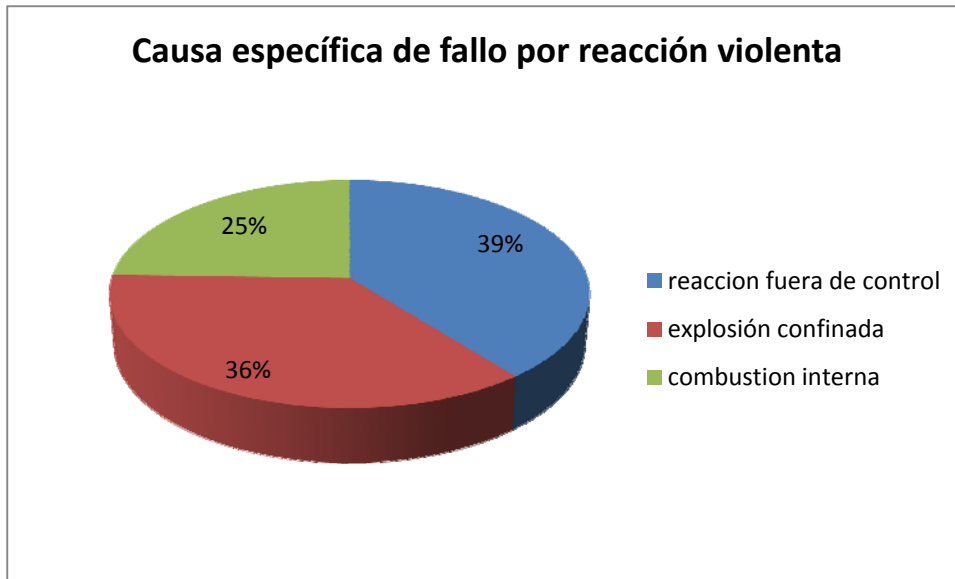


Dentro de las causas específicas por fallo de servicios, sobresalen el fallo de servicio por: aire comprimido (28%), electricidad (22%) y gas (22%).

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

**Tabla 3.30.- Causas específicas de fallo por reacción violenta**

Causa específica	Nº registros	% sobre total
Reacción fuera control	197	39,32
Explosión confinada	181	36,13
Combustión interna	123	24,55
<b>TOTAL</b>	<b>501</b>	<b>100,00</b>



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%.

### **3.3.11. Cantidad de sustancia**

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

**Tabla 3.31.- Cantidad de sustancia involucrada**

<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>

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

---

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.

### **3.3.12. 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:

**Tabla 3.32.- Daños provocados**

<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>	2906	100,00
	<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>	473	100,00

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 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.

### **3.3.13. 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:

**Tabla 3.33.- Población afectada por el incidente**

<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>	2906	100,00

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 conocen y son mayores que 0.

### **Número de muertos provocados por el incidente**

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

---

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:

**Tabla 3.34.- Muertos provocados por el incidente**

<b>MUERTOS PROVOCADOS POR EL INCIDENTE</b>		
	<b>Nº registros</b>	<b>% sobre total</b>
Número de muertos conocido ( $\geq 0$ )	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>

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

**Tabla 3.35.- 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 ( $\geq 0$ )	1645	56,60
Nº de heridos no conocido	1261	43,40
<b>TOTAL</b>	2906	100,00

	<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>	1645	100,00

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

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

---

**Tabla 3.36.- Evacuados provocados por el incidente**

**EVACUADOS PROVOCADOS POR EL INCIDENTE**

	Nº registros	% sobre total
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>

	Nº registros	% sobre total conocido
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>

Se observa que el número de evacuados conocido es bajo con un 20%, aproximadamente. Esto puede significar que el número de afectados 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.

### **3.3.14. Fuente de ignición**

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



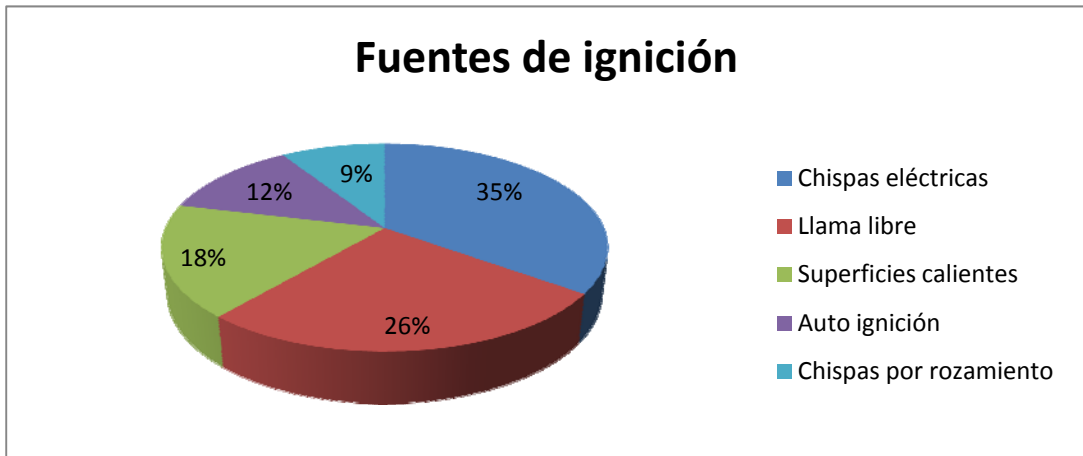
**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES**

**Tabla 3.37.- Fuentes de ignición**

**FUENTES DE IGNICIÓN CLASIFICADAS SEGÚN TIPOS BÁSICOS**

	Nº registros	% sobre total
Fuente de ignición conocida	475	16,35
Fuente de ignición desconocida	2431	83,65
<b>TOTAL</b>	<b>2906</b>	<b>100,00</b>

	Nº registros	% sobre total
Chispas eléctricas	166	34,95
Llama libre	125	26,32
Superficies calientes	83	17,47
Auto ignición	58	12,21
Chispas por rozamiento	43	9,05
<b>TOTAL</b>	<b>475</b>	<b>100,00</b>



Se observa como las principales fuentes de ignición con un (36%) son las chispas eléctricas 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.

---

## B.2.-ANEXO A LA MEMORIA:

---

### 4.-CONDICIONES CLIMÁTICAS DE SAN ROQUE

---

## **4. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO**

### **4.1. INTRODUCCION**

A través del análisis y estudio climatológico de San Roque podremos conocer a qué condiciones y factores medioambientales se expone la instalación. Por tanto, se podrá estimar, en mayor o menor grado, los riesgos intrínsecos de la zona, y de esta forma realizar un diagnóstico más veraz en la identificación de riesgos.

### **4.2. CLIMATOLOGIA**

El clima es un recurso natural integrado por un complejo conjunto de factores, siendo los más interesantes para este proyecto los siguientes: el régimen de precipitaciones, la temperatura, los movimientos de masas de aire y la insolación.

El clima de Andalucía, aunque muy diverso, queda definido por su mediterraneidad: su carácter cálido (temperatura media anual de 16'8°C) y la escasez relativa de precipitaciones (media anual de 630 mm), fenómeno que encuentra en la estación estival su expresión más característica como es la coincidencia del periodo de máximas temperaturas (medias superiores a 26°C) con el de menor precipitación (inferior a 50mm).

El carácter limitativo del clima mediterráneo es el déficit hídrico, al que se hace frente mediante una regulación de las aportaciones de las estaciones lluviosas. El régimen de precipitación incide también como determinante en los procesos de erosión y por otro lado su carácter torrencial es causa de fenómenos de inundación. Junto a estas limitaciones, la climatología mediterránea se considera beneficiosa en otros aspectos. En el caso de la agricultura, la insolación y la escasez de

heladas influyen favorablemente en el desarrollo de los cultivos.

Por tanto, la localización de San Roque, que hace que presente niveles importantes de radiación solar, junto con la cercanía del mar que actúa como regulador térmico condiciona unos niveles climáticos de confort aceptables.

#### **4.2.1. Características generales**

A continuación se detallan las condiciones del clima de San Roque, según su temperatura, precipitación, régimen de vientos, humedad ambiental y los condicionantes microclimáticos:

##### **4.2.1.1. Temperaturas**

**Subregión fitoclimática:** San Roque se encuentra en la subregión denominada MEDITERRÁNEA SUBHUMEDA ATLÁNTICA, a continuación se muestra el mapa de las distintas subregiones fitoclimáticas que se dan en la región andaluza. El índice de insolación anual se encuentra entre las 1800 y 3000 horas; mientras que el índice de heladas presenta una media de un día al año. La oscilación térmica no es muy acusada, situada entorno a los 11-12 °C. En cuanto a la temperatura media anual San Roque oscila entre los 17-19 °C. Las temperaturas son suaves por regla general, aunque se presentan algunos días picos en la estación estival con máximas muy elevadas.

Las cifras más significativas del clima de San Roque se resumen en el siguiente cuadro.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁC. FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: CONDICIONES CLIMATICAS SAN ROQUE**

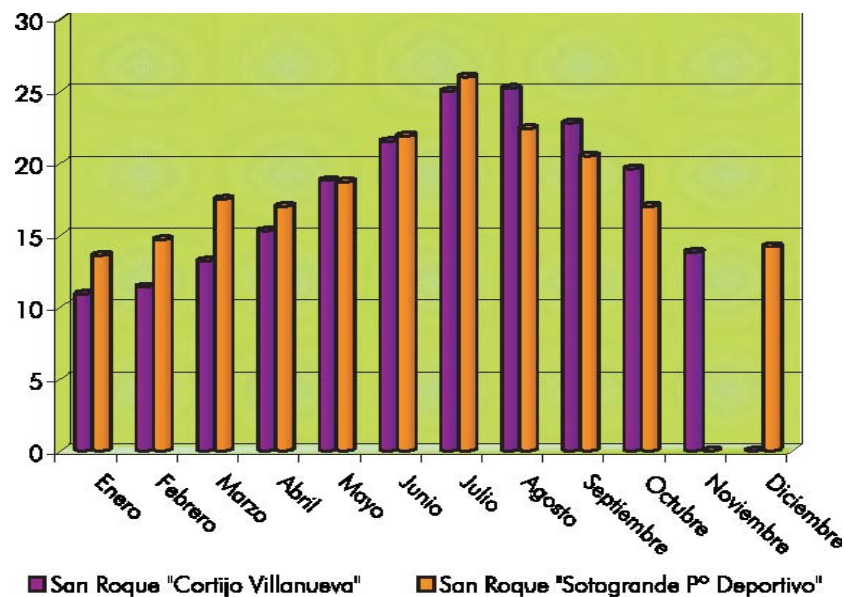
---

**Tabla 4.1.- Características térmicas generales**

Temperatura media anual	17-19°C
Temperatura media máxima	25°C
Temperatura media mínima	13'5°C
Temperatura media en Julio	20-23°C
Temperatura máxima Absoluta	36°C
Oscilación térmica anual	11-12°C
Temperatura media en Enero	12°C
Temperatura mínima Absoluta	1-2°C

En la siguiente figura se puede apreciar la evolución de la temperatura media mensual en las dos estaciones meteorológicas de San Roque, la del Cortijo Villanueva, situada en el interior (valle del río Guadarranque) y la del Puerto Deportivo de Sotogrande en el litoral Mediterráneo.

**Tabla 4.2.- Rangos de Temperaturas**

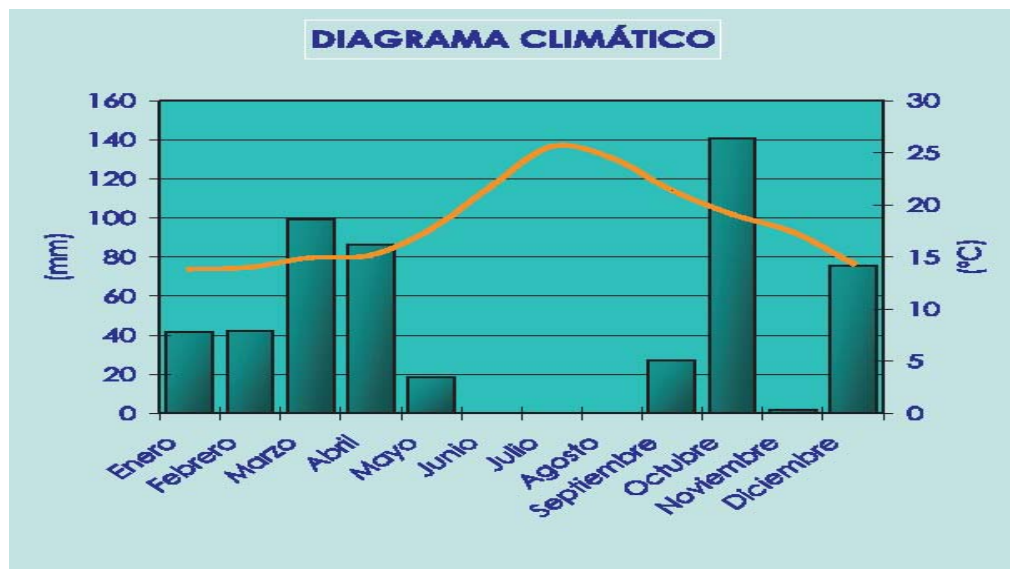


#### **4.2.1.2. Precipitaciones**

Las precipitaciones medias anuales se encuentran entre los 700-1000 mm, esto se debe a la elevación de los frentes nubosos que proceden del Atlántico por las laderas de las cordilleras litorales. Esto provoca un alto nivel de pluviosidad y la aparición de nieblas importantes en las zonas altas, sobre todo en los meses húmedos.

En el diagrama climático que se muestra a continuación se repite el esquema habitual de Andalucía, donde los veranos son cálidos y secos, que a pesar del efecto amortiguador de la cercanía del mar, se extiende de mayo a octubre.

**Fig. 4.3.- Diagrama Ombrotérmico de San Roque según medias de las dos estaciones meteorológicas.**



San Roque presenta un clima regional MEDITERRÁNEO HUMEDO; donde el invierno es tipo CITRUS y el verano es ARROZ.

#### **4.2.1.3. REGIMEN DE VIENTOS**

El viento se considera uno de los parámetros climáticos de más difícil previsión, ya que su tendencia se puede ver modificada por las condiciones orográficas del lugar, la presencia de vegetación o las aglomeraciones industriales que pueden producir corrientes térmicas. La acción del viento influye directamente en la temperatura efectiva y en la humedad del aire; disminuyendo la sensación de calor en 1°C por cada aumento de 0.5 m/s del viento; esto ocurre hasta los 30 grados donde es necesario un aumento de 1m/s para producir el mismo efecto. Además,

a partir de los 11m/s (40 Km/h) el viento influye sobre el confort físico y psíquico.

En San Roque, al igual que en todo el litoral campo gibraltareño, el viento es frecuente siendo casi nulos los días de calma al año. El 87 % de los días del año los vientos dominantes son Levantes (Este y Sudeste) y Ponientes (Oeste y Suroeste).

- **LEVANTE:** Es el más frecuente, sobre todo en la estación estival, donde el Anticiclón de las Azores sobre la península y los anticiclones formados en Argelia provocan la llegada de vientos cálidos y sofocantes. Llega a alcanzar ráfagas de hasta 90-100 Km/h.
- **PONIENTE:** Es húmedo y fresco suele venir acompañado de masas nubosas que producen precipitación al contactar con las cordilleras del litoral campo gibraltareño. Su velocidad es algo inferior a la del levante, alcanzando velocidades de 70-85 Km/h.

#### **4.2.1.4. Humedad ambiental**

Aunque la humedad ambiental de una zona se encuentra condicionada por los factores anteriormente estudiados, también se ve influenciada por cuestiones microclimáticas como son la orientación, la presencia de aguas o las masas vegetales. Sobre todo se considera la humedad relativa, que es la relación existente entre la cantidad de vapor de agua contenida en el aire y la cantidad de vapor de agua en aire saturado a una misma temperatura. Con una media de 20-25 °C los valores de 20-80 % permiten niveles aceptables de confort.

En el municipio de San Roque se dan condiciones muy extremas de humedad en la estación invernal, sobre todo en las noches y en las madrugadas; esto provoca frecuentes nieblas matinales de rápida disipación debido a la acción de la radiación solar.

#### **4.2.1.5. Condicionantes microclimaticos**

Ahora que se conoce el clima general de la zona se realizará un pequeño análisis sobre los condicionantes que particularizan dicho clima.

**Forma del territorio:** Influye en la dirección y régimen de los vientos, creando corrientes propias. La orientación orográfica condiciona la radiación solar de la zona específica y el régimen de precipitaciones según se acerquen las masa nubosas.

**Vegetación:** Provoca efectos de sombra y absorción de la radiación solar, impidiendo el sobrecalentamiento de la corteza terrestre lo que disminuye las temperaturas extremas. Además, conserva la inercia térmica hecho que evita el sobre enfriamiento nocturno. Por otro lado es capaz de modificar las condiciones de humedad y temperatura debido al enfriamiento adiabático que la vegetación provoca como consecuencia de la evapotranspiración. Modifica los valores de turbidez y dióxido de carbono en aire, fijando el polvo y aumentando la concentración de oxígeno.

**Construcciones:** Crean mesoclimas debido a la disminución del albedo, emisión de contaminantes, fuentes de calor y nubosidad del terreno que provocan un aumento de temperatura en las urbes respecto de su entorno.

**Industrias:** Producen, además de los efectos anteriormente mencionados, una importante emisión de CO<sub>2</sub> y contaminantes atmosféricos; que a su vez modifican la temperatura y turbidez del aire troposférico.



### **4.3. GEOLOGIA**

La zona de estudio, el término municipal de San Roque, se encuentra situado geológicamente al SE de la Cordillera Bética y queda englobada dentro de un amplio conjunto estructural conocido como Unidades del Campo de Gibraltar pertenece a la Zona Circumbética (cuyos materiales rodean en mayor o menor extensión a la Zona Bética).

#### **4.3.1. Litología**

La Historia Geológica del Campo de Gibraltar es relativamente moderna ya que data del Oligoceno y el Mioplioceno, con la excepción de los fenómenos tectónicos del cuaternario.

Dentro de la Unidad del Campo de Gibraltar diferenciamos básicamente tres subunidades litológicas, además del afloramiento jurásico del Peñón de Gibraltar, que hace característica la presencia de la Sub-Bética en esta zona.

### **4.4. GEOMORFOLOGIA**

La geomorfología es la ciencia que estudia las formas del relieve, comprendiendo a su vez la historia y los procesos de origen. Estas formas de relieve deben tenerse en cuenta a la hora de realizar determinadas actuaciones o procesos sobre un terreno específico. Es uno de los elementos que en mayor medida define y caracteriza las unidades del paisaje, determinando cuencas visuales. Además se trata de un elemento básico en el estudio de los sistemas fluviales, previsión de procesos de inestabilidad de laderas, es importante su estudio para conocer los riesgos de deslizamiento, etc

#### **4.4.1. Características generales**

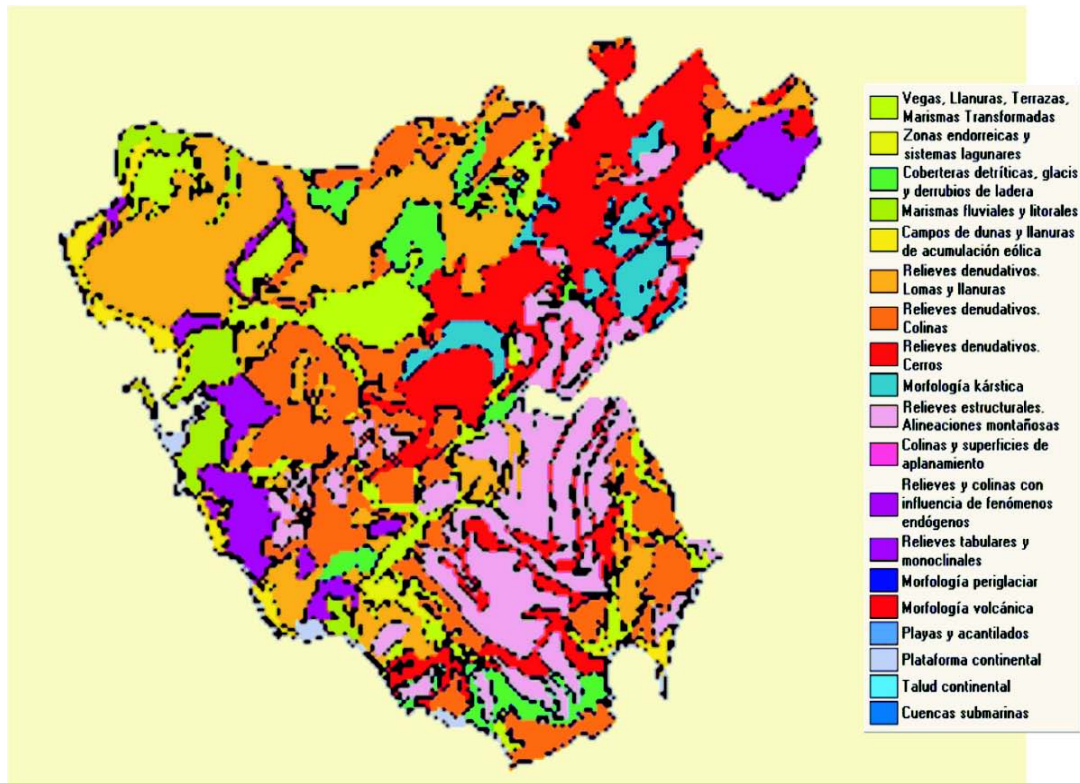
A grandes rasgos el término municipal de San Roque presenta

Morfogénesis fluvio-coluvial, resultantes de los procesos de erosión acumulación, causados por la red hidrográfica superficial o por arrolladas de manto. Entre todos originan formas muy características en las que predominan las llanuras y planos inclinados. En San Roque dicho proceso morfogenético es la causa principal de la geomorfología de amplias zonas de las llanuras de inundación de los sistemas fluviales (Guadarranque, Madre Vieja, Guadalquitón–Borondo y Guadiaro-Hozgarganta).

La Morfología cambiante da origen a morfologías como consecuencia de la acción de las aguas de escorrentía, originando modelados en las formaciones litológicas más blandas (margas y arcillas fundamentalmente) donde los procesos son más o menos dinámicos en función de la pendiente, erosividad de la lluvia y los usos del suelo. Así en el término municipal encontramos estas formas típicas y forman todo el sistema de colinas y cerros que se reparte por su superficie. Son en conjunto zonas con morfologías de tipo colinar y pendientes variables de entre el 7 y el 30%, presentando una moderada influencia estructural y ocupando generalmente zonas de piedemonte en medios estables. Las zonas de lomas y colinas en torno a Albarracín, Cerro del Guijo Alto, Loma de las Mesas, Loma de Barquitón, Cerro de San Roque son algunas de las zonas donde se observan estas influencias.

Quizá la más espectacular de todas sea la Morfogénesis Estructural que aparece en las formaciones donde la importancia de los procesos tectónicos ha quedado marcada. De ese modo las formas que se observan sobre el terreno están condicionadas por aspectos de tipo estructural y causadas por orogénesis, formación de montañas, o por estratificación originaria de materiales consolidados (crestas, mesas,...).

Fig. 4.4.- Sistemas Geomorfológicos de Cádiz



Las alineaciones montañosas o cerros abruptos de areniscas de cemento silíceo, estables, donde la morfología muestra rasgos estructurales que adoptan en la creación una fisiografía que en las pendientes superan el 30% pero la baja erosibilidad de los materiales, da lugar a una dinámica erosiva muy poco acusada. Igual ocurre en las alineaciones montañosas inestables de calizas, donde la agresividad climática se une a una elevada erosibilidad de los materiales o a procesos de dinámica geomorfológica muy acentuados (deslizamientos, derrumbes,...) sobre formas estructurales de relieve muy acusado. Sierra Almenara, Sierra del Arca y Sierra Carbonera con una altura de poco más de 200 metros, son los ejemplos más claros afectados por dicha morfogénesis estructural. Las llanuras aluviales y los sistemas de playas y dunas completan el panorama geomorfológico, junto con una estrecha plataforma continental.

Aunque se trata de un territorio accidentado no presenta grandes

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁC. FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: CONDICIONES CLIMATICAS SAN ROQUE**

---

relieves ni altitudes, siendo las llanuras de Guadarranque y Guadiaro y el frente mediterráneo de Guadalquivir las zonas más abiertas. Las superficies del municipio según rangos de altitud son las siguientes:

**Tabla 4.5.- Rango de altura (metros) sobre el nivel del mar de las superficies del municipio**

Pendiente (%)	0-2	3-7	7-15	15-30	30-45	> 45
Superficie en Hectáreas	2.970	5.641	3.443	1.108	0	187

Por tanto se puede concluir que la mayor parte del municipio se encuentra enclavado en zonas con poca altitud respecto al nivel del mar.

---

## B.2.- ANEXO A LA MEMORIA:

---

### 5.- INSTRUCCIÓN TÉCNICA DE TOMA DE MUESTRA

---

## **5. TOMA DE MUESTRA**

### **5.1.- INTRODUCCIÓN**

La toma de muestra de ácido fluorhídrico es una operación delicada, que debe llevarse a cabo con el mayor cuidado, dado que es una sustancia que reacciona fácilmente con la humedad ambiente aumentando su corrosividad y por tanto el riesgo del proceso, el hecho de ser una sustancia altamente higroscópica puede condicionar los resultados analíticos y su interpretación. De una manera general, la muestra debe ser homogénea y representativa y no modificar las características fisicoquímicas o biológicas de la sustancia.

Los tipos de envase a utilizar dependen del tipo de análisis a realizar. Asimismo, dichos envases requieren un tratamiento previo de limpieza, esterilización, etc, en función de los parámetros a determinar. Los equipos o aparatos a utilizar para realizar la operación de toma de muestra serán función de las condiciones físicas del lugar de muestreo y de los parámetros a analizar.

Por otra parte, el tipo de muestra a tomar depende del programa de muestreo establecido y de la finalidad requerida. Así, pueden tomarse muestras simples, compuestas, integradas, etc. Existen diversas normativas para realizar correctamente la operación de toma de muestra, teniendo en cuenta todos los aspectos anteriores.

### **5.2.- ENVASES PARA LA TOMA DE MUESTRAS**

El material específico que debe utilizarse para las determinaciones especiales, deberán ser material plástico de Politetrafluoroetileno (PTFE), Policlorotrifluoroetileno (PCTFE),

Polifloruro de Vinilideno (PVDF) (KYNAR™) y tendrán que cumplir los siguientes requisitos:

- a) No desprender ningún tipo de materia u otros elementos que puedan contaminar la muestra recogida.
- b) Que la adsorción ejercida por sus paredes sea mínima sobre cualquiera de los componentes presentes en la muestra.
- c) Que el material constituyente del recipiente no reaccione con los componentes de la muestra.
- d) Deberán poderse cerrar y sellar herméticamente.

Los envases para la toma de muestra deben tratarse con permanganato potásico y ácido sulfúrico, y después con agua destilada hasta eliminación total de la acidez. En el momento de la toma de muestra, los envases han de ser enjuagados varias veces con la muestra a analizar y después llenados completamente sin dejar cámara de aire.

### **5.3 TIPOS DE MUESTRAS**

- **Muestras simples:** Son las que se toman en un tiempo y lugar determinado para su análisis individual.
- **Muestras compuestas:** Son las obtenidas por mezcla y homogeneización de muestras simples recogidas en el mismo punto y en diferentes tiempos.

- **Muestras integradas:** Son las obtenidas por mezcla y homogeneización de muestras simples recogidas en puntos diferentes y simultáneamente.
  
- **Muestras para el laboratorio:** Son las muestras obtenidas por reducción de las muestras anteriores (*simples, compuestas o integradas*) para realizar el análisis de cada uno de los parámetros.

#### **5.4 CONSERVACIÓN DE MUESTRAS**

El transporte y almacenamiento de las muestras, debe realizarse de tal manera que se mantenga la integridad física y química de las mismas. El método analítico debe tener establecidas las condiciones específicas de transporte y conservación, especialmente las referentes a temperatura, humedad, protección de la luz y tiempo máximo de almacenamiento.

Las principales recomendaciones, con carácter general, a considerar en el transporte y conservación de las muestras, son:

- Precintar o cerrar las muestras inmediatamente después de su captación.
- Empaquetar las muestras en contenedores adecuados para su transporte.
- incluir en cada lote de muestras, una "muestra blanco" (muestra por la que no se ha hecho pasar aire).
- No colocar en la misma caja o contenedor muestras ambientales y muestras de materias primas.
- Evitar alteraciones de las muestras por calentamiento excesivo o por exposición intensa a la luz solar.
- No guardar las muestras, enviándolas inmediatamente al laboratorio.



- Una vez en el laboratorio, almacenarlas según las indicaciones del método analítico, hasta el momento de su análisis.
- No abrir las muestras hasta el momento en que vaya a ser analizadas.

### **5.5 SOLICITUD ANALÍTICA**

Cuando las muestras son enviadas al laboratorio para su correspondiente análisis deben acompañarse siempre de una Solicitud o Boletín de Análisis. Para cumplimentar adecuadamente esta solicitud o boletín es importante tener en cuenta algunas de las recomendaciones siguientes:

- Concretar al máximo el tipo de análisis solicitado (cualitativo y/o cuantitativo) y la propiedad a determinar.
- Incluir la información disponible sobre la actividad y proceso industrial, lo cual podrá facilitar el posterior análisis de las muestras.
- Incluir los datos relativos a la toma de muestras (caudal, volumen o tiempo de muestreo), y las observaciones o comentarios pertinentes sobre la toma de muestras realizada.
- Identificar de forma clara e inequívoca las muestras captadas y las muestras blanco correspondientes, mediante una referencia lo más sencilla posible que figure en el soporte de la muestra o en una etiqueta bien adherida a la misma.

### **5.6 PROCEDIMIENTO ANALÍTICO**

El laboratorio solo podrá efectuar modificaciones del procedimiento analítico establecido en el método cuando sean imprescindibles desde el punto de vista operativo o instrumental. Deberán justificarse y registrarse, ponerse en conocimiento del solicitante del análisis e incluirse en el informe analítico.

Las titulaciones son procedimientos de laboratorio que se basan en las reacciones de neutralización, y que permiten identificar ciertas características de las soluciones como por ejemplo su carácter, y determinar su valor en la escala de pH, también por ejemplo en uno de los procedimientos más comunes en el análisis químico para la estandarización de soluciones, es decir determinar si la concentración de determinado reactivo es la que se indica en la etiqueta.

### ***La medida de pH***

La medida de pH o la escala de pH, es por decirlo de alguna manera un truco matemático que invento el Danes Soren Sorensen en 1909, y consistió en aplicar el menos logaritmo de la concentraciones de iones ya sea Hidrogeniones (H+) o Hidroxilos (OH-), y se usa debido a que los valores, por ejemplo de las concentraciones son muy pequeñas y por tanto muy difíciles de manejar. Esta escala va desde 0 a 14, y se divide de 0-7 donde el pH se denota como ácido, cuando este va de 7-14 se puede decir que el pH es básico, cuando la solución se encuentra neutra el valor del pH es igual a 7.

La fórmula matemática por la cual se calcula el pH es:

$$\text{pH} = -\text{Log}[\text{H}^+] \text{ ó } \text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

Para calcular el pOH se utiliza la misma expresión:

$$\text{pOH} = -\text{Log}[\text{OH}^-]$$

Para determinar la concentración de ácido en las muestras, se utilizará el método de neutralización, haciendo las pertinentes valoraciones ácido-base.

---

## B.2.- ANEXO A LA MEMORIA:

---

### 6.-VALORES LÍMITES DEL ÁCIDO FLUORHÍDRICO

---

## **ANEXO-6. VALORES LÍMITES DEL ÁCIDO FLUORHÍDRICO EN AIRE. INDICE AEGLS.**

### **6.1.- LAS EMISIONES DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN LA INDUSTRIA**

Entre los diferentes accidentes graves que pueden producirse en las industrias que almacenan, utilizan o procesan sustancias químicas, las emisiones y la formación de nubes están consideradas como las de mayor peligrosidad respecto a sus consecuencias y complejidad en cuanto a su modelización. La peligrosidad viene determinada por el nivel de toxicidad de las sustancias involucradas y por la persistencia y alcance de las nubes. Una gran parte de las sustancias habituales en la industria presenta elevada toxicidad, provocando efectos agudos, incluso letales, en cortos periodos de tiempo; en muchos casos estos efectos se manifiestan a concentraciones muy pequeñas como consecuencia de su elevada reactividad con componentes biológicos esenciales, que alteran los equilibrios que sustentan la vida.

Las características de las emisiones, fundamentalmente las cantidades involucradas, la dinámica atmosférica y las condiciones del entorno, determinan la dirección, persistencia y alcance de las nubes, cuyas consecuencias finales dependen de los elementos vulnerables presentes, pudiendo afectar a zonas muy extensas.

Otra característica que interesa señalar es la rapidez evolutiva de estos accidentes; así, para velocidades bajas de viento –por ejemplo, 2 ó 3 m/s– las nubes pueden alcanzar distancias de varios kilómetros en periodos de tiempo muy cortos. Esta situación es también extensiva en parte, a otros accidentes graves provocados por las sustancias combustibles y explosivas.

La modelización de estos accidentes constituye un aspecto básico de la prevención y protección, dado que el nivel y extensión de las consecuencias permite establecer la proporcionalidad de las medidas necesarias para evitarlas o mitigarlas. Pero, desafortunadamente, la variedad de escenarios posibles y la complejidad de los mecanismos, parámetros y variables implicados dificultan las predicciones, afectando los resultados con elevados niveles de incertidumbre. En este contexto, las características físicas de las sustancias (gases, líquidos volátiles, aerosoles...), las condiciones de las emisiones (con o sin energía inicial “jet” o neutra, vaporización instantánea “flash” o evaporación desde un charco), la formación de nubes ligeras, neutras o pesadas, la variabilidad temporal de los parámetros meteorológicos (dirección y velocidad del viento y clase de estabilidad), la influencia de los elementos del entorno (orografía, hidrología, obstáculos)..., configuran un conjunto de parámetros y circunstancias que justifican la complejidad aludida.

## **6.2.- DESCRIPCIÓN DEL ÍNDICE MÁS UTILIZADO: AEGLs**

En la actualidad, el límite de exposición a sustancias químicas de mayor reconocimiento a nivel internacional es el que se describe a continuación:

### **6.2.1.- AEGLs: Acute Exposure Guideline Levels**

Proceden de los índices CEELs (Community Emergency Exposure Levels), propuestos por la “Environmental Protection Agency” (EPA) de EEUU. Actualmente se han adoptado por organismos de otros países al ser reconocida su credibilidad científica.

El desarrollo de los AEGLs se lleva a cabo mediante los niveles siguientes:

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: VALORES LÍMITE ÁCIDO FLUORHÍDRICO**

---

1. **Inicial o de partida** (Draft). Es el valor que establece un grupo de expertos en base a la literatura científica publicada sobre la toxicología de la sustancia en cuestión, teniendo en cuenta también los datos relevantes no publicados aportados por el sector privado.
  
2. **Propuesto** (Proposed). Un comité especial (denominado NAC/AEGL) considera la fiabilidad del valor inicial en base a los estudios en los que se apoya, pasando a este nivel. Es entonces publicado en el Registro Federal para que, durante un periodo de 30 días, sea consultado y se realicen los comentarios y objeciones que se consideren oportunas.
  
3. **Provisional** (Interim). Las opiniones vertidas tras la revisión pública son revisadas y discutidas por el comité para decidir la conservación del valor propuesto en la etapa anterior o su modificación en función de las justificaciones científicas aportadas.
  
4. **Final** (Final). El valor provisional, así como el razonamiento científico en el que se apoya, son posteriormente presentados a un subcomité para su revisión y aprobación, tras el cual, se publica por el National Research Council, adquiriendo así la categoría de valor definitivo.

Las principales características de los índices AEGLs son las siguientes:

- **Tipo de población aplicable:** general, incluyendo los individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles.
  
- **Tiempo de exposición:** se determinan para 30 minutos, 1 hora, 4 horas y 8 horas. En algunos casos se dispone también del valor correspondiente a 10 ó 5 minutos de exposición.

Esta multiplicidad de valores posibilita una interpolación fiable entre los intervalos de tiempo antes citados y permite, además, conocer si el daño provocado por la sustancia considerada es función sólo de la concentración (valor techo) o si, por el contrario, depende del tiempo de exposición, esto es, de la dosis.

• **Factores de seguridad:**

– Un factor de incertidumbre inter-especie para extrapolar los resultados obtenidos en la experimentación animal a la especie humana.

– Un factor de incertidumbre intra-especie para tener en cuenta el mayor efecto del tóxico sobre los individuos humanos más sensibles.

– Y un factor modificador que se utiliza en aquellos casos en los que la experimentación no ofrece suficiente seguridad debido a diversas causas, como, por ejemplo, disparidad con otros resultados, insuficiente número de experimentos, o cualquier otra eventualidad. Este factor modificador es de uso muy reducido.

• **Niveles de efectos:**

**AEGL-1.- Concentración a o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar molestias notables, irritación o ciertos efectos asintomáticos. Estos efectos son transitorios y reversibles una vez que cesa la exposición. Concentraciones por debajo del AEGL-1 representan niveles de exposición que producen ligero olor, sabor u otra irritación sensorial leve.**

**AEGL-2.- Concentración a o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar efectos duraderos serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar. Concentraciones por debajo del AEGL-2 pero por encima del AEGL-1 representan niveles de exposición que pueden causar notable malestar.**

**AEGL-3.- Concentración a o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar efectos amenazantes para la vida o incluso provocar la muerte. Concentraciones por debajo del AEGL-3 pero por encima del AEGL-2 representan niveles de exposición que pueden causar efectos duraderos, serios o irreversibles o impedir la capacidad de escapar.**

- **Número de sustancias con índices disponibles** en diferentes estados de desarrollo: 96.

Se pretende elaborar valores límite para 400 ó 500 sustancias tóxicas prioritarias en un período de 10 años.

### **6.2.2.- Características y limitaciones**

El índice **AEGL** tiene las siguientes ventajas:

- Fue inicialmente propuesto por la EPA (Agencia de protección medioambiental) ha sido adoptado por otros países; en Europa se lleva a cabo un amplio proyecto para desarrollar un índice semejante (Proyecto Acutex), pretendiendo que se convierta en el



más importante referente utilizado en situaciones de emergencia donde estén involucradas nubes tóxicas.

- Está desarrollado para su aplicación a poblaciones generales.
- Dispone de tres niveles de daño, definidos en el apartado anterior, útiles para la determinación de las zonas de planificación.
- Cada nivel de daño está definido para 30 minutos, 1, 4 y 8 horas y en algunos casos también para 10 minutos, lo que permite su adaptación a la duración de la mayoría de los escenarios accidentales. Por otro lado, la multiplicidad de periodos disponibles en cada nivel de daño permite la interpolación a otros tiempos diferentes, tal y como se indicará posteriormente.
- El mayor inconveniente es el escaso número de sustancias que dispone de AEGLs (a mediados de 2003 solo se han publicado datos para 96 sustancias, en diferentes estadios de desarrollo), aunque se espera elaborar índices para 400 ó 500 sustancias a lo largo de esta década.

### **6.3.- LOS NIVELES DE DAÑO DE LOS ÍNDICES AEGLs**

En la tabla D.1 se resumen las definiciones de los niveles de daño o efectos, indicados en el apartado D.2.1.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: VALORES LÍMITE ÁCIDO FLUORHÍDRICO**

---

**Tabla D.1.- Efectos previsibles para los diferentes niveles del índice AEGLs**

<b>Nivel del índice</b>	<b>AEGL</b>
<b>Superior a 3</b> 3 →	Efectos amenazante para la vida, pudiendo incluso provocar la muerte.
<b>Superior a 2</b> 2 →	Efectos duraderos serios e irreversibles. La capacidad de huida puede verse impedida.
<b>Superior a 1</b> 1 →	Incomodidad o malestar notable
<b>Superior a 0 o inferior a 1</b> 0 →	Ligero olor, sabor o irritación sensorial leve.

#### **6.4.- INTERPOLACIÓN Y EXTRAPOLACIÓN DEL ÍNDICE**

La determinación de las zonas de planificación se lleva a cabo mediante un procedimiento gráfico, posteriormente comentado, donde se parte de la representación del índice seleccionado en un diagrama concentración-tiempo, extendiendo el/los valor/es a tiempos diferentes a los de referencia mediante las interpolaciones y extrapolaciones adecuadas.

Con relación a los AEGLs, tal y como se ha indicado en apartados anteriores, los diferentes niveles de daño están definidos para cuatro o cinco periodos de referencia, cuya representación en el diagrama citado informa de las características toxicológicas de la sustancia en cuestión, con relación a su dependencia de la “concentración” o del “tiempo de exposición” y, por otro lado, permite la interpolación a tiempos diferentes a los de referencia. Considerando un ejemplo concreto se pueden

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: VALORES LÍMITE ÁCIDO FLUORHÍDRICO**

---

exponer con mayor claridad las consideraciones anteriores. En la tabla 6.2 se indican los AEGLs 1,2 y 3 para el fluoruro de hidrógeno que, a su vez, se representan en la figura D.3, observándose:

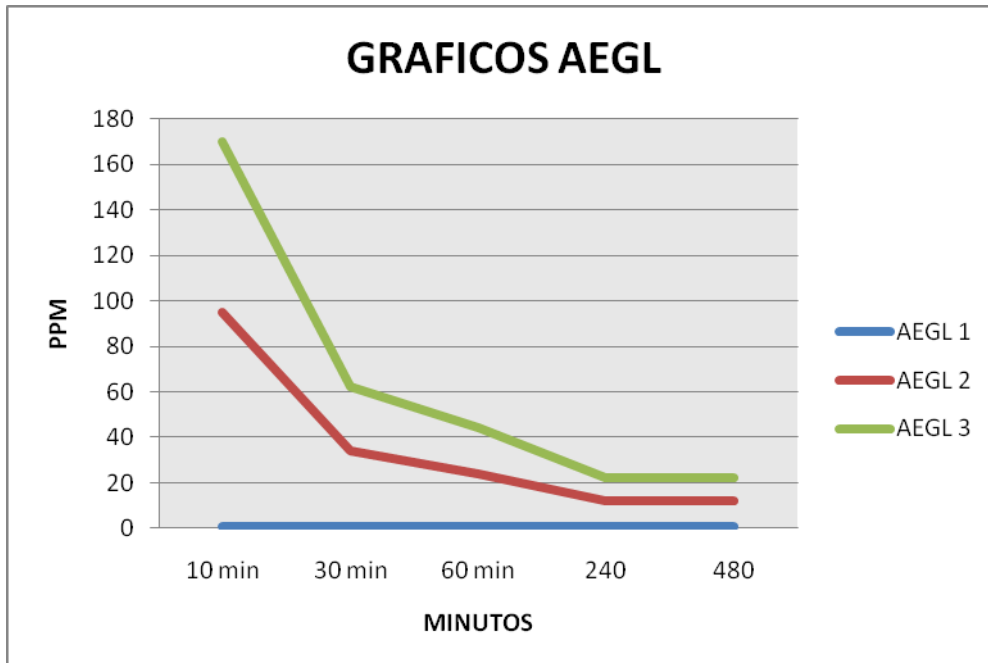
**Tabla 6.2.- AEGLs 1, 2 y 3 en ppm**

	10 min	30 min	60 min	240	480
<b>AEGL 1</b>	1	1	1	1	1
<b>AEGL 2</b>	95	34	24	12	12
<b>AEGL 3</b>	170	62	44	22	22

Para el AEGL1:

1. Presenta un valor “techo” de 1 ppm en el intervalo comprendido entre 10 minutos y 8 horas.

**Fig. 6.3.- Representación de los valores Concentración- tiempo para el fluoruro de hidrogeno**



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: VALORES LÍMITE ÁCIDO FLUORHÍDRICO**

---

Para el AEGL 2:

1. En todo el intervalo (de 10 minutos a 8 horas), el comportamiento tóxico del fluoruro de hidrógeno es “dependiente del tiempo”.

– En el intervalo comprendido entre 10 y 30 minutos, la dosis se calcula mediante:

$$D_{10} = D_{30} = (95 \text{ ppm})^n 10 \text{ min} = (34 \text{ ppm})^n 30 \text{ min}$$

A partir de la ecuación anterior se deduce que el exponente  $n$  tiene el valor 1.07 y, por consiguiente, la dosis equivale a

$$D = 1311,73 (\text{ppm})^{1.07} \text{ min} = C_{i,\text{max}}^{1.07} t_{i,\text{exp}}$$

De donde

$$C_{i,\text{max}} = \left( \frac{D}{t_{i,\text{exp}}} \right)^{\frac{1}{1.07}}$$

En el intervalo comprendido entre 30 minutos y 8 horas la expresión es la siguiente:

$$D_{30} = D_{480} = (34 \text{ ppm})^n 30 \text{ min} = (12 \text{ ppm})^n 480 \text{ min}$$

Por tanto, la dosis equivale a:

$$D = 33194 (\text{ppm})^{2.02} \text{ min} = C_{i,\text{max}}^{2.02} t_{i,\text{exp}}$$

En general se verifica que:

$$C_{max} = \left( \frac{D}{t_{exp}} \right)^{\frac{1}{n}}$$

Que es la ecuación propuesta en la Directriz Básica (2003), aunque en ésta se considera como tiempo de exposición ( $t_{exp}$ ) el correspondiente al paso de la nube tóxica por el lugar evaluado.

Por otro lado, para tiempos de exposición diferentes a los definidos en los índices AEGLs se recomienda efectuar las extrapolaciones siguientes:

1. Para tiempos inferiores al menor periodo disponible (10 ó 30 minutos) considerar que el comportamiento tóxico es “dependiente de la concentración”. Este criterio se ha seguido en el ejemplo anterior, tal y como se muestra en la **figura 6.3**, donde la concentración se mantiene constante para tiempos inferiores a 10 minutos.
2. Para tiempos superiores al mayor periodo disponible (que para los AEGLs es siempre de 8 horas) aplicar la ley de Haber, esto es:

$$C_{max} = AEGL - X_{daño} \frac{8}{t_{exp}}$$

Donde  $t$  está expresada en horas y la  $x$  hace referencia al nivel de daño considerado (1, 2 ó 3).

Los dos criterios anteriores son conservadores, permitiendo garantizar que el daño provocado en los seres humanos por cualquier combinación concentración-tiempo que siga las mencionadas extrapolaciones nunca será superior al que define el nivel de daño considerado.

## **6.5.- DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE PLANIFICACIÓN PARA NUBES TÓXICAS**

La **Directriz Básica (2003)** define dos zonas de planificación: de **Intervención** y de **Alerta**. En la primera el nivel de daño ocasionado por el accidente justifica la aplicación inmediata de medidas de protección; en la segunda no es necesario llevar a cabo dichas medidas, excepto sobre los grupos críticos, constituidos por aquellos sectores de población que sean especialmente vulnerables a los niveles de los parámetros que determinan la peligrosidad del accidente.

Para establecer las zonas de planificación en el caso de nubes tóxicas, es necesario definir los niveles de daño en cada una de las zonas.

### **6.5.1.- Niveles de daño en las zonas de planificación para nubes tóxicas**

Se trata ahora de seleccionar los niveles de daño de los índices que permitan delimitar justificadamente las dos zonas de planificación antes citadas.

En el apartado 6.3 se han definido los daños previsibles que se producirían entre los diferentes niveles de los índices seleccionados.

A partir de la *tabla 6.1* se configura la *tabla 6.4* donde se han unificado los daños o efectos que caracterizan a las zonas comprendidas entre los niveles del índice, incluyendo también los daños o efectos que no se producen en cada caso, para, de esta manera, evitar ambigüedades o incertidumbres. Tomando como referencias las

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: VALORES LÍMITE ÁCIDO FLUORHÍDRICO**

---

definiciones de la tabla 6.4, **se propone el nivel de daño 2 como límite de la zona de intervención** dado que:

1. Si se adoptara el nivel de daño 3, se estaría aceptando en la zona de alerta la génesis de efectos serios e irreversibles y posibles impedimentos de la capacidad de huir, lo que estaría en contradicción con la tipología de los efectos aceptables en esta zona.
2. El nivel de daño 1 sería excesivamente conservador para el citado límite. De ser así, conduciría a zonas de intervención excesivamente amplias, que conllevarían a la previsión de actuaciones de protección desproporcionadas.

**Tabla D.4.- Niveles de daños y efectos**

Nivel del índice	Descripción de daños o efectos para los índices AEGLs		ZONA DE PLANIFICACIÓN
3 →	Se produciría amenaza para la vida.		<b>INTERVENCIÓN</b>
	Se producirían: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectos a largo plazo serios e irreversibles.</li> <li>• Posible impedimento a la capacidad de huir.</li> </ul>	No se produciría amenaza para la vida	
2 →	Se produciría incomodidad o malestar notable.	No se producirían: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectos a largo plazo serios o irreversibles.</li> <li>• impedimento de la capacidad de huir.</li> </ul>	<b>ALERTA</b>
1 →	Se produciría olor, irritación sensorial u otros efectos leves y transitorios.	No se produciría incomodidad o malestar notable.	

En definitiva, la propuesta citada implica que en la zona de alerta se produciría “incomodidad o malestar notable”, pero no sería necesario medidas

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
B.2- ANEXO A LA MEMORIA: VALORES LÍMITE ÁCIDO FLUORHÍDRICO**

---

especiales de protección o de asistencia sanitaria sobre la mayoría de la población.

**Para delimitar inferiormente la zona de alerta se propone el nivel de daño 1.** Por debajo de dicho nivel sólo se percibiría olor o ligera irritación transitoria.



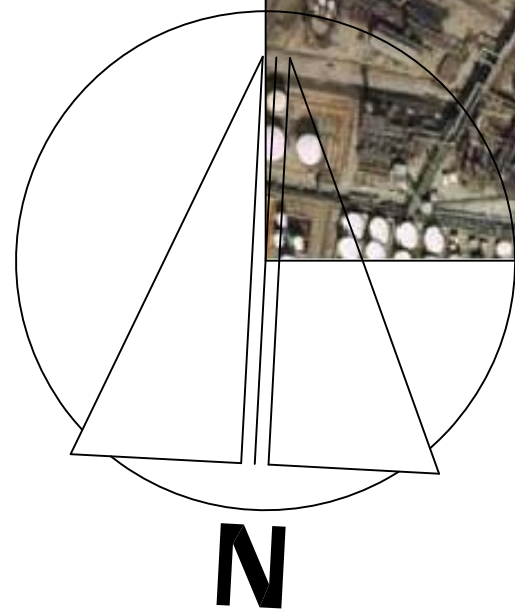
## C. PLANOS

---



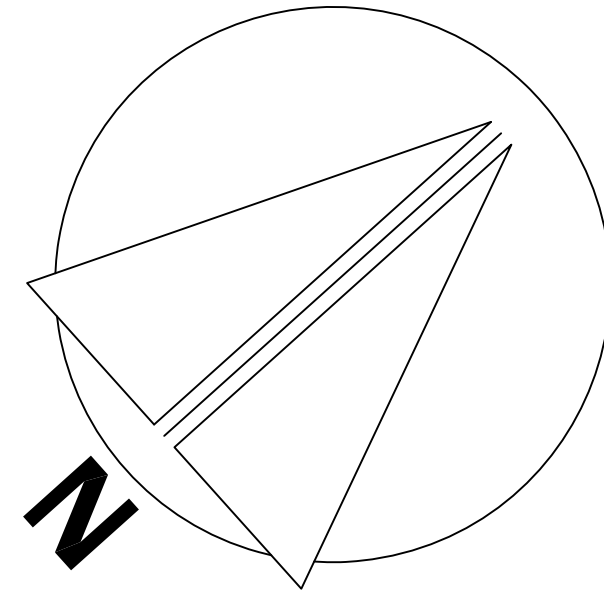


Situación

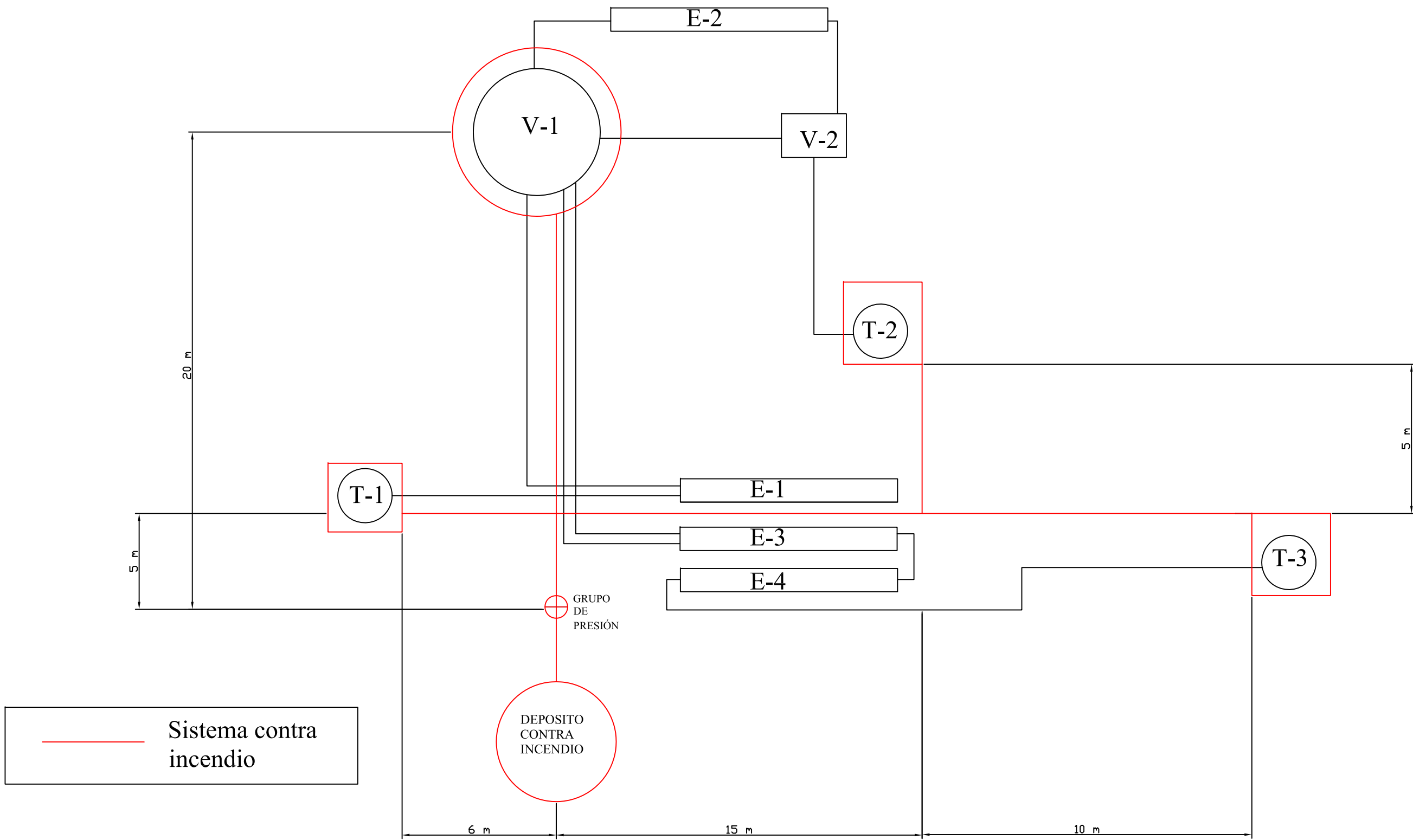


INGENIERÍA QUÍMICA	TÍTULO: <i>Diseño e implantación de sistema de seguridad industrial para una columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico.</i>	Facultad de ciencias UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
Plano N° 1	Denominación y observaciones: <b>SITUACIÓN</b>	Escala: S/E
Fecha: Julio 2011	Situación: <i>Cepsa-Química S.A. San Roque (Cádiz)</i>	Daniel Alcón Alvarez Firma: <span style="float: right;">Página n° 279</span>



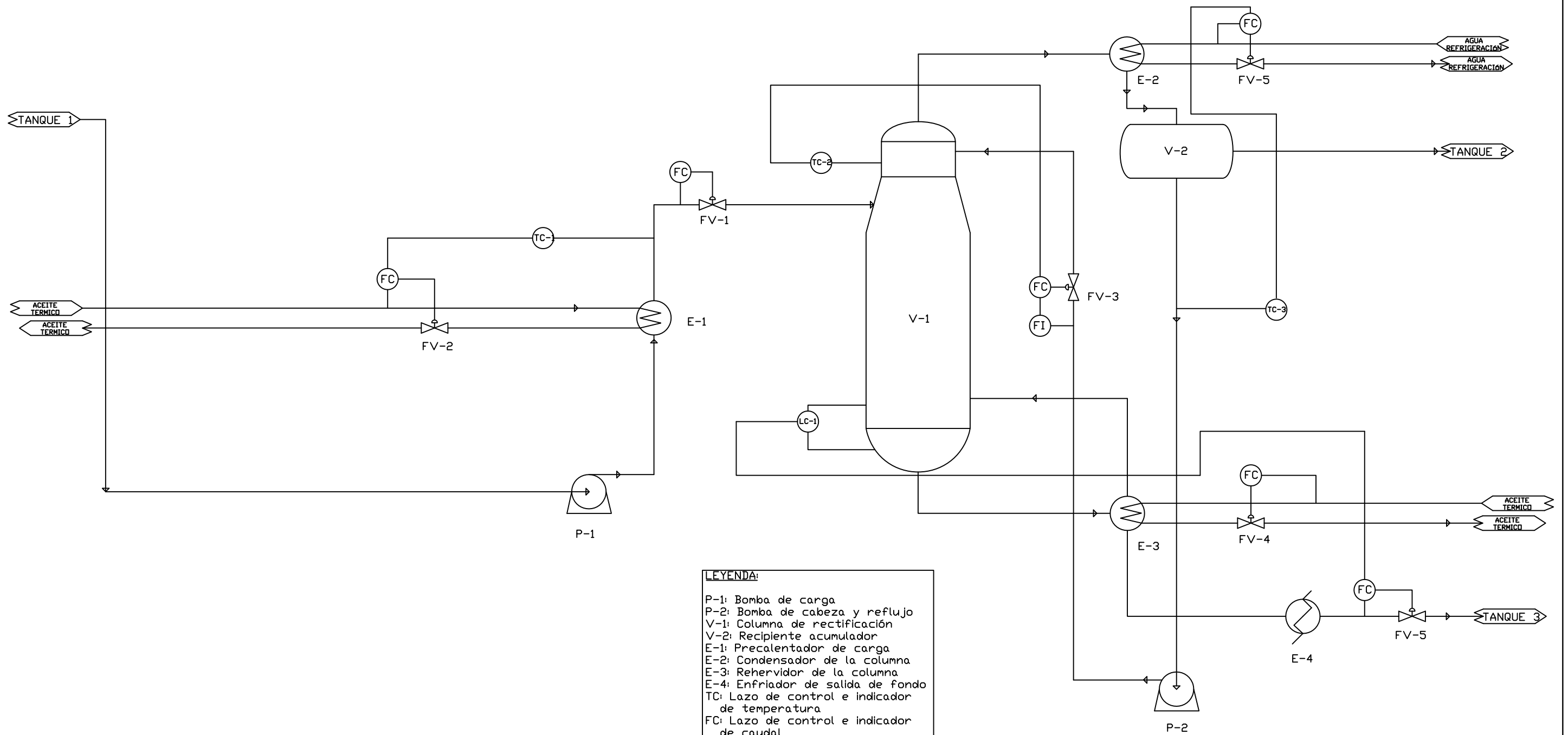


INGENIERÍA QUÍMICA	<i>TÍTULO: Diseño e implantación de sistema de seguridad industrial para una columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico.</i>	<i>Facultad de ciencias UNIVERSIDAD DE CÁDIZ Escala: S/E</i>	
Plano N° 2	<i>Denominación y observaciones: EMPLAZAMIENTO</i>	<i>Daniel Alcón Alvarez</i>	
Fecha: Julio 2011	<i>Situación: Cepsa-Química S.A. San Roque (Cádiz)</i>	<i>Firma:</i>	<i>Página n° 280</i>



— Sistema contra incendio

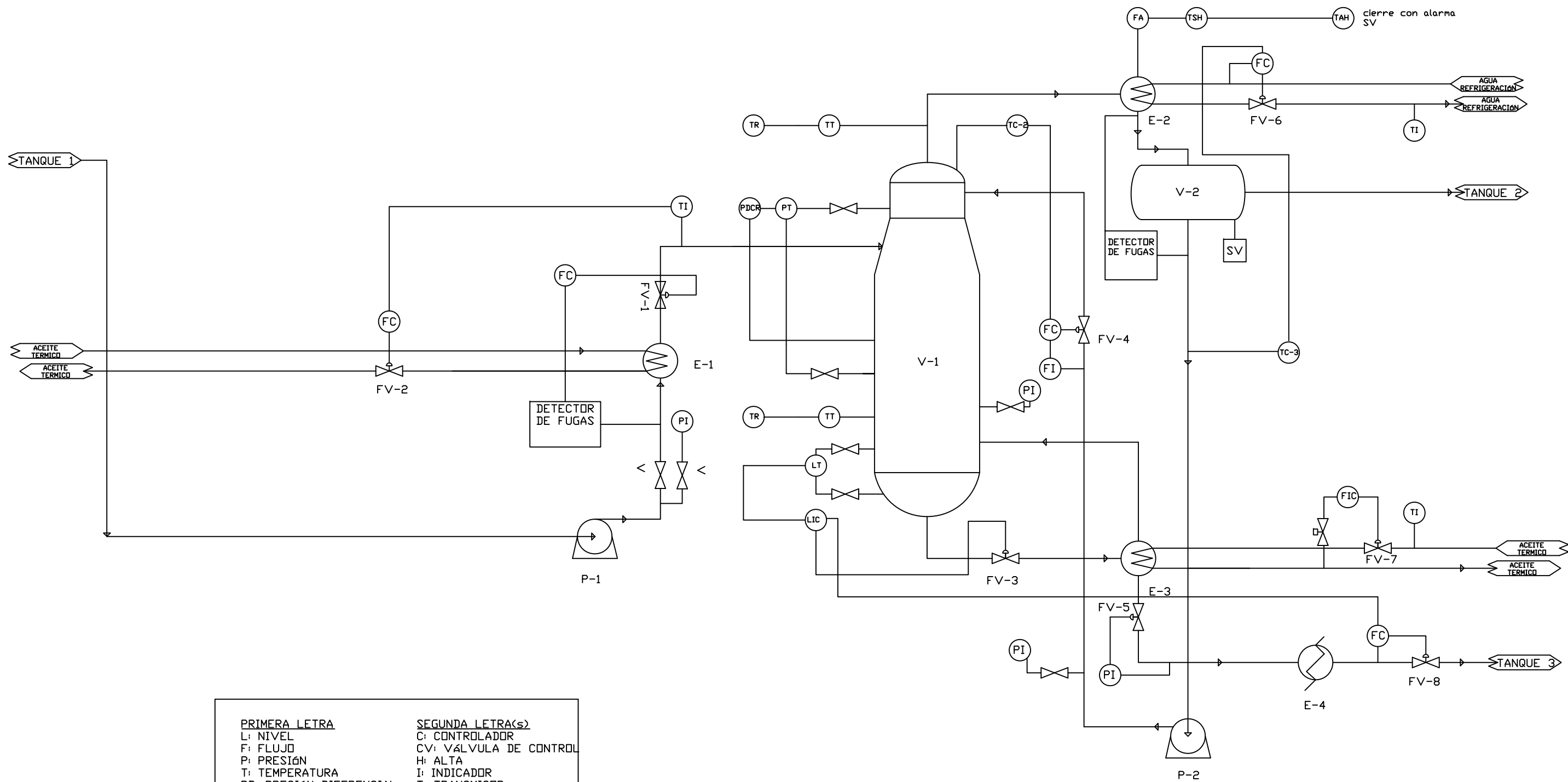
INGENIERÍA QUÍMICA	TÍTULO: Diseño e implantación de sistema de seguridad industrial para una columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico.	Facultad de ciencias UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
Plano N° 3	Denominación y observaciones: <b>SITUACIÓN EN PLANTA</b>	Escala: S/E
Fecha: Julio 2011	Situación: Cepsa-Química S.A. San Roque (Cádiz)	Firma: Daniel Alcón Alvarez Página n° 281



**LEYENDA:**

- P-1: Bomba de carga
- P-2: Bomba de cabeza y reflujo
- V-1: Columna de rectificación
- V-2: Recipiente acumulador
- E-1: Precalentador de carga
- E-2: Condensador de la columna
- E-3: Rehervidor de la columna
- E-4: Enfriador de salida de fondo
- TC: Lazo de control e indicador de temperatura
- FC: Lazo de control e indicador de caudal
- LC: Lazo de control e indicador de nivel
- FV: Válvula de control

INGENIERÍA QUÍMICA	<i>TÍTULO: Diseño e implantación de sistema de seguridad industrial para una columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico.</i>	Facultad de ciencias UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
Plano N° 4	<i>Denominación y observaciones: DIAGRAMA DE FLUJO ORIGINAL</i>	Escala: S/E
Fecha: Julio 2011	<i>Situación: Cepsa-Química S.A. San Roque (Cádiz)</i>	Firma: <span style="float: right;">Página n° 282</span>

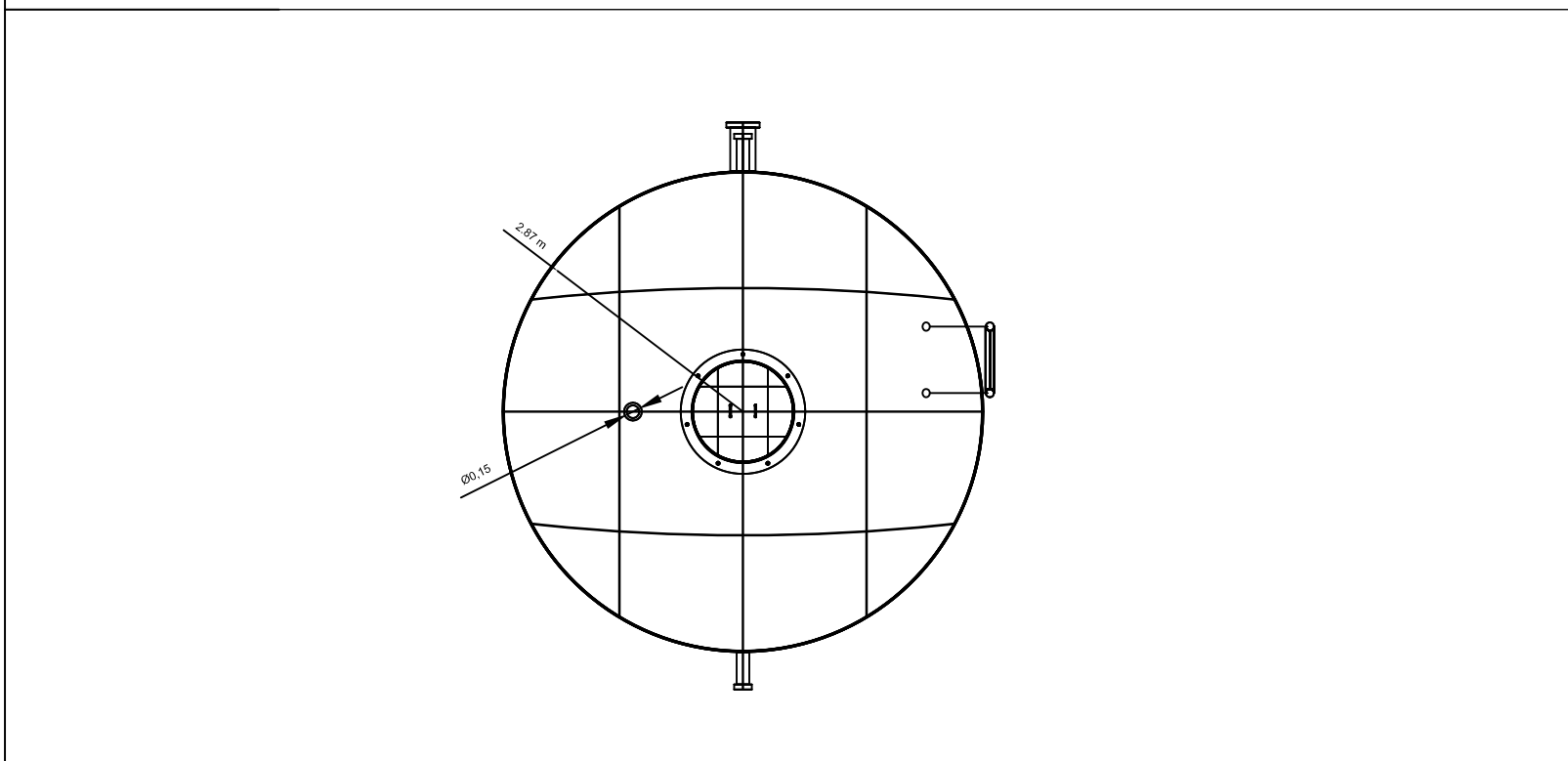
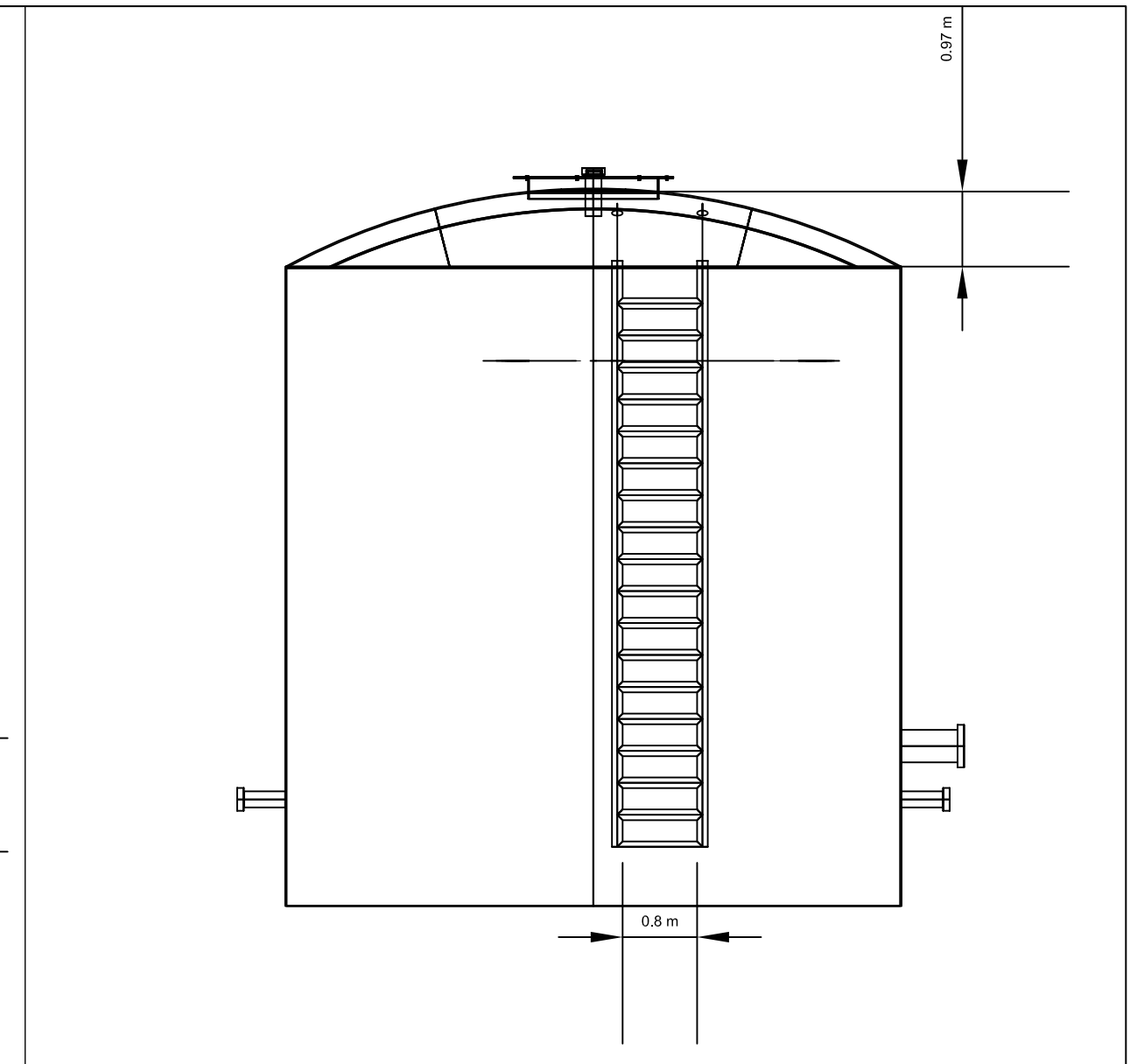
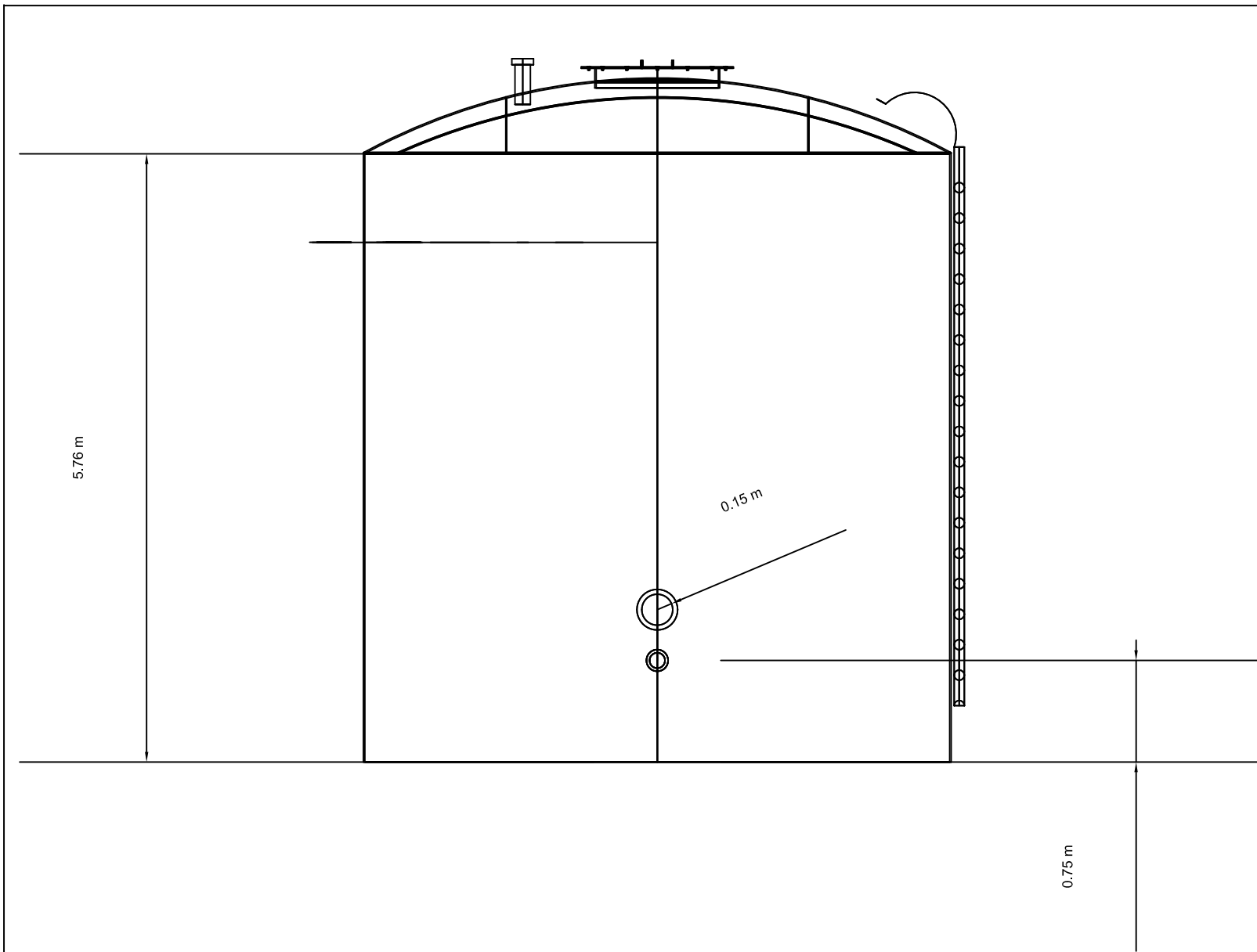


PRIMERA LETRA	SEGUNDA LETRA(S)
L: NIVEL	C: CONTROLADOR
F: FLUJO	CV: VÁLVULA DE CONTROL
P: PRESIÓN	H: ALTA
T: TEMPERATURA	I: INDICADOR
PD: PRESIÓN DIFERENCIAL	T: TRANSMISOR
S: SEGURIDAD	V: VÁLVULA
	A: ALARMA
	R: CONMUTADOR

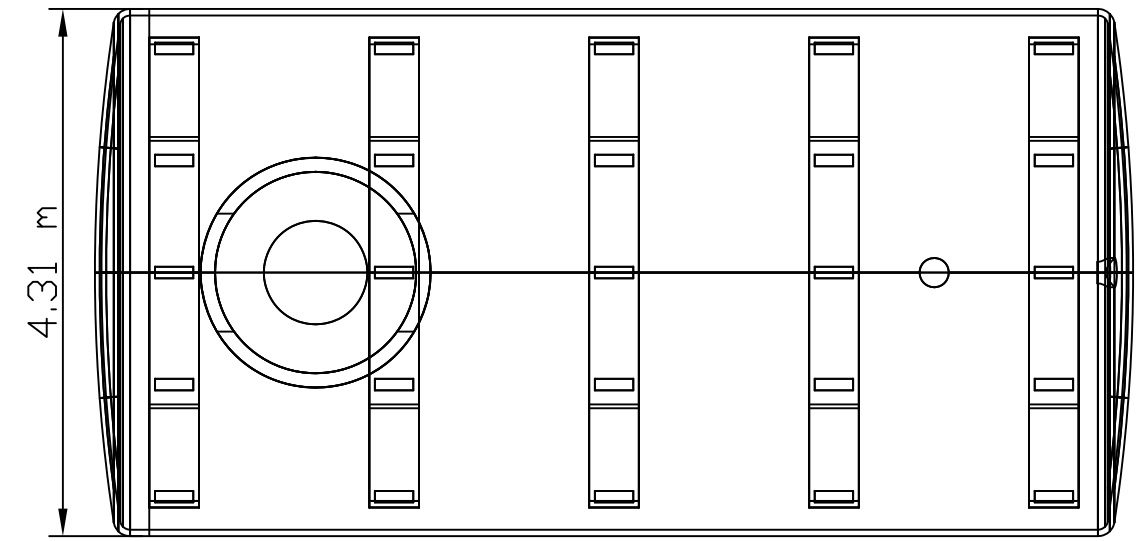
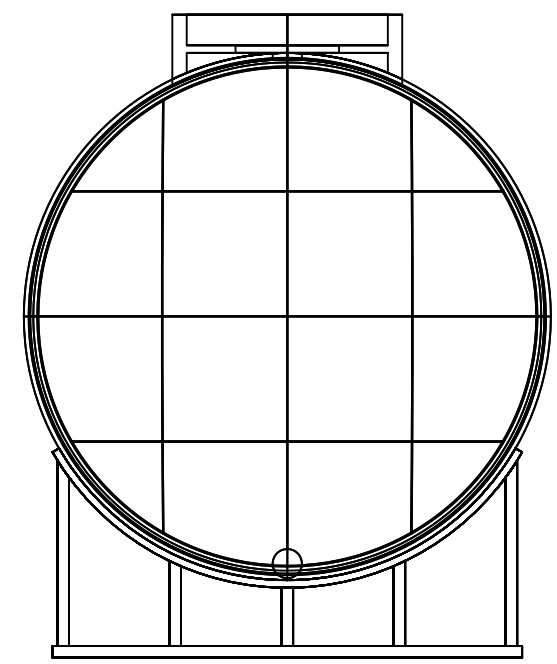
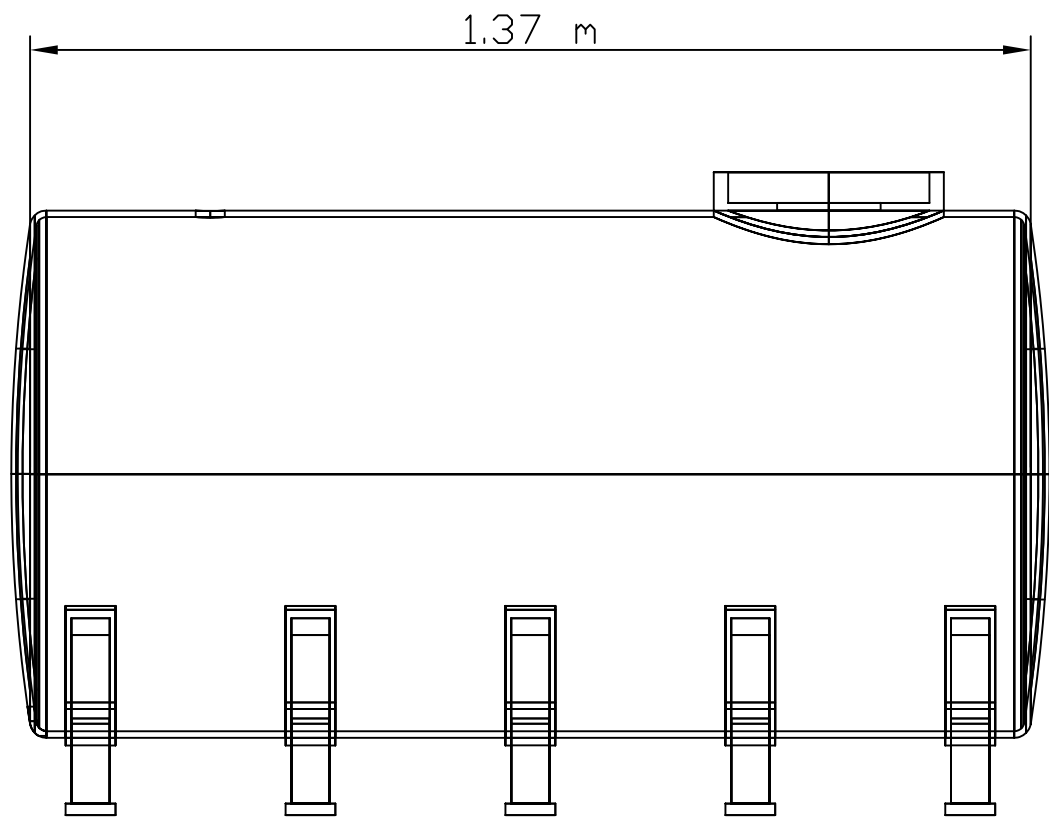
  

EQUIPOS:
P-1: Bomba de carga
P-2: Bomba de cabeza y reflujo
V-1: Columna de rectificación
V-2: Recipiente acumulador
E-1: Pre calentador de carga
E-2: Condensador de la columna
E-3: Rehervidor de la columna
E-4: Enfriador de salida de fondo

INGENIERÍA QUÍMICA	TÍTULO: Diseño e implantación de sistema de seguridad industrial para una columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico.	Facultad de ciencias UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
Plano N° 5	Denominación y observaciones: DIAGRAMA DE FLUJO MODIFICADO	Escala: S/E
Fecha: Julio 2011	Situación: Cepsa-Química S.A. San Roque (Cádiz)	Firma: Daniel Alcón Alvarez
		Página n° 283

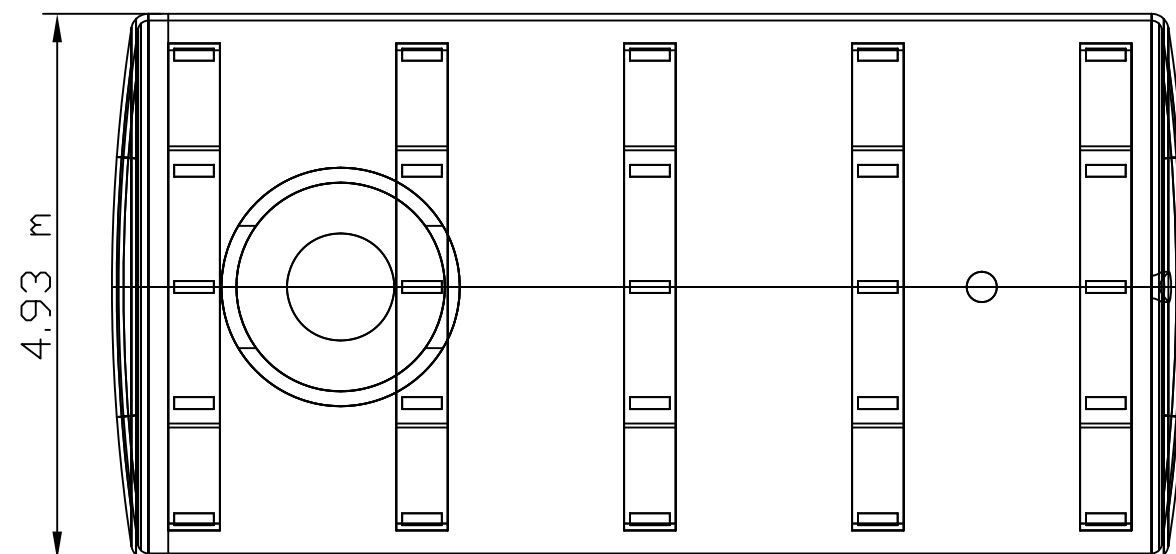
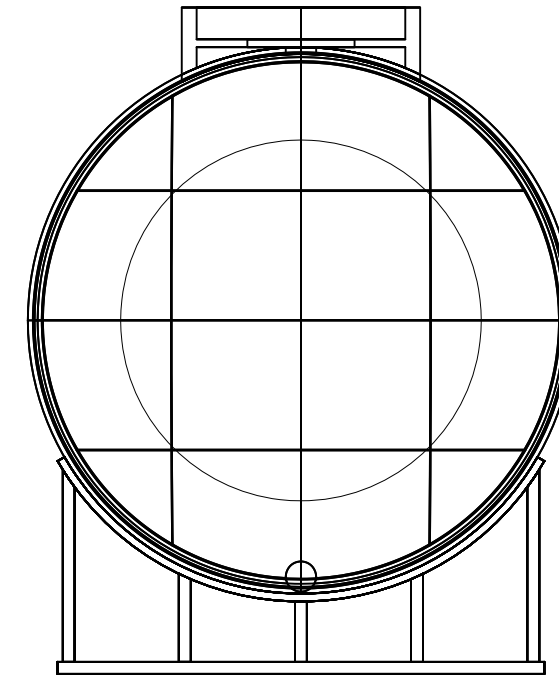
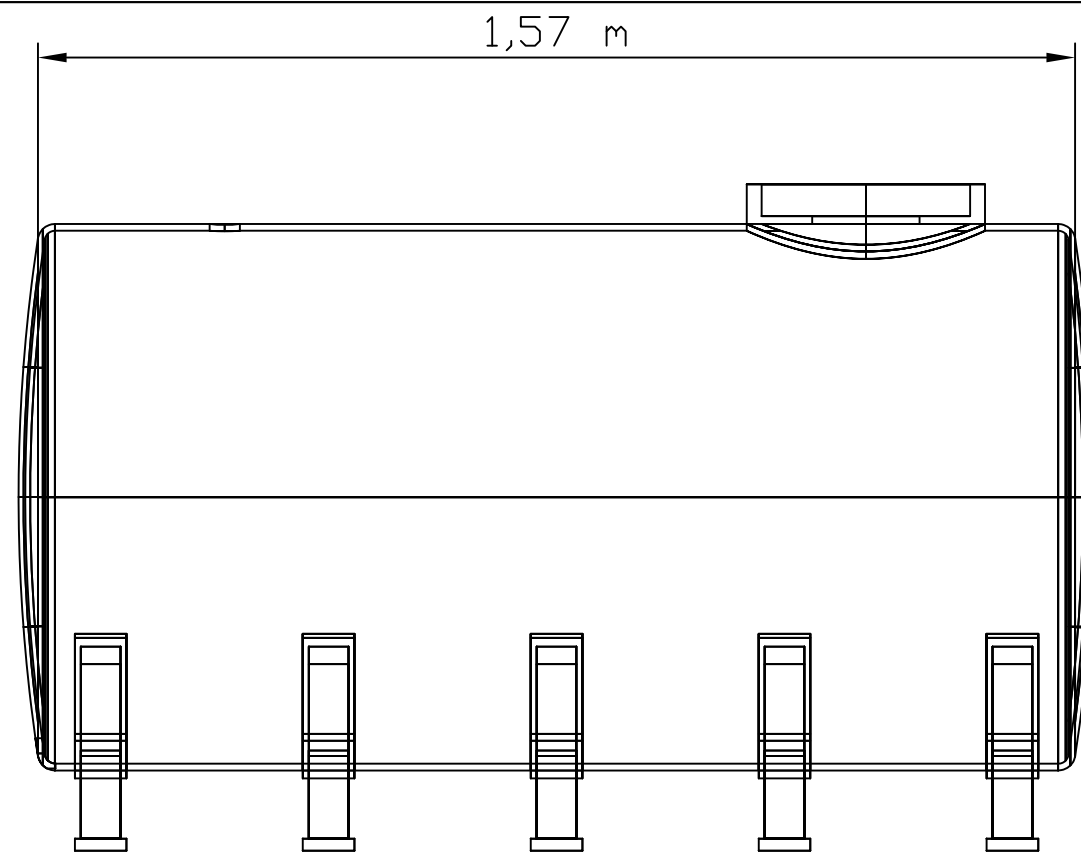


INGENIERÍA QUÍMICA	TÍTULO: <i>Diseño e implantación de sistema de seguridad industrial para una columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico.</i>	Facultad de ciencias UNIVERSIDAD DE CÁDIZ	
		Escala: S/E	
Plano N° 6	Denominación y observaciones: <b>DEPÓSITO CONTRA-INCENDIO</b>	Daniel Alcón Alvarez	
Fecha: Julio 2011	Situación: <i>Cepsa-Química S.A. San Roque (Cádiz)</i>	Firma:	Página n° 284

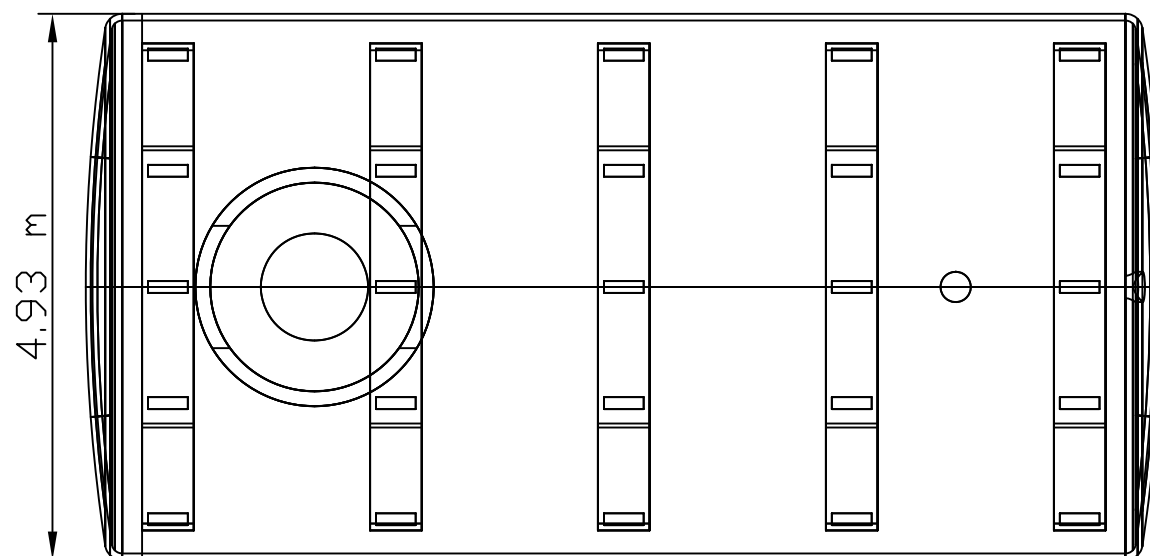
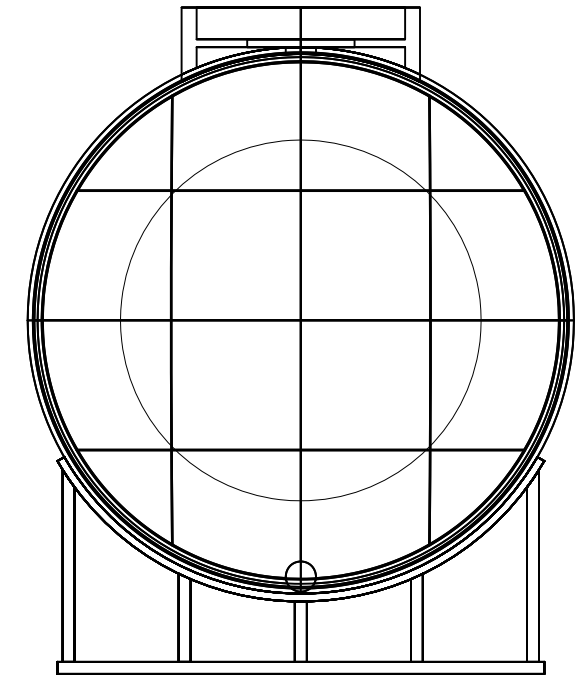
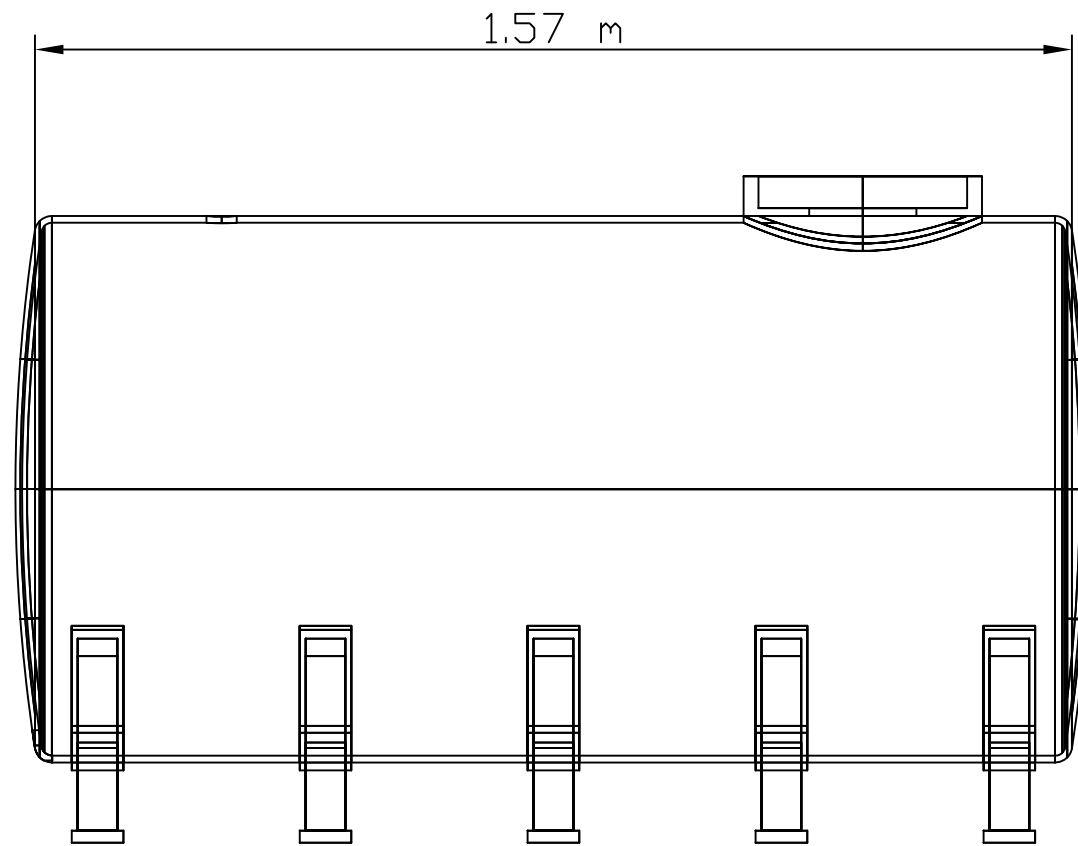


INGENIERÍA QUÍMICA	<i>TÍTULO: Diseño e implantación de sistema de seguridad industrial para una columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico.</i>	<i>Facultad de ciencias UNIVERSIDAD DE CÁDIZ</i>	
		<i>Escala: S/E</i>	
<i>Plano N° 7</i>	<i>Denominación y observaciones: DEPÓSITO T-1</i>	<i>Daniel Alcón Alvarez</i>	
<i>Fecha: Julio 2011</i>	<i>Situación: Cepsa-Química S.A. San Roque (Cádiz)</i>	<i>Firma:</i>	<i>Página n° 285</i>

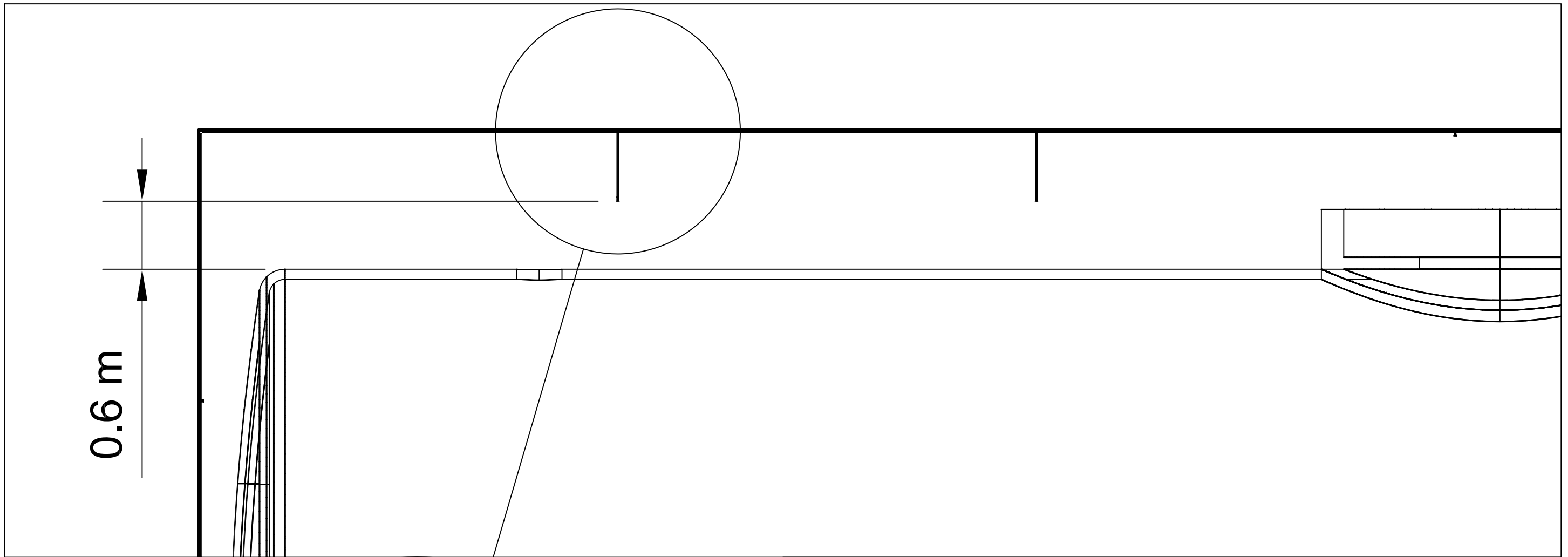




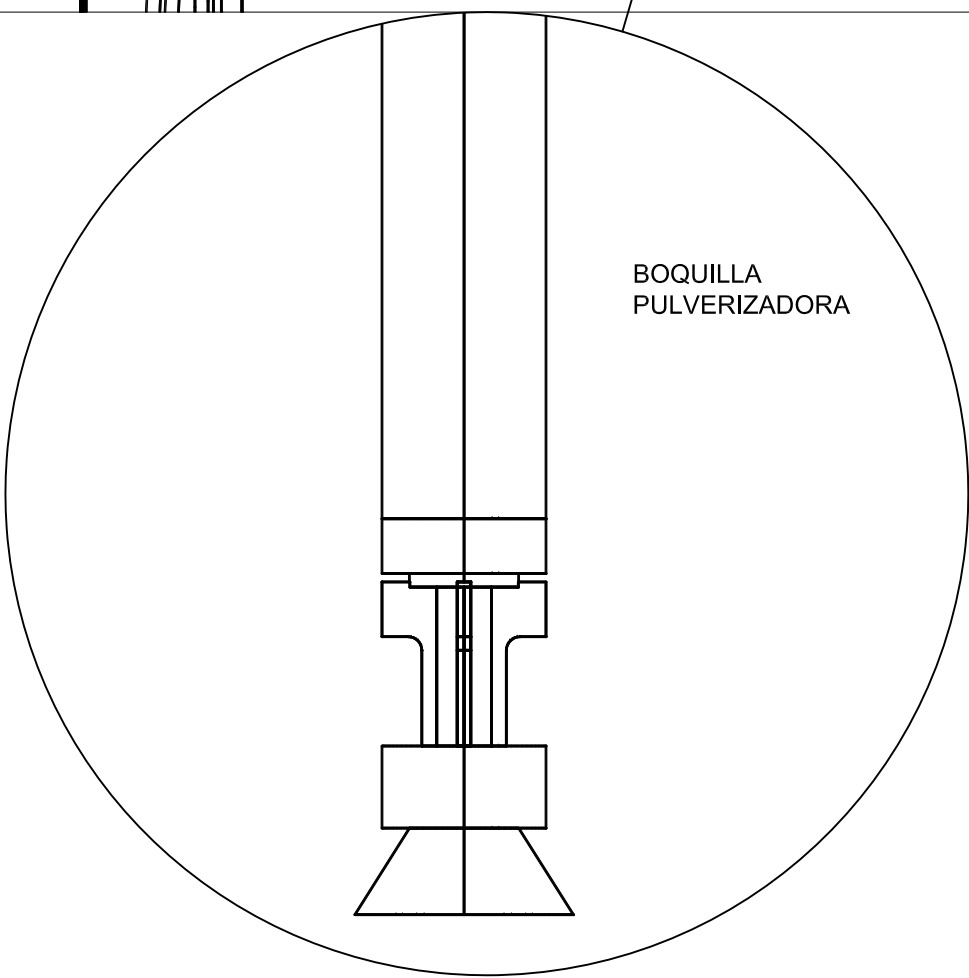
INGENIERÍA QUÍMICA	<i>TÍTULO: Diseño e implantación de sistema de seguridad industrial para una columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico.</i>		<i>Facultad de ciencias UNIVERSIDAD DE CÁDIZ</i>	
			<i>Escala: S/E</i>	
<i>Plano N° 8</i>	<i>Denominación y observaciones: DEPÓSITO T-2</i>		<i>Daniel Alcón Alvarez</i>	
<i>Fecha: Julio 2011</i>	<i>Situación: Cepsa-Química S.A. San Roque (Cádiz)</i>		<i>Firma:</i>	<i>Página n° 286</i>



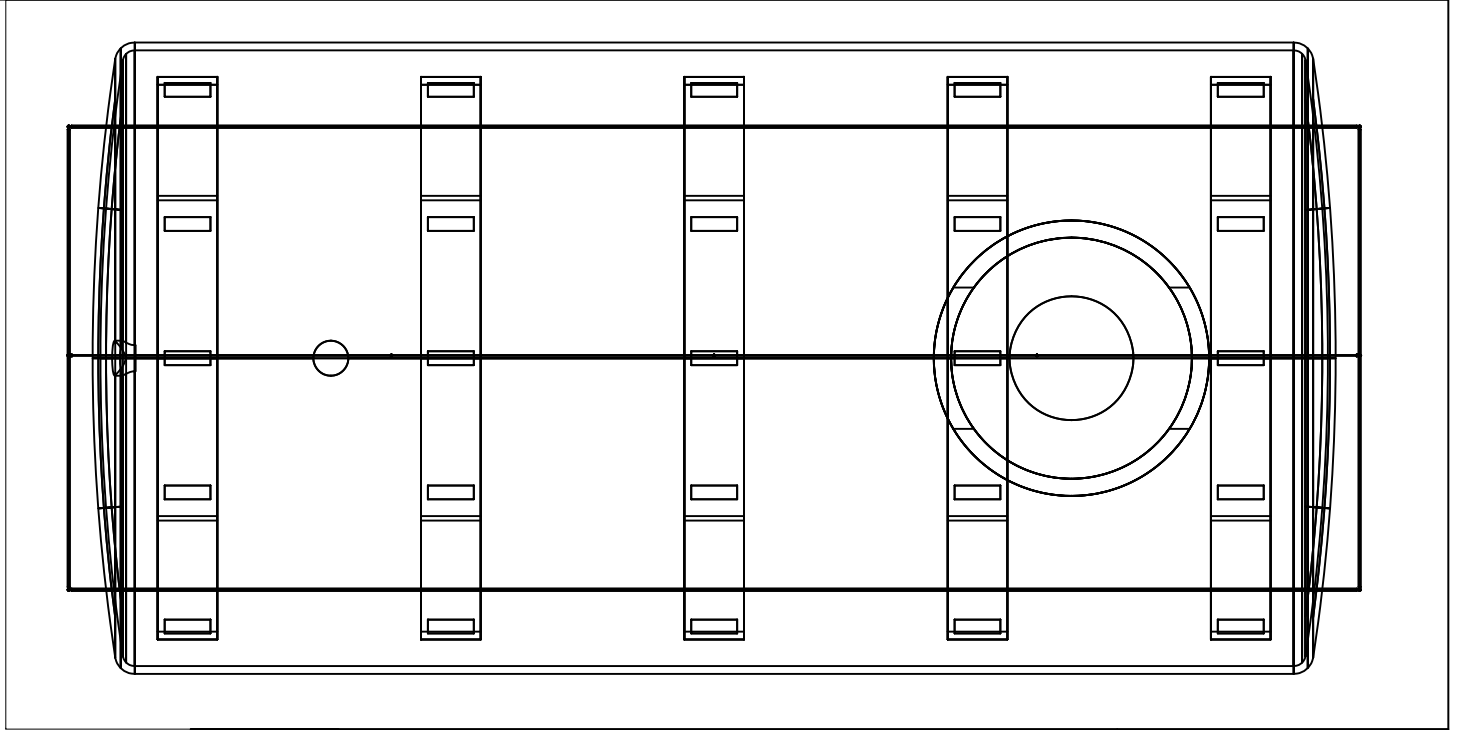
INGENIERÍA QUÍMICA	<i>TÍTULO: Diseño e implantación de sistema de seguridad industrial para una columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico.</i>	<i>Facultad de ciencias UNIVERSIDAD DE CÁDIZ</i>	
		<i>Escala: S/E</i>	
<i>Plano N° 9</i>	<i>Denominación y observaciones: DEPÓSITO T-3</i>	<i>Daniel Alcón Alvarez</i>	
<i>Fecha: Julio 2011</i>	<i>Situación: Cepsa-Química S.A. San Roque (Cádiz)</i>	<i>Firma:</i>	<i>Página n° 287</i>



0.6 m

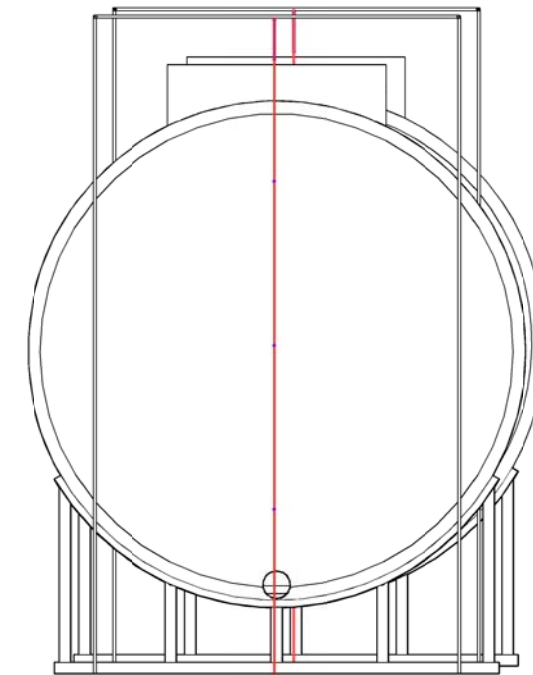
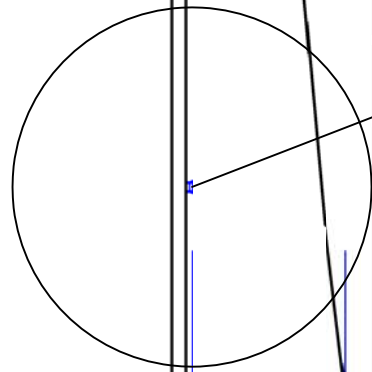
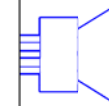


BOQUILLA  
PULVERIZADORA



INGENIERÍA QUÍMICA	TÍTULO: <i>Diseño e implantación de sistema de seguridad industrial para una columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico.</i>	Facultad de ciencias UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
Plano N° 10	Denominación y observaciones: <b>SITUACIÓN DE LAS BOQUILLAS EN T-1</b>	Escala: S/E
Fecha: Julio 2011	Situación: <i>Cepsa-Química S.A. San Roque (Cádiz)</i>	Firma: Daniel Alcón Alvarez Página n° 288

BOQUILLA PULVERIZADORA  
LATERAL



0.6 m



INGENIERÍA  
QUÍMICA

TÍTULO: Diseño e implantación de sistema de seguridad industrial para una columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico.

Facultad de ciencias  
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

Escala: S/E

Plano N°  
11

Denominación y observaciones:  
SITUACIÓN DE LAS BOQUILLAS EN T-2

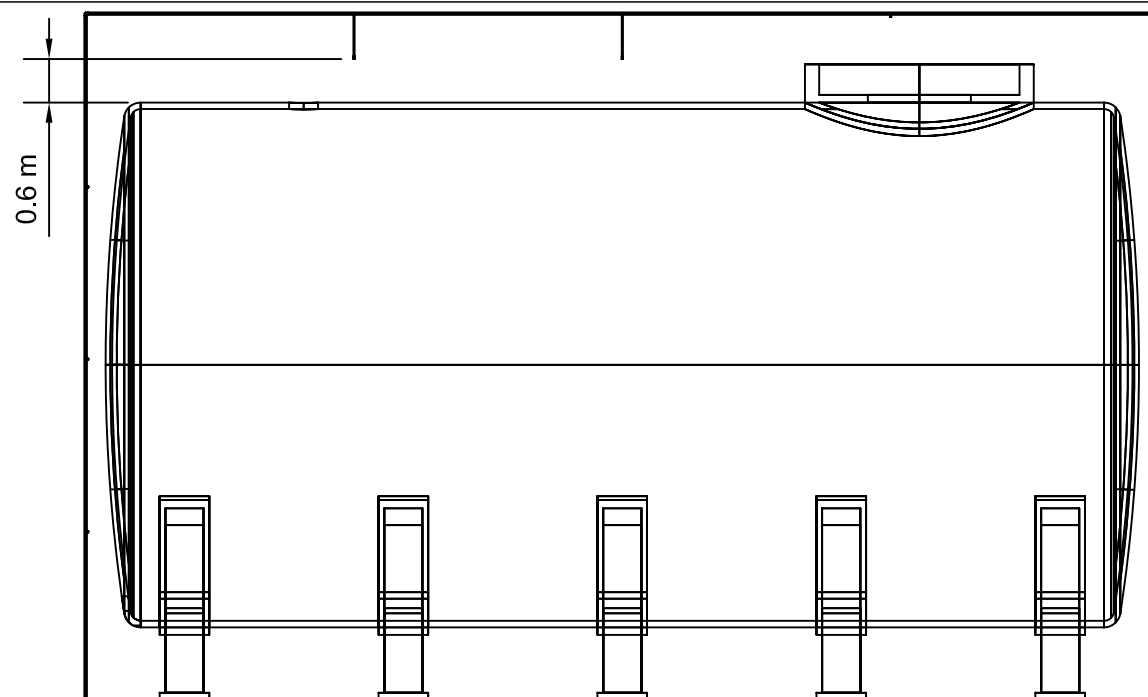
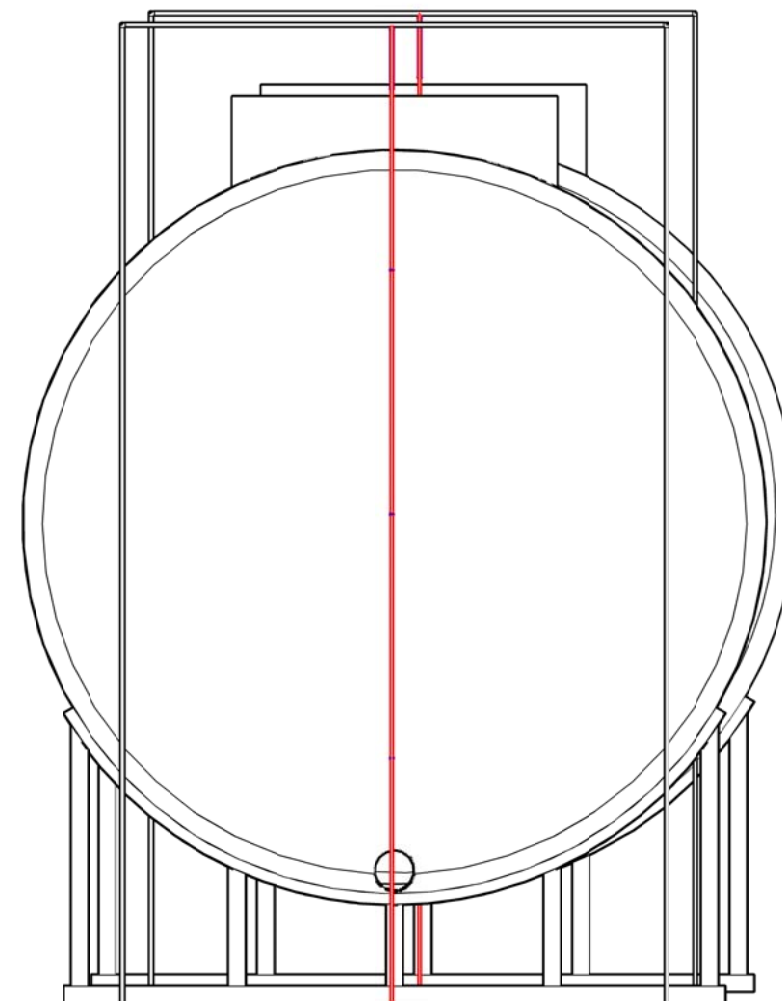
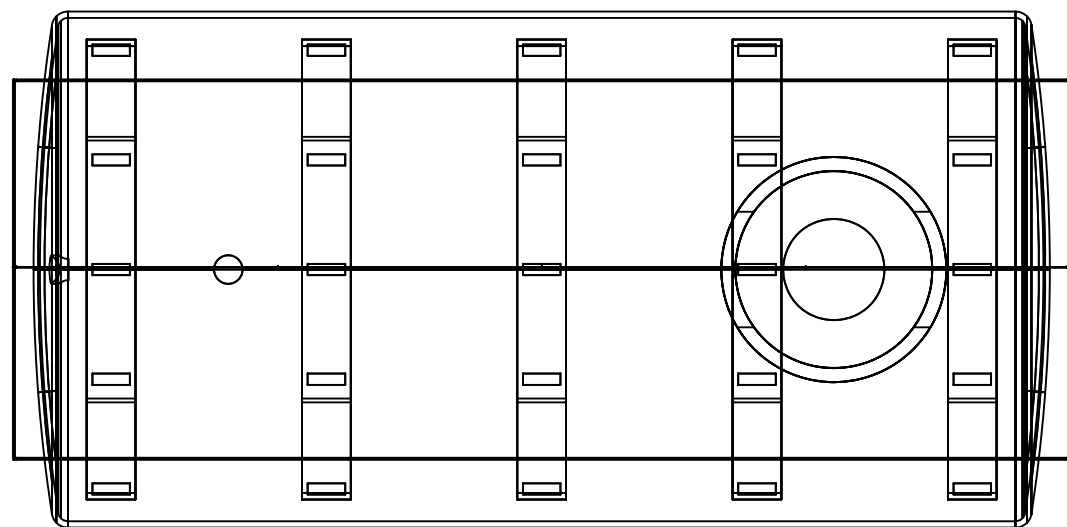
Daniel Alcón Alvarez

Fecha:  
Julio 2011

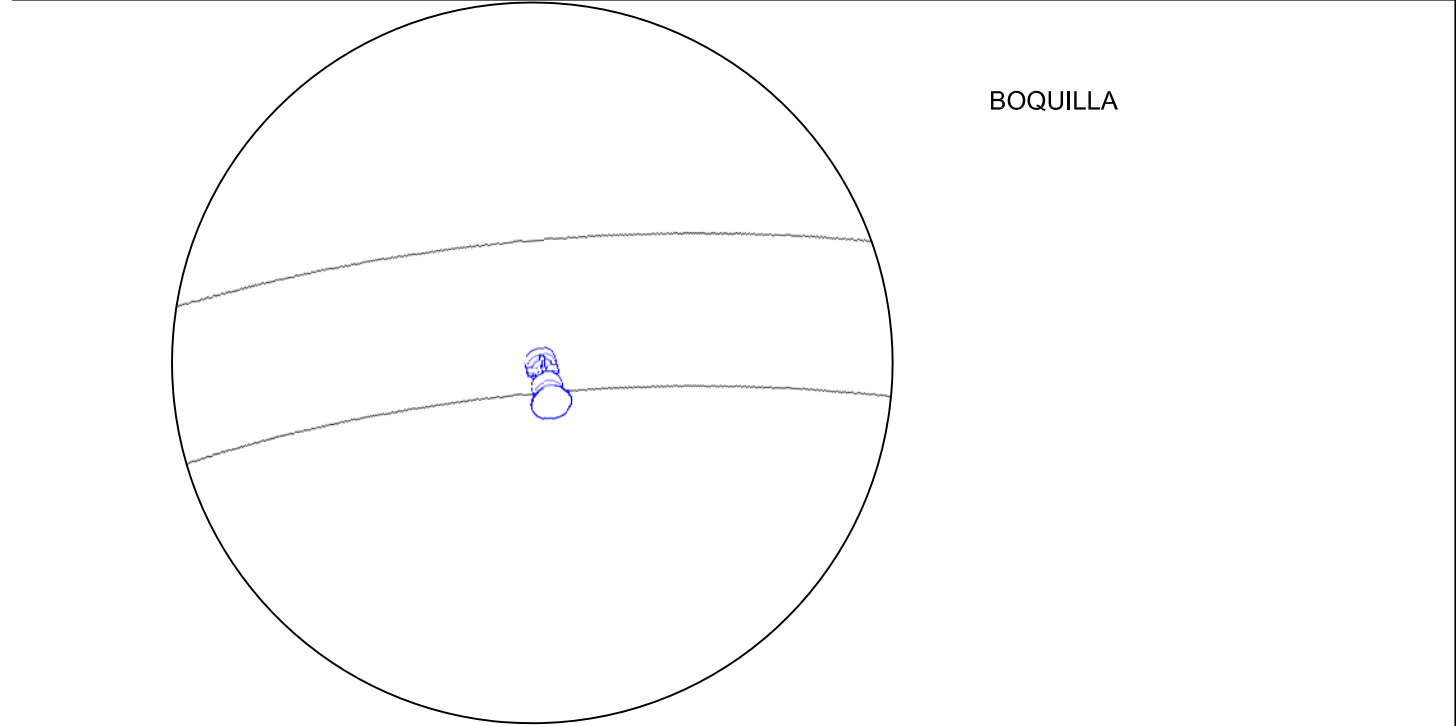
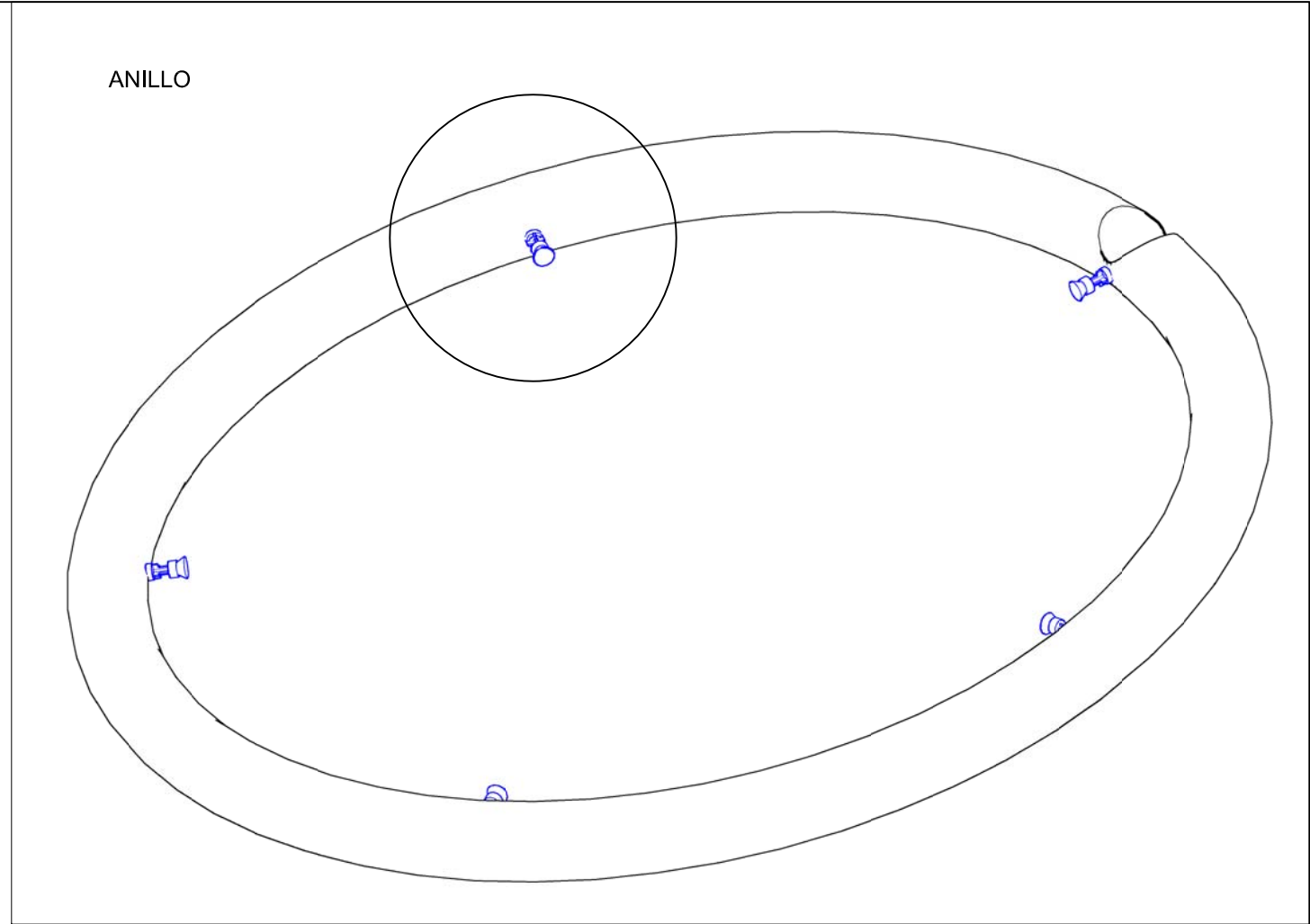
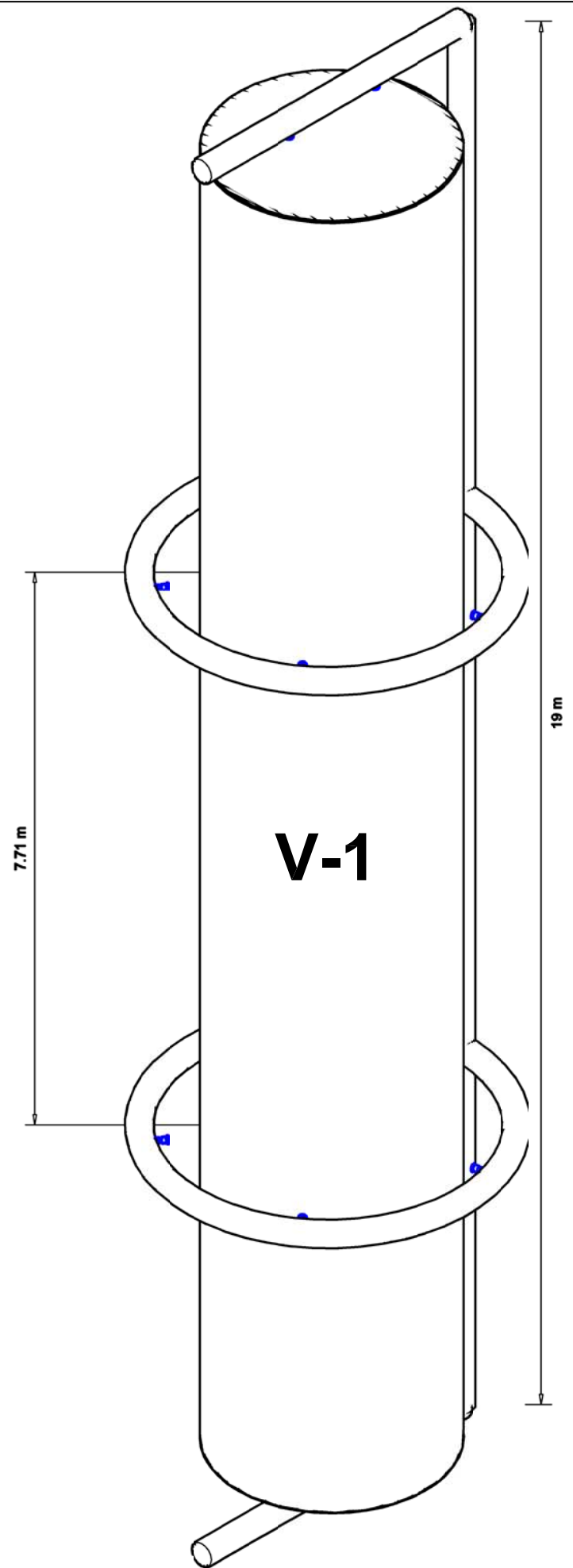
Situación: Cepsa-Química S.A.  
San Roque (Cádiz)

Firma:

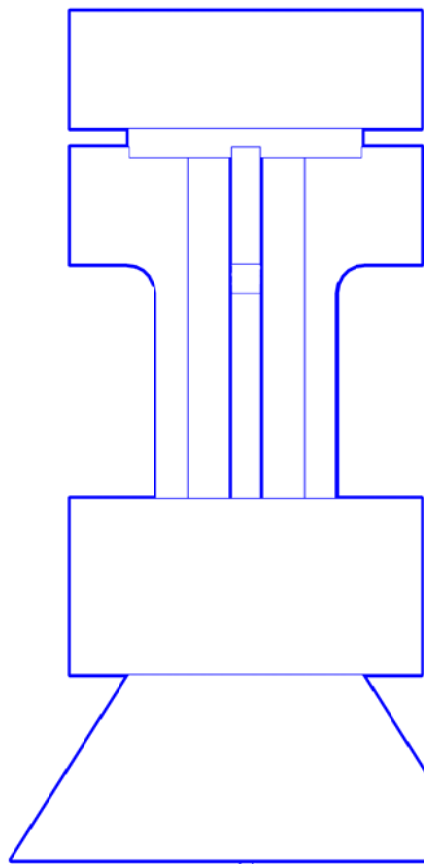
Página n°  
289



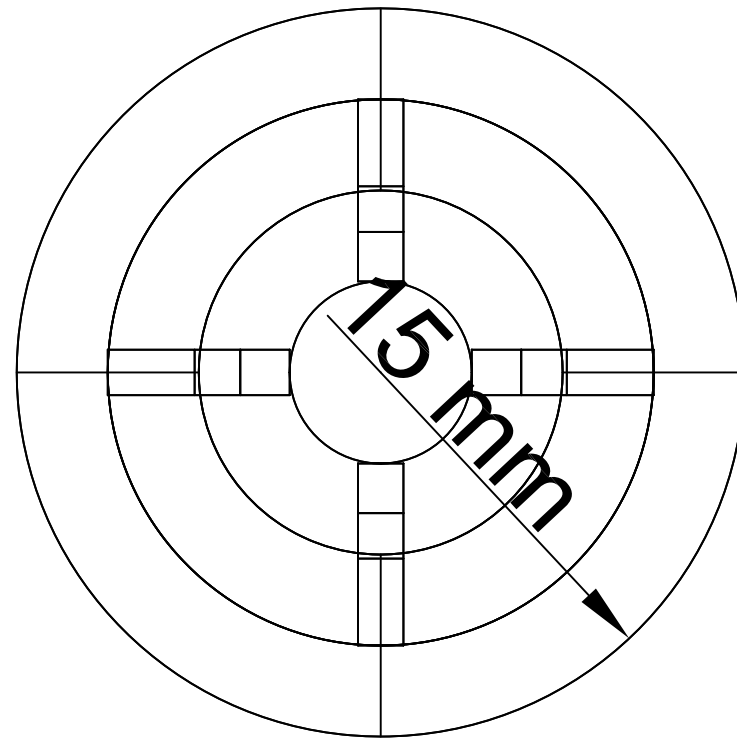
INGENIERÍA QUÍMICA	<i>TÍTULO: Diseño e implantación de sistema de seguridad industrial para una columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico.</i>	<i>Facultad de ciencias UNIVERSIDAD DE CÁDIZ Escala: S/E</i>	
Plano N° 12	<i>Denominación y observaciones: SITUACIÓN DE LAS BOQUILLAS EN T-3</i>		<i>Daniel Alcón Alvarez</i>
Fecha: Julio 2011	<i>Situación: Cepsa-Química S.A. San Roque (Cádiz)</i>		<i>Firma:      Página n° 290</i>



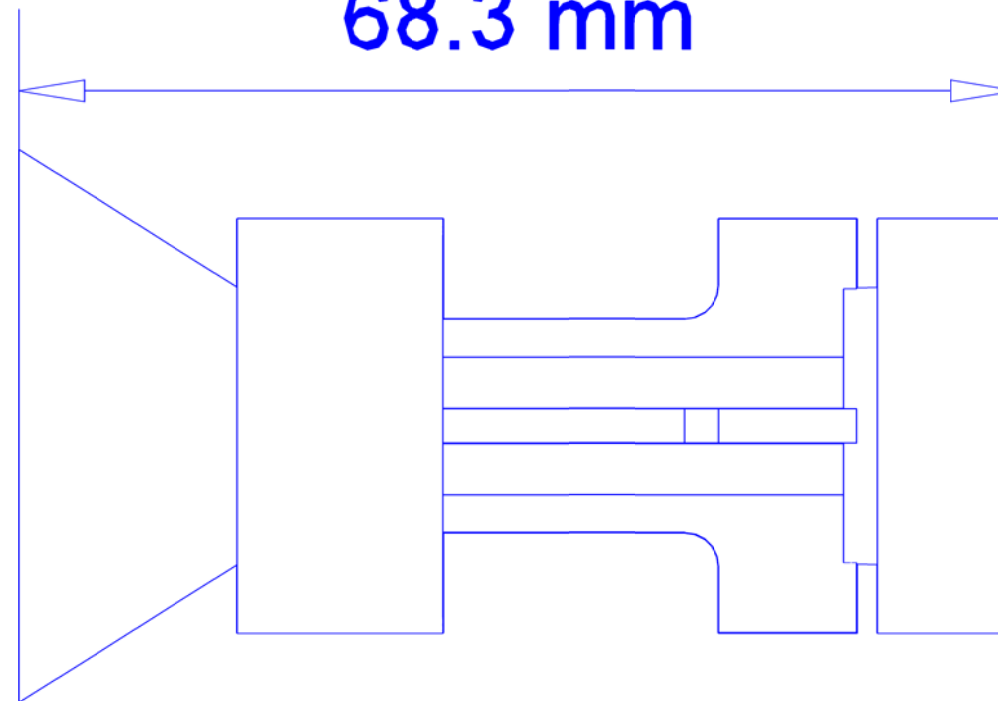
INGENIERÍA QUÍMICA	TÍTULO: Diseño e implantación de sistema de seguridad industrial para una columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico.	Facultad de ciencias UNIVERSIDAD DE CÁDIZ Escala: S/E
Plano N° 13	Denominación y observaciones: SITUACIÓN DE LAS BOQUILLAS EN LA COLUMNA V-1	Daniel Alcón Alvarez
Fecha: Julio 2011	Situación: Cepsa-Química S.A. San Roque (Cádiz)	Firma:      Página n° 291



60° / 120°



68.3 mm



INGENIERÍA  
QUÍMICA

Plano N°  
14

Fecha:  
Julio 2011

TÍTULO: Diseño e implantación de sistema de seguridad industrial para una columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico.

Denominación y observaciones:  
DETALLE BOQUILLA

Situación: Cepsa-Química S.A.  
San Roque (Cádiz)

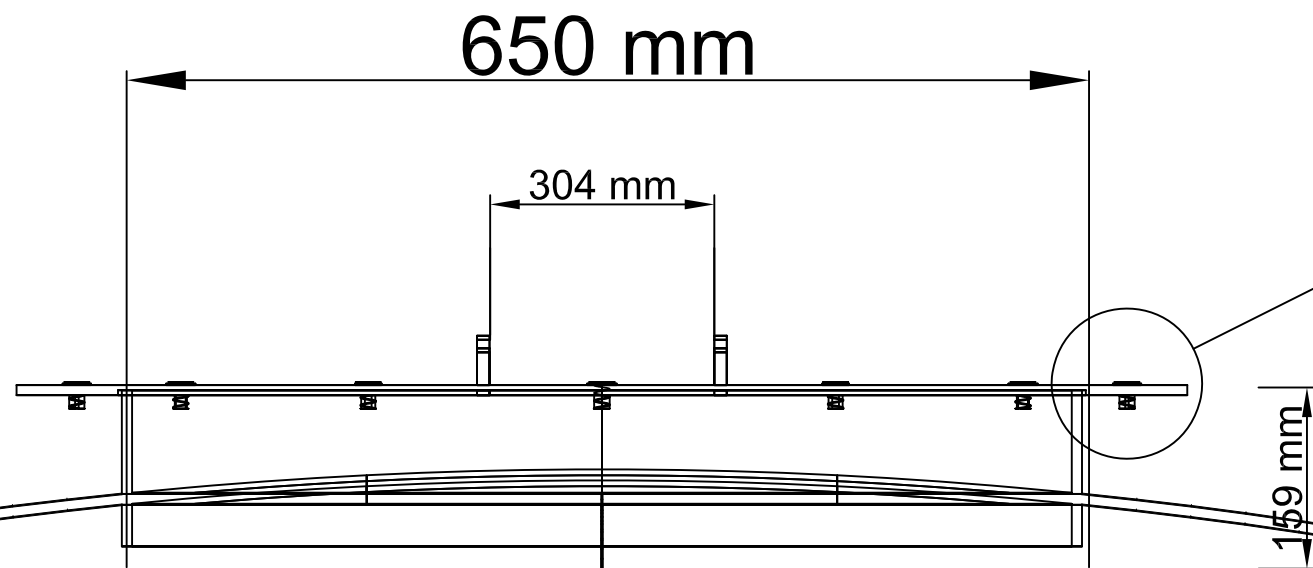
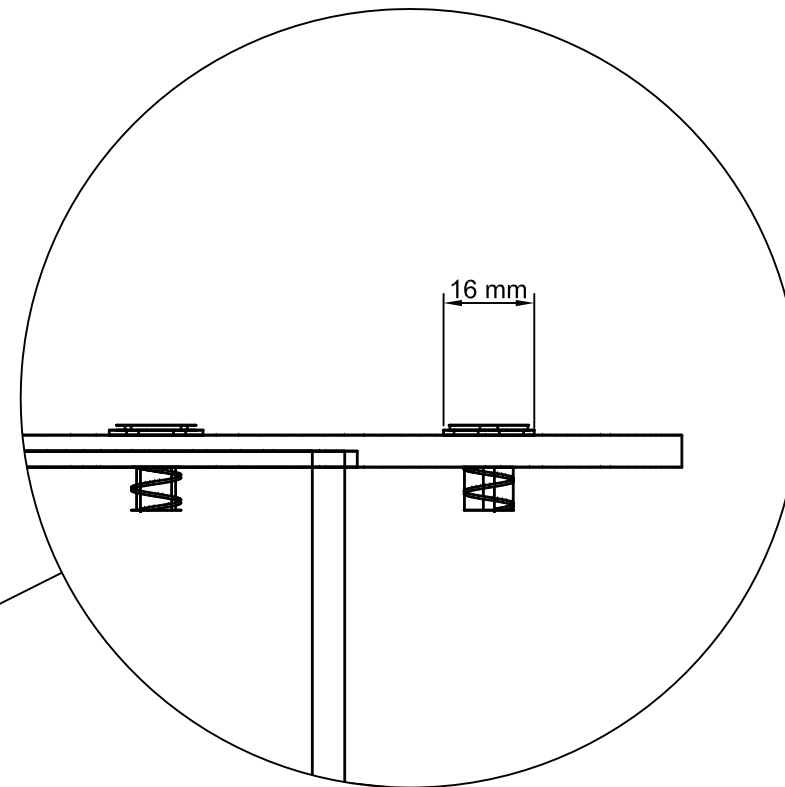
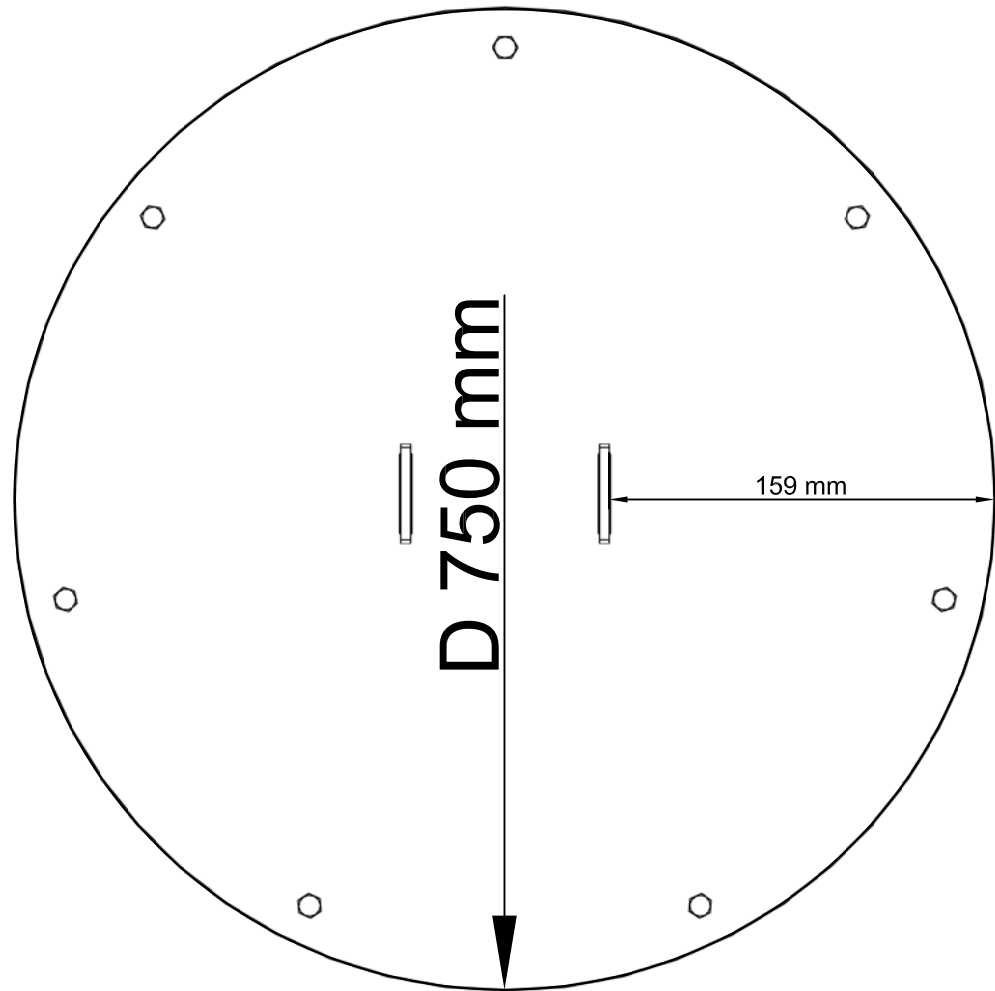
Facultad de ciencias  
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

Escala: S/E

Daniel Alcón Alvarez

Firma:

Página n°  
292



INGENIERÍA  
QUÍMICA

Plano N°  
15

Fecha:  
Julio 2011

TÍTULO: *Diseño e implantación de sistema de seguridad industrial para una columna de rectificación para la concentración de ácido fluorhídrico.*

Denominación y observaciones:  
**PLANO DETALLE BOCA DE HOMBRE**

Situación: *Cepsa-Química S.A.  
San Roque (Cádiz)*

Facultad de ciencias  
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

Escala: *S/E*

Daniel Alcón Alvarez

Firma:

Página n°  
293



## D. PLIEGO DE CONDICIONES

---

## **1.- PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

### **CAPITULO 1: CONDICIONES GENERALES DE INDOLE FACULTATIVA**

#### **1.1.- DE LA DIRECCION FACULTATIVA**

##### **1.1.1.- Dirección facultativa**

La Dirección Facultativa de las obras e instalaciones recaerá en el Ingeniero que suscribe, salvo posterior acuerdo con la Propiedad.

##### **1.1.2.- Facultad general de la dirección facultativa**

Además de las facultades particulares que corresponden a la Dirección Facultativa, expresadas en los artículos siguientes, es misión específica suya la dirección y vigilancia en los trabajos que se realicen, con autoridad técnica legal, completa e indiscutible sobre las personas y cosas situadas en obra y en relación con los trabajos que para la ejecución del contrato se lleven a cabo pudiendo incluso pero con causa justificada, recusar en nombre de la Propiedad al Contratista, si considera que el adoptar esta solución es útil y necesaria para la debida marcha de la obra. Con este fin el Contratista se obliga a designar sus representantes de obra, los cuales atenderán en todo las observaciones e indicaciones de la Dirección Facultativa la inspección y vigilancia de todos los trabajos y a proporcionar la información necesaria sobre el cumplimiento de las condiciones de la contrata y del ritmo de realización de los trabajos, tal como está previsto en el Plan de Obra.

A todos estos efectos el adjudicatario estará obligado a tener en la obra durante la ejecución de los trabajos el personal técnico y los capataces y encargados necesarios que a juicio de la Dirección Facultativa sean necesarios para la debida construcción y vigilancia de las obras e instalaciones.

## **1.2.- OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONTRATISTA**

### **1.2.1.- Representación del contratista**

Desde que se de principio a las obras, hasta su recepción provisional, el Contratista designará un jefe de obra como representante suyo autorizado que cuidará de que los trabajos sean llevados con diligencia y competencia. Este jefe estará expresamente autorizado por el Contratista para recibir notificaciones escritas o verbales emitidas por la Dirección Facultativa y para asegurar que dichas órdenes se ejecuten. Asimismo, estará expresamente autorizado para firmar y aceptar las mediciones realizadas por la Dirección Facultativa.

Cualquier cambio que el Contratista desee efectuar respecto a sus representantes y personal cualificado y en especial del jefe de obras deberá comunicarse a la Dirección Facultativa no pudiendo producir el relevo hasta la aceptación de la Dirección Facultativa de las personas designadas. Cuando se falte a lo anterior prescrito, se consideraran validas las notificaciones que se efectúen al individuo mas caracterizado o de mayor categoría técnica de los empleados u operarios de cualquier ramo, que como dependientes de la contrata intervengan en las obras y, en ausencia de todos ellos, las depositadas en la residencia designada como oficial del Contratista en el contrato de adjudicación, aun en ausencia o negativa por parte de los dependientes de la contrata.

### **1.2.2.- Presencia del contratista en la obra**

El Contratista, por si o por medio de sus facultativos representantes o encargados estará en la obra durante la jornada legal del trabajo y acompañará a la Dirección Facultativa en las visitas que haga a la obra. Asimismo, y, por si y por medio de sus representantes asistirá a las reuniones de obra que se convoquen, no pudiendo justificar por motivo de ausencia ninguna reclamación a las órdenes cruzadas por la Dirección Facultativa en el transcurso de las reuniones.

### **1.2.3.- Oficina en la obra**

El Contratista en la obra dispondrá de una oficina en la que asistirá una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse planos. En dicha Oficina tendrá siempre el Contratista una copia autorizada de todos los documentos del Proyecto que le hayan sido facilitados por la Dirección Facultativa y el “Libro de Ordenes” a que se refiere el artículo siguiente.

### **1.2.4.-Trabajos no estipulados expresamente en el pliego de condiciones**

Es obligación de la contrata ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspectos de las obras, aun cuando se halle expresamente estipulado en los Pliegos de Condiciones, siempre que, sin esperarse de su espíritu y recta interpretación, lo dispone la Dirección Facultativa y dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos determinen para cada unidad de obra de tipo de ejecución.

### **1.2.5.- Insuficiente especificación en la documentación del proyecto**

Si alguna parte de la obra no quedara suficientemente especificada en esta documentación, a juicio de la Contrata o de la Propiedad, no se realizara hasta que la Dirección Facultativa diera las indicaciones precisas y concretas para su ejecución. Este extremo se advertirá a la citada Dirección por escrito, con antelación suficiente para que pueda estudiar el problema y aportar la solución más acertada sin que ello suponga retraso en la marcha de la obra. El tiempo de antelación variara con la importancia del estudio, siendo el mínimo de una semana.

### **1.2.6.- Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto**

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o dibujos, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicaran precisamente por escrito al Contratista, estando este obligado a su vez a devolver, ya los originales, ya las copias, suscribiendo con su firma al enterado, que figurara asimismo en todas las ordenes, avisos o instrucciones que reciba tanto de la Propiedad como la Dirección Técnica. Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por estos, que crea oportuno hacer el Contratista, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de 15 días, a la Dirección Facultativa, la cual dará al Contratista el correspondiente recibo si este lo solicitase.

### **1.2.7.- Información del contratista a subcontratas, instaladores y oficinas**

El Contratista se verá obligado a suministrar toda la información necesaria precisa a las diferentes subcontratas, instaladoras y oficios, para que su labor se ajuste al Proyecto.

En cualquier caso el Contratista será el único responsable de las derivaciones o errores que se hubieran podido cometer en obra por desconocimiento de las especificaciones aquí detalladas.

#### **1.2.8.- Copias de documentos**

El Contratista tiene derecho a sacar copias, a su costa, de los Planos, Presupuestos, Pliego de Condiciones y demás documentos del Proyecto. La dirección Facultativa, si el Contratista lo solicita, autorizara estas copias con su firma una vez confrontadas. En la obra siempre se encontrara una copia completa del Proyecto visada por el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales, copia que no se utilizara como planos de obra sino en contados casos de comprobaciones.

#### **1.2.9.- Reclamaciones contra las órdenes de la Dirección Facultativa**

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las ordenes demandadas de la Dirección Facultativa, solo podrá presentarlas, a través de la misma, ante la Propiedad, si ellas son de orden económico, y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes, contra disposiciones de orden técnico y facultativo de la Dirección Facultativa, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada, dirigida a la Dirección Facultativa, la cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo , que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

### **1.2.10.- Recusación por el Contratista del personal nombrado por la Dirección Facultativa**

El Contratista no podrá recusar el personal técnico o de cualquier índole, dependiente de la Dirección Facultativa o de la Propiedad, encargado de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la Propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones. Cuando se crea perjudicado con los resultados de estos, precederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

### **1.2.11.- Recusación por la Dirección Facultativa del representante del Contratista**

Cuando esté ausente el Contratista, o si este no fuese práctico en las artes de la Construcción y siempre, por cualquier causa, la dirección Facultativa lo estime necesario, el Contratista tendrá obligación de poner al frente de su personal a un facultativo legalmente autorizado.

Sus funciones serán: vigilar los trabajos y colocación de andamios y demás medios auxiliares, verificar los replanteos y demás operaciones técnicas; así como cumplir las instrucciones de la Dirección Facultativa y firmar el “Libro de Ordenes” con el enterado a las ordenes del citado facultativo. Sera objeto de recusación el facultativo si carece de carne que acredite su cualificación, o si carece de conocimientos de construcción, probados por su experiencia y que le permitan la interpretación de los planos órdenes de forma que pueda cumplir sus funciones.

### **1.2.12.- Del personal del contratista**

a) Encargado

El encargado nombrado por el contratista se considerara a las órdenes de la Dirección Facultativa, siempre que esta o la persona que la sustituya, se lo requiera para el mejor cumplimiento de su misión.

b) Recusación de personal

El Contratista viene obligado a separar de la obra, aquel personal que, a juicio de la Dirección Facultativa, no cumpla sus obligaciones de la forma debida.

### **1.2.13.- Libro de órdenes**

La Dirección Técnica tendrá siempre en la Oficina de la Obra y a disposición de la Dirección Facultativa un "Libro de órdenes", con sus hojas foliadas por duplicado y visado por el Código Oficial de los Ingenieros Industriales. En el mismo se redactaran todas las ordenes que la Dirección Facultativa crea dar al Contratista para se adopte las medidas de todo género que puedan sufrir los obreros, los viandantes en general, las firmas colindantes o los inquilinos de las mismas, las que crean necesarias para subsanar o corregir las posibles deficiencias constructivas que haya observado en las visitas de la obra y en suma, todas las que juzguen indispensable se lleven a cabo de acuerdo y en armonía con los documentos del Proyecto. Cada orden deberá ser firmada por la Dirección Facultativa y el "Enterado" suscrito por el Contratista o su representante en obra, la copia de cada orden entendida quedara en poder de la Dirección Facultativa. El hecho de que en el citado libro no figuren redactadas las ordenes que ya preceptivamente tiene la obligación de cumplimentar el Contratista de acuerdo con lo establecido en las normas oficiales, ordenanzas, reglamentos, etc., no



supone atenuante alguno para las responsabilidades que sean inherentes al Contratista.

### **1.3.- DE LAS OBRAS Y SU EJECUCION**

#### **1.3.1.- Calendario de trabajo.**

El Contratista propondrá a la Dirección Facultativa el correspondiente Calendario de Trabajo. Aceptado este Calendario se firmaran por la Contrata y por la Dirección Técnica, quedándose cada parte con una copia. La contrata se obliga, por este documento a justificar mensualmente el cumplimiento de las ejecuciones programadas.

#### **1.3.2.- Reglamento general**

En el plazo fijado por el anterior Calendario de Trabajo, la Contrata procederá al replanteo de las líneas fundamentales y puntos de nivel necesario para definir y delimitar perfectamente en el terreno, la traza del edificio. El constructor se ceñirá estrictamente a las notas de la alineación y niveles que se especifican en los Documentos Gráficos. Si se encontrara alguna anomalía entre lo especificado en los planos y en el replanteo del terreno, como la existencia de rocas superficiales, etc., se informara inmediatamente a la Dirección Facultativa antes de iniciar las obras, una vez realizadas las modificaciones oportunas, si es que dan lugar, se realizara un Acta de Replanteo que será firmada por el Contratista y la Dirección Facultativa –por triplicado- en la que la Dirección Facultativa hará constar si se puede iniciar la obra.

A partir de este momento el Contratista será el único responsable de los errores que pudieran cometerse en dimensiones, alineaciones, cotas de nivel, siendo de su cuenta las operaciones necesarias para su rectificación.

### **1.3.3.- Comienzo de los trabajos**

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta a la Dirección Facultativa del comienzo de los trabajos antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación. En cualquier caso, serán requisitos previos para la formalización del Acta de Replanteo; la preparación a pie de obra de elementos auxiliares y maquinaria indispensable para el comienzo; la adjudicación de los trabajos que haya lugar y con el personal suficiente para el inicio de la obra. La fecha en que se vaya a dar principio a la ejecución deberá ir indicada en el Calendario de Trabajo.

### **1.3.4.- Plazo de ejecución**

Será el que se señale en el Documento privado que se realice entre la Contrata y la Propiedad

### **1.3.5.- Orden de los trabajos**

En general, la determinación del orden de los trabajos será facultad potestativa de la contrata, salvo aquellos casos en que por cualquier circunstancia de orden técnico o facultativo, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa. Estas órdenes deberán comunicarse, precisamente por escrito, a la contrata y esta vendrá obligada a su estricto cumplimiento, siendo responsable de cualquier daño o perjuicio que pudiera sobrevenir por su incumplimiento.

### **1.3.6.- Ampliación del proyecto por causas imprevistas de fuerza mayor.**

Cuando en obras de reforma o reparación de edificios sea preciso, por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándolos según las

instrucciones dadas por la dirección Facultativa, en tanto se formula o se tramita el proyecto reformado.

El Contratista está obligado a realizar con su personal y sus materiales, cuando la Dirección Facultativa de la Obra disponga, para apeos, apuntalamientos, derribos, anticipando de momento este servicio, cuyo aporte le será consignado en el presupuesto adicional o abono directamente, de acuerdo con lo que mutuamente convengan.

### **1.3.7.- Prorrogas por causa de fuerza mayor**

Si por causa de fuerza mayor e independientemente de la voluntad del Contratista y siempre que esta causa sea distinta de las que se especifican como la rescisión en el capítulo "Condiciones generales de índole legal", aquel no pudiese comenzar las obras, o tuviera que suspenderlas en los plazos prefijados se le otorgara una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable de la Dirección Facultativa la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

### **1.3.8.- Responsabilidades de la Dirección Facultativa en el retraso de la obra**

Con Objeto de no interferir la marcha de las obras, y para el cumplimiento del plazo, la contrata solicitará a la dirección Facultativa, los datos que considere puedan retrasar el mismo. Asimismo antes de ejecutar una unidad de obra no estipulada en el Proyecto, se someterá, con la antelación suficiente, el precio contradictorio para su aprobación que firmaran en caso de aceptación la Propiedad, la Dirección

Facultativa y el Contratista adjudicatario de las obras, previo informe de la repercusión económica de los precios contradictorios.

### **1.3.9.- Condiciones generales de la ejecución de los trabajos**

Todos los trabajos se ejecutaran con estricta sujeción al Proyecto que haya servido de base a la contrata, a las modificaciones del mismo que, previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue la Dirección Facultativa al Contratista, siempre que estas encajen dentro de la cifra a que asciendan los presupuestos aprobados.

### **1.3.10.- Obras ocultas**

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos e indispensables para que queden perfectamente definidos, estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose: uno al propietario, otro a la Dirección Facultativa y el tercero al Contratista, firmado todos ellos por estos dos últimos. Dichos planos, que deberán ser suficientemente acotados, se consideraran documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

### **1.3.11.- Trabajos defectuosos**

El Contratista, como es natural, debe emplear los materiales que cumplan con las condiciones exigidas en “Las Condiciones Generales de Índole Técnica” del Pliego de Condiciones, y realizara todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento. Por ello y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos contratados y de las faltas y defectos que en estos pueda

ocurrir, por su mala ejecución o por la deficiencia de los materiales empleados o de los aparatos colocados, sin que pueda servirle de excusa, ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que la Dirección Técnica o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valoradas en las certificaciones parciales de la obra, que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando la Dirección Facultativa o su representante en la obra adviertan vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados a los aparatos colocados no reúnen las condiciones acordadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados estos y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado y todo ello a expensas de la contrata. Si esta no estimase justa la resolución y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se procederá de acuerdo con lo establecido en el Artículo "Materiales y Aparatos Defectuosos" siguiente.

### **1.3.12.- Vicios ocultos**

Si la Dirección Facultativa tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos en la construcción en las obras ejecutadas, ordenara efectuar en cualquier tiempo y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crean necesarias para reconocer los trabajos que suponga defectuosos. Los gastos de demolición y reconstrucción que se ocasionen serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente y, en caso contrario, correrán a cargo del propietario.

### **1.3.13.- De los materiales y aparatos y su procedencia**

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas las clases en los puntos que le parezcan convenientes, siempre que reúnan las condiciones exigidas en el contrato, que estén perfectamente preparados para el objeto a que apliquen y sean, a lo preceptuado en los Pliegos de Condiciones y a las instrucciones de la Dirección Facultativa.

### **1.3.14.- Empleo de los materiales y aparatos**

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y de los aparatos, sin que antes sean examinados y aceptados por la Dirección Facultativa, en los términos que prescriben en los Pliegos de Condiciones, depositando al efecto el Contratista las muestras y modelos necesarios previamente codificados, para efectuar con ellos las comprobaciones, ensayos o pruebas corregidas en el Pliego de Condiciones vigente en la obra. Los gastos que ocasionen los ensayos, análisis, pruebas, etc., antes indicados, serán a cargo del Contratista.

### **1.3.15.- Materiales no utilizables**

El Contratista a su costa, transportara y colocara agrupándolos ordenadamente y en el sitio de la obra en el que no pueda causar perjuicios a la marcha de los trabajos se le designen, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra. Se retiraran de esta o se llevaran al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones particulares vigentes en la Obra. Si no hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retiraran de ella cuando así lo ordene la Dirección Facultativa, pero acordando previamente con el Contratista su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos de su transporte.

### **1.3.16.- Materiales y aparatos defectuosos**

Cuando los materiales y aparatos no fuesen de la calidad requerida o no estuviesen perfectamente preparados, la dirección Facultativa dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas por los Pliegos de Condiciones o a falta de estas, a las órdenes de la Dirección Facultativa.

La Dirección Facultativa, podrá si las circunstancias o el estado de la obra lo aconsejan, permitir el empleo de aquellos materiales defectuosos que mejor le parezcan o aceptar o imponer el empleo de otros de superior calidad a la indicada en el Pliego de Condiciones, si no le fuese posible al Contratista suministrarlos de la requerida en ellos, descontándose en el primer caso la diferencia de precio del material requerido al defectuoso empleado y no teniendo derecho el Contratista a indemnización alguna en el segundo.

No obstante lo anteriormente expuesto, cuando la orden sea notarial injusta a juicio del Contratista, este podrá recurrir ante la Propiedad, de acuerdo con lo estipulado en el Artículo “Reclamaciones contra las ordenes de la Dirección Facultativa” precedente.

### **1.3.17.- De los medios auxiliares**

Serán de cuenta y riesgo del Contratista: los andamios, cimbras, maquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesitasen, no cabiendo, por tanto, al propietario responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

Todos estos, aunque no se haya estipulado lo contrario en las “Condiciones Particulares de la obra”, quedaran a beneficio del Contratista, sin que este pueda fundar reclamación alguna de la insuficiencia de dichos medios, cuando estos estén detallados en el presupuesto y consignados por partida, alzado o incluidos en los precios de las unidades de obra.

#### **1.4.- DE LA RECEPCION DE LAS OBRAS**

##### **1.4.1.- Recepciones provisionales**

Para proceder a la recepción provisional de las obras será necesaria la asistencia del propietario o de su representación autorizada (que pueda recaer en la Dirección Facultativa), de la Dirección Facultativa de la obra y del Contratista o de su representante, debidamente autorizado. Del resultado de la recepción provisional de las obras será de (que pueda recaer en la dirección Facultativa), de la Dirección Facultativa de la Obra y del Contratista o su representante, debidamente autorizado.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se darán por recibidas provisionalmente, comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía señalado en la obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se especificaran en la misma las precisas y detalladas instrucciones que la Dirección Facultativa debe señalar al Contratista para remediar los defectos observados, fijándose un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuara de nuevo reconocimiento en idénticas condiciones a fin de proceder de nuevo a la recepción provisional de la obra.



Si el Contratista no hubiese cumplido, se declarara rescindida la contrata con pérdida de fianza, a no ser que el propietario acceda a conceder un nuevo e improrrogable plazo.

#### **1.4.2.- Conservación de las obras recibidas provisionalmente**

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía entre las recepciones provisionales y la definitiva, correrán a cargo del Contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza, reparaciones acusadas por el uso correrán a cargo del Propietario y las reparaciones por vicio de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo del Contratista. En caso de duda, será juez inapelable la Dirección Facultativa, sin que contra su resolución quepa ulterior recurso.

#### **1.4.3.- Plazo de garantía**

El plazo de garantía será un año contando desde la fecha en que la recepción provisional se verifique, quedando durante dicho plazo la conservación de las obras y arreglo de desperfectos (ya provengan del asiento de las obras, ya de la mala construcción de aquellas), a cargo del Contratista.

#### **1.4.4.- Recepción definitiva**

Finalizando el plazo de garantía, se procederá a la recepción definitiva, con las mismas formalidades señaladas en los artículos procedentes para la provisional; si se encontraran las obras en perfecto estado de uso y conservación se darán por recibidas definitivamente quedara el Contratista relevado de toda responsabilidad legal que le pudiera alcanzar, derivada de la posible existencia de vicios ocultos.

En caso contrario, se procederá de idéntica forma que la preceptuada para la recepción provisional sin que el Contratista tenga derecho de percepción de cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía, y siendo obligación suya hacerse cargo de los gastos de conservación hasta que la obra haya sido recibida definitivamente.

## **CAPITULO 2: CONDICIONES GENERALES DE INDOLE ECONOMICA**

### **2.1.- BASE FUNDAMENTAL**

#### **2.1.1.- Base fundamental**

Como base fundamental de estas “Condiciones particulares de índole económica”, se establece el principio de que el Contratista debe recibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que estos se hayan realizado con arreglo y sujeción al proyecto y condiciones generales y particulares que fijan la construcción del edificio y obra aneja contratada.

### **2.2.- FIANZAS**

#### **2.2.1.- Constitución de la fianza**

Se establecen descuentos del cinco por ciento (5%) efectuados sobre el importe de cada certificación abonada al Contratista.

El total de las retenciones constituirán la fianza. Salvo en el caso en que la obra se adjudique por subasta, para cuyo caso la fianza se establecerá según Pliego General, Condiciones Generales de Índole Económica. Si lo estipulado en este Artículo estuviese recogido en contrato, firmado, entre la Propiedad y la Contrata este prevalecerá frente a lo expuesto.

#### **2.2.2.- Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza**

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, la Dirección Técnica, en nombre y representación del Propietario, los ordenara ejecutar a un tercero, o directamente por Administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el Propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para abonar el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

#### **2.2.3.- De su evaluación en general**

La fianza depositada será disuelta al Contratista en un plazo que no excederá de ocho (8) días, una vez firmada el Acta de la Recepción Definitiva de la Obra, siempre que el Contratista haya acreditado, por medio de certificación del Alcalde del distrito Municipal en cuyo término se halle emplazada la obra contratada, que no existe reclamación alguna contra aquel por los daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de jornales o materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

#### **2.2.4.- De su evolución en el caso de efectuarse recepciones parciales**

Si el Propietario creyera conveniente hacer recepciones parciales, no por ello tendrá derecho el Contratista a que se devuelva la parte proporcional de la fianza cuya cuantía total quedara sujeta a las condiciones preceptuadas en el artículo 3 precedente.

### **2.3.- PRECIOS**

#### **2.3.1.- Precios unitarios**

El Contratista presentara precios unitarios de todas las partidas que figuran en el estado de mediciones que se le entregara.

Los precios unitarios que compongan el presupuesto oferta, tienen valor contractual y se aplicaran las posibles variaciones que pudieran sobrevenir.

#### **2.3.2.- Alcance de los precios unitarios**

El presupuesto se entiende comprensivo de la totalidad de la obra, instalaciones o suministro y llevara implícito el importe de los trabajos auxiliares (andamiajes, transportes, elevación de material, desescombro, limpiezas, combustibles, fuerza motriz, agua y otros análogos), el de la imposición fiscal derivada del contrato y de la actividad del Contratista en su ejecución, el de las cargas laborales de todo orden, todos los cuales no son objeto de partida específica.

Quedaran incluidos en la oferta de la Empresa Constructora todos aquellos trabajos y materiales que aun no están descritos en el presente Pliego de Condiciones, y sean necesarios para la total terminación de la obra.

#### **2.3.3.- Precios contradictorios**

Los precios de unidades de obra, así como los de materiales o mano de obra de trabajos que no figuren entre los contratados, se fijaran contradictoriamente entre la Dirección Facultativa y el Contratista o su representante autorizado a estos efectos.

El Contratista los presentara descompuestos, siendo condición necesaria la presentación y la aprobación de estos precios antes de proceder a la ejecución de las unidades de obra correspondientes.

De los precios así acordados se levantarán actas, que firmaran por triplicado la Dirección Facultativa, el Presidente de la Junta Rectora y el Contratista o los representantes autorizados de estos últimos designados a dicho fin.

#### **2.3.4.- Precios no señalados**

La fijación de precios deberá hacerse antes de que se ajuste la obra a que haya que aplicarse, pero si por cualquier circunstancia en el momento de hacer las mediciones no estuviese a un determinado el precio de la obra ejecutada, el Contratista viene obligado a aceptar el que señale la Dirección Facultativa. Cuando a consecuencia de rescisión y otra causa fuere preciso valorar obras incompletas cuyo precio no coincida con ninguno de los que se consignen en el cuadro de precios, la Dirección Facultativa será la encargada de descomponer el trabajo hecho y compondrá el precio sin reclamación por parte del Contratista.

#### **2.3.5.- Revisión de precios**

Contratándose las obras a riesgo y ventura, es natural por ello que en principio no deben admitir la revisión de los precios contratados.

No obstante, y dadas las variabilidades continuas de los precios, de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

transportes, que son características de determinadas épocas anormales, se admite durante ellas la revisión de los precios contratados, bien en alza o en baja y en armonía con las oscilaciones de los precios en el mercado. Se entiende, de todas formas, que se admitirá solamente aquellas variaciones de precios y jornales que hayan sido oficialmente autorizados. Por ello, y en los casos de revisión en alza, el Contratista puede solicitarla del propietario, notificándolo por escrito, en cuanto se produzca cualquier alteración de los precios que repercuta aumentando los contratos.

Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario antes de comenzar o de continuar la ejecución de la unidad de obra en que intervienen el elemento cuyo precio en el mercado y pro causa justificada, ya ha subido, especificándose y acordándose también previamente la fecha a partir de la cual se aplicara el precio revisado y elevado, para lo cual se tendrá en cuenta, y cuando así proceda, al acopio de materiales en la Obra, en el caso de que estuviesen abonados total o parcialmente por el Propietario. Si el Propietario o la Dirección Facultativa, en su representación, no estuviesen conforme con los nuevos precios de materiales, transportes, etc., que el Contratista desea recibir como normales en el mercado, aquel tiene la facultad de proponer al Contratista, y este la obligación de aceptarlas, los materiales, transportes, etc., a precios inferiores de los pedidos por el Contratista, en cuyo caso, como es lógico y natural, se tendrán en cuenta para la revisión, los precios de los materiales, transportes, etc., adquiridos por el Contratista merced a la información del Propietario.

Cuando el Propietario o la Dirección Facultativa en su representación, solicitase al Contratista la revisión de precios por haber bajado los de los jornales, materiales, transportes, etc., se convendrá entre las dos partes la baja a realizar en los precios unitarios vigentes en la Obra, en equidad experimentada por cualquiera de los elementos

constructivos de la unidad de obra y la fecha en la que empezaran a regir los precios revisados.

Cuando entre los documentos ya aprobados por ambas partes figurase el relativo a los precios unitarios contratados descompuestos, se seguirá un procedimiento ya similar al preceptuado en los casos de revisión por alza de precios.

### **2.3.6.- Formas tradicionales de medir o aplicar los precios**

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres del país respecto a la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obras ejecutadas cuando se hallen en contradicción con las normas establecidas a estos efectos en el Pliego de Condiciones Generales.

## **2.4.- VALORACION U ABONOS DE TRABAJOS**

### **2.4.1.- Forma de abono de las obras**

La forma de pago será la que se acuerda en el documento privado que firmen la Propiedad y el Contratista.

### **2.4.2.- Abono de unidades de obras ejecutadas**

El Contratista deberá recibir el importe de todas aquellas unidades de obra que se haya ejecutado con arreglo y sujeción a los documentos del Proyecto, a las condiciones de la Contrata y a las órdenes e instrucciones que por escrito entregue la Dirección Facultativa, siempre dentro de las cifras a que ascienden a los presupuestos aprobados.

### **2.4.3.- Relaciones valoradas y certificaciones**

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

En cada una de las épocas o fechas que estipule el documento privado o Contrato entre Propiedad y Contratista, este último presentara a la Dirección Facultativa una relación de las obras ejecutadas durante los plazos previstos. Dicha valoración y medición se realizara a origen en todos los casos y teniendo presente lo establecido en el presente Pliego.

Para la realización de las mediciones el contratista avisara, con un tiempo suficiente y en las fechas previamente establecidas, a la Dirección Técnica, por si este o su representante quieran presenciarlas.

Una elaborada la medición y valoración, el Contratista la remitirá a la Dirección Facultativa para que esta de su conformidad o, en el caso contrario, hacer las observaciones que crea oportunas en función de las mediciones y datos que previamente haya ido recogiendo en las sucesivas visitas a obras.

Efectuadas por la Dirección Facultativa las correcciones necesarias, si las hubiese, emitirá su certificación firmada al Contratista y Propietario.

El Contratista podrá acudir contra la resolución de la Dirección Facultativa, ante la Propiedad en la forma prevenida en los “Pliegos Generales de Condiciones Facultativas. Este paso le conducirá a la Dirección Facultativa y Legales”. Este paso lo comunicara a la Dirección Facultativa justificando por escrito los motivos. Si transcurridos diez días desde su envió (en el caso de que se haya pactado otro plazo) la Dirección Técnica no recibe notificación alguna, se considerara que el Contratista está conforme con los referidos datos y la certificación será inapelable.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa del Propietario podrá certificarse hasta el 90% de su importe, a los precios



que figuren en los documentos del Proyecto, sin afectarlos del tanto por ciento de contrata.

La Dirección Facultativa no aceptara como certificable ninguna partida de obra que se encuentre, sin acabar o rematar totalmente. Tampoco aceptara la inclusión, en la certificación, de unidades de obra que se ejecuten fuera del orden lógico de la obra o de manera que, al seguir esta, puedan sufrir deterioro.

Las certificaciones tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Si existiese entre lo recogido en este Artículo y lo firmado en contrato entre la Propiedad y la Contrata, prevalecerá lo expuesto en clausula del contrato en todo momento.

#### **2.4.4.- Mejoras de obras libremente ejecutadas**

Cuando el Contratista, incluso con autorización de la Dirección Facultativa, emplease materiales de mas esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fabrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o en general, introdujese en esta, y sin pedírsela, cualquier otra modificación que sea beneficioso a juicio de la Dirección Técnica, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

#### **2.4.5.- Abonos por partidas enteras**

No admitiéndole la índole especial de algunas obras su abono por sucesivas mediciones parciales, la Dirección Facultativa queda facultada para incluir estas partidas completas cuando lo estime justo, en las periódicas certificaciones parciales.

#### **2.4.6.- Abonos por partidas alzadas**

Caso, de que por no existir en el presupuesto precios unitarios que puedan emplearse por asimilación con las obras ejecutadas por partidas alzadas, estas se abonaran previa presentación de los justificantes de su costo, (adquisición de materiales y lista de jornales debidamente controladas por la Dirección Facultativa).

#### **2.4.7.-Abonos de agotamientos y otros trabajos especiales no contratados**

Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones, u otra clase de trabajos de cualquier índole especial u ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del Contratista, y si la Dirección Facultativa no los contratase con tercera persona, tendrá el Contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales serán abonados por el Propietario por separado de la Contrata.

A este efecto, la Dirección Facultativa designara la persona que deberá comprobar la listillas de jornales y vales de materiales y medios auxiliares en ellos se formaran dos relaciones, que, unidas a los recibos de su abono, servirán de documentos justificativos de las cuentas, en los cuales firmara el visto bueno la Dirección Facultativa.

Además de reintegrar mensualmente estos gastos al Contratista, se le abonara justamente con ellos el diez por ciento (10%) de su

importe total, como interés del dinero adelantado y remuneración del trabajo y diligencia que ha tenido que prestar.

Si lo estipulado en este Artículo estuviese recogido en contrato, firmado, entre la Propiedad y la Contrata este prevalecerá frente a lo expuesto.

#### **2.4.8.- Liquidaciones parciales**

Periódicamente el Contratista tendrá derecho a percibir una cantidad proporcional a la obra ejecutada en aquel periodo. A la vista del calendario de obra, se fijara el alcance de cada uno de los periódicos y las cantidades a percibir al final de ellos.

Estas cantidades tendrán el carácter de entrega a buena cuenta y el Contratista no podrá percibir las hasta que no haya dado conformidad la Dirección Facultativa.

De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la constitución de la fianza se haya preestablecido.

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso, suspender los trabajos ni llevarlos con menos incremento del necesario para la terminación de obras en el plazo establecido.

#### **2.4.9.- Liquidación general**

Terminadas las obras se procederá a hacer la liquidación general, que constara de las mediciones y valoraciones de todas las unidades que constituyan la obra.

#### **2.4.10.- Pagos**

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra extendidas por la Dirección Facultativa, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

El importe de estos pagos se entregará precisamente al Contratista en cuyo favor se hayan rematado las obras, o a persona legalmente autorizada por el mismo, nunca a ningún otro, aunque se libren despachos o exhortos por cualquier Tribunal o Autoridad para su retención pues se trata de fondos destinados al pago de operarios y no de intereses particulares del Contratista. Únicamente al saldo que la liquidación arroje a favor de este y de la fianza, si no hubiese sido necesario retenerla para el cumplimiento de la contrata, podrá verificarse el embargo dispuesto por las referidas Autoridades o Tribunales.

#### **2.4.11.- Suspensión o retraso en el ritmo de los trabajos**

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos ni ejecutarlos a ritmo que el que corresponda, con arreglo al plazo en que deban terminarse. Cuando el Contratista proceda de dicha forma, podrá el Propietario rescindir la contrata.

#### **2.4.12.- Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía**

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

1. Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado durante el plazo de

garantía, serán valorados a los precios que figurasen en el Presupuesto abonados de acuerdo con lo establecido en el Pliego Particulares o en su defecto en los Pliegos Generales en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización, en caso contrario, se aplicarían estos últimos.

2. Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido este utilizado durante dicho plazo por el Propietario, se valorarán y abonarán a los precios previamente acordados.
  
3. Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

#### **2.4.13.- Valoración en el caso de rescisión**

Siempre que se rescinda la Contrata por causas que no sean de la responsabilidad del Contratista, las herramientas y demás útiles que como medios auxiliares de la construcción se hayan estado empleando en la sobras con autorización de la Dirección Facultativa o la Contrata, y de no mediar acuerdo, por los amigables componedores a que se hace referencia en el Pliego Particular de Condiciones Legales, o en su defecto, ha establecido en los “Pliegos de Condiciones Generales de índole legal y facultativa”.

A los precios de tasación sin aumento alguno, recibirá el Propietario aquellos de dichos medios auxiliares que señalan en las condiciones de cada contrata, o en su defecto, los que considere necesario para terminar las obras y no quiera reservar para sí el Contratista, entendiéndose que solo tendrá lugar el abono por este

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

concepto cuando el importe de los trabajos realizados hasta la rescisión no llegue a los dos tercios de las obras contratadas.

Las cimbras, andamios, apeos y demás medios auxiliares análogos, quedaran de propiedad de la obra si así lo dispone la Dirección Facultativa, siéndole de abono al Contratista la parte correspondiente en proporción a la cantidad de obras que falten por ejecutar según los cuadros de precios. Si la Dirección Facultativa resuelve no conservarlos, serán retirados por el Contratista. Se abonaran las obras con arreglo a las condiciones establecidas, también los materiales acopiados al pie de la obra, si son de recibo y de aplicación para terminar esta y en calidad proporcionada a la obra pendiente de ejecución, siempre que no estorben ni dificulten la buena marcha de los trabajos, aplicándose a estos materiales los precios que figuren en el cuadro de precios descompuestos, o cuando no está comprendidos en el, si fijaran contradictoriamente.

También se abonaran al Contratista los materiales que, reuniendo las mismas circunstancias, se hallen acopiados fuera de la obra, siempre que los transportes al pie de ella, el término que al efecto se le fije por la Dirección Facultativa.

En los casos en que la rescisión obedezca a falta de pago o retraso en el abono, o a suspensión por plazo superior a un año imputable al Propietario, se concederá al Contratista, además de las cantidades anteriormente expuestas, una indemnización que fijaran la Dirección Facultativa en justicia y su leal saber y entender, por ejecutar, ni bajara del importe, a juicio de la Dirección Facultativa de todos los gastos justificados que por cualquier motivo relacionado con las obras tuviera que hacer al Contratista, tales como derechos de contratos, custodia de la fianza, anuncios, etc.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

En los casos en que la rescisión sea producida por alteración de presupuesto o por cualquiera de las causas reseñadas en el Pliego de Condiciones Legales, no procederá mas que el reintegro al Contratista de los gastos por custodia de fianza, y formalización de contrato, sin que pueda reclamar el abono de los útiles y herramientas destinados a las obras, ni otra indemnización alguna.

Cuando la rescisión se deba a falta de cumplimiento en los plazos de obra, no tendrá tampoco derecho el Contratista a reclamar ninguna indemnización ni a que adquiera por el Propietario los útiles y herramientas destinados a las obras, pero si a que se abonen las ejecutadas con arreglo a condiciones y los materiales acopiados a pie de obra que sean de recibo y sean necesarios por la misma, sin acusar entorpecimiento a la buena marcha de los trabajos.

Cuando fuese preciso valorar obras incompletas, si el incompleto de su terminación se refiere al conjunto, pero las unidades de obras lo está en si, entonces se medirán las unidades ejecutadas y se valoraran a los precios correspondientes del presupuesto. Si lo incompleto es la unidad de obra y la parte ejecutada de ella fuera de recibo, entonces se abonara esta parte con arreglo a lo que le corresponda según la descomposición del precio que figura en el cuadro de proyecto, sin que pueda pretender el Contratista que, por ningún motivo, se efectúe la descomposición de otra forma que en la que en dicho cuadro figura. Toda unidad compuesta o mixta no especificada en el cuadro de precios, se valorara haciendo la descomposición de la misma y aplicando los precios unitarios en dicho cuadro a cada una de las partes que la integran, quedando en esta suma así obtenida, comprendidos todos los medios auxiliares, etc. A la valoración de las obras y de las unidades de obra incompletas es aplicable también el tanto por ciento de bonificación acordado sobre el precio de ejecución material, así como la baja que se hubiera obtenido en la adjudicación.

#### **2.4.14.- Acopio de materiales**

Bien sea el inicio de las obras o después en cualquier momento durante el transcurso de las mismas, la entidad propietaria, cuando lo crea oportuno, podrá exigir al Contratista que previo pago de los mismos por la Propiedad, acopia parte o la totalidad de los materiales necesarios para la ejecución de las obras. Por dichos materiales se abonará el precio que figure en los documentos del contrario.

#### **2.5.- INDEMNIZACION**

##### **2.5.1.- Importe de la indemnización por retraso**

El Contratista por causa de retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras, abonará a la Propiedad la cantidad de tres mil pesetas durante los días de retraso que no sobrepasen los dos meses siguientes de plazo de terminación.

A partir de estos dos meses la cantidad a abonar por el Contratista en concepto de indemnización se doblará durante los días de retraso.

Lo recogido en Contrato firmado entre la Propiedad y la Contrata prevalecerá frente a lo establecido en este Artículo, si se recoge este aspecto.

##### **2.5.2.- Demora de pagos**

Si el Propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente al que le corresponda el plazo convenido, el Contratista tendrá derecho, además a percibir un cuatro y medio por



ciento anual (4,5%), en concepto de interés de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación. Lo recogido en Contrato firmado entre la Propiedad y la Contrata prevalecerá frente a lo establecido en este Artículo, si se recoge este aspecto.

### **2.5.3.- Indemnización de daños causados por fuerza mayor**

El Contratista tendrá derecho a indemnización por causa de pérdidas, averías o perjuicios ocasionados en las obras, si no en los casos de fuerza mayor. Los efectos de este Artículo, se consideran como tales casos únicamente los que siguen.

- 1.- Los incendios causados de electricidad atmosférica.
  
- 2.- Los daños causados por terremotos o maremotos.
  
- 3.- Los producidos por vientos huracanados, mareas y crecida de áridos, superiores a los que sean de prever en el país, y siempre que exista constancia inequívoca de que por el Contratista se tomaran medidas posibles dentro de sus medios para evitar o atenuar los daños.
  
- 4.- Los que prevengan de movimientos del terreno en que están construidas las obras.
  
- 5.- Los destrozos ocasionados violentamente a mano armada en tiempo de guerra, movimientos sediciosos, populares o robos tumultuosos.

La indemnización se referirá exclusivamente al abono de las unidades de obra ya ejecutadas o materiales acopiados a pie de obra, en ningún caso comprenderá medios auxiliares, maquinaria o instalaciones, etc., o propiedad de la Contrata.

## **2.6.- OTROS PAGOS A CUENTA DEL CONTRATISTA**

### **2.6.1.- Arbitrios**

El pago de arbitrios e impuestos, sobre vallas, alumbrados, etc. Y por preceptos inherentes a los propios del trabajo que se realizan correrán a cargo del Contratista. Él, no obstante deberá ser reintegrado del importe de todos aquellos conceptos que no sean previsibles en el momento de la oferta, a juicio de la Dirección Facultativa.

### **2.6.2.- Copia de documentos**

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costo de los planos, Pliego de Condiciones y demás documentos de la Contrata. Los gastos de copia de toda clase de documentos que el Contratista o industriales precisan, para redactar proposiciones de presupuestos serán de su cuenta.

### **2.6.3.- Vigilante de obras**

Sera también por cuenta del Contratista el abono de jornales del vigilante de obras, en el caso de que el Ingeniero estime necesario su nombramiento, siendo nombrado directamente por la Dirección Técnica.

### **2.6.4.- Seguro de obras**

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva. La cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro se ingresara en cuenta a nombre del Propietario para que con cargo en ella se abone la obra que se construya, y a medida que esta se vaya realizando.

El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuara por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción, y a medida que esta se vaya realizando, en ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos de la construcción de la parte siniestrada.

La infracción de lo anteriormente expuesto, será motivo suficiente para que el Contratista pueda rescindir la contrata, con devolución de la fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc. Y una indemnización equivalente al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Director.

En las obras de reforma o reparación, se fijara previamente la proporción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se previene se entenderá que el seguro a de comprender toda la parte del edificio a que afecta la obra. Los riesgos asegurados y las condiciones que figuran en la póliza de seguro, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos en conocimientos del Propietario, al objeto de recabar de este su previa conformidad o reparos.

## **CAPITULO 3: CONDICIONES GENERALES DE INDOLE LEGAL**

### **3.1.- CONTRATISTAS**

Los requisitos que deberán cumplir los Contratistas figuran detallados en el Artículo 1 del título 4 del “Pliego General de Condiciones Varias de la Obra”

### **3.2.- EL CONTRATO Y SU ADJUDICACION**

La ejecución de las obras se contratara por unidades de obra, ejecutadas con arreglo a los documentos del Proyecto. Se admitirán subcontratas con firmas especializadas, siempre que estén dentro de los precios que fije el Presupuesto del Proyecto.

La adjudicación de las obras podrán efectuarse por cualquiera de los procedimientos siguientes:

- Subasta pública o privada
- Concurso público o privado
- Adjudicación directa

Se cumplirá el procedimiento que indican los Artículos 3 y 4 del “Pliego General de Condiciones Varias de la Obra”.

### **3.3.- FORMALIZACION DEL CONTRATO**

Los contratos se formalizaran mediante documento privado en general, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

El cuerpo de estos documentos, si la adjudicación se hace por subasta, contendrá un tanto del acto de subasta que haga referencia exclusivamente a la proposición del rematante, o sea la declarada más ventajosa: la comunicación de adjudicación, copia del recibo de depósito de fianza, en el caso de que se haya exigido, y una cláusula cuando se exprese terminantemente que el Contratista se obliga al cumplimiento exacto del contrato, conforme a lo previsto en el P.G.C., en los particulares del Proyecto y de la Contrata, en los Planos y en el Presupuesto, es decir, en todos los documentos del Proyecto. Si la adjudicación se hace por concurso, la escritura tendrá los mismos documentos, sustituyendo al acta de la subasta la del concurso.

#### **3.4.- ARBITRAJE OBLIGATORIO**

Ambas partes se comprometen a someterse al arbitraje de amigables componedores, designados uno de ellos por el Propietario, otro por Contrata y tres Ingenieros del Colegio Oficial correspondiente, uno de los cuales será forzosamente el Director de Obra.

#### **3.5.- JURISDICCION COMPETENTE**

En caso de no haberse llegado a un acuerdo, por el anterior procedimiento, ambas partes quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones que puedan surgir como derivadas de su contrato, a las Autoridades y Tribunales administrativos, con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo componente la jurisdicción donde estuviese enclavada la obra.

#### **3.6.- RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA**

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto (la Memoria tendrá consideración de documento del Proyecto). Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y reconstrucción de todo el mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que la Dirección Técnica haya examinado y reconocido la construcción durante las obras, ni el que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

### **3.7.- RECONOCIMIENTO DE OBRAS CON VICIOS OCULTOS**

Los gastos de demolición y reconstrucción que ocasionen serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente, y en caso contrario, correrán a cargo del Propietario.

### **3.8.- POLICIA DE OBRA**

Serán de cargo y cuenta del Contratista el vallado y la policía del solar, cuidando la conservación de sus líneas de lindero y vigilando que, por los poseedores de las fincas contiguas, si las hubiese, no se realicen durante las obras actos que mermen o modifiquen la Propiedad. Toda la observación referente a este punto, será puesta inmediatamente en conocimiento de la Dirección Facultativa. El Contratista es responsable de toda falta relativa a la policía urbana y a las Ordenanzas Municipales a estos respectos vigentes en la localidad en que la obra este emplazada.

### **3.9.- ACCIDENTES DE TRABAJO**

En caso de accidentes ocurridos a los operarios, con motivo y en ejercicio de los trabajos para ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos en la legislación vigente, siendo

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

en su caso único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la propiedad, por responsabilidades en cualquier aspecto.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúen, para evitar en lo posible accidentes a los obreros o a los viandantes, no solo de los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra, huecos de escalera, de ascensores, etc.

De los accidentes y perjuicios de todo género que, por no cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será el único responsable, o sus representantes en la obra, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente dichas disposiciones legales. Sera preceptivo que en el “Tablón de anuncios” de la obra y durante el transcurso figure el presente Artículo “Pliego de Condiciones de Índole Legal”, sometiéndolo previamente a la firma de la Dirección Facultativa.

### **3.10.- DAÑOS A TERCEROS**

El Contratista será responsable de todos los accidentes que por experiencia o descuido sobrevinieran tanto en la del solar donde se efectúen las obras, como en las contiguas. Sera, por tanto, de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El Contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir, cuando a ello fuese requerido, el justificante de tal cumplimiento.

### **3.11.- PAGOS DE ARBITRIOS**

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, enganches y acometidas provisionales de obra, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista.

Se exceptúan los pagos de Licencia Municipal y los enganches definitivos de suministros y evacuación, salvo que se pacte de otro modo el contrato.

### **3.12.- OBLIGACIONES LABORALES**

El Contratista es el único responsable del fiel cumplimiento de la vigente legislación laboral. Por tanto, todo el personal que intervenga en la obra estará dado de alta, con su cualificación correspondiente, en los Organismos Oficiales que sean indicados.

### **3.13.- ANUNCIOS Y CARTELES**

Sin previa autorización de la Propiedad, estará prohibido poner más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y a la policía local, donde quedan incluidas sus propias vallas.

### **3.14.- COPIAS DE DOCUMENTOS**

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costa, de los Planos, Pliegos de Condiciones y Presupuestos, y demás documentos del Proyecto.



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

La Dirección Facultativa, si el Contratista lo solicita, autorizara estas copias con su firma una vez confrontadas.

### **3.15.- HALLAZGOS**

El Propietario se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte o sustancias minerales utilizables, que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en sus terrenos o edificaciones, etc. El Contratista deberá emplear para extraerlos, todas las precauciones que se le indiquen por la Dirección Facultativa. El Propietario abonara al Contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen.

Serán así mismo de la exclusiva pertenecía del Propietario los materiales y corrientes de agua que, como consecuencia de la ejecución de las obras, aparecieran en los solares o terrenos en que se realicen las obras, pero el Contratista tendrá el derecho de utilizarlas en la construcción, en el caso de tratarse de agua y si las utiliza, serán de cargo del Contratista las obras que sean convenientes ejecutar para recogerlas o desviarlas para su utilización. La utilización para el aprovechamiento de grabas, arenas y toda clase de materiales procedentes de los terrenos donde los trabajos se ejecuten, así como las condiciones técnicas y económicas en que estos aprovechamientos han de concederse y ejecutarse, se señalaran para cada caso concreto por la Dirección Facultativa.

### **3.16.- CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO**

Se consideran causas suficientes de rescisión las que a continuación se señalan:

1.- La muerte o incapacitación del Contratista.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

2.- La quiebra del Contratista. En los casos anteriores, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras bajo las mismas condiciones estipuladas en el contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que en este último caso tengan aquel derecho a indemnización alguna.

3.- Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:

A- La modificación del Proyecto en forma tal, que representen alteraciones fundamentales del mismo a juicio de la Dirección Facultativa, y en cualquier caso, siempre que la variación del presupuesto de ejecución , represente en más o menos, el 25% como mínimo, del importe de aquel.

B- La modificación de unidades de obra. Siempre que estas modificaciones representen variaciones, en mas o en menos, del 40% como mínimo de las unidades que figuren en las mediciones del Proyecto, o más de un 50% de unidades del Proyecto modificadas.

4.- La suspensión de obra comenzada, y en todo caso, siempre por causas ajenas a la contrata no se de comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación; en este caso, la devolución de fianza será automática.

5.- La suspensión de la obra comenzada, siempre que el plazo señalado en las condiciones particulares del Proyecto.

6.- El no dar comienzo la contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del Proyecto.

7.- El incumplimiento de las condiciones del contrato, cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de la obra.

8.- La terminación del plazo de ejecución de la obra, sin haber llegado a esta.

9.- El abandono de la obra sin causa justificada.

10.- La mala fe en la ejecución de los contratos.

## **CAPÍTULO 4: CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE TÉCNICA**

### **4.1 GENERALIDADES**

#### **4.1.1.- Forma general de ejecutar los trabajos**

La sobras se ajustaran a los Planos y a esta Memoria-Pliego de Condiciones, resolviendo cualquier discrepancia que pueda existir, por Ingenieros Directores de la Obra. Si por cualquier circunstancia fuera preciso hacer alguna variación en las obras a realizar se redactara el correspondiente proyecto reformado, el cual desde el día de su fecha, se considerara parte integrante del Proyecto primitivo, y por tanto sujeto a las mismas especificaciones de todos y cada uno de los documentos de este en cuanto no se le opongan explícitamente.

Si el Proyecto reformado implicase variación en el Presupuesto total de las obras, se procederá con arreglo a lo que se prevé en el Artículo que trata del tipo económico de contrata.

#### **4.1.2.- Replanteo**

Una vez adjudicada una obra, se procederá al replanteo general, marcando las alineaciones y rasantes de los puntos, los ejes de las zanjas y pozos, que deberán quedar perfectamente determinados por puntos invariables durante la marcha de la obra.

Del resultado del replanteo se levantarán actas, que formarán ambas partes, debiendo constar en ellas si se puede proceder de la ejecución de la obra y todas las circunstancias en que se encontraba el terreno al dar comienzo la cimentación.

#### **4.1.3.- Interpretación del pliego**

Para resolver cualquier duda que pueda plantearse en cuanto a la interpretación de este Artículo de este Pliego, o de algún aspecto del mismo que no quedara suficientemente claro, deberá recurrirse en primer lugar al Pliego de Condiciones de la Edificación, compuesto por el Centro Experimental de Ingenieros y aprobado por el Consejo Superior de Colegios de Ingenieros, y si fuese necesario, a los Pliegos de Condiciones aprobados por R.O. de 13 de Marzo de 1983 y R.O. de 1 de Septiembre de 1988 y a las Normas, Reglamentos y Ordenanzas Oficiales actualmente en vigor.

#### **4.1.4.- Condiciones que deben satisfacer los materiales**

Todos los materiales que hayan de emplearse en estas obras habrán de reunir con todo rigor las condiciones mecánicas, físicas y químicas requeridas para cada uno, reservándose la Dirección Técnica de la Obra, el derecho de ordenar sean retirados, demolidos o reemplazados, dentro de cualquiera de las épocas de la obra o de sus

plazos de garantía aquellas que, a su parecer, perjudicasen en cualquier medida el aspecto, la seguridad o la bondad de la construcción.

#### **4.1.5.- Prescripciones técnicas**

El conjunto de los diversos trabajos que deben realizarse para ultimar las condiciones requeridas el conjunto proyectado, así como los materiales y aparatos que ellos deben emplear relaciones y especificados en los títulos anteriores y posteriores y los restantes que aunque no figuren sean indispensables para la ejecución de las obras, de acuerdo y en armonía con los documentos del Proyecto redactado, cumplirán las condiciones establecidas para cada uno de dichos materiales en la primera parte, título I “Condiciones Generales de Índole Técnica del Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación”, aprobado por el Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de España.

Se exceptúan de esta obligación, aquellas condiciones que por el avance de la técnica hubiera caído en desuso, y se entenderán sustituidos por las más modernas.

A estos efectos se tendrán en cuenta el “Pliego Oficial de Condiciones para recepción de materiales hidráulicos” la, instrucción H.A. 88, las normas publicadas por el Instituto Eduardo Torreja, así como todas aquellas ordenes y normas de la Presidencia del Gobierno, Ministerio de la Vivienda o cualquier otro Ministerio, Departamento, etc., de carácter preceptivo o recomendado, publicadas con anterioridad a la licitación o después de ella, durante la ejecución de las obras.

#### **4.1.6.- Materiales no consignados en los Pliegos**

Cualquier material que no fuera consignado ni descrito por los

Pliegos, Ordenes o Normas antes mencionadas y fuese necesario utilizar, reunirá las condiciones que se requieren para su función a juicio de la Dirección Técnica de la Obra, y en este sentido el criterio de la Dirección Facultativa será totalmente inapelable.

#### **4.1.7.- Responsabilidades**

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva de las Construcciones ejecutadas, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que han contratado y de las faltas y defectos que en estos puedan estimar, bien sea mala ejecución o deficiente calidad de los materiales empleados, sin que le otorgue derecho alguno la circunstancia de que el Director o sus subalternos no le hayan llamado la atención ni tampoco el hecho de haber sido valoradas en las certificaciones parciales de obra.

#### **4.1.8.- Procedencia de materiales y aparatos**

El Contratista podrá proveerse de materiales y aparatos a utilizar en las obras objeto de este Pliego en los puntos que le parezcan convenientes, siempre que reúnan las especificaciones técnicas exigidas por el Proyecto.

#### **4.1.9.- Control**

Antes de proceder al empleo de los materiales serán examinados y aceptados por el Director, quien podrá disponer si así lo considera, todas las pruebas, análisis, ensayos, etc., hasta su definitiva aprobación.

Los gastos que dichos ensayos ocasionen, serán cargo exclusivo del Contratista.

#### **4.1.10.- Materiales no utilizables**

Los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra, se retirarán cuando así lo ordene el Director, acordando previamente con el Contratista su justa tasación.

#### **4.1.11.- Medios auxiliares**

Serán de cuenta y riesgo del Contratista, los andamios, maquinas y demás medios auxiliares que para la ejecución de la obra se necesiten, no contrayendo el Propietario, responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente laboral que pueda ocurrir por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

#### **4.1.12.- Documentación técnica de referencia**

El adjudicatario deberá atenerse en la ejecución de la obra a las condiciones específicas de los documentos especificadas en los documentos que a continuación se expresan, respecto a condiciones de los materiales y forma de ejecutar los trabajos y ensayos a que deben ser sometidos.

1.- Hormigones, fabricas, solados, etc....

1-1 Norma del Ministerio de la Vivienda M.V. 101.1962.

1-2 Pliego General de Condiciones para la recepción de Conglomerado Hidráulico en las obras de carácter Oficial del Ministerio de Obras Publicas.

1-3 Pliego de Condiciones de la Edificación adoptado en las obras de la Dirección General de Arquitectura.

1-4 Instrucción para el Proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa o armado, Decreto 2.987 de 20 de Septiembre de 1.968.

1-5 Norma del Ministerio de la Vivienda M.V. 201-1972 "Muros Resistentes Fabrica de Ladrillo".

2.- Redes y canalización de alcantarillado y suministro de agua.

2-1 Pliego de Condiciones para la fabricación, transporte y montaje de tuberías de hormigón de la Asociación Técnica de Derivados de Cemento.

2-2 Normas del Instituto Eduardo Torreja.

2-3 Reglamento del Ministerio de Industria.

2-4 Reglamentación al respecto del ayuntamiento de la localidad.

3.- Instalaciones.

3-1 Reglamento Electrotécnico de Alta y Baja Tensión.

3-2 Normas del Instituto Eduardo Torreja.

## **4.2.- CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES DE OBRA A REALIZAR**

### **4.2.1.- Encofrado**

Los hormigones para hormigón visto han de ser de manera de abeto o pino, su superficie completamente plana con tabla cepillada por ambas caras, con espesor completamente uniforme y asegurando la estanqueidad de las juntas, bien empleando tablas machihembradas o colocando tiras de goma espuma autoadhesiva entre los elementos del encofrado. Los tableros empleados deberán estar encerados o barnizados y nunca aceitados para que la superficie del encofrado no manche el hormigón a ejecutar.

Asimismo los clavos de los tableros deberán de embutirse y masillarse posteriormente.

Se tomarán todas las precauciones para que el entramado del encofrado no sufra el menos movimiento. Antes de proceder a la ejecución de los encofrados será obligatorio presentar a la Dirección de



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

la Obra, Plano de despiece del encofrado a escala 1:10 y 1:15, según las piezas.

El desencofrado no se iniciara hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia necesaria para soportar con suficiente seguridad y sin deformaciones excesivas los esfuerzos a los que va a ser sometido durante y después del desencofrado o descimbramiento.

Los encofrados metálicos de la cimentación, así como las uniones de sus distintos elementos, poseerán una resistencia y rigidez suficiente para resistir, sin asientos ni deformaciones perjudiciales, las acciones de cualquier naturaleza que puedan producirse sobre ellos como consecuencia del proceso de hormigonado y, especialmente, bajo las presiones del hormigón fresco o los efectos del método de compactación utilizado.

Los encofrados serán suficientemente estancos para impedir pérdidas apreciables de lechada, dado el modo de compactación previsto.

Las superficies interiores de los encofrados y moldes aparecerán limpias en el momento del hormigonado. Para facilitar esta limpieza en los fondos de los pilares y muros, deberán disponerse aperturas provisionales en la parte inferior de los encofrados correspondientes.

Cuando sea necesario, y con el fin de evitar la formación de fisuras en los parámetros de las piezas, se adoptaran las medidas oportunas para que los encofrados y moldes no impidan la libre retracción del hormigón.

Si se utilizan productos para facilitar el desencofrado o desmolde de las piezas, dichos productos no deben dejar rastros en los parámetros de hormigón, ni deslizar por las superficies verticales o

inclinadas de los encofrados o moldes. Por otra parte, no deberán impedir la ulterior aplicación de revestimientos ni la posible construcción de juntas de hormigonado, especialmente cuando se trate de elementos que, posteriormente, vayan a unirse entre sí, para trabajar solidariamente. Como consecuencia, el empleo de estos productos deberá ser expresamente autorizado, en cada caso, por el Director de Obra.

#### **4.2.2.- Hormigones**

La composición y el aspecto del hormigón se definirán de antemano mediante muestras y deberá tener la resistencia característica asignada en los documentos del Proyecto. Durante la construcción deberá de mantenerse el tipo de cemento y el de los áridos, pues cualquier variación modificaría el tono del hormigón.

Deberá estar exento de coqueas y resaltantes que afeen su aspecto, demoliendo y volviendo a rehacer aquellos elementos que no reúnan las condiciones requeridas a juicio de la Dirección Facultativa.

En la ejecución deberá cuidarse la forma de las juntas de hormigonado de una manera racional de forma que no afecten el aspecto del conjunto una vez desencofrado el elemento.

La altura libre del vertido de hormigón no será superior a 4 m, debiendo procurarse los medios necesarios, de acuerdo con la Dirección Facultativa para los casos especiales.

Se vibrará la masa de hormigón, una vez vertida en sus encofrados, por medios adecuados de forma que se obtenga una capacidad constante y regular de la masa sin que llegue a producirse segregación de los componentes.

El proceso de compactación deberá prolongarse hasta que refluya la pasta a la superficie. Deberá procurarse el curado del hormigón, en especial en épocas de fuerte calor y hasta la recepción de la obra el adjudicatario vendrá obligado a proteger los bordes y aristas contra toda acción mecánica.

#### **4.2.3.- Estructuras metálicas**

Se realizara en su totalidad soldada eléctricamente, mediante soldadura por arco, salvo en los casos en que sea necesario una presentación atornillada por razones de montaje.

Se efectuara una comprobación con arreglo a la instrucción EM-62 del LETCC y a la norma UNE-14035.

La protección antioxidante se realizara mediante el pintado con una mano de minio de plomo y el acabado en una mano de esmalte.

#### **4.2.4.- Soleras del hormigón**

Sobre el encachado de piedra partida, perfectamente apisonada, se construirán las soleras de hormigón monolíticas, con el espesor indicado en los documentos del Proyecto, impermeabilizándose con material bituminoso las juntas de construcción (con material tipo Sikaflex u otro análogo).

Se realizaran pastillas de 25 m<sup>2</sup> de superficie máxima.

Sobre este pavimento se embaldosara con terrazo o se aplicara el pavimento definitivo según el caso, de acuerdo con lo definido en los documentos del proyecto.

Las soleras industriales se realizarán mallados reticulares y terminación con pavimentos industriales, según las especificaciones del Proyecto.

#### **4.2.5.- Recomendaciones finales del Contratista**

El Contratista cuidará de que no sean utilizados los aparatos sanitarios por los operarios, no depositen paquetes o restos de comida en los rincones, vierteaguas, etc., y se mantenga siempre la obra en completa limpieza. Pondrá especial diligencia para que este apartado sea cumplido verdaderamente.

## **2 PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES**

### **CAPITULO 1: REGLAMENTOS Y NORMAS DE APLICACIÓN**

#### **1.1.- DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN**

Serán de aplicación las siguientes normas y disposiciones técnicas:

- **Ley 21/1992, de 16 de Julio, de Industria.**
- **Real Decreto 2135/1980**, de 26 de Septiembre, del Ministerio de Industria y Energía, sobre la liberalización en materia de instalación, ampliación y traslado industriales.
- **Orden del 19 de Diciembre de 1980** del Ministerio de Industria y Energía, que desarrolla el R.D. anterior.

- **Real Decreto 1523/1999, de 1 de Octubre**, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Petrolíferas.
- **Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto**, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- **Real Decreto 769/1999, de 7 de Mayo**, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos de presión y se modifica el Real Decreto 1244/1979, de 4 de Abril, que aprobó el Reglamento de aparatos a presión.
- **Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre**, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación y sus ITC correspondientes.
- **Real Decreto 379/2001, de 6 de abril**, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- **Reglamentación de seguridad en las maquinas.**
- **Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre**, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios y las correspondientes normas UNE incluidas en el mismo.
- **Orden Ministerial, 16 de Abril de 1988**, Normas de procedimiento y desarrollo.
- **Real Decreto 2267/2004**, Reg. Seg. Contra Incendio en los establecimientos industriales.
- **Ley 2/1985 de Protección Civil.**
- **Real Decreto 948/2005**, Medidas de control de los riegos inherentes a los accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas.
- **Real Decreto 1196/2003**, Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

- **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.
- **Real Decreto 1302/1986, de 28 de junio**, de Evaluación de Impacto Ambiental.
- **Ley 6/2001, de 8 de mayo**, de modificación del Real Decreto Legislativo 1032/1986.
- **Decreto 292/1995, de 12 de diciembre**, por el que se aprueba el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental de la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- **Real Decreto- Ley 9/2000, de 6 de octubre**, de modificación del R.D. 1302/1986 de Evaluación de Impacto Ambiental.
- **Ley 31/1995, de 8 de noviembre** de prevención de riesgos laborales.
- **Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre**, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- **Real Decreto 485/1997, de 14 de abril**, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbar, para los trabajadores.
- **Real Decreto 486/1997, de 14 de abril**, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- **Real Decreto 487/1997, de 14 de abril**, sobre disposiciones mínimas en materia de señalizaciones de seguridad y salud en el trabajo
- **Real Decreto 349/2003, de 21 de marzo**, por el que se modifica el **Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo**, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, y por el que se amplía su ámbito de aplicación a los agentes mutágenos.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

- **Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo**, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual.
- **Real Decreto 1215/1997**. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los que trabajadores de los equipos de trabajo.
- **Instrucción EHE de hormigón**.
- **Estructura de acero en la edificación NBE-EA-95**.
- **Notas Técnicas de Prevención** aplicables al proyecto.

### **1.2.- CÓDIGOS DE CONSTRUCCIÓN DE LOS EQUIPOS**

Se aplicaran los siguientes códigos de construcción:

- Código ASME: "Boiler and Pressure Vessel Code", Section VIII, Division I.
- Código ASME: "Materials", Section II, Parte B, Nonferrous Material Specifications.
- API Standard 660 "Cambiadores de carcasa y tubos para servicios generales de refinería".
- ANSI B-16.5: "Pipe Flanges and Flanged Fitting".
- Código ANSI B-31.3: "Tuberías en Plantas Químicas y Refinerías de Petróleo".
- ASTM: "American Society for testing and Material".
- Norma API 650: "Tanques de acero soldado para almacenaje de petróleo".
- Norma ISA: "Centrifugal Pumps for Petroleum, Heavy Duty Chemicals and Industry Services".

- API 610: “Centrifugal Pumps for Petroleum, Heavy Duty Chemicals and Industry Services”.
- Norma UNE 23500:1990. Sistemas de abastecimiento de agua contra incendio.
- Norma UNE 23501: 1988. Sistemas fijos de agua pulverizada. Generalidades
- Normas UNE 23502: 1986. Sistemas fijos de agua pulverizada. Componentes del sistema.
- Normas UNE 23503:1989. Sistemas fijos de agua pulverizada. Diseño e instalaciones
- Normas UNE 23504: 1986. Sistemas fijos de agua pulverizada. Ensayos de recepción.

## **CAPITULO 2: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

### **2.1.- OBJETO**

El presente documento tiene por objeto la definición de los siguientes conceptos:

- Responsabilidades del instalador.
- Trabajos incluidos en el proyecto a realizar por el instalador.
- Materiales que por su normalización en este tipo de instalaciones no se relacione específicamente en el presupuesto, pero quedan incluidos en el suministro.
- Condiciones generales.
- Calidad y montaje de los diferentes equipos y elementos auxiliares.
- Especificaciones técnicas de los dispositivos.
- Garantías mínimas exigidas.



## **2.2.- RESPONSABILIDADES DEL INSTALADOR**

El instalador es responsable de ejecutar correctamente el montaje de la instalación, siguiendo siempre las directrices y normas del director de obra, no pudiendo sin su autorización variar trazados, cambiar materiales o introducir modificaciones al proyecto y especialmente a este pliego de condiciones.

El instalador se hace responsable del proyecto, debiendo con anterioridad a la adjudicación, conocerlo.

Manifestará expresamente que encuentra el proyecto correcto o no. En su defecto se entiende que el proyecto es conocido y ha sido debidamente estudiado y que lo encuentra completo, correcto y acorde a las normativas oficiales vigentes en toda su extensión.

En el caso de existir modificaciones en el nº de elementos a instalar, estas serán tenidas en cuenta, tanto en defecto como en exceso, basándose en los precios unitarios presentados en la oferta, para el cálculo del importe definitivo de la instalación.

Es responsable de efectuar la instalación cumpliendo fielmente la legislación vigente, especialmente el apartado de Seguridad e Higiene, así como la normativa relacionada con estas especificaciones.

Todos los permisos legales, administrativos o cualquier otra autorización, serán por cuenta del instalador, incluyendo solicitud, adquisición y coste.

Dentro de los trabajos, está incluida la entrega de los planos de la obra ejecutada en todos sus detalles, manuales de operación y mantenimiento de las instalaciones, introducción de todos los datos e

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

informaciones en los equipos instalados hasta que estos sean totalmente operativos, que deberán estar en su totalidad en castellano, y un curso de adiestramiento al personal que disponga la Propiedad.

Será responsabilidad del instalador el ajuste y puesta en marcha de todas las instalaciones, tras haber realizado las pertinentes pruebas de recepción, y recibir el VºBº de la dirección de obra.

El instalador es responsable de las averías, accidentes, daños o pérdidas que sufra la propiedad por falta o defectos de planificación, mal montaje, falta de calidad, sustracciones o desapariciones de equipos, errores de ejecución en los trabajos de instalación o en la realización de las pruebas de funcionamiento a juicio de la Dirección Técnica de Obra.

El instalador es responsable de realizar la limpieza durante la ejecución de la obra de su material.

El instalador es responsable del fiel cumplimiento de estas especificaciones y del proyecto, hecho que expresará por escrito, entregando en la oferta un documento que lo recoja.

### **2.3.-TRABAJOS COMPRENDIDOS, EXCLUIDOS Y MATERIALES COMPLEMENTARIOS**

#### **2.3.1.- Trabajos comprendidos**

Es cometido del instalador el suministro de todo el material, mano de obra, equipos, accesorios y la ejecución de todas las operaciones necesarias para el perfecto acabado y puesta a punto de las instalaciones contempladas en esta proyecto, descrito en la MEMORIA, representado en los PLANOS, y relacionado en el PRESUPUESTO y

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

montado según las especificaciones que el presente documento dispone.

Los 5 documentos, Memoria, Presupuesto, Planos, Anexo, Pliego de condiciones, son parte del proyecto. En caso de una posible discrepancia entre los anteriores, prevalecerá el criterio que la Dirección de Obra determine.

Los precios que el instalador oferte deberán contemplar para todas las unidades, la mano de obra, transporte y parte proporcional de material accesorio y de fijación especificada, según indica este documento, y en las especificaciones particulares de montaje.

El instalador suministrará a la Dirección de Obra una relación de las exclusiones aceptadas en su contrato de instalación antes del inicio de la obra, no siendo validas dichas exclusiones si no se ha cumplido este punto.

Es cometido y responsabilidad del instalador el embornado en equipos de líneas eléctricas de alimentación de potencia, si los equipos fueran suministrados por otros, serán responsables de la supervisión y verificación de dichos embornados. Así como de las últimas conexiones de suministro de reposiciones de agua, suministro de gasóleo, desagües, etc.

El instalador asesorará en todo momento a la contrata de arquitectura y obra civil para la previsión necesaria de zanjas, patinillos, huecos, chimeneas o cualquier otro tipo de ayuda necesaria para la instalación correspondiente, tanto en fase de previsión como de ejecución.

### **2.3.2.- Trabajos no comprendidos**

Bancadas de maquinaria construidas en hormigón o relacionadas directamente con la estructura del edificio.

Excavaciones, rozas, penetraciones, etc. Y demás obras auxiliares de albañilería, incluso andamiajes especiales.

Conductos de obra, zanjas, huecos en paramentos o forjados y en general toda ayuda de albañilería y obra civil que afecten al montaje de los equipos.

### **2.3.3.- Materiales complementarios comprendidos**

Además de los materiales relacionados en el PRESUPUESTO, comprende esta instalación de forma no exhaustiva entre otros de similar tipo:

- Patillas y estribos de sujeción de hierro forjado para permitir la dilación de los tubos.
- Manguitos absorbentes de vibraciones en paso de paredes y forjados.
- Liras de dilatación y dilatadores verticales y horizontales.
- Soportes y abrazaderas con manguitos antivibradores para la fijación de tuberías y equipos.
- Bancadas metálicas, apoyos, cuelgues o fijaciones de equipos u otros elementos.
- Oxígeno, acetileno, electrodos, pasta, pegamentos, disolventes y cuantos materiales se necesiten para un perfecto acabado.
- Pintura sintética para tubos y maquinaria, según materiales y códigos de colores normalizados según UNE.
- Registros de limpieza en tramos horizontales y bajantes de vaciado.
- Paso de tuberías a través de muros impermeables (aljibes)

- Canalizaciones y cableado eléctrico de control, maniobra, señal o mando (excluidas las líneas de fuerza eléctrica) necesarias, comprendiendo el suministro desde regleteado de control previsto en los cuadros eléctricos hasta los diferentes terminales, en calidades similares a la instalación eléctrica existente.
- Cualquier obra o material relacionado con el montaje del equipo especificado en el PRESUPUESTO, excepto los indicados en trabajos no comprendidos de este documento.

## **2.4.- CONDICIONES GENERALES**

### **2.4.1.- Coordinación de trabajos**

El instalador coordinará perfectamente su trabajo con la contrata general y los instaladores de otras especialidades, que puedan afectar a su instalación y el montaje final de su equipo.

La terminación deberá ser limpia y estética, dentro del acabado arquitectónico del edificio.

El instalador será responsable del posicionamiento coordinado, reglado y agrupado de sus elementos vistos con otros instaladores, de forma estética y a juicio de la Dirección de Obra.

Deberá incluirse un planning de obra en el que se especifique el orden y los plazos de instalación de todos los equipos sujetos al proyecto. Para la realización del planning de obra se deberán tener en cuenta las fases de obra, por lo cual se presentarán plannings diferenciados de cada fase.

#### **2.4.2.- Planos de obra**

El instalador confeccionará los planos de obra necesarios mostrando las características de construcción de los equipos, equipos de control, canalizaciones, diagramas de conexiónado eléctrico, y detalles especiales de pasos de tubería.

Todos los planos solo tendrán validez si están aprobados por la Dirección de Obra.

#### **2.4.3.- Inspección de los trabajos**

La Dirección de Obra, podrá realizar todas las inspecciones y revisiones, tanto en obra como en los talleres, fabricas, laboratorios, etc. Donde el instalador se encuentre realizando los trabajos relacionados con esta instalación, siendo estas revisiones totales o parciales, según criterios de la Dirección de Obra para la buena marcha de esta.

#### **2.4.4.- Modificaciones**

Solo se admitirán modificaciones por los siguientes conceptos:

1. Mejoras de calidad, cantidad o montaje de los diferentes elementos, siempre que no afecte al presupuesto o en todo caso disminuya la posición correspondiente, no debiendo nunca repercutir el cambio en otros materiales.
  
2. Variaciones en la arquitectura del edificio, siendo la variación de instalaciones, definida por la Dirección de Obra o por el instalador con la aprobación de esta.
  
3. Identificación a normativas vigentes en modo y forma que se indica en el punto 2.4.6 de este documento.

Estas posibles variaciones, deberán solicitarse por escrito acompañadas de la explicación de la causa que la motiva, y la influencia en presupuesto que conlleva, no pudiendo realizarse ningún cambio sin la aprobación de la Propiedad y la Dirección de Obra.

#### **2.4.5.- Documentación de los equipos**

El instalador exigirá a los proveedores y presentará a la Dirección de Obra la documentación de los equipos solicitados que incluirán dimensiones y pesos, características generales y técnicas, esquemas de conexiones, instrucciones de montaje, funcionamiento, regulación, programación y mantenimiento, homologaciones exigidas y obtenidas.

Igualmente se exigirá al instalador y este a los fabricantes y suministradores, placas de características de todos los equipos, solidariamente unidas a los mismos de acuerdo con las normativas específicas en cada caso, así como certificado para los aparatos, equipos, sistemas o sus componentes, de cumplimiento del Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, emitido por organismo de control autorizado.

#### **2.4.6.- Calidades**

La maquinaria, materiales o cualquier otro elemento en el que sea definible una calidad, será el indicado en proyecto. Si el instalador propusiese uno de calidad similar, solo la Dirección de Obra, definirá si es o no similar, por lo que todo elemento que no sea específicamente indicado en el presupuesto, deberá haber sido aprobado por escrito por aquella, siendo eliminado sin perjuicio a la Propiedad si no cumpliera este requisito.

#### **2.4.7.- Protección de los equipos y limpieza final**

Los aparatos, materiales y equipos que se instalen, se protegerán durante el período de construcción con fin de evitar los daños que les pudiera ocasionar el agua, basura, sustancias químicas, mecánicas o de cualquier otra clase.

El instalador deberá proveerse de una caseta prefabricada en volumen suficiente en la obra para el almacenaje de sus materiales, sin cargo a la propiedad.

A la terminación de los trabajos el instalador realizara una limpieza general del material sobrante, recortes, desperdicios, embalajes, etc., así como de todos los elementos montados o de cualquier otro concepto relacionado con la instalación.

El instalador absorberá a su cargo los daños y perjuicio que los equipos pudieran sufrir por la causa que fuera, hasta la recepción de los mismos.

#### **2.4.8.- Normativa**

El instalador deberá cumplir tanto en los equipos suministrados, como el montaje de la instalación toda la normativa que afecte al cometido de sus trabajos, y en particular:

- Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales
- Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios y todas las normas UNE citadas en el mismo.
- Reglamentos de Aparatos a Presión
- Reglamento de Seguridad e Higiene en el trabajo



- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
- Norma NFPA (cuando se indique)

Es competencia y responsabilidad del instalador el cumplimiento de la normativa vigente por la que se vea afectada, así como de la denuncia ante la Dirección de Obra de cualquier incompatibilidad con dicha normativa.

#### **2.4.9.- Interpretación del proyecto**

Es competencia exclusiva de la Dirección de Obra.

### **2.5.- EQUIPOS**

#### **2.5.1.- Monitores portátiles contra incendio**

**Monitor dual fijo y portátil Elkhart Brass Stinger 8297 / 8297**

**RF**

Monitor portátil de transporte manual, con alternativas de bases de alimentación de 6" y base bridada de 3".

**Caudal máximo:** 1.250 gpm.

Dotados con comando remoto mediante sistema Wireless, alcance aproximado de 400 metros. Posee programa automático de oscilación apto para ser utilizado en áreas peligrosas.

#### **2.5.2.- Red de incendios y boquillas pulverizadoras**

##### **2.5.2.1.- Soportes para tuberías**

Los soportes abrazarán directamente a los tubos y estarán contruidos según se indica en los planos y en la memoria de este proyecto.

El anclaje al suelo se realizará mediante anclaje metálico hembra individual o sobre raíl fijado a techo con un mínimo de dos puntos de fijación.

Los soportes de las tuberías de fontanería llevarán una junta de goma que abrace enteramente el tubo para evitar el contacto directo del tubo con el soporte. En las tuberías de las instalaciones de protección contra incendios la junta de goma se sustituirá por tres capas de cinta adhesiva plástica para cumplir las especificaciones de las compañías de seguros.

#### **2.5.2.2.- Tuberías de acero estirado sin soldadura**

En las acometidas, distribuciones, columnas y derivaciones, de las redes contra incendios y del sistema fijo de agua pulverizada, se tratará de tubos de acero sin costuras, que se obtiene por laminación en caliente de un Tocho de Acero Estructural.

La denominación del acero será más concretamente ASTM A-53 grado A.

Los tramos de tubería que van desde la válvula de control hasta las conexiones de las boquillas serán galvanizados.

Las tuberías serán lisas y de sección circular, no presentando rugosidades ni rebabas en sus extremos.

Deberán resistir sin fugas ni exudaciones, una presión hidrostática de 12 bar.

Las tuberías no deberán nunca ponerse en contacto con yeso húmedo, oxiclóruos y escorias.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

Las tuberías serán cortadas exactamente a las dimensiones establecidas en pie de obra y se colocarán en su sitio sin necesidad de forzarlas o flexarlas.

Irán instaladas de forma que se contraigan o dilaten sin deterioro para ningún trabajo, ni para sí mismas.

Se usarán accesorios para todos los cambios de dirección y demás uniones.

Los tubos que hayan sido curvados en caliente deberán desecharse.

Si las uniones fueran ejecutadas por bridas, se dispondrá entre ellas junta de goma o cinta teflón.

Todo paso de tubos forjados o tabiques llevará una camisa de tubo de plástico o metálico que le permita la libre dilatación.

Toda tubería en carga deberá quedar por lo menos a 4 cm de otra que conduzca agua caliente y en recorridos horizontales irá por debajo de ello, para evitar condensaciones.

Los soportes de tuberías deberán estar colocados a distancias no superiores a las indicadas en la tabla descrita en este apartado.

Los tendidos de tuberías se instalarán paralelos o en ángulo recto a los elementos estructurales de la instalación, acoplándose a las características que se especifican en planos y memoria adjuntos, dejando las máximas alturas libres para no interferir los aparatos de luz y el trabajo de otros similares. Cuando las columnas vayan empotradas en el muro, se deberán hacer canales en él, no cerrándolos

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

herméticamente, sino dejando ventilaciones para evitar condensaciones. Es aconsejable no sujetar las tuberías en tabiques para así evitar ruidos.

**Tabla 2.1.- Distancias recomendadas**

Diámetro nominal En pulgadas	Tramos verticales	Tramos horizontales
	en metros	en metros
2"	3,50	3,00
2 1/2"	4,50	3,00
3"	4,50	3,50
4"	4,50	4,00
5"	4,50	4,00
6"	4,50	4,00

Una vez finalizada la instalación se efectuará la limpieza y señalización de las tuberías.

### **2.5.2.3.- Pintura y señalización**

El pasa muro, soportes y todas las tuberías que sean de acero negro deberán recubrirse una vez limpiadas de dos manos de pintura antioxidante.

En las tuberías no aisladas se pintarán con dos capas de pintura normalizada toda la superficie de las tuberías. Las canalizaciones de acero enterradas se protegerán en toda su longitud con dos capas de cinta bituminosa debiendo aplicarse la protección una vez las tuberías estén completamente secas, limpias de polvo y sin ninguna capa de óxido.

### **2.5.3.- Boquillas pulverizadoras**

Las **Boquillas de Agua Pulverizada Viking Modelo M** son boquillas de pequeño tamaño, direccionales y de ampolla, para su utilización en sistemas de Protección contra Incendios mediante Agua Pulverizada.

Se usarán como boquillas abiertas (sin ampolla y sin cierre) para su uso en los Sistemas de Diluvio.

La pulverización se realiza en forma cónica.

El deflector determina el ángulo de descarga y un anillo especial garantiza un uniforme patrón de descarga.

#### **Presión de prueba en fábrica:**

3448 kPa (500 psi)

**Tamaño de Rosca:** 15 mm (1/2" NPT)

#### **Materiales:**

Cuerpo: Aleación de Bronce

UNS-C84400

Deflector: Cobre UNS-C19500

Anillo: Cobre UNS-C19500

Junta: Teflon®

Resorte: Aleación de Níquel

Tornillo: Bronce UNS-C36000

Casquillo (Boquillas de orificio pequeño): Bronce UNS-C36000

#### **Accesorios:**

Llave de montaje estándar

P/N 05000CM

Llave para Boquilla Modelo M con recubrimiento: P/N 07398W

#### **2.5.4.- Grupo de incendios**

El grupo dispondrá de los siguientes elementos:

- Bomba jockey de caudal, presión, potencia, motor y revoluciones indicadas en mediciones para pequeños consumos.
- Bomba de servicio con motor eléctrico de caudal, presión, potencia y revoluciones indicadas en mediciones.
- Bomba de servicio con motor Diesel de caudal, presión, potencia y revoluciones indicadas en mediciones con motor refrigerado por aire con intercambiador, batería, silenciador silen-blocks, con pintura ignífuga alta temperatura y depósito de combustible.
- Las características de la bomba y la potencia del motor permitirán suministrar un caudal 140 % del de punto de consigna con una presión del 70 % de la de su punto de funcionamiento.

***El montaje de las bombas y depósitos dispondrá de los siguientes accesorios:***

- Válvula de entrada al depósito.
- Válvulas de pie en el punto de aspiración de agua de cada bomba en caso de trabajar en aspiración.
- Nivel de mínima o presostato para parada del grupo en caso de falta de agua.
- Válvula en la aspiración de cada bomba.
- Filtros en la aspiración de cada bomba.
- Manguito antivibratorio en impulsión y aspiración de cada bomba.
- Conos reductores en impulsión y aspiración de cada bomba.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

- Manómetro de 10 cm de diámetro con llave y lira en la impulsión de la bomba.
- Manómetro con llave y lira en la impulsión y aspiración de cada bomba.
- Válvula de retención en la impulsión de cada bomba.
- Válvula en la impulsión de cada bomba.
- Colector en la impulsión de todos los circuitos.
- Juego de presostatos regulables.
- Válvula para colector de pruebas.
- Válvula de apertura instantánea total.
- Sistema de cebado mediante dispositivo elevado de agua controlada por electroválvula y nivel, y conexionado a cada impulsión de bomba con válvulas dobles de retención.

El cuadro eléctrico dispondrá de los elementos de protección y mando de las bombas, interruptores, arrancadores estrella-triángulo, fusibles de alta capacidad de ruptura, amperímetros, voltímetros, alarmas ópticas y acústicas de falta de combustible, aceite, avería fase, falta de corriente, indicador de carga de batería con juegos de pilotos con doble filamento, disparadores de falta de tensión de reposición automática, regulador de velocidad, pulsadores de arranque manual o automático y sistema de parada siempre manual.

### **CAPITULO 3: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD**

#### **3.1.- GENERALIDADES**

El REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en su artículo número 4 expresa lo siguiente:

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
D. PLIEGO DE CONDICIONES**

---

El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se de alguno de los supuestos siguientes:

- a) Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.000 €
- b) Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- d) Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud. Considerando la duración de la obra a la cual se refiere el presente proyecto no superior a 4 meses, y asimismo implicando a 10 trabajadores al mismo tiempo como máximo, se observa la necesidad de elaborar (según el apartado 2 antes reflejado) un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

### **3.2. OBJETO**

El contenido de este Estudio Básico contempla la identificación de los riesgos laborales que pueden ser evitados, así como la relación de disposiciones mínimas generales a tomas de cara a evitar los riesgos especiales que entraña la ejecución de las obras correspondientes a este Proyecto.



Por otra parte, el vestuario laboral de los trabajadores, casco, protección visual, de oídos, máscara, buzo de trabajo, guantes y calzado será homologado de acuerdo con las Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

### **3.3.- IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS LABORALES**

Esta parte del Estudio será de aplicación a la totalidad de la obra, incluidos los trabajos realizados en el interior, como en el exterior de los locales donde se realizarán las obras objeto de este Proyecto.

#### **3.3.1. Estabilidad y solidez**

Se procurará la estabilidad de los materiales y equipos y, en general de cualquier elemento que en cualquier desplazamiento pudiera afectar a la seguridad y a la salud de los trabajadores.

Así mismo, el acceso a cualquier superficie sólo se realizará mediante equipos y medios apropiados para que el trabajo se realice de manera segura.

#### **3.3.2.- Instalaciones de suministro y reparto de energía**

La instalación eléctrica de los lugares de trabajo de las obras, esto es, el proyecto, la ejecución y la elección del material y de los dispositivos de protección se realizaran de acuerdo a la normativa vigente, y en especial de acuerdo al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

#### **3.3.3. Vías y salidas de emergencia**

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

#### **3.3.4.-Detección y lucha contra incendios**

Durante la ejecución de los trabajos, los dispositivos de lucha contra incendios y sistemas de alarma existentes estarán en perfecto estado de funcionamiento. Así mismo, existirá en obra extintores de CO<sub>2</sub> o de polvo en lugares accesibles y conocidos por las personas que trabajen en ella.

#### **3.3.5. Ventilación**

Teniendo en cuenta los métodos de trabajo y las cargas físicas que realizarán los trabajadores, éstos dispondrán de aire limpio en cantidad suficiente.

En la obra que se ocupa en este proyecto, existirá una ventilación más que suficiente debido al tamaño y amplitud de la parcela donde se realizarán las obras.

#### **3.3.6. Exposición de riesgos particulares**

Los trabajadores no estarán expuestos a niveles sonoros perjudiciales ni a factores externos nocivos (polvo, vapores, gases, etc.).

Para que ello sea así, se utilizarán protectores de oídos y mascarillas, cuando sea necesario. Ambas protecciones serán homologadas de acuerdo con normativa vigente.

#### **3.3.7. Temperatura**

La temperatura será la adecuada para el organismo humano durante el tiempo de trabajo, cuando las circunstancias lo permitan, teniendo en cuenta los métodos de trabajo que se aplicarán y las cargas físicas que realizarán los trabajadores. Cuando el lugar de trabajo sea una sala térmica se procurará que la temperatura no sea del todo elevada, utilizando si fuese necesario ventilación forzada.

### **3.3.8. Iluminación**

Los lugares de trabajo, los locales y las vías de circulación dispondrán de suficiente luz natural. Así mismo, y aún cuando no se prevea la realización de trabajo en horario nocturno, existirá la posibilidad de iluminación artificial adecuada y suficiente durante la noche y cuando sea suficiente la luz natural.

### **3.3.9. Vías de circulación y zonas peligrosas**

Las vías de circulación, incluidas las escaleras, las escalas fijas y los muelles y rampas de carga estarán calculados, situados, acondicionados y preparados para su uso de manera que se puedan utilizar fácilmente con toda seguridad y conforme al uso al que se les haya destinado, de forma que los trabajadores empleados en las proximidades de estas vías de circulación no corran riesgo alguno. Así mismo, las dimensiones de las vías destinadas a la circulación de personas o de mercancías, incluidas aquellas en las que se realicen operaciones de carga y descarga se calcularán de acuerdo con el número de personas que puedan utilizarlas y con el tipo de actividad. Si se utilizaran medios de transporte en las vías de circulación, se deberá prever una distancia de seguridad suficiente ó medios de protección adecuados para las demás personas que puedan estar presentes en el recinto.

### **3.3.10. Espacio de trabajo**

Las dimensiones del puesto de trabajo se calcularán de tal manera que los trabajadores dispongan de la suficiente libertad de movimientos para sus actividades, teniendo en cuenta la presencia de todo el equipo y material necesario.

### **3.3.11. Primeros auxilios**

Será responsabilidad del Empresario garantizar, que en caso de accidente laboral, puedan prestarse, en todo momento, los primeros auxilios con la suficiente formación para ello, para lo cual, existirá un botiquín en obra conteniendo los elementos mínimos, de acuerdo con la normativa vigente.

Así mismo, se adoptarán medidas para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, los trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina.

### **3.3.12. Servicios higiénicos**

Los trabajadores dispondrán de vestuarios, duchas, lavabos y retretes en las proximidades de sus puestos de trabajos. Se utilizarán aquellos existentes en el centro de trabajo, que la Dirección del mismo asigne a tal uso.

## **3.4. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS ESPECIALES**

Los riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores serán los relacionados con los siguientes trabajos, actividades y circunstancias:

### **3.4.1. Trabajos móviles o fijos situados por encima o por debajo del nivel del suelo**

Para evitar accidentes, se garantizará la estabilidad de estos lugares de trabajo mediante elementos de fijación apropiados y seguros con el fin de evitar cualquier desplazamiento inesperado.

### **3.4.2. Caídas de objetos**

Los trabajadores estarán protegidos contra la caída de objetos o materiales. Para ello, se establecerán pasos cubiertos o se impedirá el acceso a las zonas peligrosas. Así mismo, los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo se colocarán o almacenarán de forma que se evite su desplome, caída o vuelco.

### **3.4.3. Caídas de altura**

Las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles, huecos y aberturas existentes en los pisos de las obras, que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante barandillas y otro sistema de protección equivalente.

Las barandillas serán resistentes y dispondrán de un reborde de protección, unos pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.

Los andamios, plataformas de trabajo, pasarelas y escaleras de los andamios se inspeccionarán por una persona de la Dirección de Obra:

#### **1. Antes de su puesta en marcha**

2. A intervalos regulares en lo sucesivo
3. Después de cualquier modificación

Los andamios móviles se asegurarán contra desplazamientos involuntarios.

#### **3.4.4. Factores atmosféricos**

Se protegerá a los trabajadores contra las inclemencias atmosféricas que puedan comprometer su seguridad y salud.

#### **3.4.5. Trabajos de soldadura**

Para la realización de los trabajos de soldadura, los soldadores estarán oficialmente homologados.

Las zonas de soldadura de pre montaje dispondrán de mamparas para evitar las radiaciones y deslumbramientos a trabajadores ajenos a esta especialidad.

Los locales o zonas estarán debidamente ventilados.

La indumentaria para los soldadores será complementada a la ropa laboral con gafas o careta de acuerdo al tipo de soldadura; mandil, guantes y polainas de cuero.

#### **3.4.6. Trabajos eléctricos**

Las conexiones a realizar se harán siempre sin tensión.

Las pruebas que se tengan que realizar con tensión, se harán después de comprobar el estado e la instalación.

En la utilización de los medios auxiliares, estos serán los propios para realizar los trabajos y nunca se utilizarán similares u otros procedimientos para conseguir una especie de andamio totalmente inestable y con riesgo.

#### **3.4.7. Otros trabajos específicos**

Las instalaciones existentes anteriores al comienzo de obra se localizarán, verificarán y señalarán claramente.

Los trabajos de derribo o demolición se estudiarán y planificarán antes de su realización.

Así mismo, en los trabajos que se realizarán en tejados, se adoptarán las medidas de protección colectiva que sean necesarias en función de la altura, inclinación o posible carácter o estado resbaladizo del mismo.

---

## E. PRESUPUESTO

---



## **CAPITULO 1: PARTIDAS PRESUPUESTARIAS**

### **PARTIDA PRESUPUESTARIA 1:**

#### **ESTUDIO Y EVALUACIÓN DEL RIESGO**

##### **1.1.- INGENIERÍA**

En este apartado de la partida presupuestaria 1, se especifican los salarios correspondientes al desarrollo de la metodología de análisis de riesgo para 100 horas de trabajo por el personal cualificado.

Considerando las horas trabajadas para un grupo de 5 especialistas, y un salario base, que depende del personal que realice la actividad, ya que pueden atribuirse como horas extras, si es desarrollado por empleados de la misma empresa, o bien personal cualificado contratado específicamente, por tanto el salario se estima en unos 67 euros la hora.

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Uds</b>	<b>Importe Unitario €</b>	<b>Importe Total €</b>
1.1.1	<b>DESARROLLO METODOLOGIA HAZOP</b> Método cuantitativo de identificación de riesgos en los establecimientos industriales. Salarios Personal Cualificado	1	33.500	33.500
	<b>TOTAL 1.1</b>			<b>33.500</b>

##### **1.2.- INSTALACIÓN MEDIDAS PROPUESTAS**

A continuación se especificarán los precios unitarios y el importe total de toda la instrumentación que se instalará en el sistema objeto de este proyecto, una vez se ha concluido el estudio y evaluación de riesgos por la metodología HAZOP, se deberán incorporar a la unidad

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
E.-PRESUPUESTO**

---

las distintas medidas correctoras especificados en capítulos anteriores del presente documento, y cuyo importe queda recogido en la siguiente tabla.

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Uds</b>	<b>Importe Unitario €</b>	<b>Importe Total €</b>
1.2.1	<b>SENSORES DE NIVEL</b> Sensor de nivel ultrasónico con 5 metros de cables incorporado modelo UA-11	3	149,27	447,81
1.2.2	<b>DETECTORES DE FUGAS</b> Detector de fugas modelo Series 3000 MkII, capaz de detectar concentraciones de HF por debajo de 1 ppm	4	236,20	944,8
1.2.3	<b>MEDIDORES DE TEMPERATURA</b> Sistema medidor de temperatura, termómetro infrarrojo digital con LCD para la medición de temperatura continua superficial de todas las sustancias (para instalación fija)	4	195,50	782
1.2.4	<b>SISTEMA DE ALARMA</b> <b>SIRENA NS14/R NOTIFIER</b> Sirena electrónica Rectangular color rojo, alimentada por lazo analógico, consumo 21mA., 14 tonos seleccionables de 96 A 106 dB. Incluso base de montaje. Incluso p.p.de instalación eléctrica, programación y puesta en marcha. Mod. NS14/R Marca NOTIFIER	4	47,54	190,16
1.2.5	<b>VALVULA REGULADORA DE CAUDAL DN 150 mm</b> Con funcionamiento automático	7	276,38	1.934,66
1.2.6	<b>VALVULA DE SEGURIDAD</b> Modelo FK222E46, Válvula de interrupción embridada DN=150mm	2	327,80	655,6
1.2.7	<b>INDICADOR CONTROLADOR DE PRESION</b> Modelo VAM 320, medidor de presión de alta precisión de 200 mbar, sensor resistente a ácidos.	4	455	1.820

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
E.-PRESUPUESTO**

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Uds</b>	<b>Importe Unitario €</b>	<b>Importe Total €</b>
1.2.8	<b>BOMBA AUXILIAR</b> Grupo electrobomba horizontal, 2900 Rpm, 50 Hz, modelo F 16/200 de ideal o similar.	2	8690	17.380
<b>TOTAL 1.2</b>				<b>24.155,03</b>

**PARTIDA PRESUPUESTARIA 2:**

**SISTEMA DE MITIGACIÓN DE FUGAS.**

**2.1.- SISTEMA FIJO DE AGUA PULVERIZADA**

En este punto de la partida presupuestaria 2, se desglosan los distintos componentes y equipos que completan el sistema de cortinas de aguas que se ha diseñado en este proyecto. A su vez, se han incluido tanto el sistema de agua pulverizada como todos los equipos auxiliares pertenecientes a éste, grupo de presión, depósito de almacenamiento y monitores portátiles.

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Uds</b>	<b>Importe Unitario €</b>	<b>Importe Total €</b>
2.1.1	<b>GRUPO P.C.I EBARA AQUAFIRE AFU-ENR 125-250/55 EDJ.</b>	1	20.366	20.366
2.1.2	<b>SISTEMA DE LLENADO AUTOMATICO</b> Sistema de llenado automático del depósito de P.C.I. con los siguientes elementos: - 1 electroválvula DN150 - 1 Sensor de nivel de agua instalado.	1	754,87	754,87
2.1.3	<b>DEPOSITO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA</b> Depósito de más de 150 m <sup>3</sup> de volumen que abastece al sistema de boquillas, fabricado en Acero al Carbono SA-283 gr C.	1	75.098	75.098

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
E.-PRESUPUESTO**

---

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Uds</b>	<b>Importe Unitario €</b>	<b>Importe Total €</b>
2.1.4	<b>MONITORES PORTÁTILES</b> Monitor portátil modelo CrossFire, con flujo máximo de 1250 g.p.m	3	357,02	1.071,06
2.1.5	<b>TUBERIA DN 150</b> Tubería de acero al carbono SA-53 Gr. A.	150 m	115	17.250
2.1.6	<b>BOQUILLAS PULVERIZADORAS</b> Boquillas pulverizadoras modelo M, compañía VIKING, con ángulos de pulverización de 60º, 120º.	41	30,60	1.254,6
<b>TOTAL 2.1</b>				<b>115.794,53</b>

**PARTIDA PRESUPUESTARIA 3:**

**LEGALIZACIÓN Y DOCUMENTACIÓN**

**3.1.- OBRA CIVIL E INSTALACIONES**

Se incluirán en este apartado el coste de los trámites administrativos para la legalización de la instalación, realización de la obra, puesta en marcha, etc.

Además se han valorado los distintos cursos específicos de formación necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación, mantenimiento y funcionamiento, que serán impartidos para los operarios, guardas de seguridad, etc.

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Uds</b>	<b>Importe Unitario €</b>	<b>Importe Total €</b>
3.1.1	<b>LEGALIZACION</b> Legalización de la instalación ante los organismos oficiales pertinentes.	1	1.051,77	1.051,77

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
E.-PRESUPUESTO**

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Uds</b>	<b>Importe Unitario €</b>	<b>Importe Total €</b>
3.1.2	<b>DOCUMENTACION FINAL DE OBRA</b> Documentación final de obra, comprendiendo: - Planos. - Manuales de programación e instalación de todos los elementos. - Manuales de usuario personalizados para los tres tipos de usuarios contemplados: * Guardas de seguridad. * Departamento de mantenimiento. * Resto de usuarios. - Programa de mantenimiento de acuerdo con la legislación vigente	1	1.138,92	1.138,92
3.1.3	Curso de utilización y mantenimiento de la instalación para los usuarios de los sistemas, comprendiendo la explicación necesaria para la correcta utilización de todos los medios instalados, y las medidas de mantenimiento preventivo que debe llevar a cabo la propiedad. El cursillo comprenderá un mínimo de 25 horas, repartidas en tres grupos específicos (guardas, mantenimiento, resto de usuarios) a los que se aportara la documentación necesaria, contemplada en la partida anterior.	1	601,01	601,01
<b>TOTAL 3.1</b>				<b>2.791,7</b>

**PARTIDA PRESUPUESTARIA 4:**

**RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

A continuación se recogen las distintas partidas presupuestarias y por tanto el valor total del presupuesto.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
E.-PRESUPUESTO**

	Importe (Eur)	Importe (Eur)
<b>1.1.- INGENIERÍA</b>		
1.1.1 DESARROLLO METODOLOGIA HAZOP	33.500	
<b>1.2.- INSTALACIÓN MEDIDAS PROPUESTAS</b>		
1.2.1 SENSORES DE NIVEL	447,81	
1.2.2 DETECTORES DE FUGAS	944,8	
1.2.3 MEDIDORES DE TEMPERATURA	782	
1.2.4 SISTEMA DE ALARMA	190,16	
1.2.5 VALVULA REGULADORA	1.934,66	
1.2.6 VALVULA DE SEGURIDAD	655,6	
1.2.7 INDICADOR CONTROLADOR DE PRESION	1.820	
1.2.8 BOMBA AUXILIAR	17.380	
		<b>24.155,03</b>
<b>2.1.- SISTEMA FIJO DE AGUA PULVERIZADA</b>		
2.1.1 GRUPO P.C.I EBARA AQUAFIRE AFU-ENR 125-250/55 EDJ	20.366	
2.1.2 SISTEMA DE LLENADO AUTOMATICO	754,87	
2.1.3 DEPOSITO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	75.098	
2.1.4 MONITORES PORTÁTILES	1.071,06	
2.1.5 TUBERIA DN 150	17.250	
2.1.6 BOQUILLAS PULVERIZADORAS	1.254,6	
		<b>115.794,53</b>
<b>3.1.- OBRA CIVIL E INSTALACIONES</b>		
3.1.1 LEGALIZACION	1.051,77	
3.1.2 DOCUMENTACION FINAL DE OBRA	1.138,92	
3.1.3 CURSO DE UTILIZACIÓN Y MANTENIMIENTO	601,01	
		<b>2.791,7</b>
	<b>Total ejecución</b>	<b>142.741,26</b>
	<b>13% Gastos generales</b>	<b>18.556,36</b>
	<b>6% Beneficio industria</b>	<b>8.564,47</b>
	<b>Total presupuesto</b>	<b>169.862,10</b>
	<b>18% I.V.A.</b>	<b>30.575,17</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>		<b>200.437,27</b>

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
E.-PRESUPUESTO**

---

El presente documento asciende a la cantidad de **Doscientos mil  
cuatrocientos treinta y siete euros con veintisiete céntimos**. Siendo  
su plazo de validez de 60 días.

Cádiz, a de Julio de 2011

Fdo. Daniel Alcón Álvarez

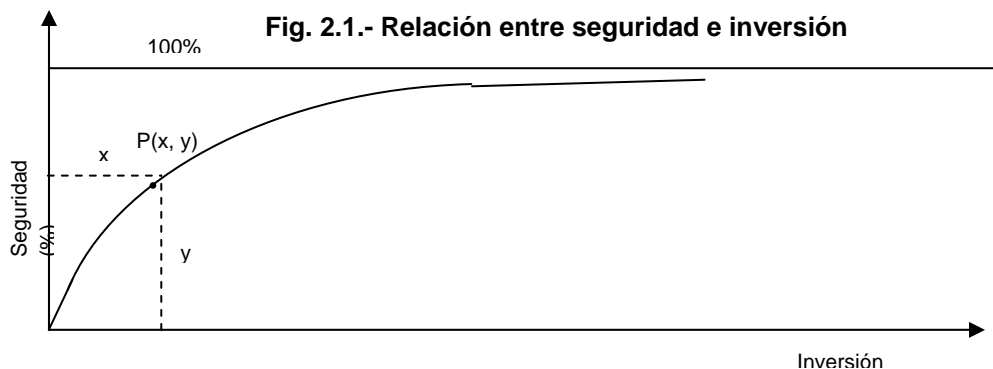
## **CAPITULO 2: JUSTIFICACIÓN DE LA INVERSIÓN.**

### **2.1.- Introducción**

Desde el principio de este proyecto se ha querido destacar la importancia que tienen las consideraciones de seguridad en el diseño de plantas químicas y petroleras, ya que la estadística pone de manifiesto el alto grado de probabilidades de que ocurra un accidente en este tipo de establecimiento industrial. Este hecho realza la importancia de las inversiones de seguridad con respecto a la inversión total del proyecto. A través de estudios estadísticos se ha observado lo siguiente:

- Inversión de seguridad en edificios e instalaciones industriales normales 2-5%.
- Inversión de seguridad en Aeronaves, instalaciones químicas y nucleares: 30-40%.

Todas las acciones dirigidas a dotar a la industria de sistemas preventivos, al igual que aquellas que tienen como objetivo la actuación ante el siniestro, deben estar encuadradas dentro de unos límites razonables, que combinen la seguridad con la inversión requerida para conseguirla. Si se representa gráficamente la relación existente entre seguridad e inversión, se obtendrá una curva como la figura 2.1.





Como se puede apreciar, esta curva es asintótica a la recta que representa el 100% de seguridad y es una forma de lo que se denomina “ley de los rendimientos decrecientes”. El punto óptimo de seguridad P será aquel en el que para una inversión “x” se obtenga un “y%” de seguridad. Para determinar este punto se deberá conocer parámetros tales como datos estadísticos, estudio de la probabilidad del incidente y analizar la evolución de los mismos. Si se intenta aumentar la seguridad por encima de este punto se podría caer en una inversión desproporcionada para la mejora de la seguridad del sistema.

## **2.2.- Los costes de un accidente**

Para poder justificar una inversión en términos de seguridad, se deben conocer en primer lugar, los costes de un accidente, puesto que éstos representan para las empresas pérdidas no sólo de personas (temporal o permanentemente), sino que a su vez se pierden factores tan importantes como tiempo, equipos, dinero, etc.

Generalmente no se puede cuantificar las pérdidas porque no se lleva un registro de los accidentes en función de los costos.

Los costes de un accidente son de dos tipos: **directos e indirectos**.

Los **costes directos** son aquellos que cubre generalmente la aseguradora de riesgo de trabajo y por lo tanto son recuperables. Aunque hay que tener en cuenta que un accidente produce efectos adicionales que también consumen dinero y que la mayoría de las veces no son recuperables.

Los **costos indirectos** son entre otros: gastos de equipos, alquiler de equipos auxiliares, pago de sueldo de personal de reemplazo, pago de sueldo de personal que en horario de trabajo tuvo que auxiliar al

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
E.-PRESUPUESTO**

---

accidentado, problemas de concentración del personal que presencié el accidente, gastos por capacitación del personal de reemplazo. Todo esto incidiendo directamente sobre la cantidad y calidad de la producción. El principal problema es cuantificar esos costes indirectos, quedando gráficamente representado al comparar dichos costes con un “iceberg”, donde sólo se puede ver la parte superior, y esconde el verdadero problema, como muestra la figura 2.2:

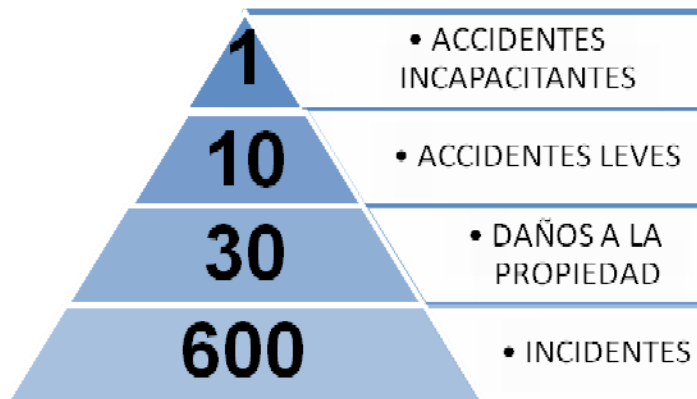
**Fig. 2.2.- Representación de los costes**



La parte sobre la superficie del agua son los costos directos, visibles y fácilmente cuantificables y los que se encuentran debajo del agua y no se ven, son los indirectos. Una parte importante de los accidentes para tener en cuenta son los incidentes. Los incidentes son sucesos no planeados ni previstos, que pudiendo producir daños o lesiones, por alguna “casualidad” no los produjeron.

El mecanismo que produce un incidente es igual al mismo que produce un accidente, los dos son igualmente importantes, e incluso, el incidente lo es más porque es un aviso de lo que pudo pasar. Si bien el incidente no produce lesiones ni daños, sí ocasiona pérdidas de tiempo. Son importantes por su frecuencia. En la siguiente figura se muestra que por cada accidente con lesión incapacitante ocurren 600 incidentes.

**Fig.2.3.- Frecuencia de sucesos**



### **2.3.- Evaluación de los costes de un accidente**

En este apartado se ha ejemplarizado y cuantificado el coste de un accidente, cuya probabilidad de que ocurra, según las estadísticas sobre casuísticas de accidentes, es bastante alta.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
E.-PRESUPUESTO**

---

Se ha tenido en cuenta el banco de datos MHIDAS sobre un total de 5.325 accidentes ocurridos en la industria química y en el transporte de mercancías peligrosas, desde principios de siglo hasta julio de 1992. En la siguiente tabla se muestra la distribución de los accidentes donde estaban implicados al menos uno de los cuatro tipos de causas de accidentes como se ha comentado en capítulos anteriores de este proyecto.

**Tabla 2.1.- Tipos de accidentes**

<b>Causa</b>	<b>Número de Accidentes</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Escape</b>	<b>3.022</b>	<b>51,0</b>
<b>Incendio</b>	<b>2.603</b>	<b>44,0</b>
<b>Explosión</b>	<b>2.133</b>	<b>36,0</b>
<b>Nube de gas</b>	<b>719</b>	<b>12,1</b>

Como en un mismo suceso pueden darse dos causas de manera simultánea la suma de los porcentajes supera el 100%.

Se puede observar que el 50 por ciento de los accidentes registrados son a causa de un escape, si se tiene en cuenta que la instalación se encuentra dentro de una refinería, se incrementa la probabilidad de que ocurra un suceso no deseado.

Otro factor que influye en las consecuencias de un accidente, es el referido a las características de la sustancia objeto de estudio de este proyecto, siendo la masa molecular del ácido fluorhídrico, utilizado en la instalación, diferente a la esperada atendiendo su fórmula empírica, ya que experimenta reacciones reversibles de polimerización e hidratación con la humedad del aire.

Esto conlleva a que la nube tóxica provocada por el escape, tenga una densidad muy difícil de calcular para llevar a cabo estudios de dispersión y conocer por tanto su evolución.

## **2.4.- Cálculo de costes de un accidente en la torre de rectificación de ácido fluorhídrico (HF)**

### **2.4.1.- Introducción**

En este apartado se llevará a cabo una simulación de los costes que acarrearía un suceso no deseado que desemboque en un accidente.

En la columna V-1 se destila la corriente de HF, obteniéndose por cabeza una corriente de ácido al 98% en pureza y por fondo al 40% en pureza. La temperatura a la cual trabaja la torre oscila desde 84,1°C por cabeza hasta los 112°C por cola. La presión y temperatura de diseño de la columna es de 14,48 kg/cm<sup>2</sup> y 150°C respectivamente.

La alimentación a la torre es de 53 kg/h de ácido al 60% de pureza. Si se estima una densidad del ácido fluorhídrico a temperatura ambiente de 1,140 kg/m<sup>3</sup>, el caudal volumétrico será de 49,12 m<sup>3</sup>/h. La torre tiene una altura aproximada de 17 metros y un diámetro en su parte más ancha de 3 metros aproximadamente.

### **2.4.2.- Datos del suceso (caso práctico de posible accidente)**

Durante el proceso de rectificación del ácido, se produce un escape del mismo, en la cabeza de la torre por una rotura de la brida que une la tubería de salida de cabeza con el condensador de flujo (E-2).

Los vapores tienen una composición de un 98% en ácido fluorhídrico y una temperatura de 84,13°C.

El caudal es de 27,3 kg/h, siendo su caudal volumétrico de 23,94 m<sup>3</sup>/h. Al no disponer la planta de sistema de mitigación, ni ningún dispositivo de detección de fugas o alarmas, pasa más de media hora

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
E.-PRESUPUESTO**

---

hasta que el personal encargado se percató de lo ocurrido, por lo que se ha escapado una cantidad de aproximadamente  $12 \text{ m}^3$  de sustancia tóxica y corrosiva. Formándose una nube tóxica que alcanza a 1 trabajador situado en la instalación contigua al escape, provocando graves consecuencias.

**2.4.3.- Valoración económica de los costes salariales directos**

Se establecen los tiempos perdidos por el trabajador accidentado y los 6 trabajadores implicados, considerando un valor de 7,5 la hora del trabajador.

- A. Tiempo perdido por el trabajador accidentado 7 h + tiempo perdido por otros trabajadores 5 h = 12 h
- B. Coste medio trabajadores implicados 45 Euros/h.
- C. Costes salariales directos (A·B)= 540 Euros**

**2.4.4.- Valoración económica de los costes de seguridad social**

Se ha considerado un salario base diario de 60 euros/brutos, para un oficial. Y una cotización a la seguridad social para oficiales de primera y segunda de 30 euros.

- A. Días de baja 15 x 25% salario trabajador 15 € = 225 Euros
- B. Días de baja 15 x cotización día 30 € = 450 Euros
- C. Costes Seguridad Social (A + B) = 675 Euros**

**2.4.5.- Valoración económica de los daños materiales**

Se estimará el coste de las pérdidas materiales de los equipos dañados considerándose el paro de la instalación por un tiempo de 8 horas.

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
E.-PRESUPUESTO**

---

A. Equipos, estructuras, vehículos, máquinas, instalaciones, herramientas, etc.

- Reparación interna, mano de obra, piezas repuesto...

Cambio de brida afectada.....	346, 2 €
Horas de trabajo Total 20 €/h x 8 h.....	20 x 8 = 160 €
Sustitución Tubería 115€/m.....	345 €
Sectores Dañados.....	250 €
<b>Total.....</b>	<b>1101,2 €</b>

B. Producto Cantidad 12 m<sup>3</sup> Coste unitario 4,36 €/l = 52.080 Euros

**C. Total costes por daños materiales (A + B) = 53.181,2 Euros**

**2.4.6.- Valoración económica de la pérdida de negocio o del incremento del coste de producción**

A. Repercusión significativa en el proceso productivo

B. Parada de la producción Horas extras

**C. Repercusión económica 5.000 Euros**

**2.4.7.- Costes Generales**

Material primeros Auxilios .....	10 €
Traslado accidentado.....	20 €
Sanciones, multas, procesos judiciales.....	2.300 €
Gastos administrativos de contratación de sustitutos	450 €
Daños a terceros.....	4000 €
<b>Total Costes generales.....</b>	<b>6780 €</b>

**2.4.8.- Total Coste del Accidente**

Costes salariales directos.....	540€
---------------------------------	------

**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
E.-PRESUPUESTO**

---

Costes a la seguridad social.....	675€
Costes Daños materiales.....	53.181€
Costes de Producción.....	5.000€
Costes Generales.....	6.780€
<b>Total Costes.....</b>	<b>66.176€</b>

### **2.5.- Consideraciones Finales**

En España se han producido 26 accidentes industriales con emisión de sustancias químicas entre 1987 y 2004. De ellos, 14 se consideraron accidentes graves por la normativa SEVESO, y el número total de víctimas mortales fue de 18 personas. Uno de los episodios más graves fue el sucedido el 14 de agosto de 2003 en una Refinería de Puertollano, en el cual fallecieron 9 trabajadores, el siniestro provocó una intoxicación de más de un centenar de personas.

El caso práctico utilizado en el cálculo de costes, no llega al nivel de los accidentes descritos en el párrafo anterior, pero es capaz de generar un gasto total de **66.176 Euros**, ya que exclusivamente se ha considerado que en el accidente solo hubo un trabajador afectado, y que la nube formada en el escape no llegó a traspasar el emplazamiento industrial, por lo que no afectó a la población colindante.

Este valor supondría un 33 % de la cuantía del presente presupuesto, que asciende a la cantidad de **200.437,27 Euros**, sin añadir el aumento de la prima de seguros, debido al incremento de la siniestralidad de la empresa.

Se ha demostrado que es de vital importancia, las inversiones en medidas de seguridad, debido a que éstas no suponen un alto porcentaje con respecto a la inversión total de cualquier proyecto.



**PROYECTO FIN DE CARRERA:  
DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA UNA  
COLUMNA DE RECTIFICACIÓN PARA LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO FLUORHÍDRICO.  
E.-PRESUPUESTO**

---

La realización de un análisis de riesgo completo, se demuestra como algo realmente imprescindible para estos tipos de instalaciones, donde los índices de siniestralidad son tan altos y donde existe una frecuencia de accidentes bastante mayor que en otros sectores industriales.

