

# PROYECTO FINAL

"PRODUCCION DE NITRATO DE AMONIO"

Estudio de Prefactibilidad

**Autores: Romo Daiana Belén – Conforti Luciano Celin**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA

San Rafael – Mendoza

Diciembre 2016

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO**

**FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA**

**San Rafael-Mza**

# PRODUCCIÓN DE NITRATO DE AMONIO

Autores: Conforti Luciano Celin – Romo Daiana Belén

Carrera: Ingeniería Química con Orientación en Petroquímica

Tutores: Ing. Silvana Martínez – Ing. Rogelio Di Santo

Aprobado por:

.....

Presidente: Nombre y Firma

.....

Fecha

.....

Director: Nombre y Firma

.....

Fecha

.....

Co-Director: Nombre y Firma

.....

Fecha

San Rafael, Mendoza, Argentina

Conforti Luciano Celin – Romo Daiana Belén

Diciembre 2016



## **AGRADECIMIENTOS**

### **CONFORTI LUCIANO CELIN**

En primer lugar, quiero agradecer a mi hermosa familia, a mis padres Alejandra y Héctor, quienes me dieron la vida, han sido mis guías y pilares, me brindaron su amor, apoyo incondicional y todo absolutamente en la vida. A mi hermana Melina por estar en momentos difíciles a mi lado por ser mi compañera siempre. A mi novia Mercedes a quien amo y agradezco su compañía siempre y a su madre Gladis. A mis abuelos Héctor, Mafalda, Celin y Haydee que son fuente de sabiduría y amor absoluto y me acompañan y acompañaron siempre y me enseñaron todos los valores esenciales de la vida. Mis tíos y primos que componen nuestra muy unida familia, que siempre están en los momentos más importantes de mi vida. A mis amigos que están en todo momento y con quien comparto mis aciertos y mis errores. A mi compañera de carrera y amiga Daiana, por acompañarme en esta etapa tan importante.

“A todos ellos estaré por siempre muy agradecido”

### **ROMO DAIANA BELÉN**

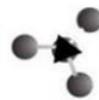
Ha sido un año lleno de esfuerzos y sacrificios, cerrada esta etapa, me queda agradecer principalmente a Dios por darme fuerza y fe para creer lo que me parecía imposible terminar; y permitirme llegar a esta instancia del camino, en donde me vuelvo toda una profesional. A mis padres por haberme proporcionado la oportunidad de estudiar y quienes son los cimientos de mi desarrollo; agradecerles por el apoyo constante e incondicional en toda mi vida y más aún en mis duros años de carrera profesional. A mis abuelos que desde el cielo y la tierra ellos me enseñaron todo lo que tenía que aprender y más hasta mi manera de comportamiento se las debo a ellos, y es preciso que ellos sepan que todo este gran logro se lo debo a ellos. A mi hermana Cintia por nunca dudar en ayudarme y apoyarme en todo momento. A mi padrino Horacio, quien siempre estuvo presente desde niña y durante todos los años de la carrera. A mi novio Emanuel quien fue capaz de comprenderme y contenerme; siempre motivándome y ayudándome. A mis grandes amigos que la facultad me regaló en estos años. A Luciano por haber sido un excelente compañero de carrera y por haberme tenido la paciencia necesaria.

A todos ellos dedico este proyecto final, pues es a ellos a quienes se los debo por su apoyo incondicional.

### **AMBOS**

Agradecemos a la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, a las autoridades, profesores, administrativos y alumnos que han hecho que hoy nos sintamos parte de esta gran institución.

Agradecemos a nuestro Director de Proyecto, Ing. Carlos Llorente por el apoyo brindado y por ser nuestro guía dentro del presente análisis; a nuestros tutores, Ing. Silvana Martínez e Ing. Rogelio Di Santo que no dudaron en ofrecernos su ayuda y guía en todo momento. A la directora de carrera, Ing. Laura Najar por su apoyo para la realización de este proyecto. Por último; agradecemos también a la Ing. Adriana Guajardo e Ing. Sergio Sini por sus aportes.



## **ÍNDICE GENERAL**

AGRADECIMIENTOS .....	III
ÍNDICE GENERAL .....	IV
RESUMEN EJECUTIVO .....	XVII
ABSTRACT .....	XIX
<b>1. GENERALIDADES</b> .....	<b>1</b>
1.1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA .....	3
1.3. NITRATO DE AMONIO PERLADO.....	4
1.4. RESEÑA HISTÓRICA Y DESCRIPCIÓN .....	5
1.5. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS.....	5
1.5.1. Propiedades físicas.....	5
1.5.2. Propiedades químicas .....	6
1.6. USOS Y APLICACIONES.....	6
1.7. CONCLUSIÓN - CAPÍTULO 1 - GENERALIDADES .....	8
<b>2. ESTUDIO DE MERCADO</b> .....	<b>9</b>
2.1. INTRODUCCIÓN .....	10
2.2. ANÁLISIS DEL PRODUCTO EN EL MERCADO .....	10
2.2.1. Productos sustitutos.....	10
2.2.2. Productos complementarios .....	11
2.2.3. Naturaleza del lanzamiento .....	11
2.2.4. Ciclo de vida.....	11
2.3. MERCADO CONSUMIDOR DE NITRATO DE AMONIO.....	11
2.3.1. Consumo mundial.....	11
2.3.2. Producción y consumo en argentina .....	14
2.4. MERCADO DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	16
2.4.1. Ácido nítrico .....	16
2.4.2. Amoniaco.....	17
2.5. ÁREA DE MERCADO SELECCIONADA.....	18
2.6. ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	19
2.6.1. Características de los consumidores en el área de mercado.....	19
2.6.2. Demanda histórica .....	20



2.6.3.	Situación actual de la demanda .....	21
2.6.4.	Cálculo de la demanda insatisfecha y efectiva .....	24
2.7.	PROVEEDORES DE NITRATO DE AMONIO.....	24
2.7.1.	Análisis de la competencia.....	25
2.7.2.	Análisis del precio.....	25
2.7.3.	Análisis de la comercialización .....	25
2.8.	ESTRATEGIAS DE MERCADO PROPUESTAS.....	31
2.8.1.	Estrategias de ingreso .....	31
2.8.2.	Estrategia competitiva .....	31
2.9.	ANÁLISIS FODA.....	32
2.10.	CONCLUSIÓN-CAPÍTULO II-ESTUDIO DE MERCADO.....	33
3.	INGENIERÍA DE PROYECTO .....	34
3.1.	INTRODUCCIÓN .....	35
3.2.	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO .....	35
3.2.1.	Solubilidad-humedad relativa crítica.....	36
3.2.2.	Conductividad térmica .....	38
3.2.3.	Aspectos de seguridad de los fertilizantes de nitrato de amonio.....	39
3.3.	DESCRIPCIÓN DE MATERIAS PRIMAS.....	45
3.3.1.	Amoniaco .....	45
3.3.2.	Ácido nítrico .....	47
3.4.	PROCESOS PARA LA OBTENCIÓN DE NITRATO DE AMONIO.....	48
3.4.1.	Proceso Kaltenbach.....	48
3.4.2.	Proceso Stamicarbon .....	49
3.4.3.	Proceso SBA .....	50
3.4.4.	Proceso C.&I./Girdler .....	52
3.4.5.	Proceso Montedison.....	53
3.4.6.	Proceso UHDE.....	55
3.4.7.	Proceso Fisons .....	56
3.4.8.	Proceso Stengel .....	57
3.4.9.	Proceso ICI (NITRAM).....	58
3.5.	SELECCIÓN DEL PROCESO .....	60
3.5.1.	Descripción del proceso a desarrollar .....	61



Tabla 20. Formas cristalinas del AN .....	63
3.5.2. Características y condiciones de seguridad .....	66
3.5.3. Control de efluentes.....	68
3.6. ESPECIFICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA APLICADA.....	68
3.6.1. Recipientes de almacenamiento.....	68
3.6.2. Reactores.....	69
3.6.3. Equipos de intercambio de calor .....	70
3.6.4. Torre prilling.....	72
3.6.5. Ventiladores .....	72
3.6.6. Tamices.....	72
3.6.7. Tanque de disolución.....	73
3.6.8. Deshumidificador .....	74
3.6.9. Cintas transportadoras .....	75
3.6.10. Bombas .....	76
3.6.11. UTILITARIO: Kia K2700 Cabina estándar.....	76
3.7. CONCLUSIÓN-CAPÍTULO III-INGENIERÍA DEL PROYECTO .....	77
4. SELECCIÓN DEL TAMAÑO.....	78
4.1. INTRODUCCIÓN .....	79
4.2. PERÍODOS DE TIEMPO DEL PROYECTO .....	79
4.3. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN PROPUESTO .....	79
4.4. ANÁLISIS DE FACTORES QUE DETERMINAN EL TAMAÑO .....	80
4.4.1. Disponibilidad de materia prima .....	80
4.4.2. Tecnología .....	81
4.4.3. Financiamiento.....	81
4.4.4. Disponibilidad de recursos humanos.....	81
4.4.5. Demanda .....	82
4.5. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE PLANTA.....	82
4.6. CONCLUSIONES-CAPÍTULO 4-SELECCIÓN DEL TAMAÑO .....	83
5. LOCALIZACIÓN.....	84
5.1. INTRODUCCIÓN .....	85
5.2. MACROLOCALIZACIÓN.....	85
5.3. MICROLOCALIZACIÓN.....	88



5.3.1.	Beneficios promocionales de los parques industriales.....	88
5.4.	EVALUACIÓN: MÉTODO DE LOS FACTORES PONDERADOS.....	89
5.4.1.	Factores a considerar .....	90
5.5.	DETERMINACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN.....	91
5.6.	CONCLUSIÓN-CAPÍTULO V-LOCALIZACIÓN .....	93
<b>6.</b>	<b>DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.....</b>	<b>94</b>
6.1.	INTRODUCCIÓN.....	95
6.2.	DETERMINACIÓN DEL ÁREA TOTAL.....	95
6.2.1.	Sector de producción.....	95
6.2.2.	Sector de depósito de materias primas e insumos .....	96
6.2.3.	Torre de prilling .....	97
6.2.4.	Estacionamiento .....	97
6.2.5.	Almacén de producto terminado.....	97
6.2.6.	Sector de carga de camiones .....	97
6.3.	DIAGRAMA DE PLANTA.....	98
6.4.	CONCLUSIÓN-CAPÍTULO6-DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.....	99
<b>7.</b>	<b>ASPECTOS ORGANIZACIONALES.....</b>	<b>100</b>
7.1.	INTRODUCCIÓN.....	101
7.2.	ORGANIZACIÓN DE LA FÁBRICA.....	101
7.3.	PRINCIPIOS DE ORGANIZACIÓN.....	101
7.3.1.	Organización genérico de la empresa.....	102
7.3.2.	Organización de la fábrica para el proyecto.....	104
7.4.	DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES CARGOS.....	104
7.5.	FICHA DE FUNCIONES .....	112
7.6.	CONCLUSIÓN – CAPÍTULO VII - ASPECTOS ORGANIZACIONALES .....	120
<b>8.</b>	<b>ASPECTOS NORMATIVOS Y AMBIENTALES.....</b>	<b>121</b>
8.1.	INTRODUCCIÓN.....	122
8.2.	GESTIÓN DE CALIDAD ISO 9001:2008 .....	122
8.3.	GESTIÓN AMBIENTAL ISO 14001:2004 .....	125
8.3.1.	Beneficios de la certificación ISO14001.....	126
8.4.	IMPACTO AMBIENTAL .....	127



8.4.1.	Actividades del proyecto en sus distintas fases.....	127
8.4.2.	Medidas de prevención y mitigación .....	131
8.5.	NORMATIVA NACIONAL, PROVINCIAL Y MUNICIPAL .....	134
8.5.1.	Constitución nacional argentina .....	134
8.5.2.	Ley nacional 25.675: "Ley general del ambiente".....	134
8.5.3.	Ley Nacional 25.612: "Gestión integral de residuos industriales y de actividades de servicios." .....	134
8.5.4.	Ley Nacional 20.429: "Ley nacional de armas y explosivos" .....	135
8.5.5.	Ley Provincial N° 11.723: "Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales" 136	
8.5.6.	Ordenanza N° 12091: "Modificando la ordenanza 6209 en relación al impacto ambiental que pueda producir toda obra o actividad".....	136
8.5.7.	Ordenanza N° 9099: "Participación ciudadana en la evaluación del impacto ambiental". 137	
8.6.	HIGIENE Y SEGURIDAD .....	137
8.6.1.	Condiciones generales de construcción y sanitarias.....	137
8.6.2.	Ruidos .....	137
8.6.3.	Ventilación.....	138
8.6.4.	Iluminación.....	139
8.6.5.	Equipos de protección personal .....	139
8.6.6.	Elementos de protección industrial.....	140
8.7.	INFORMACIÓN DE SEGURIDAD A LA HORA DE MANIPULAR LA MAQUINARIA.....	140
8.7.1.	Advertencias.....	141
8.8.	SEÑALIZACIÓN Y EQUIPOS EXTINTORES.....	143
8.9.	SISTEMA DE ALARMA DE EVACUACIÓN.....	145
8.10.	CONCLUSIÓN – CAPÍTULO 8 – ASPECTOS NORMATIVOS Y AMBIENTALES .....	146
9.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	147
9.1.	INTRODUCCIÓN .....	148
9.2.	ESTRUCTURA DE COSTOS.....	148
9.2.1.	Inversión inicial.....	148
9.2.2.	Inversión en capital de trabajo .....	152
9.2.3.	Costos fijos de producción.....	155



9.2.3.1.	Costos por amortizaciones y depreciaciones.....	155
9.2.3.2.	Costos de personal permanente .....	157
9.2.3.3.	Servicios y otros .....	158
9.2.3.4.	Costos fijos totales.....	158
9.2.4.	Costos variables de producción.....	159
9.2.4.1.	Materia prima e insumos.....	159
9.2.4.2.	Mano de obra directa.....	160
9.2.4.3.	Servicios.....	160
9.2.4.4.	Total de costos variables.....	161
9.2.4.5.	DISTRIBUCIÓN DE LOS COSTOS VARIABLES .....	161
9.2.5.	Costos totales .....	162
9.2.6.	Costo unitario del producto .....	162
9.3.	BENEFICIOS DEL PROYECTO PROPUESTO.....	163
9.3.1.	Precio de venta.....	163
9.3.2.	Contribución marginal.....	163
9.3.3.	Utilidad anual antes de impuestos.....	164
9.4.	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	164
9.4.1.	Tasa de descuento.....	164
9.4.2.	Flujo de caja.....	166
9.4.3.	Punto de equilibrio .....	168
9.4.4.	VAN.....	169
9.4.5.	TIR.....	170
9.5.	CONCLUSIÓN-CAPÍTULO IX-EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	171
10.	ANÁLISIS DE RIESGO.....	172
10.1.	INTRODUCCIÓN .....	173
10.2.	ASPECTOS TECNOLÓGICOS .....	173
10.2.1.	Falta de materias primas, insumos y de servicios.....	173
10.2.2.	Falla de la maquinaria .....	173
10.3.	ASPECTOS ECONÓMICOS .....	175
10.3.1.	Aumento de precios de materias primas.....	175
10.3.2.	Bajas ventas.....	176



10.3.3.	Disminución del precio de venta de la competencia.....	176
10.4.	SINIESTROS E IMPREVISTOS .....	176
10.4.1.	Incendios y explosiones .....	176
10.4.2.	Accidentes de Trabajo .....	177
10.5.	CONCLUSIÓN-CAPÍTULO 10-ANÁLISIS DE RIESGO .....	179
11.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	180
11.1.	INTRODUCCIÓN .....	181
11.2.	CRITERIO DE SELECCIÓN DE LA VARIABLE A SENSIBILIZAR.....	181
11.2.1.	Costo de materias primas e insumos .....	181
11.2.2.	Sensibilidad del precio de venta .....	183
11.3.	CONCLUSIÓN-CAPÍTULO 11-ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	186
	ANEXOS.....	187
	ANEXO I – BALANCE DE MASA DEL PROCESO.....	188
	ANEXO II – DISEÑO DE REACTORES.....	196
	ANEXO III – DISEÑO DE EVAPORADOR.....	198
	ANEXO IV-DISEÑO DE LA TORRE PRINLLING.....	203
	ANEXO V – DISEÑO Y SELECCIÓN DE TAMIZ.....	231
	ANEXO VI- DISEÑO DE ENFRIADORES PARA ALMACENAMIENTO .....	233
	ANEXO VII – DISEÑO DE CINTAS TRANSPORTADORAS .....	235
	APÉNDICE.....	240
	APÉNDICE A – NORMATIVA PARA ALMACENAMIENTO .....	241
	BIBLIOGRAFÍA.....	245



## **ÍNDICE DE TABLAS**

<b>1.GENERALIDADES</b> .....	1
Tabla 1. Clasificación de productos de nitrato de amonio.....	7
<b>2. ESTUDIO DE MERCADO</b> .....	9
Tabla 2. Comparación fertilizantes nitrogenados.....	10
Tabla 3. Evolución del Consumo Aparente de Fertilizantes Nitrogenados en Argentina. Años 1992-2004 en miles de toneladas.....	14
Tabla 4. Evolución del Mercado Argentino de Nitrato de Amonio.....	15
Tabla 5. Empresas productoras de Nitrato de Amonio en Argentina.....	16
Tabla 6. Evolución del Mercado Argentino de Ácido Nítrico.....	17
Tabla 7. Evolución del Mercado Argentino de Amoníaco.....	17
Tabla 8. Demanda histórica de Nitrato de Amonio en la Argentina.....	20
Tabla 9. Reservas de Gas Natural en Argentina.....	21
Tabla 10. Demanda Pronosticada a 10 años.....	22
Tabla 11. Proveedores de AN a Argentina.....	25
<b>3. INGENIERÍA DE PROYECTO</b> .....	34
Tabla 12. Propiedades físicas y químicas del Nitrato de Amonio.....	36
Tabla 13. Comparación de temperatura, coeficiente de solubilidad, solubilidad en agua y humedad de algunas sales comunes.....	37
Tabla 14. Influencia de la temperatura en la humedad crítica relativa del nitrato de amonio.....	37
Tabla 15. Comparación de conductividades térmicas de AN con otros materiales a 18°C.....	38
Tabla 16. Destacados accidentes de gran mortalidad.....	45
Tabla 17. Propiedades físicas y químicas del amoníaco.....	46
Tabla 18. Propiedades físicas y químicas del ácido nítrico.....	47
Tabla 19. Características de los procesos de manufactura de AN.....	60
Tabla 20. Formas cristalinas del AN.....	63
Tabla 21. Especificaciones para tanques de almacenamiento.....	69
Tabla 22. Especificaciones para tanques de almacenamiento.....	70
Tabla 23. Especificaciones intercambiadores de calor.....	70
Tabla 24. Especificaciones para ventiladores.....	72
Tabla 25. Especificaciones para tamiz.....	73
Tabla 26. Especificaciones para tanque de disolución.....	73



Tabla 27. Especificaciones para agitador de tanque de disolución .....	73
Tabla 28. Especificaciones para cintas transportadoras.....	75
Tabla 29. Especificaciones para bombas.....	76
<b>4. SELECCIÓN DEL TAMAÑO.....</b>	<b>78</b>
Tabla 30. Programa de Producción 2018 .....	80
<b>5. LOCALIZACIÓN.....</b>	<b>84</b>
Tabla 31. Programa de Producción 2018 .....	90
<b>7. ASPECTOS ORGANIZACIONALES.....</b>	<b>100</b>
Tabla 32. Escala de sueldos y salarios según categoría.....	110
Tabla 33. Escala de Sueldos .....	111
<b>9. EVALUACIÓN ECONÓMICA.....</b>	<b>147</b>
Tabla 34. Inversión inicial.....	150
Tabla 35. Cronograma de inversiones .....	151
Tabla 36. Capital de trabajo .....	154
Tabla 37. Depreciaciones y Amortizaciones.....	156
Tabla 38. Costos Fijos Mano de Obra permanente.....	157
Tabla 39. Costos de Servicios y otro .....	158
Tabla 40. Costos Fijos Totales .....	158
Tabla 41. Costo Material Prima.....	160
Tabla 42. Costos Variables de Mano de Obra directa.....	160
Tabla 43. Costos de Servicios.....	160
Tabla 44. Incidencia de las Materias Primas.....	161
Tabla 45. Incidencia de Costos Variables.....	161
Tabla 46. Costos Totales.....	162
Tabla 47. Precio Unitario.....	162
Tabla 48. Precio de Venta de la tonelada.....	163
Tabla 49. Ingresos por año .....	163
Tabla 50. Contribución Marginal .....	164
Tabla 51. Utilidad Anual .....	164
Tabla 52. Flujo de Caja a 5 años.....	166
Tabla 53. Flujo de Caja a 10 años.....	167
Tabla 54. Punto de Equilibrio .....	168



Tabla 55. VAN a los 5 y 10 años .....	170
<b>10. ANÁLISIS DE RIESGO .....</b>	<b>172</b>
Tabla 56. Programa de control y actividades para el desarrollo del mantenimiento preventivo ..	175
Tabla 57. Matriz de Riesgos del Proyecto.....	178
<b>11. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....</b>	<b>180</b>
Tabla 58. Variación del VAN y la TIR con la variable costo de materia prima e insumos.....	182
Tabla 59. Variación del VAN y la TIR con la variable precio de venta .....	184



## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

<b>1. GENERALIDADES</b> .....	1
Gráfico 1. Consumo de fertilizantes por el agro.....	4
<b>2. ESTUDIO DE MERCADO</b> .....	9
Gráfico 2. Evolución de la producción mundial de fertilizantes nitrogenados por tipo de fertilizante .....	12
Gráfico 3. Participación Mundial de la Producción y Consumo Aparente de Nitrato de Amonio. Promedio 2011-2014 .....	13
Gráfico 4. Participación Mundial del Comercio de Nitrato de Amonio. Promedio 2011-2014.....	13
Gráfico 5. Evolución del Consumo de Fertilizantes en Argentina.....	15
Gráfico 6. Principales provincias productoras de hortalizas en Argentina.....	18
Gráfico 7. Demanda histórica de Nitrato de Amonio en la Argentina .....	20
Gráfico 8. Gas natural en Argentina-Evolución de la Presión de Producción .....	21
Gráfico 9. Evolución de las importaciones de nitrato de amonio para fertilizante .....	22
Gráfico 10. Evolución del precio internacional del nitrato de amonio para fertilizante .....	23
Gráfico 11. Evolución del cambio de la demanda con respecto al precio.....	23
Gráfico 12. Consumo de AN y CAN .....	24
<b>3. INGENIERÍA DE PROYECTO</b> .....	34
Gráfico 13. Diagrama de Mollier incluyendo zona de humectación y secado de AN .....	38
Gráfico 14. Formas cristalinas del AN .....	40
<b>4. SELECCIÓN DEL TAMAÑO</b> .....	78
Gráfico 15. Incidencia de factores para el tamaño de planta .....	82
<b>9. EVALUACIÓN ECONÓMICA</b> .....	147
Gráfico 16. Incidencia en Costos fijos.....	159
Gráfico 17. Distribución de Costos Variables .....	161
Gráfico 18. Costos Totales.....	162
Gráfico 19. Punto de Equilibrio.....	169
<b>11. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD</b> .....	180
Gráfico 20. Variación del VAN con la variable costo de materia prima e insumos.....	182
Gráfico 21. Variación de la TIR con la variable costo de materia prima e insumos.....	183
Gráfico 22. Variación del VAN con la variable precio de venta .....	184
Gráfico 23. Variación de la TIR con la variable precio de venta .....	185



## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>2. ESTUDIO DE MERCADO</b> .....	9
Figura 1. Principales regiones hortícolas de Argentina.....	19
Figura 2. Principales regiones forrajeras de Argentina.....	19
Figura 3 . Red Ferrosur .....	27
Figura 4. Red Ferro Expreso Pampeano .....	28
<b>3. INGENIERÍA DE PROYECTO</b> .....	34
Figura 5. Nitrato de amonio por el Proceso Kaltenbach.....	49
Figura 6. Nitrato de amonio por el Proceso Stamicarbon .....	50
Figura 7. Nitrato de amonio por el Proceso SBA.....	51
Figura 8. Nitrato de amonio por el Proceso C.&I./Girdler.....	53
Figura 9. Nitrato de amonio por el Proceso Montedison.....	54
Figura 10. Nitrato de amonio por el Proceso UHDE.....	55
Figura 11. Nitrato de amonio por el Proceso UHDE.....	56
Figura 12. Nitrato de amonio por el Proceso Stengel.....	58
Figura 13. Nitrato de amonio por el Proceso ICI .....	59
Figura 14. Diagrama de flujo del proceso .....	65
Figura 15. Especificaciones intercambiador de calor de fabricante.....	71
Figura 16. Equipo deshumidificador .....	74
Figura 17. Especificaciones para equipo deshumidificador.....	75
Figura 18. Características principales del utilitario.....	76
<b>5. LOCALIZACIÓN</b> .....	84
Figura 19. Parques Industriales en el país .....	86
Figura 20. Ubicación de la planta .....	92
Figura 21. Ubicación del puerto Ingeniero White.....	92
<b>6. DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA</b> .....	94
Figura 22. Diagrama de la planta .....	98
<b>7. ASPECTOS ORGANIZACIONALES</b> .....	100
Figura 23. Organigrama de la empresa .....	103
<b>8. ASPECTOS NORMATIVOS Y AMBIENTALES</b> .....	121
Figura 24. Modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en proceso .....	124



Figura 25. Modelo de sistema de gestión ambiental para esta Norma Internacional.....	126
Figura 26. Lista de chequeo de impactos ambientales .....	131
Figura 27. Ventilación.....	138
Figura 28. Señales de seguridad que se encuentran en las máquinas.....	143
Figura 29. Clase de Extintores .....	144
Figura 30. Chapas balizas .....	145
<b>ANEXOS</b> .....	187
Figura I.1. Balance de masa Reactor 1.....	188
Figura I.2. Balance de masa Reactor 2.....	191
Figura I.3. Balance de masa Evaporador .....	193
Figura II.1. Reactor para producción de AN .....	196
Figura III.1. Balance de Masa Evaporador.....	198
Figura IV.1. Esquema de una Torre de Prilling.....	204
Figura IV.3. Pulverizador estático.....	206
Figura IV.4. Pulverizador rotativo.....	206
Figura IV.5. Tipos basicos de modelos de calculo de torres de priling.....	207
Figura IV.6. Esquema de las distintas fases de prilling.....	209
Figura IV.7. Modelización torre con pulverización estática.....	210
Figura IV.8. Método general de cálculo.....	212
Figura IV.9. Procedimiento de cálculo .....	214
Figura IV.10. Esquema de la torre de prilling de urea .....	217
Figura IV.11. Esquema del pulverizador rotativo .....	218
Figura IV.12. Especificaciones adicionales .....	219
Figura IV.13. Factor de fricción para esferas.....	223
Figura V.1. Serie Taylor para selección de tamiz .....	232
Figura VI.1. Volúmenes a acondicionar aire .....	233
Figura VI.2. Datos climatológicos de Bahía Blanca .....	234
Figura VI.3. Diagrama psicométrico.....	234
Figura VII.1. Ángulo de elevación y longitud de cinta transportadora .....	235
Figura VII.2. Esquema de cintas transportadoras en planta.....	236
Figura VII.3. Ábaco para cálculo de velocidad de cinta transportadora.....	236
Figura VII.4. Ábaco para cálculo de potencia necesaria de cinta transportadora.....	237



## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo contiene el análisis y evaluación técnica económica de:  
**“Producción de Nitrato de Amonio de grado fertilizante”.**

El estudio realizado alcanza el nivel de pre factibilidad. En la actualidad el 100% del consumo nacional de Nitrato de Amonio se satisface a través de la importación principalmente desde China y Rusia, por lo que se plantea un escenario de sustitución, ofreciendo competitividad en el precio de venta, cumpliendo con normas de calidad y ambientales.

El Nitrato de Amonio en Sudamérica no es producido para fertilizante, siendo que de dicho continente forman parte dos de los principales cuatro productores de soja a nivel mundial, y principales productores fruti-hortícolas y forrajeros.

La producción de Nitrato de Amonio en Argentina brinda la posibilidad de disponer de un producto de suma importancia para los cultivos que actualmente es cubierto por importaciones o reemplazado por UREA, el cual no tiene las mismas propiedades técnicas ni de aplicación.

El estudio de mercado permite inferir que el suministro de los insumos necesarios para la producción estaría garantizado, uno nacional y el otro importado, asimismo, no se identifican elementos que indiquen aumentos sustanciales de precio de los mismos. La distribución a los clientes puede lograrse en forma directa o bien a través de distribuidores especializados. El precio utilizado en la evaluación prevé esta última situación.

Como referencia principal fueron utilizados los datos arrojados por el IPA (Instituto Petroquímico Argentino) y el CIAFA (Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos) tanto en consumo como el precio del producto. Estos datos fueron analizados y estudiados cuidadosamente teniendo en cuenta las situaciones económicas mundiales y nacionales para luego hacer una proyección a 10 años.

Según las características propias del proceso y especificaciones técnicas del producto final a obtener, el proceso productivo y la tecnología más adecuada por simplicidad y diseño de quipos, consiste en la patente UHDE; y a partir de ésta se realizaron cambios de ingeniería para lograr una mejor eficiencia térmica; mostrando el resultado en ahorros energéticos.

Para determinar el tamaño se analizó las variables que inciden en el tamaño de la planta; teniendo especial importancia la carga de materia prima importada más conveniente a transportar, almacenar y la demanda de producto a cubrir. Este estudio aportó como dato una proyección de consumo estimada en diez años de 60.000 toneladas anuales. Según la materia prima, se consideró que lo mejor era una producción anual de 50.000 toneladas anuales; para ello se optó una capacidad instalada de 60.000 toneladas anuales con una producción anual de 50.000 toneladas anuales; el exceso constituye un margen a posibles demandas crecientes considerando que la empresa podría generar su propia materia prima o asociarse con una empresa nacional.

Del estudio de Localización realizado, se identificó como mejor alternativa la ubicación del emprendimiento en el Polo Petroquímico en el Partido de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires.



En lo que respecta al análisis medio ambiental, este tipo de producto genera principalmente efluentes líquidos totalmente tratables y re utilizables. En lo que respecta a la seguridad industrial, al ser un producto clasificado como explosivo, se debe tener en cuenta la legislación pertinente para el diseño de depósitos de almacenamiento; el transporte; inscripción al organismo regulador (D.G.F.M.); etc...

Para la radicación en el Polo Petroquímico, el organismo regulador municipal exige una Evaluación de Impacto Ambiental, y para obtener la Declaración de Impacto Ambiental, el proyecto deberá pasar la instancia de la Audiencia Pública.

En cuanto al análisis económico realizado para un período de 10 años, la implementación del proyecto requeriría de una inversión inicial total de: **86 millones de pesos** y capital de trabajo ascendería a: **91 millones de pesos**, considerando un costo de importación actual anual de **410 millones de pesos** anuales de Nitrato de Amonio.

Para una Tasa de Descuento calculada del 15,41%, la rentabilidad del proyecto medida a través del VAN a 10 años, la TIR correspondiente y el período de recuperación arrojaron datos negativos, por lo que en el escenario planteado la realización del proyecto no sería factible llevarla a cabo.

Del análisis de riesgo se determinó que las atribuciones económicas son los que más afectarían la viabilidad del proyecto, principalmente aquellos ligados a la materia prima importada, y el precio de venta final del producto, que es un componente altamente sensible a la hora de evaluar la rentabilidad.

El proyecto incluye la sensibilización de estos indicadores con las variables que se identificaron como críticas y se concluyó que el aumento del precio de venta es lo que más afecta a los indicadores de rentabilidad.



## **ABSTRACT**

The present work contains the economic analysis and evaluation of:  
"Production of Ammonium Nitrate Fertilizer Grade".

The study performed reached the level of pre-feasibility. At present, 100% of the national consumption of Ammonium Nitrate is met through importation mainly from China and Russia, so a substitution scenario is proposed, offering competitiveness in the sales price, meeting quality standards and Environmental impacts.

Ammonium Nitrate in South America is not produced for fertilizer, being that of the continent are two of the main four producers of soybeans worldwide, and leading producers of fruit and vegetables and fodder.

The production of Ammonium Nitrate in Argentina provides the possibility of having a product of great importance for crops that is currently covered by imports or replaced by UREA, which does not have the same technical and application properties.

The market study allows to infer that the supply of the necessary inputs for the production would be guaranteed, one national and the other imported, likewise, no elements are identified that indicate substantial price increases of the same. Distribution to customers can be achieved either directly or through specialized distributors. The price used in the evaluation provides for the latter situation.

The data used by the IPA (Argentine Petrochemical Institute) and the CIAFA (Chamber of the Argentine Industry of Fertilizers and Agrochemicals), both in consumption and the price of the product, were used as the main reference. These data were analyzed and studied carefully taking into account the global and national economic situations and then making a projection to 10 years.

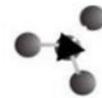
According to the characteristics of the process and technical specifications of the final product to be obtained, the production process and the most appropriate technology for simplicity and design of equipment, consists of the UHDE patent; And from this engineering changes were made to achieve a better thermal efficiency; Showing the result in energy savings.

To determine the size, we analyzed the variables that affect the size of the plant; Taking into account the importance of the most important imported raw material to be transported, stored and the demand for the product to be covered. This study provided a projection of estimated consumption in ten years of 60,000 tons per year. According to the raw material, it was considered that the best was an annual production of 50,000 tons per year; To this end, an installed capacity of 60,000 tons per year was chosen, with an annual production of 50,000 tons per year; The excess constitutes a margin for possible increased demands considering that the company could generate its own raw material or associate with a national company.

From the study of location, the location of the venture in the Petrochemical Complex in the Bahía Blanca Party, Province of Buenos Aires, was identified as the best alternative.

As far as environmental analysis is concerned, this type of product mainly produces liquid effluents that are totally treatable and reusable. With regard to industrial safety, as a product classified as explosive, account should be taken of the relevant legislation for the design of storage tanks; transport; Registration with the regulatory body (D.G.F.M.); etc..

For the establishment in the Petrochemical Pole, the municipal regulatory body requires an Environmental Impact Assessment, and to obtain the Environmental Impact Statement, the project must pass the instance of the Public Hearing.

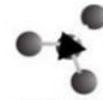


Regarding the economic analysis carried out over a 10-year period, the project's implementation would require a total initial investment of: 86 million pesos and working capital would amount to: 91 million pesos, considering a current annual import cost of 410 Millions of annual weights of Ammonium Nitrate.

For a calculated Discount Rate of 15.41%, the project profitability measured through the 10-year NAV, the corresponding IRR and the recovery period yielded negative data, so that in the scenario presented the project would not be Feasible to carry it out.

From the risk analysis it was determined that the economic attributions are the ones that would most affect the viability of the project, mainly those related to the imported raw material, and the final sale price of the product, which is a highly sensitive component when evaluating the cost effectiveness.

The project includes the awareness of these indicators with the variables that were identified as critical and it was concluded that the increase in the sale price is what most affects the profitability indicators.



# CAPITULO 1

## 1. GENERALIDADES



## **1.1. INTRODUCCIÓN**

El siguiente proyecto de fábrica consiste en un estudio de pre-factibilidad para poder tomar decisiones respecto a la construcción e instalación de una planta de producción de Nitrato de Amonio de grado fertilizante.

Además, la planta deberá cumplir con la normativa y la legislación vigentes, como también las especificaciones de medio ambiente y seguridad necesarias.

La planta deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

- ✓ Capacidad 60.000 Tn/año.
- ✓ Funcionamiento de 365 días/año. Se tienen que acordar paradas de planta y mantenimiento.
- ✓ Presentación del producto en forma de sólido en perlas.

El diseño incluye las siguientes partes:

- ✓ Diseño y especificaciones del Reactor – Neutralizador y Torre de enfriamiento, selección de los equipos de evaporación y transporte de fluidos.
- ✓ Realización de los planos de implantación e ingeniería de la planta y el diagrama de flujo del proceso realizado.
- ✓ Especificaciones relativas a los equipos implicados en el tratamiento medio ambiental de la planta.
- ✓ Estudio de las especificaciones relativas a la seguridad e higiene en la planta que deben ser cumplidas.
- ✓ Estudio de la viabilidad y rentabilidad económica de la planta a diseñar.
- ✓ Puesta en marcha y operación de la planta química realizada.

Cabe aclarar, que debido a la gran cantidad de información y factores limitantes, en el siguiente análisis se realizarán ciertas simplificaciones, tratando de llegar a un resultado satisfactorio.

De todas maneras, las decisiones que se tomen respecto al proyecto, serán solo la base para comenzar a producir y comercializar el producto de interés. Una vez que se cuente con la infraestructura y los recursos humanos necesarios, se irá agrandando el campo de producción del presente emprendimiento, buscando aumentar la rentabilidad al máximo y abarcando la mayor parte posible del mercado consumidor existente.

Así, en esta primera parte no se abordarán temas específicos, y tan solo se describirá brevemente la problemática encontrada, el producto a fabricar,



sus características físicas y químicas, usos y aplicaciones, entre otros temas.

## **1.2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

La población mundial actual es de 7.400 millones de personas y de acuerdo con las proyecciones del Banco Mundial, la población mundial aumentará a 8.500 millones en 2025. En ese caso, las consecuencias de un aumento de la población son familiares: toda esta gente tendrá que tener vivienda, vestirse y, sobre todo, ser alimentada. Hasta el 90% de este aumento necesario de la producción de alimentos tendrá que provenir de los campos ya cultivados.

La FAO estima que durante el período 1995–97 alrededor de 790 millones de personas en el mundo en desarrollo no tenía suficiente para alimentarse. A pesar de los desarrollos tecnológicos, en la actualidad, 795 millones de personas no tienen suficientes alimentos para llevar una vida saludable y activa.

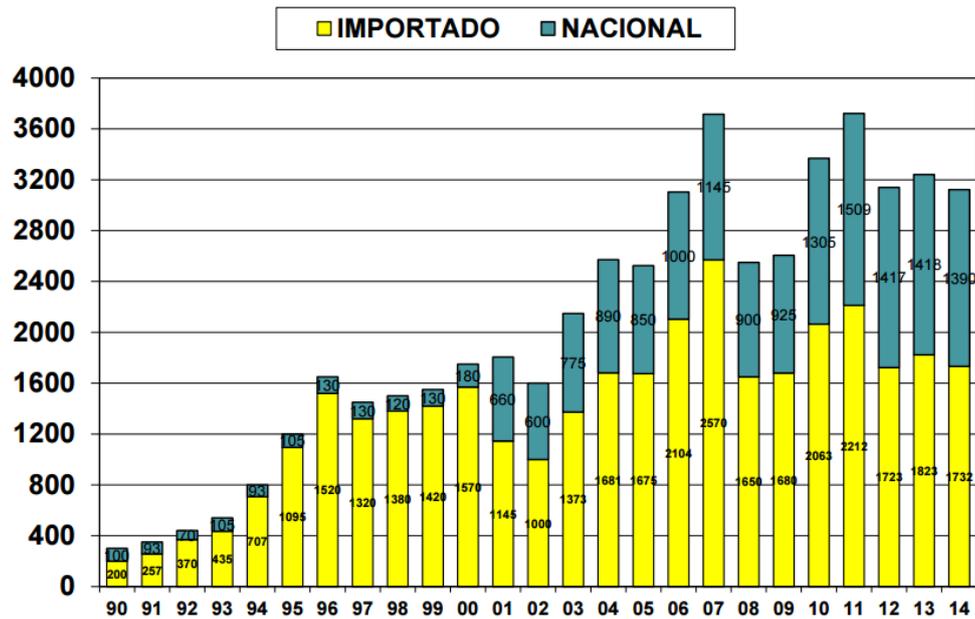
En los países en desarrollo, la mayoría de los agricultores activos del sector de producción de alimentos son agricultores de pequeña escala que forman parte de la pobreza rural. La introducción de nuevos sistemas agrícolas y de tecnologías mejoradas es muy importante para ellos, dado que la mejora de la productividad resulta no sólo en más alimentos sino también en más ingreso.

En consecuencia, las actividades agrícolas tienen dos objetivos principales:

- a) Suministrar a la población creciente de su país (o también a la de otros países) con las cantidades crecientes de alimentos y de fibras necesarias;
- y
- b) Proveer un ingreso satisfactorio para el agricultor y su familia.

Es difícil estimar exactamente la contribución de los fertilizantes minerales al aumento de la producción agrícola, debido a la interacción de muchos otros factores importantes. No obstante, los fertilizantes continuarán a jugar un papel decisivo, y esto sin tener en cuenta cuáles tecnologías nuevas puedan aún surgir.

Con el nivel de uso de fertilizantes en la Argentina, que se presenta en el Gráfico 1, la reposición promedio de nutrientes (porcentaje de nutrientes repuestos, por medio de los fertilizantes, de los nutrientes extraídos por la cosecha de los granos) para los principales cultivos (trigo, maíz, soja y girasol) oscila entre un 25% y 35% en promedio para los principales nutrientes (N, P, K y S). Lamentablemente, este indicador muestra el deterioro de la fertilidad química de nuestros suelos.



**Gráfico 1. Consumo de fertilizantes por el agro.**

Fuente: CIAFA

El balance de nutrientes tuvo una tendencia positiva hasta la campaña 2006-7, mejorando paulatinamente en N, P y S. Sin embargo, el sistema sigue degradando las reservas de nutrientes de los suelos.

Uno de los compuestos que más requiere de reposición el suelo es el Nitrógeno, mundialmente es el más consumido, y entre los favoritos se encuentra la UREA y el NITRATO DE AMONIO.

### 1.3. NITRATO DE AMONIO PERLADO

En respuesta a estas inquietudes generadas, hemos decidido basar nuestro proyecto de finalización de carrera en la producción y comercialización de un fertilizante, específicamente el Nitrato de Amonio, que permita suplir todas o la mayoría de las expectativas expuestas, para de esta forma, competir en el mercado.

En la actualidad, la mayoría de los fertilizantes nitrogenados disponibles en el mercado, son producidos por síntesis química. Así como la industria petroquímica se desarrolla a partir del petróleo, toda la química de los fertilizantes nitrogenados, se origina a partir del amoníaco. La producción de amoníaco a nivel industrial mediante el proceso Haber – Bosch data de principios del siglo 20, hito en la elaboración de productos orgánicos por vía de síntesis química.

A partir del amoníaco se elaboran los principales fertilizantes nitrogenados: urea, UAN, nitrato de amonio (NA) y nitrato de amonio



estabilizado con calcio (CAN). Además el amoníaco se utiliza para la elaboración de otros fertilizantes fundamentales que aportan principalmente fósforo y en forma secundaria nitrógeno como es el caso del fosfato monoamónico (MAP) y el fosfato diamónico (DAP).

Nuestro proyecto, estaría encaminado a aprovechar el auge que se viene mostrando en la demanda de fertilizantes, haciendo sustitución de una parte de las importaciones de Nitrato de Amonio en nuestro país. Si bien hay una planta en nuevo desarrollo de producción de nitrato de amonio, está destinado a la producción de explosivos, y no como fertilizante.

## **1.4. RESEÑA HISTÓRICA Y DESCRIPCIÓN**

El nitrato de amonio no se presenta en estado natural. J. R. Glauber fue el primero en sintetizar nitrato de amonio en 1659 por la combinación de ácido nítrico y carbonato de amonio. El nitrato de amonio, que Glauber sintetizó fue llamado "Nitrum Flammans", el cual ocurre en la naturaleza sólo en raras ocasiones y en cantidades muy pequeñas.

En 1804 se publicaron importantes descubrimientos en la nutrición mineral de las plantas. En este año, el químico francés, Theodore Saussure, que hizo análisis cuantitativos de las cenizas de los vegetales, demostró que estos contenían elementos minerales derivados del suelo, pero no insistían mucho en que eran esenciales para su desarrollo.

En 1845 Justus Von Liebig, al que se le llamó "Padre de la química agrícola", estudió la composición de las plantas y con sus publicaciones condujo a la preparación industrial de "Abonos". En los siguientes años se desarrolló hasta convertirse en una gran industria de los fertilizantes.

El nitrato de amonio fue el primer fertilizante nitrogenado sólido producido a gran escala. Comenzó en la década de 1940 cuando se utilizaba para municiones durante los períodos de guerra. Luego del final de la Segunda Guerra Mundial, el nitrato de amonio se hizo disponible como fertilizante comercial.

## **1.5. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**

### **1.5.1. Propiedades físicas**

**Aspecto:** Blanco o gránulos blancos, perlas

**Punto de fusión:** 442 K (168,85 °C)

**Punto de ebullición:** 483 K (209,85 °C)

**Punto de descomposición:** 483 K (209,85 °C)

**Densidad:** 830-1100 kg/m<sup>3</sup>



**Solubilidad:**

- 0°C = 118,3g/100g
- 20°C = 190g/100g
- 80°C = 576g/100g

**Higroscopicidad:**

- 20°C = 33,1
- 30°C = 40,6
- 40°C = 47,5.

El Nitrato amónico tiene tendencia a fraguar.

**Reacción del abono:** Sal prácticamente neutra. Su índice de acidificación es de 60.

**Salinidad:** Índice de salinidad = 105

**Contenido de nitrógeno:** 35% (100% nitrato de amonio)

### **1.5.2. Propiedades químicas**

Puede dar fácilmente con sales como CLK, reacciones de doble descomposición; propiedad muy utilizada en la fabricación de abonos complejos.

Libera fácilmente su amoniaco en presencia de sales alcalinas.

Es un agente de oxidación que puede reaccionar y provocar explosiones violentas en presencia de materia orgánica, de ciertos metales, de fósforo, azufre, etc.

### **1.6. USOS Y APLICACIONES**

Nitrato de amonio comercial incluyen soluciones que contienen aproximadamente 83% de nitrato de amonio y productos sólidos. Ambos son vendidos para su uso directo en aplicaciones como fertilizantes, o pueden ser mezclados con otros materiales para formar fertilizantes sólidos y líquidos. Los prilles de nitrato de amonio, de alta densidad, son usados usualmente para aplicaciones directas mientras que otros nitratos de amonio son mezclados con fosfatos y potasio para fertilizantes multinutrientes. El nitrato de amonio ha perdido participación en el mercado en contra la urea ya que tiene menor contenido de nitrógeno (el nitrato de amonio tiene entre 33-35% de nitrógeno y la urea contiene entre un 45-46% de nitrógeno), además la urea tiene un costo menor por tonelada).

Los explosivos de nitrato de amonio/fuel oil (ANFO) son una mezcla que contiene 94% de nitrato de amonio y un 6% de fuel oil. Son una clase de explosivos de bajo costo que son usados en la minería de carbón y metal y en la construcción. Para la fabricación de explosivos son usados prilles de baja densidad ya que estos son más porosos y pueden absorber el fuel oil. ANFO es



seguro de manejar y fácil de hacer.

El nitrato de amonio también es un ingrediente de otros tipos de explosivos, que son mezclas de nitrato de amonio, dinamita (TNT), agua y aluminio. Estos se encuentran disponibles como geles o como líquido más espeso. Pueden ser usados en fosos abiertos o en minas subterráneas. Thioko (Brigham City, UT) ha patentado una forma co-cristalizada de dinitramida potásica y nitrato de amonio, material que ha sido desarrollado como un oxidante para motores de lanzamiento espacial y otros usos.

Existen 5 formas cristalinas para el nitrato de amonio y son definidas de acuerdo a la presión y temperatura en que se estabiliza el producto. Desde el punto de vista industrial, la forma en que se dispone el  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  es la ortorrómbica en condiciones atmosféricas y temperatura ambiente.

El producto se puede disponer en una gran variedad de tipos, de la misma manera existen diversos usos para cada tipo. El resumen de la clasificación se encuentra en la tabla siguiente.

Tipo de $\text{NH}_4\text{NO}_3$	Uso comercial
Industrial	Fabricación de "Ammonium Nitrate - Fuel Oil" (explosivo de alto nivel). Está formado por perdigones con porosidad controlada lo que permite una alta efectividad como explosivo al compuesto.
Solución	Fabricado con agua desmineralizada, es un producto de alta pureza y especial para la fabricación de acuageles, emulsiones, slurries, entre otros.
Sin aditivos	Ideal para uso farmacéutico.
Fertilizante	Producto rico en nitrógeno, ideal como fertilizante para terrenos alcalinos. El nitrato es aprovechado por las plantas mientras que el amonio es oxidado por los microorganismos presentes en el suelo.
Otros	Es necesario rescatar, que según la necesidad de los clientes, algunas plantas productoras disponen de laboratorios de alta especialización para fabricar nitratos de amonio especiales o mezclas a base de este producto.

**Tabla 1. Clasificación de productos de nitrato de amonio**  
**Fuente: Elaboración propia**



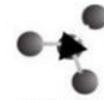
## **1.7. CONCLUSIÓN - CAPÍTULO 1 - GENERALIDADES**

En función a lo analizado en el presente capítulo, en una primera instancia, el proyecto para producir nitrato de amonio perlado estará enfocado a suplir una demanda existente en la industria de fertilizantes nitrogenados.

De todas maneras, a medida que el proyecto se ponga en marcha y comience a cumplir con las expectativas deseadas, se irán analizando distintas alternativas, como pueden ser:

- ✓ Producir mayor cantidad destinadas a países circundantes que hacen uso de este fertilizante; y para industrias de explosivos
- ✓ Con la infraestructura y recursos humanos existentes analizar la posibilidad de producir CAN (nitrato de amonio calcáreo), el cual es un fertilizante nitrogenado nítrico amoniacal con cobertura de carbonato de calcio, el cual disminuye el índice de acidez.
- ✓ Ofrecer a los clientes la posibilidad de comprar en bolsas de polipropileno con bolsa interior de polietileno con un contenido neto de 50kg y Big Bags de polipropileno con bolsa de polietileno de aproximadamente 1000kg, debido a que en el estudio de prefactibilidad la comercialización será a granel.
- ✓ Analizar la factibilidad de instalar una línea de producción de Ácido Nítrico; para evitar importaciones. Analizar la posible asociación con rio tercero militares para que sea nuestro productor de ácido.
- ✓ Etc.

A partir de los resultados económicos obtenidos, se verá la posibilidad o no de realizar un nuevo análisis teniendo en cuenta algunas o varias de las alternativas vistas.



# CAPITULO 2

## 2. ESTUDIO DE MERCADO



## 2.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es conocer la viabilidad comercial del producto analizado. Así, por medio de la información obtenida podremos predecir en cierta manera las condiciones del mercado, prever la evolución del mismo y en base a ello, tomar decisiones.

Se llevará a cabo una investigación de la oferta y la demanda, realizando un estudio del mercado proveedor y consumidor relacionado a la actividad de interés.

De esta forma, se busca cuantificar la cantidad de nitrato de amonio que se podría vender a los consumidores durante la vida útil del proyecto, estimando probables precios que regirán al producto y los canales de comercialización en los cuales estará inmerso.

Debido a que el producto analizado es clasificado como un producto petroquímico final, existe una amplia información respecto al mercado. Sin embargo, según el análisis realizado en el capítulo anterior, nos enfocaremos en la fabricación de nitrato de amonio destinado a la industria de fertilizantes, específicamente a la industria del nitrato de amonio calcáreo (CAN), por lo cual, todos los análisis mencionados para el estudio de mercado se apuntarán a este sector.

## 2.2. ANÁLISIS DEL PRODUCTO EN EL MERCADO

### 2.2.1. Productos sustitutos

Los productos competitivos más importantes del nitrato de amonio en Argentina, se especifican en la Tabla 2.

Productos	Índice de Higroscopicidad	%N
Nitrato de Amonio	33.1	33.5
Urea	20.0	45.0
Sulfato de Amonio	19.0	20.5
Fosfato diamónico	10.0	21.0

**Tabla 2. Comparación fertilizantes nitrogenados**  
Fuente: Elaboración propia

Las posibilidades de empleo de los abonos a base de nitrato de amonio son muy grandes, se puede utilizar para todos los cultivos en superficie y enterrados; la urea generalmente se aplica bajo la superficie debido a su bajo



índice higroscópico.

El nitrato de amonio es generalmente usado en el segundo abonamiento por su rápida utilización por las plantas, a diferencia de la urea que su evolución en el suelo es de tres fases: difusión en el agua del suelo; descomposición en amoníaco y gas carbónico, que se realiza por una hidrólisis enzimática y tienen una duración según el suelo; finalmente la nitrificación.

Los sulfatos y fosfatos de amonio son desventajosos, por su bajo contenido de nitrógeno con respecto al nitrato de amonio, sus usos están orientados a la fabricación de abonos complejos.

Actualmente en Argentina la cantidad de nitrógeno que se suministra al suelo es de 46 Kg por hectárea. Esto nos indica, que para abonar una hectárea de tierra se requiere 198 Kg de sulfato de amonio, equivalente a 131 kg de nitrato de amonio.

### **2.2.2. Productos complementarios**

La aplicación del nitrato de amonio no requiere la utilización de ningún otro producto, aunque es conocido que, según las necesidades del suelo, la fertilización deberá proporcionar también otros nutrientes para la planta, como son el fósforo y el potasio.

### **2.2.3. Naturaleza del lanzamiento**

El nitrato de amonio es un fertilizante con gran demanda a nivel regional debido a su utilización en gran variedad de cultivos, lo anterior aunado a la óptima calidad que se pretende obtener en la elaboración, hacen que este producto presente buena aceptación en el mercado.

### **2.2.4. Ciclo de vida**

La etapa en el ciclo de vida que presenta la fabricación de nitrato de amonio grado fertilizante es la madurez, ya que este producto tiene bastante tiempo en el mercado regional, gozando de magnífica aceptación, por lo cual su venta se mantiene constante.

## **2.3. MERCADO CONSUMIDOR DE NITRATO DE AMONIO**

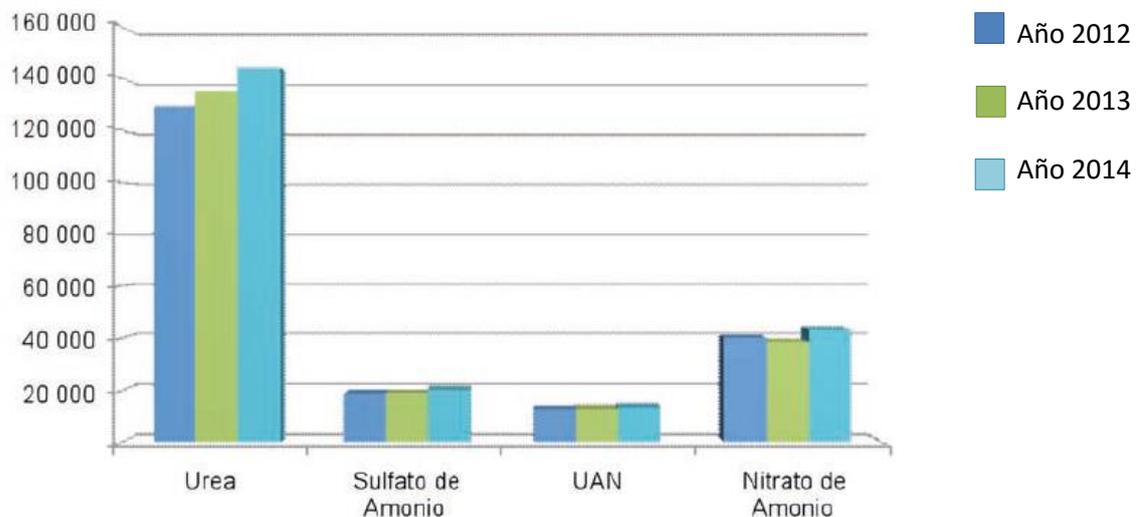
### **2.3.1. Consumo mundial**

La producción mundial de nitrato de amonio en 2014 aumentó un 13% comparado al 2013. El número total de toneladas fue de 44 millones. (Gráfico 2).

El continente europeo produjo más del 50%; los principales países son, Ucrania, Polonia y Turquía, destinándose un alto porcentaje a exportaciones. América del Norte produce un 20%, siendo EE.UU, el principal productor de la zona, y presenta un alto consumo de dicho fertilizantes.

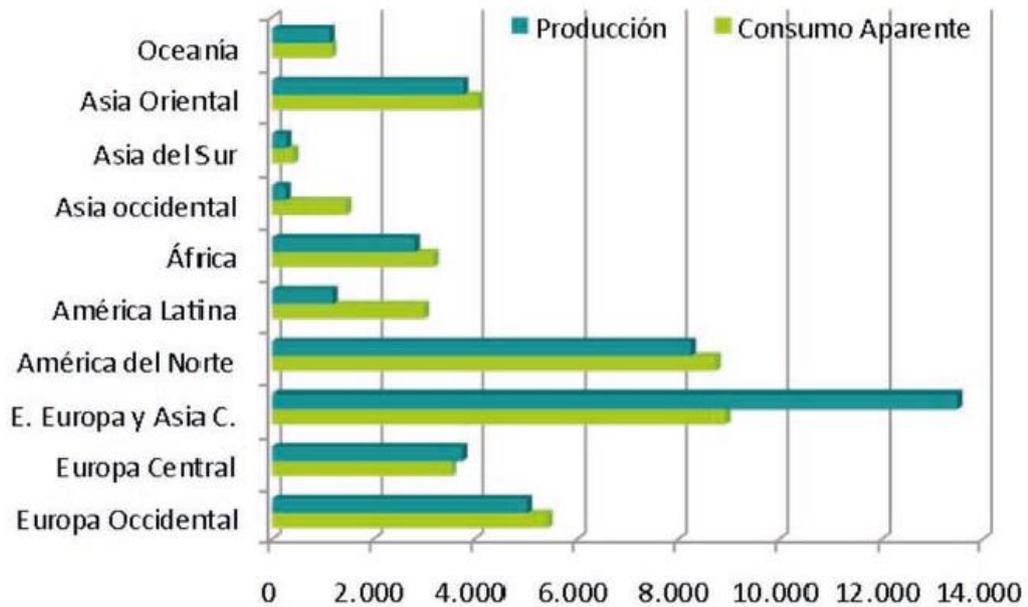
Si sumamos el consumo de toda la región europea más la americana llegamos al 80% del consumo mundial. (Gráfico 3)

En cuanto América Latina, depende mucho de las importaciones, ya que con la producción no logra abastecer el mercado. (Gráfico 4)



**Gráfico 2. Evolución de la producción mundial de fertilizantes nitrogenados por tipo de fertilizante**  
**Fuente: IFA-International Fertilizer Industry Association**

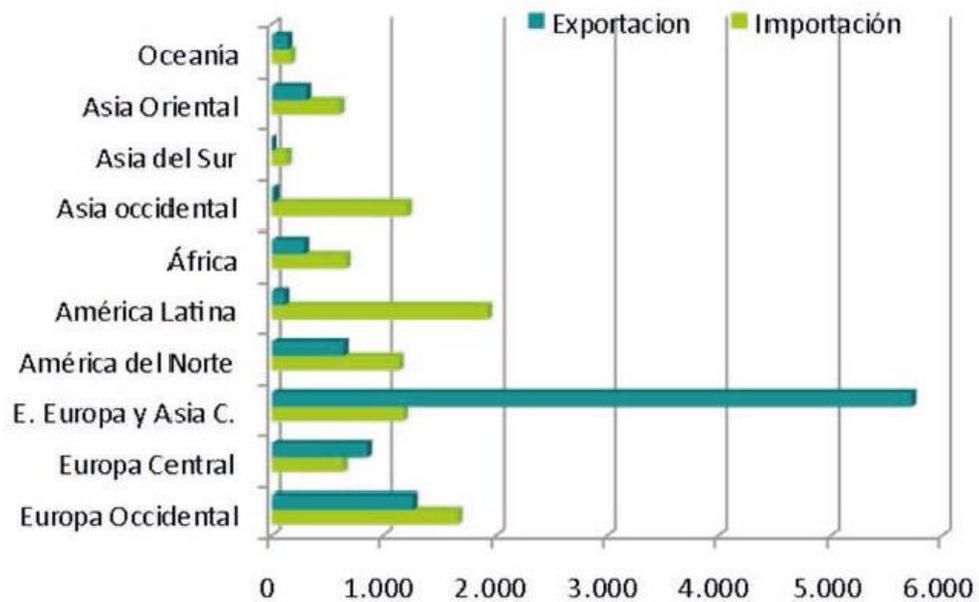
\*Datos expresados en miles de toneladas de producto



**Gráfico 3. Participación Mundial de la Producción y Consumo Aparente de Nitrato de Amonio. Promedio 2011-2014**

Fuente: IFA-International Fertilizer Industry Association

\*Datos expresados en miles de toneladas de producto



**Gráfico 4. Participación Mundial del Comercio de Nitrato de Amonio. Promedio 2011-2014**

Fuente: IFA-International Fertilizer Industry Association

\*Datos expresados en miles de toneladas de producto

### 2.3.2. Producción y consumo en argentina

Respecto a la difusión de los fertilizantes nitrogenados en Argentina cabe indicar que hasta la década de los ochenta ha predominado el sistema de producción mixto agrícola-ganadero, alternándose años de cultivos con años de ganadería sobre pasturas mediante rotaciones.

Este sistema permitía que luego de la extracción de nutrientes de la fertilidad natural que poseen los suelos, consecuencia de la agricultura, el descanso agrícola reponía dicha fertilidad natural.

Las ventajas comparativas naturales de la región, unidas al sistema de producción predominante, han sido la base del desarrollo agrario argentino y han limitado históricamente la necesidad del ingreso artificial de nutrientes químicos.

La introducción del doble cultivo trigo-soja en los ochenta, su posterior generalización y el cambio abrupto de modelo ocurrido en los noventa en el que se pasó al sistema de agricultura permanente, desencadenaron el descenso de la fertilidad natural de los suelos y el fuerte crecimiento de la fertilización.

Como resultado del proceso descrito se puede observar, en la Tabla 3, cómo ha sido el patrón de consumo aparente a nivel nacional de los fertilizantes nitrogenados a partir de los 90 al año 2004.

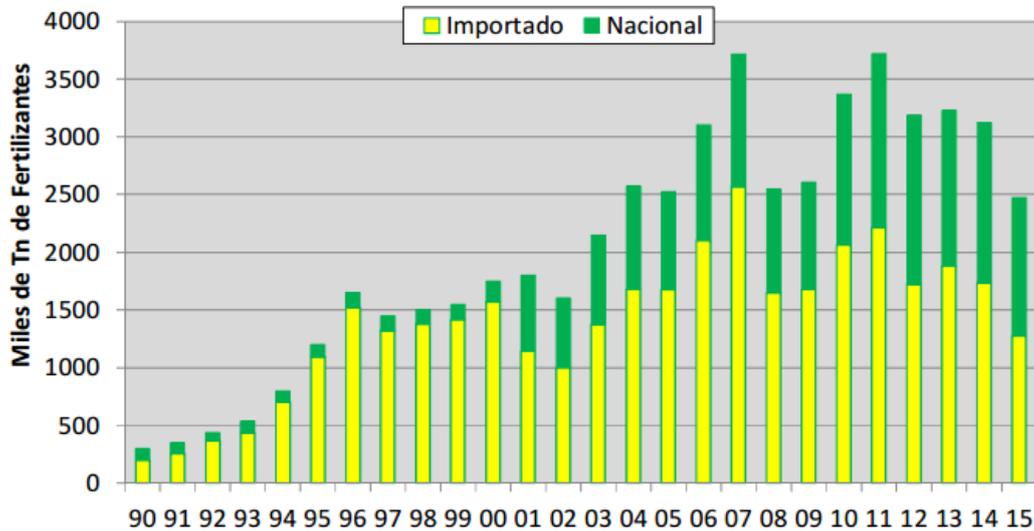
ANOS	Urea Perlada	Urea Granulada	Urea Total	Nitrato de Amonio	UAN
1992	200	0	200	40	0
1993	285	0	285	40	0
1994	457	0	457	43	0
1995	530	0	530	63	0
1996	956	0	956	118	0
1997	342	229	571	88	21
1998	328	229	556	62	15
1999	449	281	729	93	34
2000	445	296	741	123	23
2001	228	501	729	113	46
2002	220	500	720	64	60
2003	136	616	752	94	247
2004	115	722	838	102	394
<b>Tasa de crecimiento del Consumo (% promedio anual acumulativo)</b>					
1992/2004	-4%	18%	13%	8%	52%
1992/1996	48%	0%	48%	31%	0%
1998/2001	-11%	30%	9%	22%	44%
2002/2004	-28%	20%	8%	26%	156%

**Tabla 3. Evolución del Consumo Aparente de Fertilizantes Nitrogenados en Argentina. Años 1992-2004 en miles de toneladas**

**Fuente: Ministerio de Economía y Producción**

La Argentina tuvo una evolución prácticamente similar a las tendencias mundiales. Durante los últimos 20 años, el consumo de fertilizantes en la Argentina se incrementó más de 10 veces, de 300 mil toneladas en 1990 hasta 3.7 millones en el año 2011, que fue el máximo registro de consumo.

La tendencia de crecimiento siempre fue positiva hasta el año 2008 (Gráfico 5), cuando por razones climáticas y macroeconómicas (la "Gran Recesión"), el volumen se estancó.



**Gráfico 5. Evolución del Consumo de Fertilizantes en Argentina**  
Fuente: CIAFA-Fertilizar AC

La oferta de nitrato de amonio para fertilizante proviene exclusivamente de importaciones (Tabla 4).

Año	Importación (t)	(U\$S/t)
		Importación (CIF)
2005	112.077	212
2006	121.305	217
2007	74.533	273
2008	82.438	481
2009	41.098	325
2010	63.256	369
2011	76.130	434
2012	70.316	455
2013	67.425	457
2014	62.266	451

**Tabla 4. Evolución del Mercado Argentino de Nitrato de Amonio**  
Fuente: Elaboración propia. Datos provistos por IPA



### 2.3.2.1. Empresas argentinas que fabrican nitrato de amonio

PLANTA	UBICACIÓN	TELÉFONO/MAIL
Fábrica Militar Río III	Mendoza s/n (5850) Río Tercero, Prov. de Córdoba República Argentina	(03571) 421136 / 421237 / 421338 <a href="http://www.fmrt.fab-militares.gov.ar">http://www.fmrt.fab-militares.gov.ar</a>
Nitratos Austin S.A.	El Galpón, Prov. De Salta República Argentina	(03876) 491113 <a href="mailto:comunicaciones@nitratosaustin.com.ar">comunicaciones@nitratosaustin.com.ar</a>

**Tabla 5. Empresas productoras de Nitrato de Amonio en Argentina**  
Fuente: Elaboración propia. Datos provistos por IPA

El proyecto de Nitratos Austin tiene fecha probable de puesta en marcha en el segundo semestre del 2017.

Fábrica Militar Río III produce AN para uso como explosivo, y Nitratos Austin, tiene sólo un 15% de su producción destinada para la industria de fertilizantes.

## 2.4. MERCADO DE LAS MATERIAS PRIMAS

### 2.4.1. Ácido nítrico

El ácido nítrico producido en el país está destinado en un 95% a la fabricación de TDI (diisocianato de tolueno) y un 5% a consumo petroquímico (Tabla 6).

Año	Producción (t)	Importación (t)	Exportación (t)	Consumo Aparente (t)	(U\$S/t)	
					Importación (CIF)	Exportación (FOB)
2005	35.246	790	1.115	34.921	501	269
2006	35.721	1.343	1.204	35.860	573	338
2007	28.311	1.967	1.121	29.157	566	381
2008	26.343	4.294	1.177	29.460	622	455
2009	28.411	3.818	1.289	30.940	540	511
2010	27.422	3.494	1.429	29.487	561	534
2011	29.298	4.462	1.205	32.555	607	554
2012	32.338	2.601	1.149	33.790	594	702
2013	28.373	2.315	953	29.735	626	731
2014	30.724	1.623	1.037	31.310	629	742

**Tabla 6. Evolución del Mercado Argentino de Ácido Nítrico**  
Fuente: Elaboración propia. Datos provistos por IPA

La producción proviene de Fábrica Militar Rio III, la que cuenta con una capacidad instalada de 39.000 t/a, por lo que su capacidad ociosa es de 9.000 t/a aproximadamente.

## 2.4.2. Amoniaco

El amoníaco en nuestro país satisface la demanda y además se exporta (Tabla 7). El 96% está destinado a la producción de fertilizantes y el resto a uso como refrigeración y para la industria química.

Año	Producción (t)	Importación (t)	Exportación (t)	Consumo Aparente (t)	(U\$S/t)	
					Importación (CIF)	Exportación (FOB)
2005	35.246	790	1.115	34.921	501	269
2006	35.721	1.343	1.204	35.860	573	338
2007	28.311	1.967	1.121	29.157	566	381
2008	26.343	4.294	1.177	29.460	622	455
2009	28.411	3.818	1.289	30.940	540	511
2010	27.422	3.494	1.429	29.487	561	534
2011	29.298	4.462	1.205	32.555	607	554
2012	32.338	2.601	1.149	33.790	594	702
2013	28.373	2.315	953	29.735	626	731
2014	30.724	1.623	1.037	31.310	629	742

**Tabla 7. Evolución del Mercado Argentino de Amoniaco**  
Fuente: Elaboración propia. Datos provistos por IPA

La Fábrica Militar Rio III tiene una capacidad instalada de 12.000 t/a, la cual discontinuó su producción en el año 2007. Bunge Argentina S.A. tiene una capacidad instalada de 135.000 t/a y PROFERTIL S.A. cuenta con una capacidad instalada de 761.000 t/a.

La capacidad instalada disponible total es de 896.000 t/a, por lo que hay

una capacidad ociosa de 256.000 t/a aproximadamente.

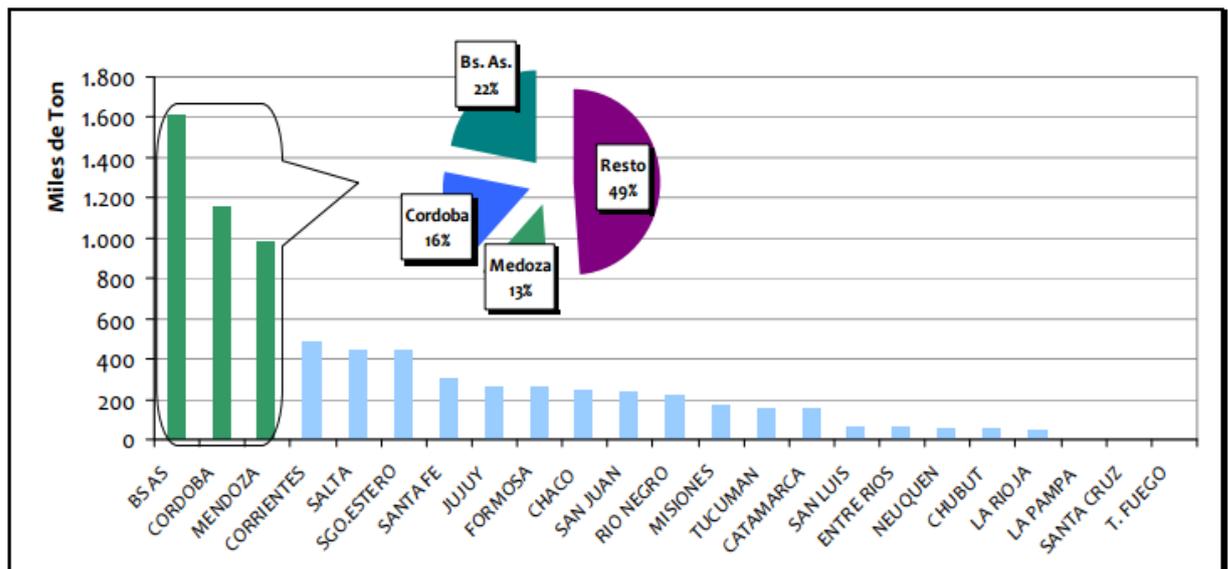
## 2.5. ÁREA DE MERCADO SELECCIONADA

La introducción del doble cultivo trigo-soja en los ochenta, su posterior generalización y el cambio abrupto de modelo ocurrido en los noventa en el que se pasó al sistema de agricultura permanente, desencadenaron el descenso de la fertilidad natural de los suelos y el fuerte crecimiento de la fertilización.

La aplicación más importante de estos fertilizantes es en cultivos hortícolas y forrajeros.

Dada la diversidad de climas que tiene Argentina, la producción hortícola se extiende a lo largo de todo el país. Sin embargo, la mayor parte de ella se concentra en las cercanías de los grandes centros urbanos.

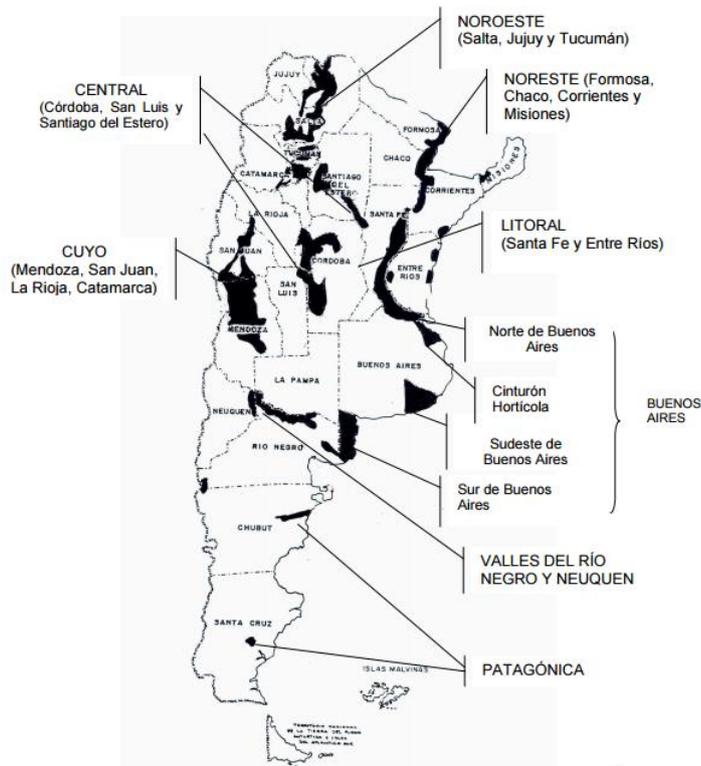
En el Gráfico 6, se observa que Buenos Aires, Mendoza y Córdoba concentran la mitad del total del volumen producido. En orden de importancia, siguen Corrientes, Salta y Santiago del Estero con un peso relativo de alrededor del 6% cada una.



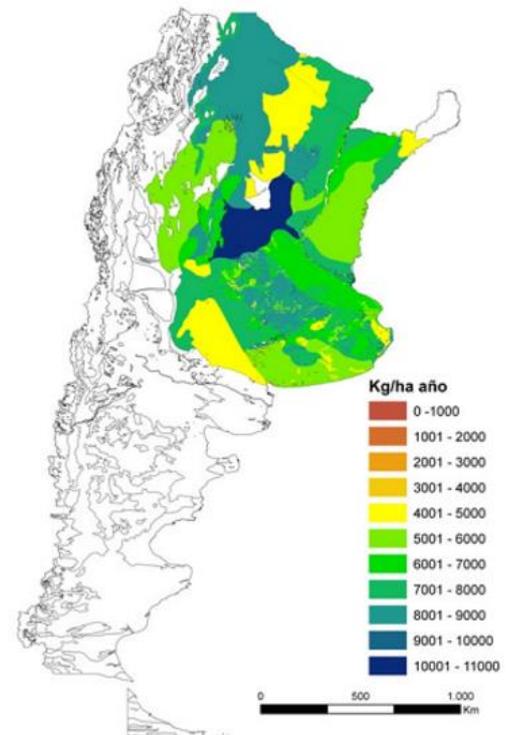
**Gráfico 6. Principales provincias productoras de hortalizas en Argentina**  
Fuente: Secretaría del Comercio Interior-Corporación del Mercado Central de Buenos Aires

La Figura 1 muestra las principales regiones hortícolas del país y la Figura 2 muestra las principales regiones de cultivos forrajeros del país, potenciales puntos de consumo. El área sembrada hortícola ocupa 500.000 hectáreas y el cultivo forrajero alrededor de 20 millones de has

Los cultivos forrajeros, íntimamente ligados a la actividad ganadera, prevalecen en la región pampeana, sobresaliendo los cultivos de alfalfa, sorgo, centeno y cebada forrajera.



**Figura 1. Principales regiones hortícolas de Argentina**  
Fuente: Secretaría del Comercio Interior-  
Corporación del Mercado Central de Buenos Aires



**Figura 2. Principales regiones forrajeras de Argentina**  
Fuente: CIAFA

## 2.6. ANÁLISIS DE LA DEMANDA

### 2.6.1. Características de los consumidores en el área de mercado

La introducción de nuevos fertilizantes en los últimos años ha provocado cambios en la idiosincrasia del consumidor. Los consumidores requieren cada vez más de un producto de fácil acceso tanto en disponibilidad como en precio; buscan un fertilizante cuya aplicación ya esté probada y que no sea problemática como una alternativa a la necesidad de obtener un mayor rendimiento en los cultivos.

La producción de nitrato de amonio del presente proyecto, constituye una respuesta a dicha necesidad debido a que el consumo de la misma está generalizado, ya que tiene aplicación en la mayoría de los cultivos, tanto por agricultores particulares como por ejidatarios así como también intermediarios

que comercializan el producto.

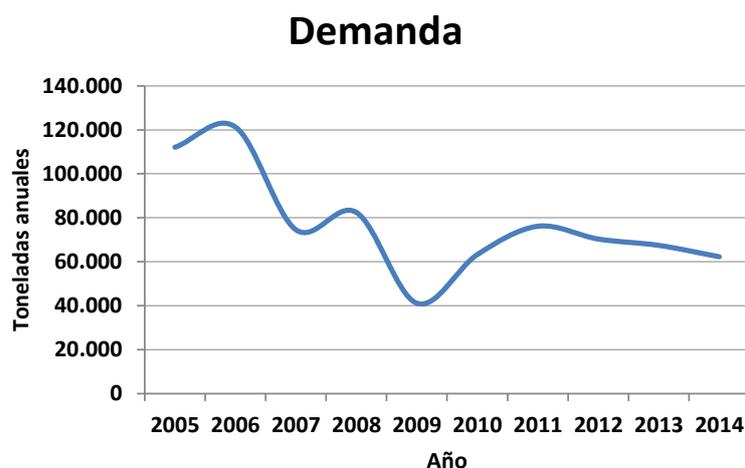
## 2.6.2. Demanda histórica

La demanda ha tenido fluctuaciones a lo largo de los años, mostrando en los últimos años una constancia en el consumo, Gráfico 7.

En el año 2009, Tabla 8, se muestra una gran disminución en el que la producción y consumo global de fertilizantes fueron impactados significativamente por la crisis económica mundial ("la Gran Recesión"). A pesar de que estos insumos cotizaron en niveles muy inferiores a los que prevalecieron en el 2008, muchos productores agrícolas optaron por un uso menos intensivo de nutrientes en sus cultivos.

Año	Demanda (t)	(U\$S/t)
		Importación (CIF)
2005	112.077	212
2006	121.305	217
2007	74.533	273
2008	82.438	481
2009	41.098	325
2010	63.256	369
2011	76.130	434
2012	70.316	455
2013	67.425	457
2014	62.266	451

**Tabla 8. Demanda histórica de Nitrato de Amonio en la Argentina**  
Fuente: Elaboración propia. Datos provistos por IPA



**Gráfico 7. Demanda histórica de Nitrato de Amonio en la Argentina**  
Fuente: Elaboración propia. Datos provistos por IPA

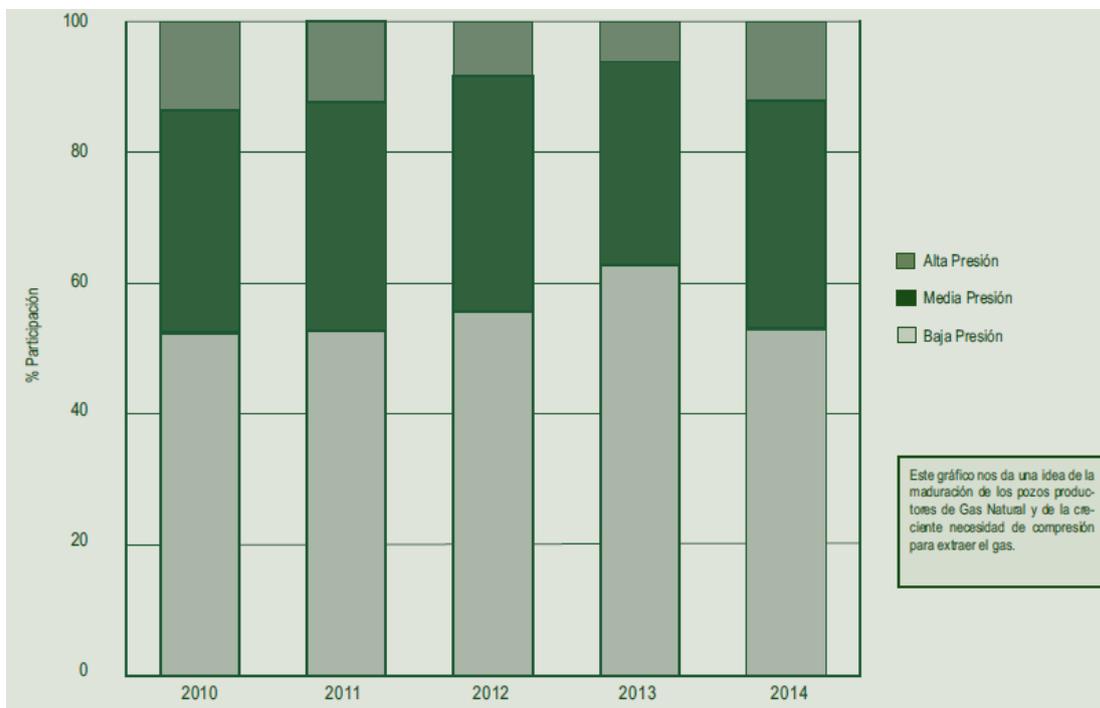
### 2.6.3. Situación actual de la demanda

Con objeto de cuantificar la demanda actual y verificar las condiciones de comercialización del producto del presente proyecto, se realizó un análisis que involucró información obtenida por el Instituto Petroquímico Argentino (IPA) del año 2015 y por la CIAFA (Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos).

La fuente de materia prima para los fertilizantes nitrogenados es el Gas Natural; de acuerdo a la Tabla 9, las reservas de Gas Natural comprobadas y probables han tenido una tendencia positiva en los últimos años. El Gráfico 8 muestra la Evolución de la Presión de Producción.

RESERVAS (millones de m <sup>3</sup> )										
Cuenca	2010		2011		2012		2013		2014	
	Comprob	Prob								
Austral	106.557	75.692	103.945	70.423	100.781	73.763	110.653	66.336	S/D	S/D
Cuyana	1.081	262	1.062	153	761	197	744	191	S/D	S/D
Golfo San Jorge	45.917	22.099	48.552	19.384	48.446	19.295	47.849	18.653	S/D	S/D
Neuquina	161.529	33.017	145.291	40.449	133.700	37.402	138.960	53.853	S/D	S/D
Noroeste	43.643	1.720	33.643	6.989	31.821	12.614	30.052	2.977	S/D	S/D
<b>Totales</b>	<b>358.726</b>	<b>132.789</b>	<b>332.493</b>	<b>137.398</b>	<b>315.508</b>	<b>143.269</b>	<b>328.258</b>	<b>142.011</b>	<b>393.300</b>	<b>170.227</b>

**Tabla 9. Reservas de Gas Natural en Argentina**  
Fuente: IPA



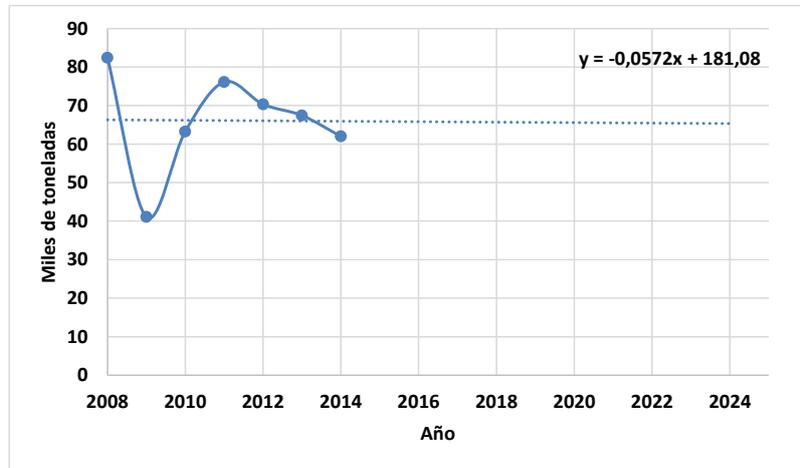
**Gráfico 8. Gas natural en Argentina-Evolución de la Presión de Producción**  
Fuente: IPA

No hay producción en el país de AN para uso como fertilizante.

De acuerdo a esto, la demanda se proyectó con el consumo de las importaciones de nitrato de amonio para fertilizantes y se ve reflejada en el Gráfico 9 y Tabla 10, mostrando una tendencia a la estacionalidad de consumo del producto.

Para establecer el precio de venta se toma como referencia el llamado "Precio Paridad de Importación", es decir, el precio internacional dado, más los costos de nacionalización del producto. Estos muestran una tendencia a aumentar en los próximos años (Gráfico 10).

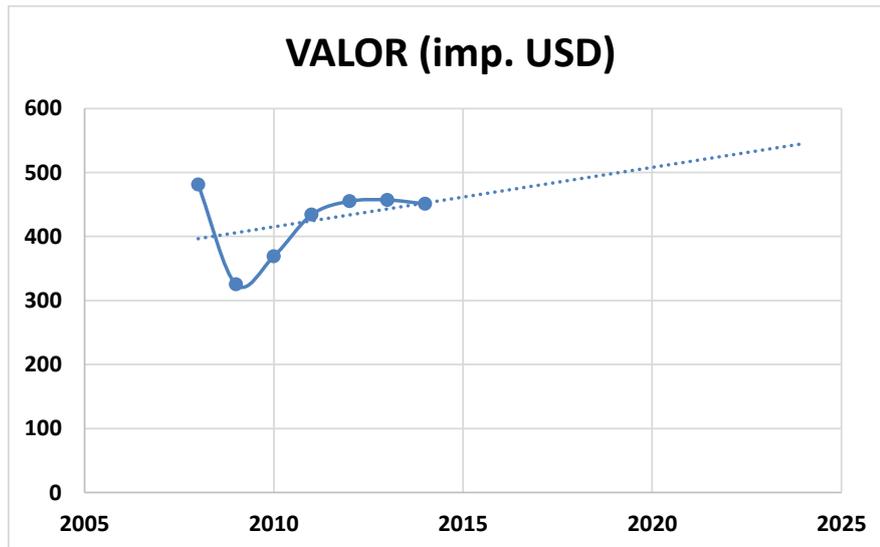
En el Gráfico 11 se muestra el cambio en la cantidad demandada con respecto al precio. El aumento considerable del precio hasta el año 2008, produjo la disminución de la cantidad demandada. En el año 2009, si bien el precio disminuyó, el consumo también lo hizo. Esto se debe a la crisis mundial mencionada. En los años posteriores, el precio se estabilizó y la demanda también.



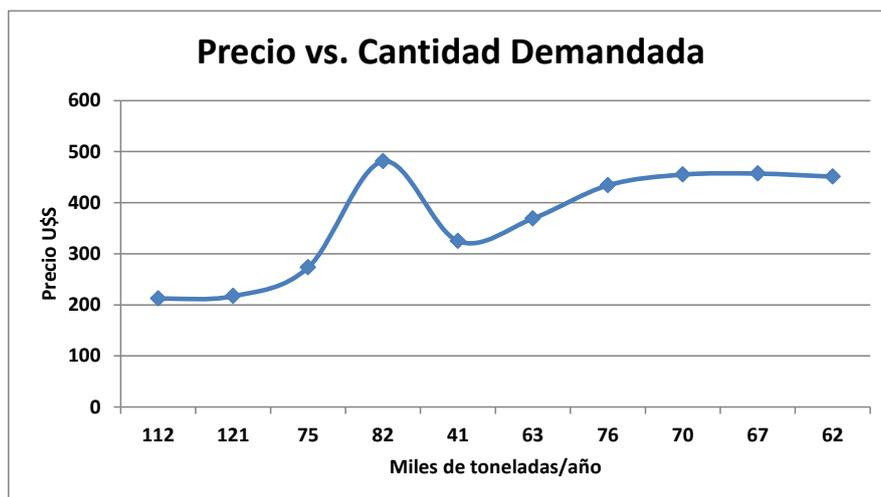
**Gráfico 9. Evolución de las importaciones de nitrato de amonio para fertilizante**  
Fuente: IPA

Año	Demanda Pronosticada (tn)
2015	65.821
2016	65.764
2017	65.707
2018	65.649
2019	65.592
2020	65.535
2021	65.478
2022	65.421
2023	65.363
2024	65.306

**Tabla 10. Demanda Pronosticada a 10 años**  
Fuente: Elaboración propia

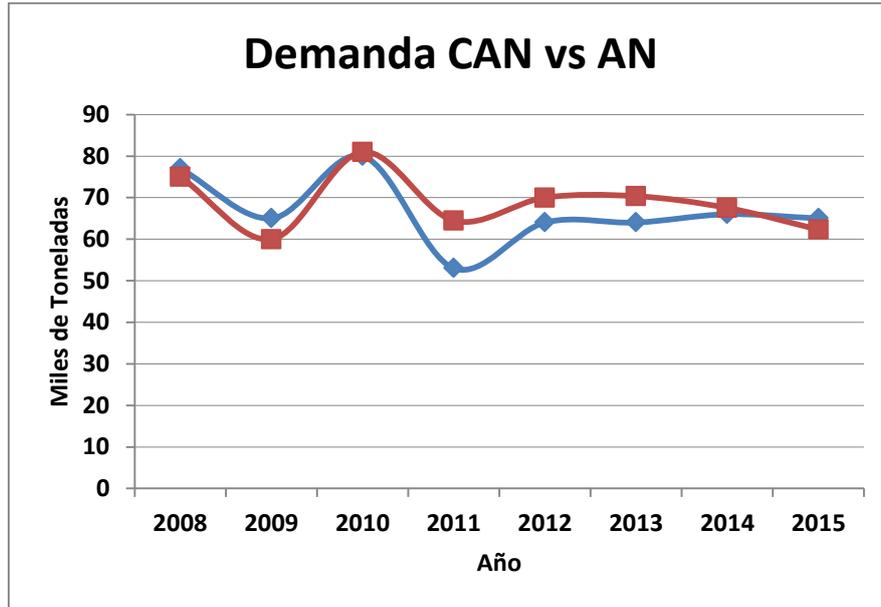


**Gráfico 10. Evolución del precio internacional del nitrato de amonio para fertilizante**  
Fuente: Elaboración propia. Datos provistos por IPA



**Gráfico 11. Evolución del cambio de la demanda con respecto al precio**  
Fuente: Elaboración propia. Datos provistos por IPA

El total de las importaciones son destinadas para la producción del fertilizante CAN (nitrato de amonio calcáreo) como se puede observar en el Gráfico 12.



**Gráfico 12. Consumo de AN y CAN**  
Fuente: Elaboración propia. Datos provistos por IPA

No se realizan exportaciones del producto.

#### 2.6.4. Cálculo de la demanda insatisfecha y efectiva

Se considera como año base para el cálculo: 2014

Consumo en el año 2014: 62.266 tn/año

Consumo estimado en el año 2024: 65.306 tn/año

Demanda insatisfecha:  $D_{2024} - P_{2014}$

Pero como no hay registrada producción de AN para fertilizante, decimos que la  $P_{2014} = 0$ .

$$\text{Demanda insatisfecha} = D_{2024} = 65.306 \text{ tn/año}$$

#### 2.7. PROVEEDORES DE NITRATO DE AMONIO

En el 2014 las importaciones de nitrato de amonio para uso fertilizante ascendieron a U\$/t 28 millones, registrando una disminución de 10% respecto del año anterior. Así mismo, la cantidad importada de este insumo se redujo en 8% aproximadamente. Según el origen, Suecia, Rusia y Bulgaria fueron los principales mercados de origen de nitrato de amonio para fertilizante, registrando en conjunto una participación del 90% del total importado.

### 2.7.1. Análisis de la competencia

Se considera la futura producción de la empresa Nitratos Austin S.A, la cual se menciona en la Tabla 11.

Con respecto a la competencia con los proveedores extranjeros, los mismos se detallan en la Tabla 11.

Proveedores	Empresas
ARGENTINA	NITRATOS AUSTIN S.A.
Suecia	FEMSSA
Rusia	AZTEK HARVEST
BULGARIA	PANAMERICAN CHEMICAL MARKETING

**Tabla 11. Proveedores de AN a Argentina**  
**Fuente: Elaboración propia. Datos provistos por CIAFA**

### 2.7.2. Análisis del precio

La determinación de los precios comerciales del producto es un factor muy importante, pues servirá de base para el cálculo de los ingresos probables del proyecto en el futuro. También servirá como la base para la comparación entre el precio comercial y el precio probable al que se pudiera vender en el mercado el producto objeto de este estudio, tomando en cuenta el precio CIF promedio en el periodo 2008 – 2014.

Para establecer el precio de venta, se toma como referencia el llamado "Precio Paridad de Importación", es decir, el precio internacional dado, más los costos de nacionalización del producto.

Según Tabla 8, el precio promedio es de U\$S 425 por tonelada.

### 2.7.3. Análisis de la comercialización

Los aspectos que se analizarán en este apartado son la determinación de los canales más apropiados de distribución de nuestro producto haciéndole llegar al consumidor con los beneficios de tiempo y lugar, así como también la selección de los distribuidores los cuales ayudarán a la transferencia de nuestro producto desde la planta de proceso hasta el consumidor.

Como primer punto, las ventas de nitrato de amonio se canalizan



principalmente a través de un mayorista.

Esto nos sugiere que se debe localizar a los principales distribuidores del producto, pues a través de ellos es donde se vende el mayor porcentaje. El problema de este canal es que se genera un intermediario con un determinado porcentaje de ganancia, por lo que el precio final de venta será más alto.

Para atender el mercado nacional las tareas cotidianas del departamento de comercialización o de ventas dentro de la empresa serán elaborar la factura correspondiente para que el producto sea liberado del almacén, cargar al vehículo correspondiente que lo entregará, llevarlo al distribuidor correspondiente y regresar a la planta para realizar otra entrega para el mismo procedimiento.

- a) Distribuidoras mayoristas de fertilizantes:
- Agroservicios Pampeanos S.A.
  - Asociación de Cooperativas Argentinas So. Coop. LTDA. (ACA),
  - Bunge Argentina S.A.,
  - Cargill S.A.C.I.,
  - Yara Argentina,
  - Nidera S.A.,
  - YPF S.A.

Estas firmas venden el nitrato de amonio a pequeñas unidades comercializadoras locales como agronomías, acopios independientes y cooperativos; denominado **mercado de comercialización mayorista**.

- b) Distribuidoras minoristas de fertilizantes:
- Agar Cross S.A.,
  - Agrefert Argentina S.A.,
  - I.Q.A. Almidar S.A.,
  - Villa Nueva S.A.,
  - Emerger Fertilizantes S.A.

Finalmente, en el último eslabón comercial estos comercios realizan sus ventas a los productores agropecuarios conformando el **mercado de comercialización minorista**.

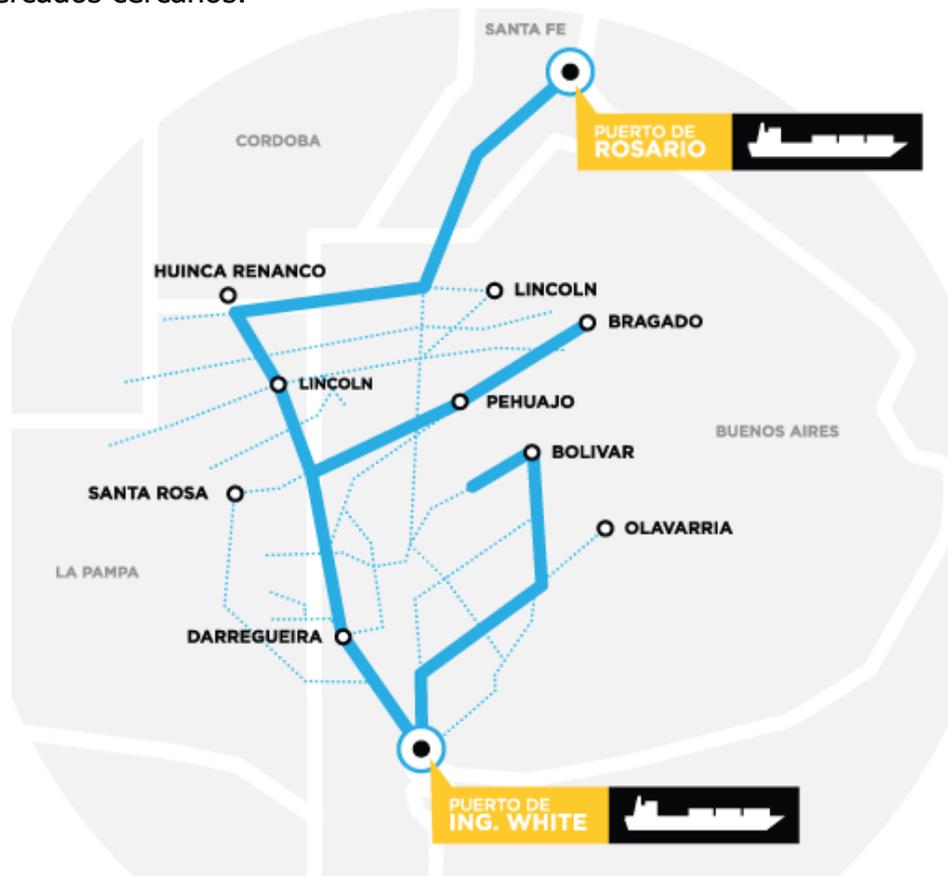
- c) Productores Agropecuarios e importadores de Nitrato de Amonio:
- Los Grobo Agropecuaria S.A.,
  - Arroz Guaviravi S.A.,
  - Calimboy S.A.

### **2.7.3.1. Comercialización primaria**

Nuestra planta de producción de nitrato de amonio granulado se

encontrará ubicada en Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires. Entre las razones que se cuentan para su instalación en esa zona son: la gran disponibilidad de gas y cercanía con los yacimientos; el importante consumo zonal de fertilizantes y; la infraestructura vial y ferroviaria existentes.

Al complejo de Bahía Blanca llegan las vías de Ferrosur, Figura 3, y Ferro Expreso Pampeano, Figura 4. Los trenes para el transporte de productos poseen una capacidad de 1.200 tn, aproximadamente. También el nitrato de amonio es transportado en camiones de 30tn, satisfaciendo las necesidades de los mercados cercanos.



**Figura 3 . Red Ferrosur**  
**Fuente: Ferrosur**



**Figura 4. Red Ferro Expreso Pampeano**  
Fuente: Ferro Expreso Pampeano

### 2.7.3.2. Comercialización y distribución mayorista

En la cadena de comercialización participan dos intermediarios. En primer lugar se encuentra el segmento mayorista que compra el producto directamente a nuestra empresa, o lo importa desde principales centros de comercialización mundial.

Por lo tanto, participa como oferente nuestra mencionada empresa y algunos productores internacionales y como principales demandantes las empresas detalladas en la sección 2.10.1. punto a).

Dentro de los mayoristas se pueden distinguir dos grupos particulares de acuerdo a sus características intrínsecas: las grandes cerealeras NIDERA, CARGILL, ACA y BUNGE por una parte, y por otra parte, empresas de diferente extracción, ya sea totalmente especializadas en el comercio de fertilizantes como YARA, o en la comercialización de un conjunto de insumos y servicios para el campo como AGROSERVICIOS PAMPEANOS, y finalmente, YPF que incorporó a sus múltiples actividades el negocio de fertilizantes.

Las cerealeras manejan en conjunto cerca del 60 % de la demanda mayorista interna del total de fertilizantes nitrogenados, ubicándose en el siguiente orden: NIDERA con un 20%, CARGILL un 16%, ACA un 11% y BUNGE



un 9%. En el volumen total que se comercializa en el mercado argentino, NIDERA ocupa el primer lugar en el ranking, CARGILL el segundo junto con ASP, mientras ACA y BUNGE se posicionan en un tercer lugar al igual que YPF y YARA en el último con un 7% aproximadamente.

Sin embargo, si se analiza la participación de cada una de estas cuatro cerealeras en la oferta de los dos mercados definidos aguas abajo, se presenta una disparidad originada fundamentalmente por las diferentes estrategias de ventas y organización comercial que cada una de ellas posee. Así, ACA ocupa el segundo lugar con un 12 % de participación en el mercado de distribución mayorista, dado que el grueso de sus ventas las realiza a través de sus cooperativas, siendo su participación en las ventas directas al productor agropecuario prácticamente marginal. CARGILL ronda un porcentaje similar, 11% de la oferta total en el mercado de distribución mayorista, pero está creciendo en el mercado minorista, donde actualmente alcanza una porción del 5%, ubicándose en el tercer lugar. NIDERA, por el contrario, sobresale en el mercado de distribución minorista, dado que es la que más ha aumentado sus ventas directas al productor agropecuario, posicionándose primera en el ranking con un 12% de la oferta de este mercado, lugar que disputa con ASP. Su participación en el mercado mayorista ha disminuido a un rango del 5%. Por último BUNGE posee una cuota similar en ambos mercados, del orden del 5%, compartiendo una posición semejante a CARGILL en relación a los productores y como NIDERA en relación a los minoristas.

Como inversiones específicas para fertilizantes, se destacan el muelle y depósito que construyó CARGILL en Quebracho, que permite la descarga automática de estos productos a través de cintas transportadoras desde buques de gran calado, cuya capacidad de almacenamiento es de 60.000 toneladas.

NIDERA, a su vez, implementó un depósito con un sistema de operatoria similar en el puerto de Necochea, que tiene una capacidad de 50.000 toneladas. El mismo cuenta con características particulares para una mejor conservación de aquellos fertilizantes sólidos que presentan el problema de ser higroscópicos como el nitrato de amonio y la urea.

Se tratará entonces, de aprovechar al máximo la alta velocidad de descarga automática que poseen estos puertos, lo que deviene en varios beneficios simultáneos: disminución de costos logísticos, por un abaratamiento sustantivo de los gastos de descarga y de menores costos incurridos por tiempo de estadía del buque en el puerto, concepto por el cual, además, reciben descuentos y bonificaciones por los proveedores.

Aparte de las instalaciones recién mencionadas que consisten en tecnologías de punta para el manejo de los fertilizantes sólidos, todas las empresas de este grupo han equipado los depósitos que poseen en las terminales portuarias con modernas maquinarias y sistemas para el despacho de los mismos, principalmente sistemas más automatizados a través de cintas y camiones auto descargables para el despacho a granel, ahorrando costos logísticos a través de un manejo creciente de escala, como se mencionó antes.

Por otro lado, también se han modernizado los equipos de fraccionamiento y embolsado con sistemas menos intensivos en el uso de mano



de obra. Razón por la cual esta tarea se realiza actualmente en su mayor parte en estos depósitos de los puertos. A pesar del avance en el despacho a granel, dos cuestiones han llevado a abaratar el embolsado por parte de los mayoristas. Las explotaciones agropecuarias de menor tamaño siguen demandando este tipo de presentación ya que al requerir pequeños volúmenes no pueden acceder al manejo a granel, y al minorista a la par que puede almacenar las bolsas en cualquier tipo de galpón y utilizar el transporte tradicional, le resulta mucho más costoso realizar esta operación en su local por falta de escala debiendo recurrir necesariamente al trabajo manual. Por otro lado, la creciente demanda de mezclas físicas, negocio al cual también se han incorporado algunos mayoristas, requiere el uso de bolsas para distancias superiores a los 50 km, ya que en el despacho a granel para zonas más alejadas se producen severos riesgos de segregación de las mismas por el traqueteo, deteriorándose sustantivamente su calidad.

Estas empresas cerealeras además de abastecer con fertilizantes nitrogenados a sus propias unidades de acopio, que luego los comercializan a los productores agropecuarios de cada zona, venden también dichos fertilizantes a otros tipos de distribuidores minoristas; a grandes rasgos, a los acopiadores independientes y a las agronomías.

En todos los casos, tanto para distribuidores propios como terceros, el precio de venta de referencia que se toma para el minorista, es el precio del fertilizante en el puerto de recepción, generalmente en condiciones FOT (puesto sobre camión en el depósito del mayorista), es decir igual que en el caso de los granos sólo que en sentido contrario ya que para fertilizantes se le adicionan luego los costos del flete largo, los gastos de manipuleo en que se incurren según la modalidad de entrega y la comisión del minorista.

Una proporción creciente es vendida por estos mayoristas en forma directa a los productores agropecuarios, en general grandes explotaciones, asociaciones de productores, pools de siembra, administraciones de campos, etc., que justifiquen por el volumen de sus compras despachos de camiones completos desde los puertos y/o los depósitos zonales y que posean además la infraestructura necesaria en sus respectivas explotaciones para el manejo del fertilizante granel – silos transitorios de campaña, tolvas auto descargables y maquinarias de gran capacidad de trabajo- que les permiten sincronizar la recepción con la aplicación de fertilizantes.

### **2.7.3.3. Comercialización y distribución minorista**

El segundo intermediario, los distribuidores minoristas, adquieren el producto del segmento mayorista en una proporción del 53 % de sus compras o directamente de los productores industriales en alrededor del 46 %, siendo las importaciones directas solo del 1 % restante, para finalmente venderlo a los productores agropecuarios.

De acuerdo a la información consultada, la distribución minorista en la



región pampeana está atomizada en alrededor de 1.500 agentes, entre agronomías que manejan negocios locales, cooperativas federadas e independientes y acopiadores de granos, integrados a las grandes cerealeras e independientes. Estos distribuidores abastecen a más de 140.000 productores agropecuarios que utilizan fertilizantes nitrogenados en esta región, con una participación en la oferta de este último mercado que llega al consumidor final del orden del 62 %. El ámbito de influencia de cada punto de venta minorista es reducido, abarcando en promedio un radio de 50 km y una cartera de clientes de aproximadamente 100 productores.

## **2.8. ESTRATEGIAS DE MERCADO PROPUESTAS**

### **2.8.1. Estrategias de ingreso**

La estrategia de ingreso al mercado se centraliza en fortalecer las relaciones con intermediarios, se apuntará a tener una buena relación comercial con ellos, ya que el comercio depende en gran medida de ellos. De esta forma, se busca promocionar los bienes producidos por la empresa lo máximo posible, hasta el punto de aumentar y crear una demanda estable. Se apunta a presentar productos con precios de venta inferiores a las importaciones, y de esta forma tratar de abarcar el mercado nacional en su totalidad.

Así, tanto los intermediarios como el comercio minorista obtendrían mayor rentabilidad a expensas de una mayor producción, y una disminución en los costos, permitiendo absorber al máximo posible los costos fijos.

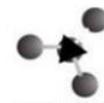
Para que esta estrategia sea sostenible se debe obtener un producto con las mejores características y al menor costo posible. Esto se asegura con un trabajo riguroso y en conjunto de los departamentos de la empresa, como por ejemplo control de calidad, ventas, producción, etc.

### **2.8.2. Estrategia competitiva**

Se busca ofrecer un menor precio a los clientes que los proveedores extranjeros, al igual que productos con excelente calidad y rapidez de entrega.

Las acciones de marketing aplicables se orientarán a aumentar los gastos en promoción y publicidad y en investigación y desarrollo (búsqueda de mejoras del producto y extensiones de línea).

La disyuntiva es: convertirse en una de las pocas empresas grandes que se quedan con una amplia porción del mercado de fertilizantes.



## 2.9. ANÁLISIS FODA

### Fortalezas

- Excelente relación precio – calidad;
- Localización de la Planta;
- Capacidad para aumentar los niveles de producción;
- Capacidad para garantizar una provisión uniforme;
- Adaptación de características técnicas en función a las necesidades de mercado;
- Capacidad de comercializar en bolsas o a granel.

### Oportunidades

- Beneficios debido a la localización;
- Generación de puestos de trabajo;
- Expansión al mercado latinoamericano.
- Rápida incorporación del producto en el mercado al ser conocido.

### Debilidades

- Producto clasificado como explosivo, por lo cual las regulaciones son muy estrictas;
- Competencia con Nitrato de Amonio Calcáreo (CAN), el cual ha comenzado a desarrollarse en el país;
- Importación de materia prima.

### Amenazas

- Demanda constante
- Variación del precio de las materias primas;
- Competencia con empresas de alta capacidad productiva y una larga trayectoria (importaciones).



## **2.10. CONCLUSIÓN-CAPÍTULO II-ESTUDIO DE MERCADO**

El nitrato de amonio es un producto que presenta un mercado principalmente destinado a fertilizantes, material explosivo y para la minería.

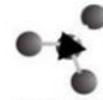
En Argentina, el nitrato de amonio sustituirá importaciones a partir de la producción nacional, logrando satisfacer la demanda interna del país, asegurando la viabilidad y competitividad de fertilizantes.

Actualmente, Argentina no es productora de nitrato de amonio, por lo que ha de proveerse del exterior. Sus principales proveedores son Rusia, Suecia y Bulgaria.

En cuanto a los principales fertilizantes nitrogenados consumidos, la urea lidera el mercado, y en cuanto a la aplicación en el cultivo, el nitrato de amonio tiene mejores condiciones técnicas y de rendimiento.

El precio estimado del nitrato de amonio será de U\$S 425 por tonelada.

Con respecto a la materia prima, vemos que los proveedores nacionales no satisfacen nuestro abastecimiento, por lo que se recurrirá al mercado extranjero.



# CAPITULO 3

## 3. INGENIERÍA DE PROYECTO



### 3.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se realizará un análisis detallado del producto de interés, incluyendo producto, materias primas y procesos necesarios para la obtención. Se identificarán las posibles tecnologías a aplicar en el proceso de producción. El objetivo es seleccionar la alternativa más óptima para el proceso productivo estudiado.

De esta elección se derivarán luego las distintas necesidades, ya sean de equipos y materiales, requerimientos de personal, necesidades de espacios como de obras físicas, para luego hacer los cálculos de los diversos costos del proyecto.

### 3.2. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El nitrato de amonio ( $NH_4NO_3$ ) en estado puro es una sal cristalina de color blanco, también a determinadas condiciones de presión y temperatura, puede encontrarse como solución acuosa concentrada.

Se obtiene mediante la neutralización ácido base entre amoniaco (gaseoso) y ácido nítrico (líquido) según la siguiente reacción:



Esta reacción es altamente exotérmica desplazándose a la derecha por debajo de los 200°C.

Con un calentamiento gradual a 200-260 °C, el nitrato de amonio entra a un tipo de combustión gradual (descomposición) según la reacción que genera gran cantidad de gases tóxicos de óxido de nitrógeno, acompañada de producción de calor, lo que origina que en espacios cerrados y sin ventilación se incremente la temperatura



A temperaturas mayores a 260°C se produce explosión según la reacción:



Esta explosión es violenta y acompañada de liberación de gases y calor.

Las dos últimas reacciones muestran los extremos en cuanto a la descomposición del nitrato de amonio se refiere; sin embargo, en la realidad la descomposición térmica puede dar lugar a las combinaciones posibles de nitrógeno y oxígeno, como son  $N_2O_4$ ,  $NO_2NO$ ,  $N_2O_5$ , etc., todos ellos gases



tóxicos.

A temperatura ambiente, el nitrato de amonio actúa como material oxidante de muchos metales, tanto en estado sólido como solución acuosa, atacando con especial rapidez el cobre y sus aleaciones resistentes a la corrosión.

La solución resultante puede almacenarse como solución, y venderse como tal o usarse en procesos posteriores. El nitrato de amonio se presenta en estado sólido mediante un proceso de prilling o granulación.

Las propiedades físicas y químicas más relevantes se encuentran en la tabla siguiente.

Propiedad	Descripción
Apariencia	Blanco o gránulos blancos perlas incoloras
Olor	Inoloro
pH (10 g/100 ml)	>4,5
Punto de Fusión	160-170[°C]
Punto de descomposición	>210 [°C]
Peso molecular	80,05
Solubilidad en agua	
	0 [°C] 118,3 [g]/100 [g]
	20 [°C] 190,0 [g]/100 [g]
	80 [°C] 576,0 [g]/100 [g]
Densidad	830-1100 [kg/m <sup>3</sup> ]
Contenido de nitrógeno	35 % (100% nitrato de amonio)

**Tabla 12. Propiedades físicas y químicas del Nitrato de Amonio**  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.1. Solubilidad-humedad relativa crítica

El nitrato de amonio es fuertemente higroscópico a temperatura ambiente y tiene un valor crítico de humedad relativa (CRH) mucho mayor que otras sales comunes. También tiene excepcionalmente una alta solubilidad en agua mantenida como una solución en lugar de combinarse como agua de cristalización.

El coeficiente de temperatura de solubilidad de la sal en el agua es también excepcionalmente alto.

La solubilidad del nitrato de amonio disminuye con la presión. Este comportamiento particular promueve el aglomerado de fertilizantes AN durante el amontonamiento en el almacenamiento: de hecho, la fase líquida en la región de contacto entre dos gránulos empieza a estar en sobresaturación; Aparecen nuevos cristales promoviendo algunas tendencias de aglomeración entre gránulos.

La Tabla 13 muestra la comparación entre distintas sales del coeficiente de solubilidad, solubilidad en agua y humedad crítica relativa.

Sal	$\Delta S/\Delta T$ (20-30°C)	Solubilidad (20°C)	Humedad crítica relativa (20°C)
	Gr./100gr agua	Gr./100ml solución	%
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	4,94	66	66,9
NaNO <sub>3</sub>	0,79	46,7	77,1
NH <sub>4</sub> Cl	0,42	27,1	79,3
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,26	42,85	81,9
KNO <sub>3</sub>	1,42	24	92,3
NaCl	0,025	26,37	77,6

**Tabla 13. Comparación de temperatura, coeficiente de solubilidad, solubilidad en agua y humedad de algunas sales comunes.**

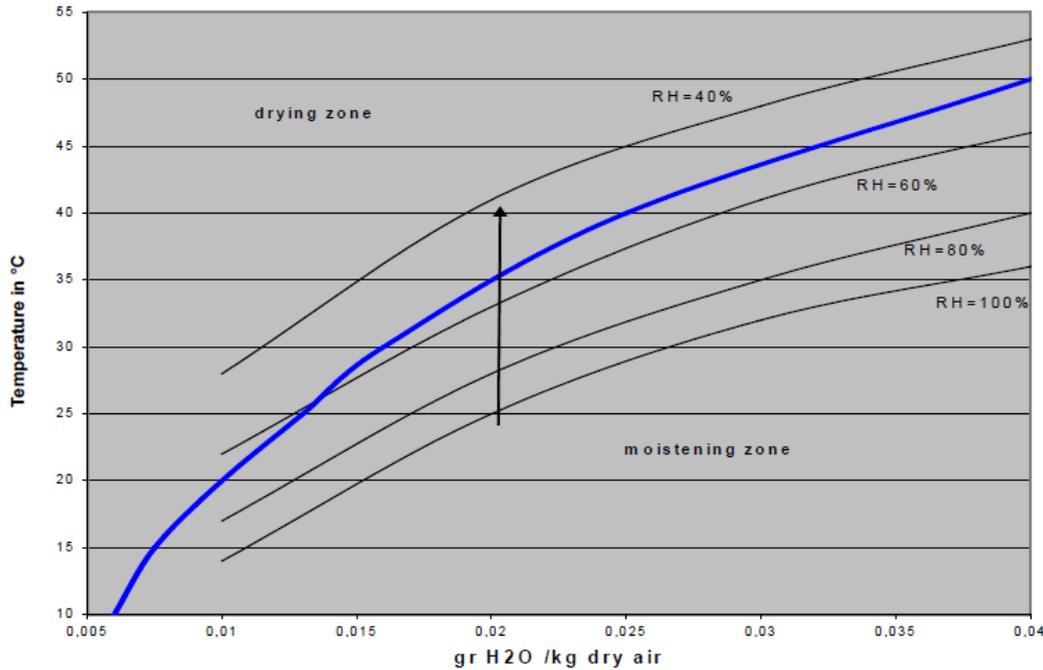
**Fuente: Elaboración Propia. Datos provistos por IFA – International Fertilizer Industry Association**

Dependiendo de la temperatura y humedad relativa del aire, el nitrato de amonio puede absorber o desorber la humedad a la atmósfera. La Tabla 14 da el punto higroscópico, o el punto de humedad relativa del aire en la que la presión de vapor del agua en el aire es igual a la presión de vapor de agua sobre soluciones saturadas de nitrato de amonio, a diferentes temperaturas. Por ejemplo, a 30 ° C si la humedad relativa del aire es superior al 60%, el AN absorbe la humedad en forma de una solución saturada.

T (°C)	10	15	20	25	30	40	50
% Humedad crítica relativa de AN	75,3	69,8	66,9	62,7	59,4	52,5	48,4
g H <sub>2</sub> O/kg Aire seco en la temperatura indicada y humedad relativa	6	7	10	13	16	25	41

**Tabla 14. Influencia de la temperatura en la humedad crítica relativa del nitrato de amonio**  
**Fuente: Elaboración Propia. Datos provistos por IFA – International Fertilizer Industry Association**

Los cambios de temperatura del AN o de la atmósfera causan humectación o secado que recrystalizan el AN y, en consecuencia, se produce aglomeramiento entre los cristales (Gráfico 13).



**Gráfico 13. Diagrama de Mollier incluyendo zona de humectación y secado de AN**  
Fuente: IFA – International Fertilizer Industry Association

### 3.2.2. Conductividad térmica

La conductividad térmica del fertilizante AN granular seco en comparación con otros materiales es baja (Tabla 15). Durante el enfriamiento de un fertilizante, la transferencia térmica baja afecta el gradiente de temperatura dentro de los gránulos.

Esta diferencia de temperatura ligada al cambio de volumen durante el enfriamiento promueve las grietas y afecta el comportamiento de almacenamiento del producto.

Material	Velocidad de desplazamiento del calor a través del material Cal/(seg).(cm2).(°C/cm)
Hierro	0,161
Vidrio blando	0,0025
Arena Seca	0,00093
Parafina	0,0006
Nitrato de amonio seco y granulado	0,00057
Ladrillo de fuego	0,00028

**Tabla 15. Comparación de conductividades térmicas de AN con otros materiales a 18°C**  
Fuente: Elaboración Propia. Datos provistos por IFA – International Fertilizer Industry Association

### **3.2.3. Aspectos de seguridad de los fertilizantes de nitrato de amonio**

En este punto se describe los peligros potenciales del nitrato de amonio. Se proporciona una perspectiva histórica de los usos y desarrollo de tecnologías seguras de procesos y productos seguros. Se revisan accidentes significativos de los últimos cien años y su impacto en las prácticas industriales, destacando los principales puntos de aprendizaje. Se describen algunos de los principales sistemas de control relacionados con la seguridad, aspectos de diseño de ingeniería y procedimientos operacionales, que pueden aplicarse o incorporarse para controlar los peligros potenciales del nitrato de amonio.

El Nitrato de Amonio (AN) es una fuente importante de nitrógeno fertilizante en Europa, América del Norte y la ex Unión Soviética; con una producción anual en la región de 18 millones de ton. El nitrato de amonio es también un material de base importante para el aceite de nitrato de amonio explosivo (explosivo) ampliamente utilizado, ANFO. Estas dos aplicaciones han estado en práctica por más de 50 años. Así AN es un producto químico importante. En los últimos 100 años aproximadamente, se han producido cambios significativos en su tecnología de procesos, calidad de producto, características y usos relacionados con la seguridad. Desafortunadamente, un número de accidentes han ocurrido durante este período, algunos de los cuales fueron importantes con mucha pérdida de vidas y daños a la propiedad.

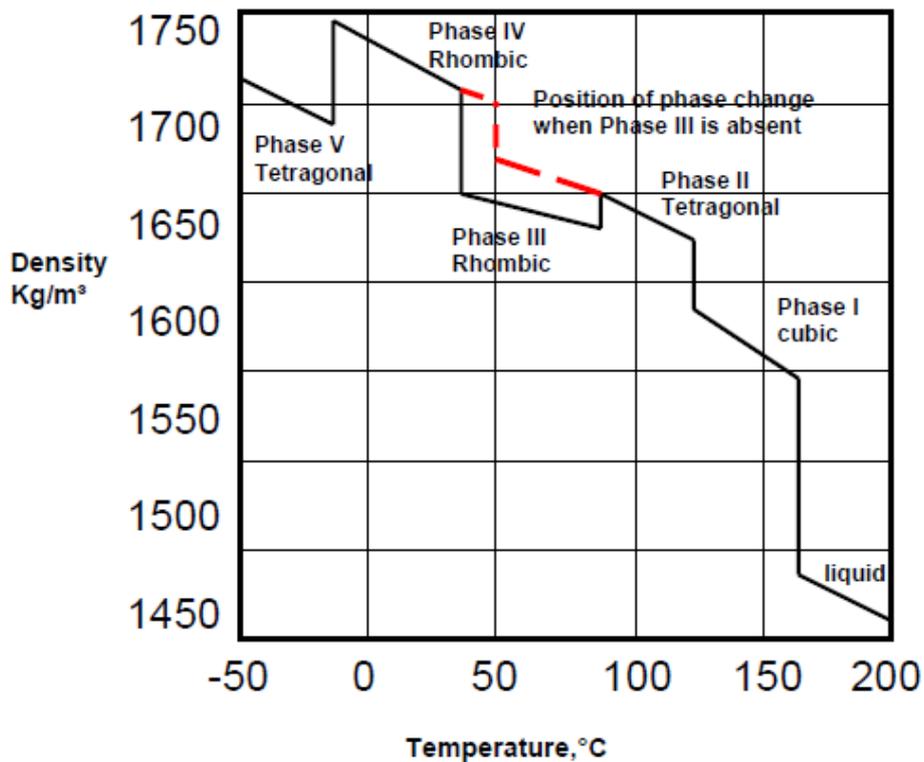
Esto hace que la seguridad del nitrato de amonio sea una cuestión muy importante. En este apartado se analizan los peligros potenciales del AN, los principios de seguridad y las medidas prácticas de control a tomar.

#### **3.2.3.1. Propiedades y peligros potenciales**

AN posee propiedades físicas y químicas complejas. Aquellos, que tienen una relación con la seguridad, se discuten brevemente a continuación.

AN se funde a 169 ° C, una temperatura relativamente baja y es muy higroscópico. Se tuesta fácilmente, sobre todo cuando se manipula a granel y expuestos a la atmósfera. Necesita un tratamiento anti incrustante eficaz.

Existe en varias formas cristalinas dependiendo de la temperatura, como se muestra en el Gráfico 14. La transición a 32 ° C se acompaña de un cambio de volumen significativo; por lo tanto repetidos ciclos térmicos a través de esta temperatura provoca la ruptura física de los gránulos, a menos que hayan sido tratados para la estabilidad térmica.



**Gráfico 14. Formas cristalinas del AN**  
**Fuente: IFA – International Fertilizer Industry Association**

Se han desarrollado tecnologías adecuadas para superar los problemas anteriores, por ejemplo; la adición de una pequeña cantidad de nitrato de magnesio y otros agentes propietarios tales como sulfonatos que pueden prevenir el aglomerado y proporcionar estabilidad térmica.

En el proceso de fabricación, se produce y se maneja una solución concentrada caliente de AN; esto puede dar lugar al peligro físico de quemaduras graves a los operadores si se ponen en contacto, por ejemplo; cuando se limpia una línea taponadas o por una fuga de solución. Las líneas taponadas también pueden dar lugar a un riesgo de descomposición incontrolada.

### 3.2.3.2. Riesgos químicos

Los tres principales peligros potenciales de relevancia son: fuego; descomposición; explosión. Estos se discuten a continuación.

- Peligro de incendio

AN es un oxidante; por lo tanto, puede soportar la combustión incluso en ausencia de aire. Puede ayudar a iniciar e intensificar el fuego. El punto



importante a tener en cuenta es que el propio AN no es combustible.

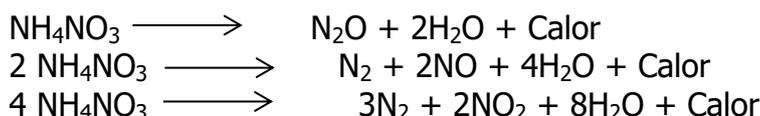
Por lo tanto, la presencia de una sustancia combustible y una fuente de calor son esenciales para que el peligro de incendio se materialice. Se emiten vapores tóxicos que contienen NOx.

Una solución de AN caliente, así como una AN sólida, pueden presentar un riesgo de incendio. Una solución caliente de AN puede iniciar el fuego en trapos, artículos de madera, etc. Las prendas impregnadas con AN y dejadas en superficies calientes también pueden encenderse en el tiempo suficiente.

Los incendios que involucran AN no pueden ser extinguidos por la exclusión del aire, porque AN puede proporcionar el oxígeno para la combustión. El agua se ha encontrado eficaz en la lucha contra incendios que involucran AN.

- Peligro de descomposición

Al calentarse más allá de su punto de fusión, AN se descompone de diferentes maneras; emitiendo vapores tóxicos que contienen gases como N<sub>2</sub>O, NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. La naturaleza de la reacción y la composición de los gases del producto dependen de la temperatura y de otros factores.



Estas reacciones son exotérmicas e irreversibles. AN también se disocia por la siguiente reacción reversible, endotérmica y dependiente de la presión de vapor.



El efecto combinado de la descomposición exotérmica y la disociación endotérmica puede dar lugar a la denominada Temperatura de Reacción del Estado Estacionario, siempre que los gases del producto puedan escapar libremente. A presión atmosférica, se ha encontrado que esta temperatura está en la región de 292 ° C. Claramente, si los gases no se dejan escapar, la disociación reversible se detiene, y con ella el efecto endotérmico. El efecto exotérmico comienza a dominar, lo que puede provocar una descomposición en desuso que se desarrolla, dando lugar a un comportamiento explosivo. Este fenómeno explica por qué el calentamiento AN en el confinamiento puede conducir a una explosión.

Un número de sustancias como el cloruro, ácidos, cromatos, zinc y cobre tienen un fuerte efecto catalítico sobre la descomposición.

La descomposición de AN se suprime o se evita por una condición alcalina. Por lo tanto, la adición de amoníaco ofrece una protección importante contra el riesgo de descomposición.



- Peligro de Explosión

AN puede presentar un peligro de explosión por tres mecanismos diferentes:

- ✓ Por iniciación de choque por otro impacto explosivo o mecánico, que conduce a la detonación.
- ✓ Calentando bajo confinamiento.
- ✓ Por auto calentamiento debido a la descomposición térmica que conduce a la fuga.

La sensibilidad al inicio del choque aumenta con la temperatura, la presencia de sustancias combustibles o reactivas y la presencia de vacíos o burbujas. AN de baja densidad de ser poroso en la naturaleza es significativamente más sensible que el grado de fertilizante de alta densidad AN. El impacto causado por la caída de objetos generalmente no es lo suficientemente energético como para iniciar una detonación. Los accidentes trágicos de Oppau y Tessenderloo son ejemplos de iniciación por los explosivos de alta, que se utilizaron para romper el fertilizante mal endurecido - esta práctica insegura se ha abandonado.

De los tres mecanismos antes mencionados, el calentamiento bajo confinamiento es la causa más probable en un ambiente industrial. Acciones como la soldadura en secciones huecas que contienen AN, la aplicación de vapor para despejar las líneas bloqueadas por AN cristalizado y el bombeo de la solución de AN contra salidas bloqueadas pueden conducir a una descomposición explosiva. Las condiciones de presión y temperatura necesarias para lograr la detonación son graves y no son fácilmente cumplidas por este mecanismo.

La descomposición térmica en un montón a granel de AN o en una solución de AN, puede en teoría conducir al auto calentamiento y fuga. Sin embargo, en la práctica, es difícil lograr esto con AN puro.

La presencia de contaminantes reactivos o sustancias con fuerte efecto catalítico puede conducir a un efecto exotérmico significativo, convirtiéndose en un escurrimiento.

### **3.2.3.3. Accidentes pasados y su impacto**

La historia de accidentes muestra un punto de quiebre alrededor del principio de los años 50. En el período 1910-1950 la producción de productos relacionados con AN y sus aplicaciones aumentaron rápidamente; pero la tecnología fiable necesaria para el tratamiento anti-aglomeración y la guía detallada para el almacenamiento seguro y el transporte no se desarrollaron de la mano. En consecuencia, algunos accidentes graves ocurrieron con mucha pérdida de vidas. A continuación se llevaron a cabo investigaciones útiles, que



condujeron a una tecnología más segura y a una orientación eficaz. Después de 1950, vemos una marcada mejora en el historial de accidentes a pesar del aumento sustancial de los tonelajes producidos.

Uno de los accidentes dignos de mención se menciona debajo; se resumen las principales lecciones de seguridad aprendidas de este accidente.

El 21 de septiembre de 2001, entre 15 y 20 toneladas de nitrato amónico explotaron en una fábrica de fertilizantes, situada a 3 kilómetros de Toulouse (Francia), propiedad de la empresa Azote Fertilisants (AZF), que pertenecía al grupo Grande Paroisse.

Este accidente puso de manifiesto el peligro que supone el almacenamiento de nitrato de amonio y de abonos a base de nitrato de amonio, y en particular de materiales desechados durante la fabricación o devueltos al fabricante (denominados materiales «fuera de especificación»), por lo que supuso un importante cambio legislativo.

Como consecuencia de esta tragedia, las autoridades reguladoras reforzaron los controles sobre la producción y almacenamiento de AN.

El día de la explosión había almacenados entre 300 y 400 kilos de nitrato de amonio. En los almacenamientos adyacentes se almacenaban productos combustibles. En toda esta zona no había sistema de detección de incendios y, concretamente, los dos almacenes de nitrato amónico no tenían detectores de óxidos de nitrógeno, lo cual era una "mejora" que se listaba en el informe enviado por la empresa al DRIRE (Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement).

El día anterior a la explosión, de 15 a 20 toneladas de nitrato amónico, que contenían un aditivo, habían sido depositadas en el almacén donde ocurrió la explosión. La mañana del 21 de septiembre, se habían llevado productos provenientes del envasado de nitratos de amonio y, 5 minutos antes de la explosión, un trabajador, que no había notado nada fuera de lo normal, había dejado un saco lleno.

La explosión formó un cráter de 40 metros de diámetro y 7 metros de profundidad en el suelo. Como consecuencia, la zona norte de la factoría quedó prácticamente destruida, lo que causó la muerte de 30 personas, 22 dentro de la factoría y 8 fuera. Unas 2.500 personas resultaron heridas, de las cuales 30 graves. Algunos tanques de nitrato de amonio fueron destruidos y, como consecuencias medioambientales, se produjo la contaminación del río Garoña.

El análisis de consecuencias posterior revela que la explosión fue comparable a una explosión de 20 a 40 toneladas de TNT, lo que significa que podrían haber detonado de entre 40 y 80 toneladas de nitrato de amonio.

Teniendo en cuenta todo lo comentado hasta el momento, remarcar el hecho de que las consecuencias de la explosión en términos de pérdidas humanas podrían haber sido mucho mayores, si las estructuras que protegían los tanques de productos tóxicos hubieran resultado dañadas o si los tanques de amoniaco y cloro hubiesen estado localizados cerca del área donde se produjo la explosión. Los efectos de la nube tóxica que podría haberse generado habrían sido devastadores para la población, puesto que la explosión había causado la rotura de los cristales de las ventanas en varios kilómetros a la



redonda. Este hecho, unido a la alta toxicidad de estas sustancias, hubiese dejado a la población totalmente desprotegida, con la imposibilidad de seguir una medida de protección tan eficaz como es el confinamiento.

En cuanto a las causas que originaron el accidente de Toulouse, han existido diferentes versiones o teorías sobre qué pudo ocurrir.

El informe de investigación del accidente, llevado a cabo por el Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement del Gobierno francés, no aporta una causa clara del accidente, alegando falta de información. Según el informe, para que se produzca una explosión de nitrato de amonio, incluso cuando éste está sensibilizado por la presencia de ciertas sustancias (por ejemplo, sustancias combustibles), se requiere de una fuente de energía, y no ha sido posible identificar si ese día la hubo.

La hipótesis que se postula con más fuerza es la de un accidente industrial causado por un error humano. El error de un trabajador que se confundió al depositar 500 kilos de dicloroisocianurato de sodio en el hangar de almacenamiento de nitrato de amonio, siendo ambas sustancias totalmente incompatibles.

### ***Lecciones aprendidas***

#### ***1. Mayor control sobre las empresas subcontratadas.***

Las instalaciones de almacenamiento de nitrato de amonio eran gestionadas por una subcontrata de la empresa Grande Paroisse. No se tienen suficientes datos que permitan decir si este hecho podría haber jugado un papel importante en la causa del accidente, pero lo que sí es cierto es que mantener una buena cadena de información y de control en el funcionamiento diario de una empresa es una herramienta muy útil en la prevención de accidentes.

#### ***2. Conocimiento de los riesgos.***

Es importante mantener al día y bien actualizados los estudios e informes de seguridad, y formar e informar a los trabajadores de las mismas sobre los riesgos de los procesos y de las sustancias con las que trabajan.

#### ***3. Tomar medidas para reducir el riesgo.***

Estas medidas pueden ser a través de cambios en los procesos, almacenamientos, mediante el confinamiento, o incluso mediante el doble confinamiento, y/o almacenamientos más reducidos.

#### ***4. Planificación urbanística y usos del suelo alrededor de establecimientos***

El área industrial de la parte sur de Toulouse se encontraba a sólo 3 kilómetros del centro del municipio. Además, existía un barrio residencial a sólo 600 metros de la planta, donde vivían de 30.000 a 40.000 personas.



### 5. Información al público.

Deben mejorarse los procedimientos de información al público que reside en las cercanías de la planta, con el objeto de que conozcan los riesgos a los que están sometidos y los procedimientos de actuación en caso de emergencia.

En la tabla siguiente se enumeran algunos accidentes de gran importancia.

Fecha Lugar	Descripción
1921 Oppau (Alemania)	Explosión de fertilizante AN-AS al utilizar un detonante para romper el apelmazamiento. Más de 500 víctimas.
1942 Tessenderloo (Bélgica)	El uso de explosivos provocó una detonación en un depósito de AN. Más de 100 víctimas.
1947 Texas City (Texas, EE.UU.)	Un cargamento de AN recubierto de cera en dos buques explotó a raíz de un incendio. Más de 600 víctimas.
1947 Brest (Francia)	Un cargamento de AN recubierto de cera en un buque explotó a raíz de un incendio. 21 víctimas.
2001 Toulouse (Francia)	Un depósito de materiales con AN de alta y baja densidad y carente de conformidad explotó sin un incendio previo o descomposición apreciable. 30 víctimas.
2004 Michailesti (Rumania)	Un incendio en un camión que transportaba fertilizante de AN en sacos desembocó en una explosión. 19 víctimas.

**Tabla 16. Destacados accidentes de gran mortalidad**  
**Fuente: IngenieríaQuímica.org**

## 3.3. DESCRIPCIÓN DE MATERIAS PRIMAS

### 3.3.1. Amoniaco

El amoniaco es utilizado como materia prima en la producción de nitrato de amonio.

En la siguiente tabla se muestran las propiedades físicas y químicas del amoniaco anhidro.

Propiedad	Descripción
Apariencia	Líquido incoloro o amarillo-café
Olor	Sofocante
pH (10 g/100 ml)	>4,5
Punto de Fusión	-77,7 [°C]
Punto de ebullición	-33,35 [°C]
Peso molecular	17,031 [g/mol]
Solubilidad en agua	Totalmente miscible en agua
Densidad (líquido)	0,73 [kg/m <sup>3</sup> ]
Contenido de nitrógeno	22,23%

**Tabla 17. Propiedades físicas y químicas del amoníaco**  
**Fuente: Elaboración Propia**

### 3.3.1.1. Almacenamiento de amoníaco

El amoníaco se almacena a granel en grandes contenedores de capacidad instalada por encima o por debajo del suelo.

Tres métodos para el almacenamiento de amoníaco líquido:

- ❖ Almacenamiento con presión a temperatura ambiente en recipientes cilíndricos o esféricos a presión con capacidades de aproximadamente 1500 [ton]
- ❖ Almacenamiento atmosférico a -33[°C] en tanques cilíndricos aislados con capacidades de aproximadamente 50.000 [ton].
- ❖ Almacenamiento a presión reducida a aproximadamente 0 [°C]. Usualmente se encuentran aislados y son recipientes esféricos a presión para cantidades de aproximadamente 2500 [ton] /esfera.

Materiales convencionales de construcción para almacenamiento: aceros al carbono tales como BS1515, BS15110213 y ASTM A516. Para almacenamiento refrigerado (atmosférico) es usado acero al carbono de baja temperatura.

Problemas comunes en almacenamiento y transporte de amoníaco anhidro líquido es la tensión de corrosión de craqueo (SCC) de equipos hechos de acero al carbono. Las grietas se dan con mayor frecuencia en juntas de soldadura, donde tensión es máxima. La dureza del material y la presencia de impurezas y compuestos oxigenados en amoníaco agravan el SCC. Algunos pasos para minimizar la ocurrencia de SCC en el almacenamiento del amoníaco son: alivio de estrés completo, operación sin contacto con el aire, y adición de pequeñas cantidades de agua (0,2%) como inhibidor. Aceros al carbono de baja temperatura son más resistentes a SCC. Lo que los hace el material favorito.

En nuestro proyecto se decide que el almacenamiento de amoníaco será



a presión a temperatura ambiente en recipientes cilíndricos o esféricos a presión con capacidades de aproximadamente 1500 [ton]

### 3.3.2. Ácido nítrico

El ácido nítrico es un ácido muy fuerte y un líquido corrosivo que es producido comercialmente por la oxidación de amoníaco y la reacción subsiguiente de los productos de oxidación con agua. El ácido nítrico puro es incoloro y líquido a temperatura ambiente y presión atmosférica. Su color característico amarillo-café se encuentra generalmente asociado con soluciones concentradas y es debido al dióxido de nitrógeno disuelto.

En la siguiente tabla se muestran las propiedades físicas y químicas del ácido nítrico.

Propiedad	Descripción
Apariencia	Líquido incoloro o amarillo-café
Olor	Sofocante
pH (10 g/100 ml)	>4,5
Punto de Fusión	-42 [°C]
Punto de ebullición	86 [°C]
Peso molecular	63,02 [g/mol]
Solubilidad en agua	Totalmente miscible en agua
Densidad (líquido)	1000-1500 [kg/m <sup>3</sup> ]
Contenido de nitrógeno	22,23%

**Tabla 18. Propiedades físicas y químicas del ácido nítrico**  
Fuente: Elaboración Propia

El proceso de Ostwald es la base para los procesos modernos. En este la producción de ácido nítrico se realiza mediante la oxidación catalítica de amoníaco. Wilhelm Ostwald, físico químico alemán, lo descubrió en 1900.

El ácido nítrico es utilizado en la síntesis de otros productos químicos como colorantes, fertilizantes, fibras, plásticos, explosivos entre otros.

#### 3.3.2.1. Almacenamiento de ácido nítrico

El ácido nítrico normalmente es almacenado en tanques de fondo, de techo plano hechos de acero inoxidable auténtico de bajo carbono, instalado en áreas provistas de instalaciones de contención. El nivel del ácido en el tanque es monitoreado mediante un indicador de nivel. El tanque posee un "respiradero" a la atmósfera que permite el escape de gas que viene del movimiento del líquido y efectos térmicos.



### **3.4. PROCESOS PARA LA OBTENCIÓN DE NITRATO DE AMONIO**

#### **3.4.1. Proceso Kaltenbach**

En el proceso Kaltenbach se utiliza un neutralizador a presión para producir nitrato amónico en perdigones, con un contenido de nitrógeno del 34,5%.

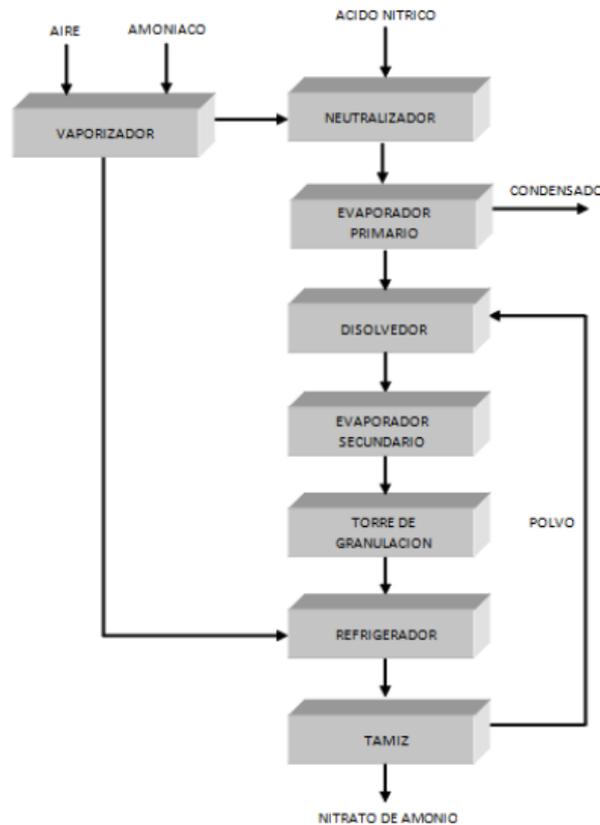
En un neutralizador que funciona a 4.4 bar y 175°C, se introducen cantidades medidas de amoniaco anhidro y de ácido nítrico al 53%. En el neutralizador se obtiene una solución de nitrato amónico de una concentración de aproximadamente 80%. El calor exotérmico de reacción del neutralizador produce vapor de agua, que es utilizado para la posterior evaporación en etapas.

Si se emplea el ácido a 64%, puede producirse alrededor de una tonelada de vapor por cada tonelada de amoniaco neutralizado. El consumo de vapor por tonelada de nitrato amónico puro producido es del orden de 0,155 toneladas.

La solución de nitrato amónico pasa después al evaporador primario, donde se concentra al 95%, utilizándose para ello un evaporador de película descendente en el que se emplea vapor de agua como medio calorífico. La solución del evaporador primario se mezcla luego con finos reciclados (es decir, polvo procedente de la etapa final del proceso) en un recipiente calentado, bombeándolo hasta un segundo evaporador de película descendente situado en una parte superior de la torre de granulación en perdigones, aquí se concentra al 99.8%.

A esa concentración, la solución de nitrato amónico es pulverizada en la torre de granulación en perdigones. Es aquí donde las gotas se solidifican, endurecen y enfrían al caer en contracorriente con el aire. Los perdigones son sometidos a enfriamiento adicional, con aire utilizado para la evaporación del amoniaco, y se tamizan antes de su almacenamiento.

El polvo que sale de los tamices se mezcla con una solución de nitrato amónico procedente del evaporador primario, y luego es reciclado.



**Figura 5. Nitrato de amonio por el Proceso Kaltenbach**

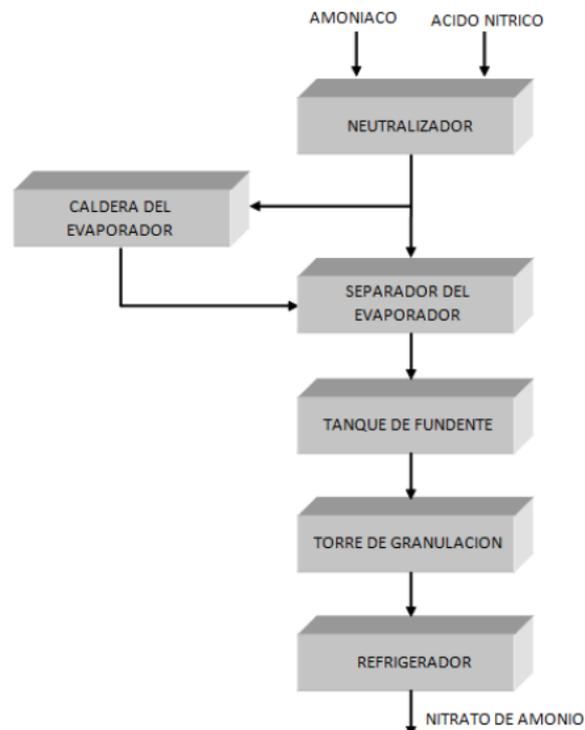
**Fuente: Instalación de una Planta para la Producción de Nitrato de Amonio de Grado Fertilizante a partir de Amoníaco y Ácido Nítrico-Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo**

- **Ventajas:**
  - La mayor parte del vapor de agua necesario para concentrar la solución de nitrato amónico es generada por el calor producido en el neutralizador.
  - El consumo de energía eléctrica por unidad de nitrato amónico puro producido es bastante bajo (aproximadamente, 15. 5 KWh/ton.).
- **Desventajas:**
  - Hacer funcionar un neutralizador a presión elevada no resulta tan sencillo como a la presión atmosférica.
  - Los costos de inversión son superiores a los de un sistema neutralizador a la presión atmosférica.

### 3.4.2. Proceso Stamicarbon

Mediante el proceso Stamicarbon, en el que se utiliza un neutralizador a presión, se produce nitrato amónico en perdigones. En un neutralizador que funciona a una presión de 4 bares, y a una temperatura de 180° C aproximadamente, se introducen amoníaco y ácido nítrico al 53%.

La solución sale de éste neutralizador con una concentración del 79% y pasa a dos etapas de evaporación antes de ser enviada a la parte superior de la torre de granulación en perdigones. En la primera etapa de evaporación (en la que para el suministro de calor es empleado vapor de agua obtenido como subproducto) se eleva a un 94% la concentración de la solución de nitrato, concentración que es alcanzada al 99,7% en la segunda etapa, resultando un fundente que bombeado a la parte superior de la citada torre, se transforma en perdigones. Las otras etapas de acabado son iguales, que en otros procesos de fabricación de nitrato de amonio.



**Figura 6. Nitrato de amonio por el Proceso Stamicarbon**

**Fuente: Instalación de una Planta para la Producción de Nitrato de Amonio de Grado Fertilizante a partir de Amoniaco y Ácido Nítrico-Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo**

- **Desventajas:**

- Únicamente en la primera etapa de evaporación se emplea vapor de agua como subproducto.
- Puesto que la neutralización se efectúa a presión, el funcionamiento de este proceso no es tan sencillo como aquellos procesos a la presión atmosférica.

### **3.4.3. Proceso SBA**

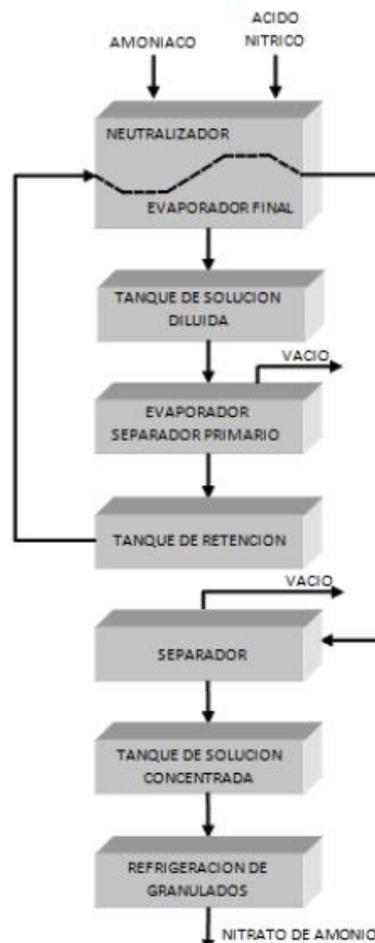
En el proceso SBA se emplea un neutralizador a presión para producir nitrato amónico granulado con un contenido en nitrógeno del 33.5%.

En un neutralizador, y a presión de aproximadamente 5 bar, se hacen reaccionar amoniaco y ácido nítrico a una concentración del 50% precalentado.

La solución de nitrato amónico resultante se hace pasar por dos etapas de evaporación alcanzando el nitrato una concentración final del 98% sin necesidad de utilizar calor externo. Este proceso emplea en forma eficaz, el calor exotérmico para la evaporación primaria y secundaria de la solución de nitrato amónico, así como para calentar el ácido nítrico. El calor para la evaporación secundaria se proporciona haciendo pasar la solución pre-concentrada dentro de un serpentín insertado en el neutralizador.

La solución de nitrato amónico concentrada pasa por una unidad de granulación normal, y el producto granulado es a continuación almacenado.

El consume de energía eléctrica por unidad de nitrato amónico puro, es de alrededor de 30 KWh/ton.



**Figura 7. Nitrato de amonio por el Proceso SBA**

**Fuente: Instalación de una Planta para la Producción de Nitrato de Amonio de Grado Fertilizante a partir de Amoniac y Acido Nítrico-Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo**

- **Ventajas:**

- En este proceso no sólo se utiliza eficazmente todo el calor exotérmico para las dos etapas de evaporación, sino, también se produce 0.205 ton. extra de vapor de baja presión por tonelada de nitrato amónico puro fabricado.



- **Desventajas:**

- Se trata de un sistema que funciona a presión, por eso su costo de inversión es mayor, y su funcionamiento es menos sencillo, que los de los sistemas utilizados a la presión atmosférica.
- El consumo de energía eléctrica en este proceso es elevado.

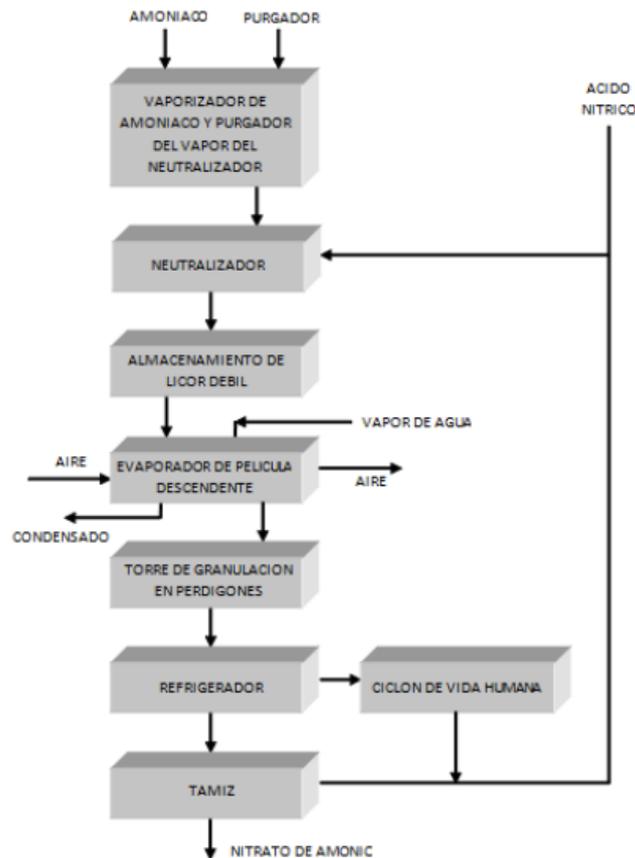
#### **3.4.4. Proceso C.&I./Girdler**

En este proceso se utiliza un neutralizador que produce nitrato amónico en perdigones con un 33.5% de nitrógeno.

Se introduce en el neutralizador amoniaco vaporizado mediante vapor residual procedente del neutralizador y ácido nítrico en el que se disuelve nitrato en polvo. El calor producido por la reacción es suficiente para concentrar en el neutralizador, al 83% la solución de nitrato amónico.

La solución procedente del neutralizador se hace pasara a un tanque de almacenamiento de licor débil y se bombea a la torre de granulación en perdigones a través de un evaporador de película descendente situado en la parte superior de dicha torre la concentración del nitrato amónico llega a ser aproximadamente del 99%, y el "fundente" desciende, por unas boquillas de pulverización instaladas en la torre de granulación sobre un flujo de aire que; asciende a contra corriente.

En la parte inferior de la torre de granulación, los perdigones pasan, antes de ser almacenados, por un refrigerador giratorio y por un tambor de revestimiento. Los finos procedentes de los tambores giratorios se recogen en ciclones de vía húmeda, y la solución producida en éstos, se envía al neutralizador. Los perdigones enfriados se tamizan; los de tamaño excesivo o insuficiente se reciclan al neutralizador.



**Figura 8. Nitrato de amonio por el Proceso C.&I./Girdler**

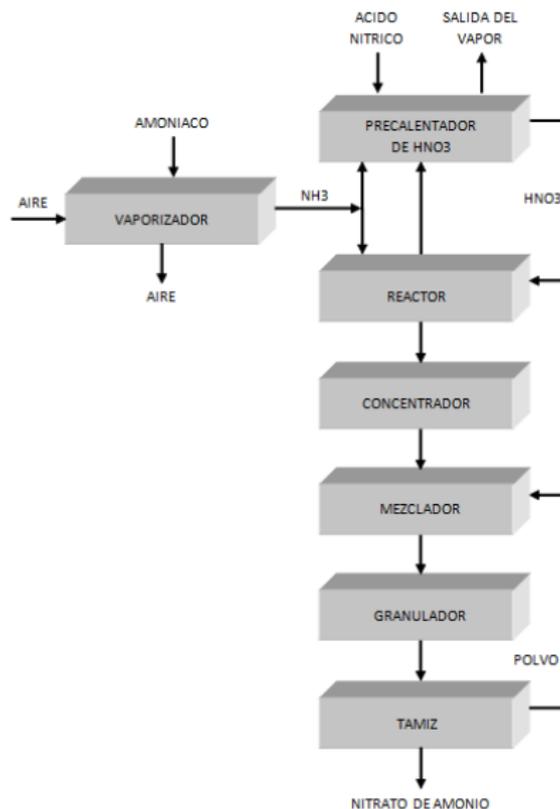
**Fuente: Instalación de una Planta para la Producción de Nitrato de Amonio de Grado Fertilizante a partir de Amoniac y Acido Nítrico-Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo**

- **Ventajas:**
  - Este proceso no funciona a presión, por lo que costo de inversión es inferior, y el funcionamiento es más sencillo que en los sistemas a presión.
- **Desventajas:**
  - El consumo de vapor es elevado, debido a que no se recupera por completo.
  - El consumo de energía también es mayor que en los diversos procesos que utilizan instalaciones a presión.

### 3.4.5. Proceso Montedison

Este proceso permite producir nitrato amónico granulado con un 34. 5% de nitrógeno, y en él se utiliza un neutralizador a la presión atmosférica.

En un neutralizador se hacen reaccionar juntos y a una temperatura inferior a  $145^{\circ}\text{C}$ , ácido nítrico precalentado y amoníaco vaporizado. El vapor del neutralizador se emplea para precalentar el ácido nítrico. La solución de dicho neutralizador se concentra después (hasta entre el 93% y el 97%), en un concentrador. La solución concentrada se hace pasar luego por una mezcladora de tornillo, en la que también se introduce polvo fino, antes de ser enviada al tambor de granulación. Los gránulos de nitrato amónico son tamizados y los finos son reciclados a la mezcladora de tornillo.



**Figura 9. Nitrato de amonio por el Proceso Montedison**

**Fuente: Instalación de una Planta para la Producción de Nitrato de Amonio de Grado Fertilizante a partir de Amoníaco y Ácido Nítrico-Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo**

- **Ventajas:**

- Como no se trata de un proceso a presión, su funcionamiento es sencillo y los costos de inversión son menores que en los procesos a presión.
- El equipo es fácil de fabricar.

- **Desventajas:**

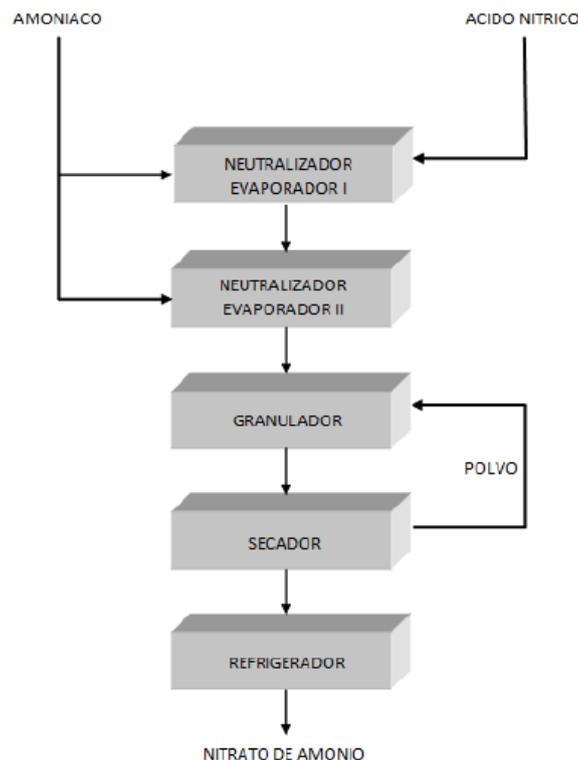
- El consumo de vapor es mayor que en los procesos que trabajan a presión.

### 3.4.6. Proceso UHDE

Este proceso permite producir nitrato amónico en forma de gránulos con un 33.5% de nitrógeno, para lo cual se emplean dos neutralizadores a presión atmosférica.

Se introducen gas amoníaco y ácido nítrico en el primer neutralizador, en el que se forma una solución débil de nitrato amónico. El calor de neutralización se emplea para concentrar la solución en un evaporador de película descendente. La solución de nitrato amónico, concentra al 95% aproximadamente, pasa al segundo neutralizador, en el que también se añade amoníaco para ajustar el pH a la solución. La concentración de ésta se aumenta en un segundo evaporador, antes de que entre en el granulador.

El granulador recibe el licor de nitrato amónico junto con el material reciclado. Los gránulos calientes se secan en un tambor giratorio, y a continuación se tamizan y clasifican. Los finos procedentes de los ciclones del secador, polvo resultante de la operación de tamizado y el material triturado de los gránulos de tamaño excesivo, se reciclan al granulador.



**Figura 10. Nitrato de amonio por el Proceso UHDE**

**Fuente: Instalación de una Planta para la Producción de Nitrato de Amonio de Grado Fertilizante a partir de Amoníaco y Ácido Nítrico-Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo**

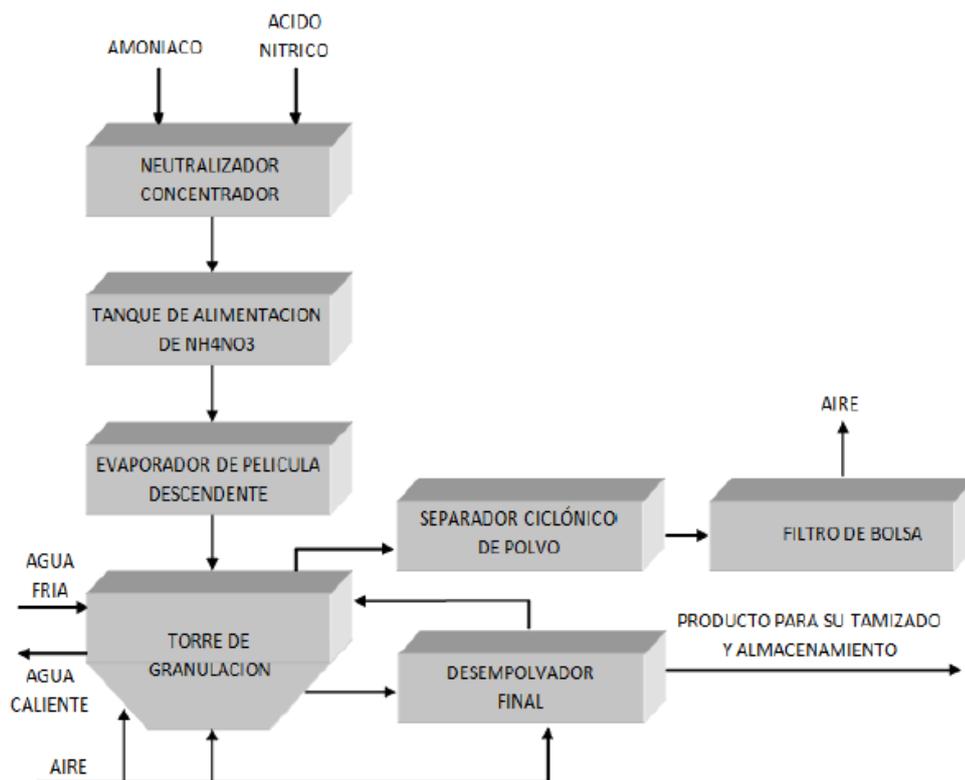
- **Ventajas:**

- Por tratarse de un proceso que no funciona a presión los costos de inversión son bajos y el funcionamiento sencillo.

- Es fácil fabricar el equipo necesario.
  - En este proceso también se puede utilizar gases amoniacales, como carbamato amónico procedente de instalaciones de urea.
- **Desventajas:**
- Este proceso consume más vapor de agua que los que funcionan a presión.

### 3.4.7. Proceso Fisons

Este proceso sólo se diferencia de otros procesos de fabricación de nitrato amónico en el método de granulación en perdigones; para solidificar las gotitas de nitrato amónico se emplea un lecho fluidizado de polvo muy fino en lugar de la típica contracorriente de aire. Esto permite la obtención de partículas grandes adecuadas para la mezcla a granel.



**Figura 11. Nitrato de amonio por el Proceso UHDE**

**Fuente: Instalación de una Planta para la Producción de Nitrato de Amonio de Grado Fertilizante a partir de Amoniac y Ácido Nítrico-Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo**

El "fundente" de nitrato amónico (99.7%) se pulveriza desde la parte superior de la torre, de 7 metros de altura sobre un lecho de polvo de aproximadamente 2 metros de espesor. A medida que se consume el polvo en el proceso de fluidización se va suministrando más polvo mediante un sistema de



transporte neumático. Sobre el lecho se aplican dos líneas de aire, siendo el efecto combinado de ambas, la fluidización del lecho de polvo y la formación de una nube de unos 3 a 5 metros de espesor sobre la superficie del mismo.

En el medio segundo que, aproximadamente tarda la caída de las gotitas de nitrato amónico a través de la nube, se forma en torno a ellas un revestimiento de partículas de polvo que también se solidifica en parte formando una envoltente dura.

Las partículas de nitrato amónico pasan después a la fase de densificación del sistema de polvo fluidizado, en que se enfrían rápidamente a unos 50°C y se completa la solidificación. Como la mayor parte del calor se elimina en ese punto, el lecho va provisto de placas o serpentines refrigerados por agua. Debido a que la mayor parte del calor es eliminado en el lecho y no mediante aire, el volumen de éste, y por lo tanto el área de la sección transversal de la torre, no requieren de las proporciones que en el caso tradicional de granulación en perdigones por corriente de aire.

La mayor parte del polvo suelto que se adhiere a los perdigones se elimina y se hace volver por soplado al lecho a medida que los perdigones descienden por un tubo de un flujo de aire a contracorriente y pasan a un pequeño recipiente situado inmediatamente debajo de la base de la torre de granulación. Los perdigones pasan después por un despolvador final que consiste en un pequeño lecho fluidizado a través del cual se insufla aire limpio. Por último, el producto se tamiza para luego almacenarlo.

El aire y el polvo procedentes de la parte superior de la torre de granulación pasan por un separador ciclónico de polvo y por un filtro de bolsa, obteniéndose de ese modo, gas de chimenea limpio y que no entraña, por lo tanto, riesgos por contaminación.

- **Ventajas**

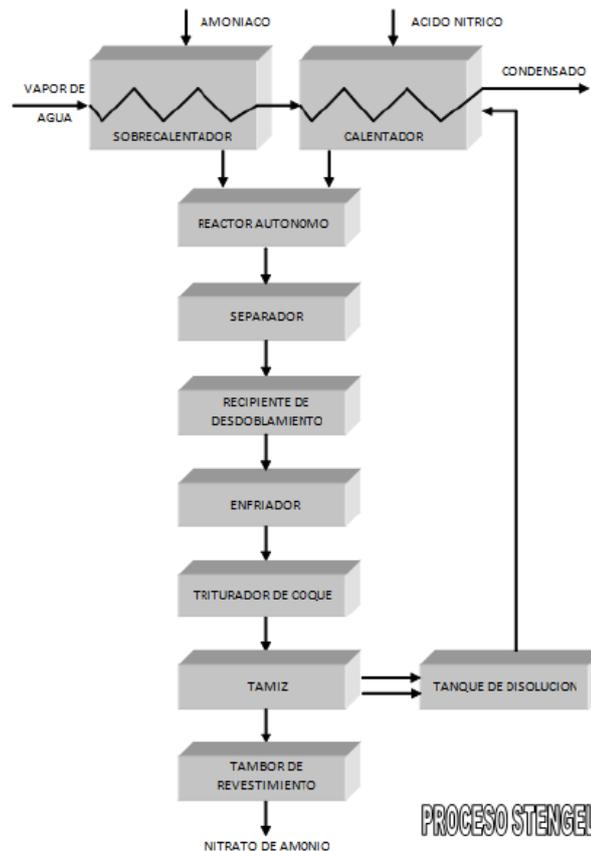
- El gas de chimenea procedente de la torre de granulación es aire limpio, por haber pasado previamente por un filtro de bolsa.
- La altura y el diámetro de la torre son muy reducidos, comparado con los de las torres tradicionales de granulación en perdigones mediante secado por flujo de aire a contracorriente.
- El enfriamiento completo de los perdigones tienen lugar en el lecho situado en la parte inferior de la torre, y no en el aire como en las torres de granulación tradicionales en perdigones.
- Los perdigones son adecuados para su mezcla a granel.

### **3.4.8. Proceso Stengel**

Este proceso permite fabricar nitrato amónico fundido o en gránulos. Para ello, se utiliza ácido nítrico (conc. 60%) calentado a unos 170°C o combinado con vapor de amoniaco sobrecalentado a unos 150°C en un reactor compacto de acero inoxidable. La reacción se efectúa aproximadamente a 240°C y a 3.3 bar. El nitrato amónico fundido, el vapor de agua y los restos de

amoniaco libre se separan en un ciclón. Para reducir la humedad del producto del 2% a casi el 0.2%, se hace pasar a través de sal fundida una corriente de aire previamente calentado a unos 200° C. El aire de salida del separador vuelve a calentarse y, una vez purgado de los restos de nitrato amónico, se utiliza para un nuevo ciclo de secado.

Después de pasar por un recipiente de desdoblamiento a una correa de acero inoxidable refrigerada por agua, el nitrato enfriado se sucesivamente a las operaciones de molienda, tamizado, revestimiento y envasado. El producto acabado es un semigranulado con un 33.5% cie nitrógeno. Los finos son sometidos a reciclaje.



**Figura 12. Nitrato de amonio por el Proceso Stengel**

**Fuente: Instalación de una Planta para la Producción de Nitrato de Amonio de Grado Fertilizante a partir de Amoniac y Ácido Nítrico-Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo**

- **Desventajas:**

- Este proceso requiere vapor de otras fuentes.

### 3.4.9. Proceso ICI (NITRAM)

En este proceso se utiliza un neutralizador que funciona en condiciones

atmosféricas para producir nitrato amónico en perdigones con un 33.5% de nitrógeno.

El amoniaco gaseoso y el ácido nítrico al 57% donde se disuelven los finos reciclados pasan al neutralizador. Este neutralizador funciona a la temperatura de ebullición de la solución de nitrato amónico y a la presión atmosférica. Se añade más amoniaco para elevar el pH de la solución a su punto neutro: 7.

La solución de nitrato amónico, cuya concentración es del 87% a la salida del neutralizador, pasa entonces al evaporador de película descendente en el que la concentración se lleva al 97%. Esta solución concentrada se pulveriza a partir de la parte superior de la torre "Prilling", en perdigones sobre un flujo de aire a contracorriente. Los perdigones se enfrían y secan; luego son clasificados por medio de tamices en donde los perdigones de calidad deseada se almacenan y, los finos y los de tamaño excesivo se disuelven en el ácido nítrico al 57% que pasa al neutralizador



**Figura 13. Nitrato de amonio por el Proceso ICI**

**Fuente: Instalación de una Planta para la Producción de Nitrato de Amonio de Grado Fertilizante a partir de Amoniaco y Ácido Nítrico-Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo**

- **Ventajas:**

- El neutralizador empleado es de diseño sencillo y de fácil funcionamiento, pues actúan a la presión atmosférica.
- El equipo es fácil de fabricar, y los costos de inversión son bajos.
- El consumo de energía eléctrica es bajo (17 KWH/t).

- **Desventajas:**

- El hecho de que no se utilice calor residual, implica que sea elevado

(0.5t) el consumo de vapor de agua por tonelada de nitrato amónico puro producido.

### 3.5. SELECCIÓN DEL PROCESO

En la selección del proceso a emplear para la producción de nitrato de amonio, se tendrá en cuenta las ventajas e inconvenientes citados en cada uno de los procesos que han sido descritos anteriormente. Por lo tanto, el proceso UHDE será la mejor elección, debido a que éste, presenta ventajas considerables tanto de carácter económico, como de operación, tal como se indica en la tabla siguiente.

PROCESO	PRESION	TEMP.	COSTOS DE INVERSION
Kaltenbach	5 atms.	175 °C	Son superiores a los de un sistema reutralizador a la presión atmosférica.
Stamicarbon	5 ams	180 °C	Son superiores a los procesos de presión atmosférica.
SBA	6 atms.		Son mayo res Que los procesos a presión atmosférica.
ICI (Nitram)	atmosferica	de ebullicion	Son bajos.
Glirdier	atmosferica		Son baps pero el consumo de vapor es elevado.
Montedison	atmosfencia		Son bajos pero el consumo cte vapor Ser elevado,
UHDE	atmosfencia		Son bajos pero el consumo de vapor es elevado,
Fisons	atmosfencia		
Stengel	K atms	2 °C	Aire y requiere vapor abundante.

**Tabla 19. Características de los procesos de manufactura de AN**  
**Fuente: Instalación de una Planta para la Producción de Nitrato de Amonio de Grado Fertilizante a partir de Amoniaco y Acido Nítrico-Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo**

El proceso UHDE se destaca por la sencillez de las operaciones, de los equipos, etc. pero para el desarrollo de nuestro proceso se realizarán algunas modificaciones a esta patente, las cuales se detallan a continuación:



- Al primer reactor ingresa un exceso de ácido nítrico al 60% para favorecer el desplazamiento de la reacción.
- Los neutralizadores son sometidos a presión para proveer el vapor necesario para la concentración de la solución (4,5 bar).
- La solución producto del primer reactor es del 70%, e ingresa directamente al segundo reactor, logrando una concentración del 90%, la cual ingresa al evaporador hasta alcanzar una concentración del 99% a la salida del separador.

De acuerdo a esto, en el siguiente punto se describe el proceso empleado.

### **3.5.1. Descripción del proceso a desarrollar**

La Figura 14 muestra el diagrama de flujo del proceso.

El nitrato de amonio se produce por directa neutralización del ácido nítrico diluido, 60% en peso, amoníaco anhidro gaseoso. Estas corrientes son precalentadas hasta 65°C para vaporizar el amoníaco, con una corriente de vapor extraída del separador.

El ácido nítrico ingresa con un exceso estequiométrico para favorecer el desplazamiento de la reacción hacia la formación de los productos.

En el Anexo I, se encuentra el Balance de Masa del proceso

#### **- Neutralización**

El Reactor de Neutralización consta de un recipiente cilíndrico de acero inoxidable, dentro del cual se encuentra otro cilindro. Al cilindro se suministran ininterrumpidamente el amoníaco gaseoso y el ácido nítrico que llega a través del pulverizador.

El espacio interno del cilindro sirve como parte neutralizadora, mientras que el espacio anular comprendido entre los cilindros exterior e interior sirve de parte evaporadora.

La solución formada de nitrato de amonio se derrama por encima de los bordes superiores del cilindro a la parte evaporadora, provista de un agitador, en que la evaporación del agua se realiza debido al intercambio de calor entre las partes neutralizadora y evaporadora del aparato.

La transferencia de calor es necesaria no sólo para evaporar la solución, sino también para evitar el sobrecalentamiento y descomposición del ácido nítrico y del nitrato de amonio.

El vapor desprendido por el calor de reacción se utiliza luego como agente calentador. La solución de nitrato de amonio, de 60 a 80% de concentración, junto con el ácido no reaccionado, se envía al siguiente reactor de neutralización.

En el neutralizador adicional la solución ácida débil se neutraliza



suplementariamente con amoníaco; al mismo aparato se suelen introducir adiciones que disminuyen la tendencia del abono a aglutinarse. En este reactor se produce la neutralización total del ácido.

El reactor necesita un control instrumental delicado, que no deje aproximar la solución a 200 °C, que es el punto de riesgo por descomposición violenta del Nitrato de Amonio.

La solución extraída de nitrato de amonio tiene una concentración del 90%, sin trazas de ácido, la cual es concentrada posteriormente en un evaporador de film descendente.

#### - **Evaporación**

Esta operación elimina casi todo el agua de la solución de nitrato de amonio hasta alcanzar un contenido en agua aceptable para el proceso empleado en la obtención del producto acabado (normalmente, por debajo de un 1% en el caso de los productos perlados).

El equipo necesario es un evaporador de film descendente.

#### - **Solidificación**

La solidificación es el paso del nitrato de amonio en solución acuosa o en forma de sal fundida a un producto en forma de pequeñas esferas o gránulos.

La solidificación del nitrato de amonio es exotérmica y el calor desprendido depende de la temperatura de la solución y de salida del producto, debido a que pueden ocurrir cambios en la estructura cristalina.

Este proceso se verifica en la torre de prilling y consiste en dispersar en la torre la solución concentrada mediante el uso de un pulverizador rotativo.

Las gotas que así se forman caen por gravedad hasta el fondo de la torre. En la torre, además, se hace circular aire ambiente en sentido ascendente. Mediante esto se logra que las gotas se enfríen y solidifiquen en su trayecto de caída, llegando al fondo de la torre en forma de perdigones. Las torres de prillings en las que se efectúa este proceso son de unos 40 metros de alto y contienen un clasificador de partículas.

#### - **Acondicionamiento del producto**

Es necesario que los prills se enfríen por debajo de 30°C, para evitar su descomposición.

El AN se da en cinco formas cristalinas estables diferentes en estado sólido. Las principales transiciones se resumen en la tabla 20. Estas transiciones vienen acompañadas por los cambios de volumen. De especial interés para el sector de los fertilizantes es el cambio que se produce a 32 °C, que está acompañado por un importante aumento del volumen (aproximadamente del 3,6%) conforme sube la temperatura. En condiciones de almacenamiento, si la temperatura sobrepasa los 32 °C y el material atraviesa ciclos de cambios de temperatura, los cambios de densidad resultantes pueden provocar que el

producto se desintegre en partículas finas. (Como consecuencia, la densidad aparente se reduce y los sacos pueden hincharse). Para evitarlo, pueden añadirse antes del pulverizador determinados estabilizadores (nitrate de magnesio, sulfato de aluminio, etc.), que desplazan la transición a una temperatura superior que implica un menor cambio de volumen. A esto se le llama estabilización térmica.

Forma	Sistema cristalino	Intervalo de temperatura (°C)	Volumen específico (cm <sup>3</sup> /g)	Densidad <sup>(1)</sup> (g/cm <sup>3</sup> )
Líquido	–	>169	0,697	1,435
Estado I	Cúbico	De 169,6 a 125,2	0,642-0,627	1,563-1,595
Estado II	Tetragonal	De 125,2 a 84,2	0,612-0,603	1,634-1,658
Estado III	Romboidal	De 84,2 a 32,3	0,613-0,605	1,631-1,653
Estado IV	Romboidal	De 32,3 a -18	0,582-0,572	1,718-1,748
Estado V	Tetragonal	<-18	0,589	1,698

**Tabla 20. Formas cristalinas del AN**  
Fuente: IFA

Para su almacenamiento sin problemas, el nitrato de amonio en perdigones debe estar exento de humedad. Por tal motivo, el producto obtenido en el fondo de la torre de perdigonado que cae a la cinta transportadora cubierta es acondicionado en la misma con aire seco y frío, logrando retirar prácticamente toda la humedad remanente en los perdigones.

La granulometría del producto a las especificaciones del cliente se ajusta en forma exacta, se dispone de un clasificador (tamiz) dentro de una cámara con el cual se eliminan los sobretamaños, mayores a 4mm de diámetro. Estos son reciclados en el proceso mientras que el producto cae sobre otra cinta transportadora.

Tanto la cinta transportadora como la cámara clasificadora están acondicionadas con aire seco y frío, para evitar humedecimiento de las perlas.

### - **Almacenamiento**

En la manipulación y almacenamiento, es importante garantizar que se mantiene la calidad hasta el momento de la utilización: es decir, sin aumento de humedad, sin apelmazamiento, sin contaminación y con el menor polvo posible.

Deben darse los siguientes principios subyacentes para el cumplimiento de los objetivos enumerados. No se muestran en ningún orden específico de prioridad.

- Evitar la contaminación de partículas extrañas de cualquier tipo, y, en especial: materia combustible, azufre elemental, productos agroquímicos como herbicidas, materiales orgánicos, aceites y grasas, ácidos y álcalis.
- Evitar mezclar fertilizantes incompatibles por razones de seguridad o calidad (por ejemplo: AN y urea en estado sólido).
- Evitar la cercanía al fuego.

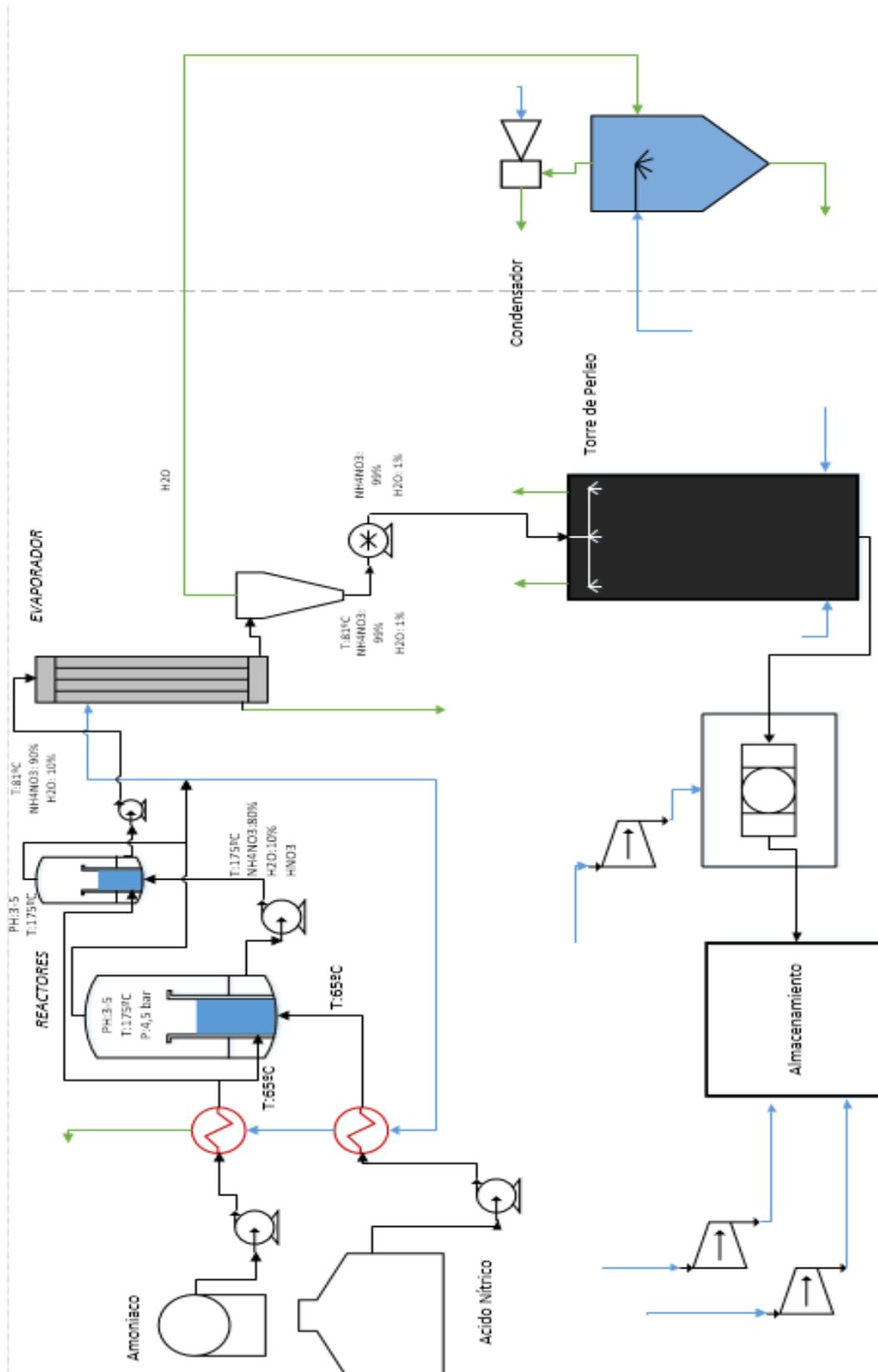


- Almacenar lejos de fuentes de calor y evitar el calentamiento.
- Prestar atención a las indicaciones sobre el fuego.
- Evitar la combinación de calor y confinamiento.
- Almacenar lejos de explosivos.
- No utilizar explosivos para romper fertilizante apelmazado.
- Evitar el aumento de la humedad.
- Llevar a cabo unas buenas prácticas en la organización.
- Proteger las provisiones y los vehículos relacionados de accesos sin autorización.
- Llevar a cabo auditorías y acciones correctivas en caso de que sea necesario.

En la selección de lugares de almacenamiento, habrá que prestar especial atención a lo siguiente:

- Cumplir la legislación nacional pertinente.
- Proximidad a posibles fuentes de fuego y explosiones.
- Cercanía a centros de población, hospitales, colegios, etc.
- Peligro de contaminación del agua, como, por ejemplo, corrientes acuáticas y canales, con el agua utilizada para apagar incendios.
- Peligro de robo, acceso sin autorización y violación de seguridad.

Las consideraciones a tener en cuenta para el diseño del Almacén según la normativa nacional, se encuentra en el Apéndice D.



**Figura 14. Diagrama de flujo del proceso**  
Fuente: Elaboración propia



### **3.5.2. Características y condiciones de seguridad**

Con los materiales envasados los riesgos de una contaminación inadvertida y de absorción de humedad se reducen considerablemente, y el continente protege al producto. Sin embargo, especialmente cuando el producto está en palés, el hueco entre los sacos y los palés permite que el calor y las llamas penetren en el interior de la pila en caso de incendio, y el colapso de los envases puede impedir los trabajos de extinción. Por otra parte, los huecos en la pila proporcionan acceso al material almacenado para el inicio de dichos trabajos y crean barreras adicionales para la propagación de explosiones. En general, si el material está envasado hay más superficie expuesta a las fuentes de fuego y calor.

#### *MATERIAL A GRANEL*

El fertilizante puede almacenarse a granel en grandes montones en espacios no cerrados en edificios, en espacios habilitados como depósitos, en depósitos sin techo (es decir, búnkeres), en cubetas o tolvas. (Nota: es posible que los nombres varíen dependiendo de la región). A continuación se indican todos estos métodos.

*Almacén* – El fertilizante se almacena en naves en grandes montones, generalmente en los sitios de fabricación. El material se amontona desde arriba, con excavadoras o con volquetes, y se recoge también con excavadoras o con recuperadores.

*Depósitos abiertos* – El fertilizante está contenido en un depósito cerrado por tres laterales y con acceso por el restante para depositarlo y extraerlo. El llenado se efectúa desde arriba, con vehículos o con volquetes. El producto se recoge con excavadoras o recuperadoras.

*Depósitos cerrados sin techo* – El fertilizante se almacena dentro de un depósito al que no pueden acceder vehículos. Se llena normalmente por un sistema de alimentación desde arriba y el material se recoge mediante una recuperadora. En algunos diseños, la parte delantera puede retirarse para facilitar la recuperación del producto y la limpieza.

*Cubeta cerrada, tolva o silo* – El fertilizante se llena en la cubeta de forma neumática o por otros medios adecuados y se extrae por la parte inferior. Los anteriores sistemas de almacenamiento se agrupan en dos tipos principales.

– En los almacenes y depósitos abiertos, el material se amontona a granel sobre el suelo y no está encerrado, lo que facilita el acceso al producto de vehículos y palas y origina partículas finas y la mezcla con residuos de otras



sustancias si la gestión no es la adecuada.

– En los depósitos cerrados, cubetas, tolvas y silos, el producto está confinado, lo que reduce su exposición a materiales ajenos. El uso de sistemas de alimentación y recuperación diseñados expresamente reduce aún más el peligro de contaminación. En los depósitos cerrados que tienen la parte delantera totalmente fija, el vaciado y la limpieza pueden ser difíciles.

### **3.5.2.1. Transporte**

Los principios esenciales para el almacenamiento se aplican del mismo modo para el transporte, es decir: evitar la contaminación, evitar la aparición de incendios, tener cuidado a la hora de reparar y mantener las unidades de transporte, proporcionar información adecuada sobre los riesgos y la seguridad del producto.

Se debe tener cuidado para evitar derrames. Esto es válido para las áreas de carga/descarga, debiéndose prestar especial atención al equipo multifunción, como puentes báscula y grúas transportables.

Se debe evitar la contaminación, especialmente entre sustancias incompatibles.

Las unidades de transportes están dotadas de extintores (las cabinas de los vehículos o buques, por ejemplo) con el fin de apagar incendios locales; no están indicados para la carga de fertilizantes. Sin embargo, si los fertilizantes se ven implicados en un incendio y se están descomponiendo, sólo se debe aplicar agua.

No debe estar permitido fumar en las áreas de carga y descarga mientras se manipulen los productos clasificados.

#### **- Transporte por carretera**

Tener cuidado al cargar / descargar los vehículos para evitar que cualquier parte de la carga o su vertido entre en contacto con los tubos de escape. También se debe tener cuidado para evitar que la carga se vea afectada térmicamente a causa de los tubos de escape y de los convertidores catalíticos.

Los distribuidores deben obligar a sus conductores a mantener el control de la carga durante todo el viaje y a prestar atención cuando el vehículo esté aparcado, teniendo en cuenta las medidas de seguridad.

No permitir que los vehículos entren en los almacenes a no ser que tengan los depósitos vacíos o no tengan fugas de combustible.

Los vehículos no se deben aparcar en las áreas de almacenamiento a menos que estén siendo cargados o descargados. No se debe dejar el motor de los vehículos encendido, a menos que se estén vigilando.

Para los productos a granel, se aplica lo siguiente:



– Asegurar de que el vehículo está limpio y seco y que se examina antes de cargarlo. Esto es importante tanto desde el punto de vista de la seguridad, como de la calidad.

– Cualquier vehículo utilizado para transportar de otra forma los fertilizantes y otros productos, por ejemplo, alimento para animales, se deberá limpiar adecuadamente entre cada operación para evitar una contaminación cruzada.

– El compartimento de la carga se deberá construir a partir de materiales impermeables, no combustibles.

– Se deberá utilizar un recubrimiento no dañado para cubrir todo el compartimento de manera adecuada. El recubrimiento debe estar hecho de un material apropiado (por ejemplo, fibra sintética revestida)

#### - **Transporte por ferrocarril**

Se deben aplicar los reglamentos nacionales sobre el transporte por ferrocarril, teniendo en cuenta que pueden diferir de un país a otro.

Se debe prestar atención con las cargas a granel para asegurarse de que el cierre es efectivo contra la humedad y los derrames.

### **3.5.3. Control de efluentes**

El único efluente gaseoso que se produce en el proceso es el aire ambiente que atraviesa la torre de prilling, debido a que puede arrastrar polvo de nitrato de amonio.

Todos los flujos de salida, es decir, soluciones concentradas de AN y condensados del proceso son en forma líquida.

El vapor extraído de la última fase de concentración de la solución es condensado y tratado por poder contener trazas de N, como AN u NO<sub>x</sub>.

El control de pH del condensado es alcanzado ajustando las condiciones de funcionamiento del lavador de alta eficiencia.

## **3.6. ESPECIFICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA APLICADA**

### **3.6.1. Recipientes de almacenamiento**

Este proyecto tiene 5 recipientes para almacenamiento de materia prima;



2 tanques esféricos para amoniaco y 3 tanques cilíndricos con fondo blanco para ácido nítrico.

En la Tabla se muestran las especificaciones de los recipientes requeridos.

N° Tanque	Producto	Presión (kPa)	Altura (m)	Diámetro (m)	Capacidad (m3)	Material
1	Ácido Nítrico	100	18	8	3600	AISI 316L
2	Ácido Nítrico	100	18	8	3600	AISI 316L
3	Ácido Nítrico	100	18	8	3600	AISI 316L
4	Amoniaco	980	-	4	52	AISI 304L
5	Amoniaco	980	-	4	52	AISI 304L

**Tabla 21. Especificaciones para tanques de almacenamiento**  
**Fuente: Elaboración propia**

La presión de 10 atm en los tanques de amoniaco es para que no gasifique en las temperaturas máximas alcanzadas en verano. Uno de ellos es de uso diario y el otro para casos de necesidad o urgencia. No se realiza stock del mismo debido a que está disponible en el mismo polo petroquímico.

Los tanques de ácido son los necesarios para tener stockeado para una producción de tres meses debido a que el ácido es importado y hay que tener en cuenta el tiempo de flete.

### 3.6.2. Reactores

El material seleccionado es acero tipo 316, debido a que los productos son altamente corrosivos. El espesor de todos los constituyentes de los reactores será 3/16", teniendo en cuenta la presión de diseño y la corrosión.

Los reactores constan de un tanque con una agitación casi perfecta, en el que hay un flujo continuo de materia reaccionante y desde el cual sale continuamente el material que ha reaccionado (material producido).

El propósito de lograr una buena agitación es lograr que en el interior del tanque se produzca una buena mezcla de los materiales, con el fin de asegurar que todo el volumen del recipiente se utilice para llevar cabo la reacción, y que no existan o queden espacios muertos.

Para remover el calor de la reacción, el reactor es rodeado por una cámara (camisa de intercambio) a través del cual fluye el material reaccionado. Para efectos de estudio, se han hecho las siguientes suposiciones:

- Las pérdidas de calor circundantes son despreciables
- Las propiedades termodinámicas, densidades, y las capacidades caloríficas de los reactantes y los productos son ambos iguales y constantes
- Mezcla (agitación) perfecta en el reactor, por tanto la concentración,

- presión y temperatura son iguales en cualquier punto del tanque
- Temperaturas Uniformes de la masa reaccionada y el vapor desprendido

Los volúmenes necesarios de reactor se muestran en la tabla. La segunda columna es el volumen de la zona de reacción; la tercera columna tiene en cuenta el volumen necesario para que el producto pueda derramar por el borde superior del volumen de reacción, hasta la zona de salida.

En el Anexo II se encuentra el diseño de los reactores.

N° Reactor	Volumen necesario (m3)	Volumen (m3)
1	5,22	6,786
2	3,88	5,044

**Tabla 22. Especificaciones para tanques de almacenamiento**  
Fuente: Elaboración propia

### 3.6.3. Equipos de intercambio de calor

#### 3.6.3.1. Intercambiadores de casco y tubo

La transferencia de calor está presente en todos los procesos ya sea para calentar y/o vaporizar materias primas o insumos necesarios para la obtención del producto final. En el presente proyecto se requieren 2 intercambiadores de calor para acondicionar las materias primas. Los mismos son construidos con material de acero inoxidable por las características corrosivas de los fluidos a calentar.

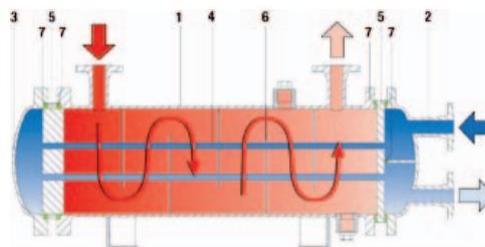
N° IC	Función	Tipo	Área (m2)	N° Tubos
1	Calentador	Casco y Tubos	0,96	5
2	Calentador	Casco y Tubos	2,47	14

**Tabla 23. Especificaciones intercambiadores de calor**  
Fuente: Elaboración propia

Características técnicas			
Rendimiento	1 KW	hasta	30 MW
Superficie de intercambio	0,11 m <sup>2</sup>	hasta	2.000 m <sup>2</sup>
Diámetro de carcasa	60 mm	hasta	2.000 mm
Temperatura de servicio	-20°C	hasta	500°C
Presión de servicio	max. 600 bar		

Componente	Materiales estándar*
	SSCF/SSCP
Tubos internos	1.4571
Placas tubulares	1.4408
Baffles	1.4571
Carcasa	1.4571
Cámaras de conexión, soportes	1.4408
Tuercas	8.8-Zn
Juntas	Klinger C4400, Alchem 6377
Pintura	decapados y pasivados
Pies angulares	1.4571
Aislamiento	Lana mineral con chapa de acero inoxidable

Recorrido de los fluidos	Sobrepresión máx. de servicio	Sobrepresión de prueba	Temperatura máx. de servicio			
			BCF	BCP	CCF/P	SSCF/P
Lado carcasa	16 bar	24 bar	150°C	150°C	110°C	110°C
Lado tubos	10 bar	15 bar				



**Figura 15. Especificaciones intercambiador de calor de fabricante  
Fuente: Proveedor FUNKE**

### 3.6.3.2. Evaporador

La función de esta unidad es concentrar la solución de AN desde 90% hasta 99%, removiendo 685 kg de agua por hora.

El calor necesario es suministrado por el vapor generado en los reactores, el cual circula por carcasa. El evaporador tiene un diámetro de 19 1/4", cuenta con tubos de 1" distribuidos en arreglo triangular. El volumen del separador es de 1m<sup>3</sup>. El material utilizado es acero AISI304L debido a la agresividad del medio.

En el Anexo III, se encuentra el diseño del evaporador.

### 3.6.3.3. Condensador

El volumen del condensador de lluvia a utilizar es de 0,79m<sup>3</sup>.

### 3.6.4. Torre prilling

Esta unidad convierte la solución de AN proveniente del evaporador en perlas. Las dimensiones de la torre son 40,57m de alto y de 9m diámetro interior, las paredes de la torre serán construidas de concreto armado y serán de 0,57m de espesor.

La solución de AN será alimentada a la torre por medio de pulverizadores estáticos los que generarán gotas de AN de diámetro de 2mm en promedio; las gotas de AN son secadas y solidificadas por una corriente de aire proveniente del exterior de la torre.

En el Anexo IV se encuentra el diseño de la torre prilling.

### 3.6.5. Ventiladores

Los ventiladores son turbomáquinas de baja presión que transforman la energía mecánica en energía de flujo de aire en el caso de este proyecto.

Se utilizarán 3 ventiladores para el suministro de aire ambiente que atraviesa la torre, los cuales se especifican en la Tabla siguiente.

Ventilador	Tipo	Potencia (hp)
V-1	Centrífugo	10
V-2	Centrífugo	2
V-3	Centrífugo	4

**Tabla 24. Especificaciones para ventiladores**  
**Fuente: Elaboración propia**

### 3.6.6. Tamices

La separación mecánica se utiliza en este proyecto para lograr separar los gránulos de nitrato de amonio. Para esto se utilizará un tamiz para clasificar primero los gruesos y finalmente las partículas muy finas, dentro de una cámara acondicionada con aire seco y frío.

El cálculo de selección de tamiz se encuentra en el Anexo V, y el tamiz seleccionado se especifica en la Tabla siguiente.

### Tamices Serie Tylor

Intervalo $\sqrt{2}$ Abertura, pulgadas	Intervalo = $\sqrt[4]{2}$ para tamizado selecto			
	Abertura, pulgadas	Abertura, mm	Número de mallas	Diámetro del hilo, pulgadas
1.050	1.050	26.67	-	0.148
	0.883	22.43	-	0.135
0.742	0.742	18.85	-	0.135
	0.624	15.85	-	0.120
0.525	0.525	13.33	-	0.105
	0.441	11.20	-	0.105
0.371	0.371	9.423	-	0.092
	0.312	7.925	2.5	0.088
0.263	0.263	6.680	3	0.070
	0.221	5.613	3.5	0.065
0.185	0.185	4.699	4	0.065
	0.156	3.962	5	0.044
0.131	0.131	3.327	6	0.036
	0.110	2.794	7	0.0326

**Tabla 25. Especificaciones para tamiz**  
Fuente: Elaboración propia

### 3.6.7. Tanque de disolución

En este equipo se disuelven los gránulos rechazados de los tamices por medio de agitación mecánica, adicionalmente en este tanque se calienta la solución de nitrato de amonio con vapor sobrante de los reactores para ser alimentada al evaporador.

Producto	Altura (m)	Diámetro (m)	Capacidad (tn)	Material
Nitrato de Amonio	3,01	1,72	8,08	AISI 316L

**Tabla 26. Especificaciones para tanque de disolución**  
Fuente: Elaboración propia

N° Palas	Material	RPM	Potencia (Hp)
6	AISI 316L	90	2,5

**Tabla 27. Especificaciones para agitador de tanque de disolución**  
Fuente: Elaboración propia

### **3.6.8. Deshumidificador**

Las características técnicas del equipo seleccionado en el mercado son:

#### **Deshumidificador Fd 980**

Los deshumidificadores portátiles de la serie FD son adecuados para el control de la humedad en espacios comerciales, industriales. Pueden ser instalados fácilmente y de sencillo y mínimo mantenimiento.

También pueden ser instalados en ambientes para la conservación de productos alimenticios o en procesos industriales donde es necesario el control de la humedad. Cuentan con un filtro de aire lavable y deben de ser conectados a un desagüe continuo.

Equipadas con humidostato analógico para el control de la humedad, con posibilidad de conectar un humidostato remoto por cable.

Equipo profesional de alto rendimiento y bajo consumo.



**Figura 16. Equipo deshumidificador**  
**Fuente: Proveedor Cosersa**

DATOS TECNICOS MODELO FD980		CONDENSACION DE AGUA CON DIFERENTES TIPOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD			
Consumo nominal (a 20°C, 60% h.r.)	(a 1.650 W	Condiciones del local	L/24h	Local	L/24h
Máximo consumo (35°C, 95% h.r.)	14.400 W	10°C-60%	150 l/24h	25°C-60%	395 l/24h
Máxima intensidad nominal (a 35°C, 95% hr.)	24 A	10°C-80%	270 l/24h	25°C-80%	545 l/24h
L.R.A.	96 A	15°C-60%	215 l/24h	27°C-65%	470 l/24h
Nivel sonoro de distancia (a 3 mts)	70 db(A)	15°C-80%	370 l/24h	27°C-80%	640 l/24h
Refrigerante	R407c	20°C-60%	320 l/24h	30°C-80%	830 l/24h
Resistencias eléctricas (opcional)	4 kw	20°C-80%	470 l/24h	32°C-90%	980 l/24h
Batería de agua caliente (opcional)	24 kw				
Conexión a desagüe continuo	3/4"				
Rango de trabajo °C (versión normal)	7 - 35 °C				
Rango de trabajo °C (desescarche por gas caliente, versión (S))	0,5 - 35 °C				
Rango de trabajo °C (under 0°C defrost)	-0°C - 35°C				
Capacidad de extracción 30°C - 80 %)	(a 830 l/24h				
Capacidad de extracción 32°C-90 %)	(a 980 l/24h				
Rango de trabajo % h.r	45 - 99 %				
Dimensiones ancho x fondo x alto mm	1.460x1.260 x 1.330 mm				
Dimensiones con embalaje					
Peso	320 kg				
Alimentación :	400/3N/50				

CAUDAL DE AIRE CON DIFERENTES PRESIONES				
Presión (Pa)	180	200	220	240
.m3/h	8.500	8.300	8.200	8.100
Presión disponible (Pa)	260	280	300	
.m3/h	8.100	8.100	8.000	

**Figura 17. Especificaciones para equipo deshumidificador**  
Fuente: Proveedor Cosersa

La selección del mismo se encuentra en el Anexo VI.

### 3.6.9. Cintas transportadoras

Se utilizará 2 cintas transportadoras las cuales son especificadas en la Tabla, la primera para el transporte de la torre prilling hacia la cámara donde se encuentra en tamiz, y la segunda; desde la cámara hasta el almacenamiento.

Cinta N°	Longitud (m)	Ancho (cm)	Potencia (Hp)
1	20,5	30,5	1,35
1	10	30,5	0,8

**Tabla 28. Especificaciones para cintas transportadoras**  
Fuente: Elaboración propia

El diseño y selección de las mismas se encuentran en el Anexo VII.

### 3.6.10. Bombas

Se selecciona bombas centrifugas ya que ofrecen ciertas ventajas por su sencillez, bajo costo inicial, ocupa pequeño espacio, funcionamiento silencioso y adaptabilidad para su acoplamiento a un motor eléctrico.

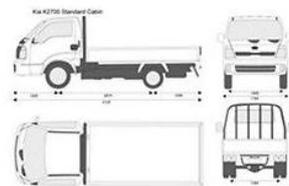
Se utilizarán 5 bombas las cuales se especifican en la Tabla siguiente.

Bomba	Tipo	Fluido	Potencia (Hp)
1	B. Centrifuga	Ác. Nítrico 60%	1,5
2	B. Centrifuga	Amoniaco	0,5
3	B. Centrifuga	Nitrato de Amonio (80%)	1,3
4	B. Centrifuga	Nitrato de Amonio (90%)	1,3
5	B. Centrifuga	Nitrato de Amonio (99%)	1,5

**Tabla 29. Especificaciones para bombas**  
Fuente: Elaboración propia

### 3.6.11. UTILITARIO: Kia K2700 Cabina estándar

Especificaciones Técnicas	
Especificación	Valor
Fabricante	Kia
Modelo	K2700 D Standard
Categoría	Cargo Vans
Motor	2665 ccm
Diámetro pistón x longitud movimiento	94.5 x 95.0 mm
Transmisión:	Manual, 5-velocidades
Relación potencia/peso:	0.0549 PS/kg
Tracción:	Trasera
Número de asientos:	3
Espacio para pasajeros)	2633 litros (692,52 galones)
Número de puertas	2
Llantas frontales	185/65-R14
Llantas traseras	185/65-R14
Peso del vehículo	1530 kg (3356,24 libras)
Distancia entre ejes	2390 mm (93,63 pulgadas)
Tipo de frenos delanteros	Discos
Tipo de frenos traseros	Discos
Capacidad máxima del tanque de combustible	60.0 litros (15,77 galones)



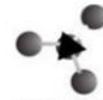
**Figura 18. Características principales del utilitario**  
Fuente: KIA



### **3.7. CONCLUSIÓN-CAPÍTULO III-INGENIERÍA DEL PROYECTO**

Luego de realizar un estudio de las alternativas de proceso disponible, llegamos a la conclusión que el proceso UHDE es el más sencillo en cuanto a equipos, el más compatible con las materias primas que hemos elegido, pero se decidió realizar algunas modificaciones para aumentar la economía energética, las cuales se nombraron en el punto 3.6.

El proceso es sencillo; no se necesita de vapor de servicio, ya que una vez en régimen se alcanza la autonomía energética; los equipos necesarios son de construcción simple aunque debe tenerse cuidado a la hora de seleccionar los materiales, debido a que se trabaja con fluidos corrosivos.



# CAPITULO 4

## 4. SELECCIÓN DEL TAMAÑO



## **4.1. INTRODUCCIÓN**

Uno de los aspectos más importantes de un proyecto es la determinación del tamaño del mismo, puesto que define elementos fundamentales tales como los egresos, costos de inversión y operación, como así también los posibles ingresos máximos determinados por la capacidad de producción.

Habitualmente la variable más importante para establecer el tamaño de un proyecto es la demanda del mercado. Sin embargo, tomar este parámetro como única variable es un error, ya que complementariamente deben evaluarse distintos aspectos, como la tecnología necesaria, disponibilidad de materias primas e insumos, la distribución geográfica del mercado, la localización, un plan estratégico comercial, la disponibilidad de dinero, es decir, el financiamiento entre otros tantos. Es necesario reconocer, definir y estudiar las variables, debido a que la influencia de las mismas no es igual en el momento de determinar el tamaño. No es posible establecer un orden estricto de análisis de cada uno de los factores nombrados, ya que existe una relación de interdependencia entre cada uno de ellos, lo que hace imposible analizarlos de forma individual y en un orden predeterminado.

En este capítulo se llevará a cabo una estimación preliminar de la capacidad del proyecto, compatible con una etapa de pre-factibilidad. Dicho análisis se basará en solo algunas de las variables mencionadas, debido a que no se cuenta con los recursos adecuados para poder definir las y caracterizarlas a todas ellas.

Se determinará el tamaño teniendo en cuenta la tecnología y disponibilidad de materia prima y recursos humanos. Otros aspectos que pueden acotar el tamaño del proyecto son la capacidad de gestión, las restricciones ambientales y reglamentaciones vigentes aplicables. La demanda del mercado fijará un límite, y finalmente el rango quedará acotado por la capacidad de financiamiento propio o de terceros para abordar la inversión.

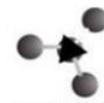
## **4.2. PERÍODOS DE TIEMPO DEL PROYECTO**

Para realizar una estimación del tamaño, se considerará que la planta se construirá durante el año 2017 y comenzará a producir a principios del año 2018.

La producción es de tipo continua y debido a esto los 365 días del año la planta se encuentra en funcionamiento.

## **4.3. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN PROPUESTO**

Para realizar una estimación del programa de producción, propondremos comenzar la fabricación en el año 2018. Nos basaremos en la capacidad de



producción calculada previamente y en los 365 días del año.

AÑO 2018							
Programa de Producción							
	Días Hab	Turno 1 (hs)	Turno 2 (hs)	Turno 3 (hs)	Producido (tn)	Despachado	Stock
Enero	31	8	8	8	4247	0	4247
Febrero	28	8	8	8	3836	4167	3916
Marzo	31	8	8	8	4247	4167	3995
Abril	30	8	8	8	4110	4167	3938
Mayo	31	8	8	8	4247	4167	4018
Junio	30	8	8	8	4110	4167	3961
Julio	31	8	8	8	4247	4167	4041
Agosto	31	8	8	8	4247	4167	4121
Septiembre	30	8	8	8	4110	4167	4064
Octubre	31	8	8	8	4247	4167	4144
Noviembre	30	8	8	8	4110	4167	4087
Diciembre	31	8	8	8	4247	4167	<b>4167</b>
	30			Promedio	4167	Total Stock Anual	4058
			Desde (hs)	Hasta (hs)	Desde (hs)	Hasta (hs)	Hasta (hs)
Jornada de trabajo	turnos		6	14	14	22	6
Horas Día	24						

**Tabla 30. Programa de Producción 2018**  
Fuente: Elaboración propia

**137** tn producidas estimada por día

**4167** tn/mes de capacidad instalada

**4167** tn/ mes capacidad real

**50000** tn/año

#### 4.4. ANÁLISIS DE FACTORES QUE DETERMINAN EL TAMAÑO

##### 4.4.1. Disponibilidad de materia prima

La materia prima es un factor muy importante para la ejecución de nuestro proyecto, es por ello que se debe tener en cuenta de donde provendrá esta y así tener en cuenta los medios de transporte y distribución.

En el presente proyecto la materia prima, específicamente el ácido nítrico, impone una restricción ya que la producción nacional del mismo no logra abastecer al mercado y se debe importar. Es por ello que lo ideal sería ubicar la planta en cercanías a un puerto que constituya un lugar físico donde se cargan y descargan barcos, y además que sean vistos como centro de transporte industrial y comercial.

Los puertos sobre el Río Paraná desde Santa Fe al sur, el Río de la Plata



y los oceánicos hasta Bahía Blanca pueden ser considerados como principales.

Hay ciertos factores presentes que alteran y regulan la disponibilidad de materias primas, de los cuales, alguno no pueden ser controlados, como son el precio del barril de petróleo (US\$ 45,69 WTI), cotización de la moneda nacional respecto a las extranjeras, ej.: peso-dólar (\$15,70) y políticas de importación.

#### **4.4.2. Tecnología**

En nuestro país, Fabricaciones Militares Río III produce nitrato de amonio para explosivos, y Nitratos Austin S.A. es un próximo proyecto que se prevé comienzo a producir en el segundo semestre del 2017, también para explosivos. La única diferencia del producto radica en que para explosivo la perla es muy porosa para permitir el ingreso del fluido detonante.

Por lo tanto la tecnología para la producción de éste es conocida mundialmente; el proceso no ha sufrido modificaciones considerables a lo largo de los años.

#### **4.4.3. Financiamiento**

En cuanto a la financiación disponible para instalarse en un parque, hay ofertas específicas en el mercado. Por caso, el subgerente General del Banco Provincia de Buenos Aires, Juan Ozcoidi, anunció la disponibilidad de una línea de créditos ad hoc. La entidad maneja una cartera de \$ 75 millones que se destinan únicamente a las empresas instaladas o con miras de hacerlo en un parque industrial. El monto máximo por empresa destinada a inversiones asciende a \$ 4 millones y la tasa promedio oscila en el 9,15%.

En tanto, el programa Parques del Bicentenario que impulsa el Gobierno nacional, prevé la erogación de \$ 30 millones al año en aportes no reembolsables (ANR) para obras de infraestructura dentro de los parques (calles internas, cercos perimetrales y plantas de tratamiento de efluentes, entre otras), más otros \$ 22 millones anuales para financiar tasas subsidiadas para la radicación o ampliación de pymes en esos predios, los que generarán unos \$ 300 millones en créditos.

#### **4.4.4. Disponibilidad de recursos humanos**

La oferta de personal especializado y técnico es muy amplia en todo el territorio, por lo que la disponibilidad del recurso humano para la organización no representa un problema en Argentina, y por ende no es un aspecto limitante del proyecto.

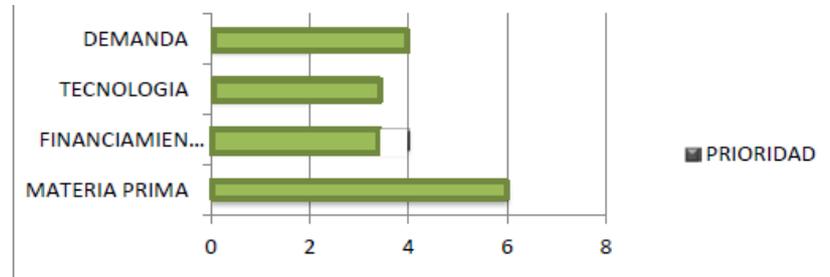
#### 4.4.5. Demanda

Como la proyección estipulada de la demanda en el Capítulo 2 es lineal, no hay certeza absoluta de que el comportamiento será real, por ende, se toma como demanda total la del último año, 60.000 tn/año.

#### 4.5. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE PLANTA

Teniendo en cuenta que el factor determinante para nuestra capacidad de planta es la materia prima, Gráfico, el total de la demanda insatisfecha (65.306 tn/año) no podrá ser cubierta, debido a los costos elevadísimos que genera la compra del ácido nítrico en proveedores extranjeros.

De acuerdo a esto, teniendo en cuenta los costos de adquisición de la materia prima, la capacidad de la planta será de 50.000 tn/año; y asumiendo un factor de seguridad del 15% por posible futura generación de planta de producción de ácido nítrico, se tendría una capacidad de planta de 60.000 tn/año.



**Gráfico 15. Incidencia de factores para el tamaño de planta**  
Fuente: Elaboración propia

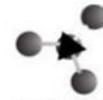


#### **4.6. CONCLUSIONES-CAPÍTULO 4-SELECCIÓN DEL TAMAÑO**

Como la proyección estipulada de la demanda en el Capítulo 2 es lineal, no hay certeza absoluta de que el comportamiento será real, por ende, se toma como demanda total la del último año, 60.000 tn/año.

Teniendo en cuenta la relación demanda de materia prima y adquisición de la misma del mercado proveedor, se concluye que la capacidad de producción con mejor costo vs. cantidad es de 50.000tn/año, determinado en el Capítulo IX.

Se acuerda un factor de seguridad del 15% para el estudio futuro de factibilidad de una planta propia de ácido nítrico, con lo que la capacidad de planta será de 60.000tn/año.



# CAPITULO 5

## 5. LOCALIZACIÓN



## **5.1. INTRODUCCIÓN**

El objetivo del estudio de la localización física del proyecto es el de maximizar los beneficios, sacando el máximo provecho, minimizando los costos de inversión y los del ciclo operativo del proyecto. Se debe analizar que son decisiones a largo plazo y que una vez tomada, se presenta una gran dificultad para dar marcha atrás.

Se debe buscar la mejor localización para evitar inconvenientes como el excesivo costo de transporte de las materias primas o de los productos finales, el inadecuado suministro de servicios públicos; las deficiencias de la eliminación de desperdicios o de otros servicios.

En este estudio de localización del proyecto, se debe tener en cuenta dos aspectos: la macro localización; la cual consiste en evaluar el sitio que ofrece las mejor condiciones para la ubicación del proyecto, en el país o en el espacio rural y urbano de alguna región y la micro localización; que es la determinación del punto preciso donde se construirá la planta de producción de nitrato de amonio grado fertilizante dentro de la región, y en ésta se hará la distribución de las instalaciones en el terreno elegido.

## **5.2. MACROLOCALIZACIÓN**

Para comenzar a acotar la localización se determinó que Argentina será el país donde se instalará el proyecto, esto se debe a preferencias empresariales.

Para continuar, hay que realizar un análisis de factores económicos y legales.

La planta será instalada en un parque industrial, esta decisión se justifica por varios motivos, entre ellos: la oferta de infraestructura y servicios comunes que brindan estos espacios, como el abastecimiento de los servicios esenciales (energía eléctrica, suministro de agua), disposición y tratamiento de aguas servidas, régimen tributario más flexible y menos severo debido a estrategias políticas de promoción.

### Parques Industriales en el país

Hay 8.423 hectáreas ocupadas por parque industriales.

Distribución, cantidad de has. y participación porcentual

Buenos Aires	3.675	43,6%
Conurbano	1.658	19,7%
Resto provincia	2.077	23,9%
Entre Ríos	712	8,5%
Mendoza	635	7,5%
Río Negro	429	5,1%
Chubut	406	4,8%
San Luis	379	4,5%
Salta	357	4,2%
Córdoba	344	4,1%
La Rioja	301	3,6%
Sgo. del Estero	266	3,2%
La Pampa	257	3,1%
Chaco	252	3,0%
Santa Fe	218	2,6%
San Juan	95	1,1%
Tucumán	50	0,6%
Jujuy	47	0,6%



Fuente: CEP a partir de Secretarías Provinciales de Desarrollo e Industria

#### Industria Petroquímica en Argentina



**Figura 19. Parques Industriales en el país**

Al instalar la planta en un complejo industrial se logra obtener grandes beneficios y soluciones a distintos factores (servicios, etc.), además de manejar adecuadamente cuestiones impositivas, políticas, legales, ambientales, repercutiendo así de manera favorable en los aspectos socioculturales.

Los distintos parques industriales petroquímicos del país se observan en la Figura19.

**Mercado consumidor.** Está ligado directamente a las zonas dedicadas a la agricultura, donde se estudió que este sector consumidor se encuentra principalmente en la región pampeana, desplazándose hacia el noreste del país; Capítulo 2, punto 2.5...



**Materias Primas.** Las materias primas son; amoniaco disponible dentro del país; en Campana (Bs. As.), Bahía Blanca (Bs. As.) y también, pero no en demasiada cantidad, en Río Tercero (Córdoba). La otra materia prima es ácido nítrico, el cual tiene producción en Río Tercero pero con poca producción, no alcanzando a satisfacer nuestra demanda para la producción de la planta a proyectar, en este caso se ha seleccionado importar la materia prima desde China, que es posiblemente el mercado más conveniente.

**Vías de comunicación y medios de transporte.** El proyecto está pensado para cubrir una parte de las importaciones de este producto en Argentina, es decir, es necesario un buen desarrollo e infraestructura vial para repartir internamente dentro del país a las zonas de venta.

Transporte ferroviario: Actualmente el transporte de carga por ferrocarril tiene un 5% de participación en la actual matriz de transporte de cargas de Argentina, teniendo una clara preponderancia el modo carretero. Si bien la red ferroviaria nacional aún conserva parte de su extensión es evidente el deterioro y falta de inversión en infraestructura especialmente en las provincias del norte argentino. En términos generales se podría confirmar que el ferrocarril es el modo de transporte que mejor contribuye a la economía de costos de los fletes y a la calidad de vida. Producen menos contaminación y ruido, menos accidentes, liberan las rutas de la congestión que produce el tránsito pesado y pueden utilizar energía renovable.

Para llegar a las zonas de consumo, el ferrocarril Ferroexpreso Pampeano y Ferrosur, recorren estas zonas de interés como se mostró en el Capítulo 2, punto 2.5.5.1...

Transporte terrestre: En la actual configuración de la matriz del transporte y comunicación en Argentina, la mayor parte de los productos correspondientes al sector agropecuario (primarios e industrializados) son movilizadas esencialmente por medios de transporte automotor. Su utilización es menos eficiente desde el punto de vista económico, plantea problemas de congestión en tramos saturados de la red vial especialmente en la época de cosechas, y es más contaminante que la utilización del transporte ferroviario.

Transporte fluvial y marítimo: Los principales puertos comerciales son Buenos Aires, Bahía Blanca, Quequén, Rosario y Paraná. Más del 90% del comercio exterior argentino se realiza por vía marítima. Pero los puertos argentinos tienen algunas desventajas: altas tarifas, escasa profundidad y limitada infraestructura. No existe un puerto de aguas profundas, salvo el de Madryn que se encuentra fuera del área comercial.

De acuerdo a esto y teniendo en cuenta el estudio de mercado, la mayor cantidad de consumidores y la mayor cantidad de amoniaco disponible se encuentran en la zona centro del país, encontrándose en la región distintas áreas industriales:



- ✓ Provincia de Córdoba, en el Centro, Localidad de Río Tercero
- ✓ Provincia de Buenos Aires, al Sur, Localidad de Bahía Blanca
- ✓ Provincia de Buenos Aires, al Noroeste, Localidad de Zárate

Es indispensable contar con la cercanía a un puerto comercial internacional, por lo que la provincia de Bs. As. tendrá principal análisis en la micro localización.

### **5.3. MICROLOCALIZACIÓN**

En este apartado se debe determinar el terreno conveniente para la ubicación definitiva del proyecto.

Es necesario contar con todos los servicios necesarios, donde se pueda disponer de todos ellos, incluyendo las comunicaciones y los grandes suministros de energía. Los parques industriales proveen estos servicios en mayor o menor medida y se les considera de una importancia baja para este estudio.

Otro aspecto que se consideraría en un análisis de localización es la existencia de terrenos disponibles para instalar la planta en una zona con infraestructura industrial adecuada. Este factor, para el estudio de la localización óptima, debería tener una importancia media.

Factor a tener en cuenta, la distancia al mercado consumidor, la distancia a un puerto comercial internacional.

#### **5.3.1. Beneficios promocionales de los parques industriales**

A fin de promover el desarrollo industrial en la ciudad de Bs. As., mediante la Ley N° 13.656, se estableció un régimen promocional que les permite a las empresas radicadas en la provincia y comprendidas por sus alcances gozar de ciertos beneficios y franquicias, entre las cuales destacamos los beneficios fiscales.

Los beneficiarios podrán solicitar una exención por un plazo de hasta 10 años de los siguientes impuestos:

- Impuesto Inmobiliario;
- Impuesto sobre los Ingresos Brutos;
- Impuesto de Sellos;
- Impuesto sobre los Automotores;
- Impuesto sobre los Consumos Energéticos;
- Impuestos sobre otros servicios públicos.



La localidad de Bahía Blanca, donde se encuentra el Polo Petroquímico Bahía Blanca, tiene una ordenanza (Ordenanza Municipal N°7.454/93) que beneficia a las empresas ubicadas dentro del Parque industrial de Bahía Blanca de la eximición del pago de las tasas por inspección de seguridad e higiene; alumbrado, barrido, limpieza y conservación de la vía pública; publicidad y propaganda; y toda otras tasa asimilable que se creare en el futuro, por el termino de ocho años, a aquellas empresas que funcionen en el parque industrial de Bahía Blanca y que no se hayan acogido a los beneficios de la Ley Provincial de promoción industrial 10.547 u otros regímenes que las eximiera de las contribuciones municipales indicadas.

También comprende la extensión del pago de la tasa por habilitación de comercios e industrias y de los derechos de construcción, tanto para la radicación y edificación inicial como para las ampliaciones que se realicen y habiliten con posterioridad.

En la provincia de Córdoba, son varios los beneficios que motivan a los empresarios a radicarse en el parque industrial de Rio Tercero;

- Eximición de tasas municipales (comercio, industria y propiedad), por un periodo de 8 años.
- Bonificaciones en impuestos provinciales (ingresos brutos, inmobiliarios e impuestos a los sellos, en todos los casos por cinco años con opción a otros cinco años más
- Beneficios contemplados por la ley de promoción industrial provincial, como bonificaciones en el consumo de energía, acceso a créditos blandos y subsidios por cada nuevo empleo de trabajo creado.

#### **5.4. EVALUACIÓN: MÉTODO DE LOS FACTORES PONDERADOS**

Este método que aquí se presenta realiza un análisis cuantitativo en el que se compararán entre sí las diferentes alternativas para conseguir determinar una o varias localizaciones válidas.

El objetivo del estudio no es buscar una localización óptima sino una aceptable. En cualquier caso, otros factores más subjetivos, como pueden ser las propias preferencias de la empresa a instalar determinarán la localización definitiva.

Para llevar a cabo esta evaluación de localización, se definieron anteriormente los aspectos más significativos y su interrelación, determinándole a cada uno de ellos un valor de importancia relativa a los fines del proyecto.

Luego se realizó una escala porcentual, asignándole una calificación a

cada ítem, complementando con estadísticas que contrastan dichos valores.

Dichos valores se sumaron, y dieron como resultado una ponderación total para cada posible localización, que se comparan entre sí para determinar cuál es la mejor opción.

El sistema de puntaje será comparativo para ello, primero se asignará la importancia o peso de cada punto en porcentaje de 0 a 100%, el total de puntos será de 10, la localidad seleccionada será la de mayor puntuación, siendo la misma la de mayores privilegios.

%		De acuerdo a la importancia de las Variables					
		Bahía Blanca	Zarate	Rio Tercero	Bahía Blanca	Zarate	Rio Tercero
10%	Ubicación de los Consumidores o usuarios	6	6	8	0,6	0,6	0,8
10%	Localización de M.P	8	6	6	0,8	0,6	0,6
18%	Vías de comunicación y medios de transporte	9	8	7	1,62	1,44	1,26
15%	Infraestructura de servicios públicos	9	8	7	1,35	1,2	1,05
7%	Políticas, planes o programas de desarrollo	9	7	6	0,63	0,49	0,42
15%	Normas y regulaciones específicas	8	8	8	1,2	1,2	1,2
5%	Tendencias de desarrollo de la región	8	7	6	0,4	0,35	0,3
5%	Condiciones climáticas, ambientales, suelos	8	8	8	0,4	0,4	0,4
10%	Interés de fuerzas sociales y comunitarias	8	6	8	0,8	0,6	0,8
5%	Disponibilidad y Costos de Recursos	7	7	7	0,35	0,35	0,35
100%	<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>7,1</b>	<b>7,1</b>	<b>8,15</b>	<b>7,23</b>	<b>7,18</b>

**Tabla 31. Programa de Producción 2018**

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.1. Factores a considerar

**Ubicación de los consumidores.** La importancia de este ítem es media-alta, esto se debe a que tiene influencia en el precio final del producto al tener en cuenta que en el país analizado el transporte asume una importancia muy alta de hasta un 30% del precio final de algunos productos. Lo cual frente a un posible competidor mejor localizado perderíamos competitividad.

**Localización de la Materia Prima.** Al igual que el punto anterior, su importancia es media-alta, porque la posibilidad de eliminar un costo de transporte disminuye los costos operacionales, y además el costo de tener materia prima acopiada para eliminar tanto transporte, también se ve afectado.



Desde el punto de vista de seguridad, nuestro proyecto prescinde de dos materias primas para producir Nitrato de Amonio, por lo que el análisis también se basó en ver la localización de este mercado proveedor, y encontramos que están disponibles en distintos lugares, por lo que se buscó ver cuál de ambas tiene menor riesgo de transporte; con esto se concluye que es el Ácido Nítrico.

**Vías de comunicación y medios de transporte.** La importancia se considera alta-muy alta, esto se debe a dos razones; la primera y fundamental es que parte de la materia prima es importada y transportada en barco, por lo que es imprescindible tener un puerto; y por otro lado, también de fundamental importancia, la forma de distribución del producto y los canales de comunicación.

**Infraestructura de servicios Públicos.** Considerada como de alta importancia; es de vital importancia para nuestra producción contar con servicios públicos las 24hs y los 365 días al año; si no la manufactura no se puede llevar adelante; el programa de producción no se cumple y los compradores con contrato nos demandan, concluyendo en costos para la empresa.

**Políticas, planes o programas de desarrollo.** Este punto tiene un peso bajo-medio, siempre es mejor un lugar donde apoyen el progreso ofertando tasas de descuento municipales, ingresos brutos, etc. Pero a la hora de hacer la pre factibilidad de un proyecto, se contemplan esos gatos si ningún beneficio, esto es importante pero no definitivo.

**Normas y Regulaciones específicas.** Factor de importancia alta, ya que hace referencia la normativa legal que incluye la localización observada. Es necesario que la actividad que se desea llevar a cabo no esté prohibida y, si es posible, sea promovida por el estado.

**Interés de Fuerzas sociales y comunitarias.** Importancia media. Este factor es determinante a la hora de la audiencia pública. Si la gente lo rechaza es probable que el proyecto se vea retrasado o como última instancia, abandonado.

**Disponibilidad y costos de recursos.** Importancia baja. Este factor importa, pero no es determinante para llevar a cabo el proyecto en una localización dada. La mano de obra es un recurso importante y es mejor contar con él en las cercanías, pero si es necesario que se trasladen de otro lugar no genera inconvenientes.

## **5.5. DETERMINACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN**

Comparando las características de las distintas posibles localizaciones y sabiendo la importancia que tiene la comercialización del producto terminado y la adquisición de la materia prima, la empresa tendrá su sede en el Partido de

Bahía Blanca, Bs.As., más específicamente en el Polo Petroquímico Bahía Blanca, por presentar la mayor calificación total ponderada.

A continuación, se muestra el terreno donde se desarrollará la Planta de Producción de Nitrato de Amonio grado Fertilizante



**Figura 20. Ubicación de la planta**

En la figura siguiente, se muestra el Puerto Ingeniero White en el que se comercializará la materia prima importada.

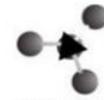
El mismo se ubica a aproximadamente 10km de la ciudad de Bahía Blanca, en la localidad Ingeniero White.

Coordenadas de su ubicación:

- Latitud: **-38.7833**
- Longitud: **-62.2667**

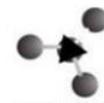


**Figura 21. Ubicación del puerto Ingeniero White**



## **5.6. CONCLUSIÓN-CAPÍTULO V-LOCALIZACIÓN**

Los motivos y factores expuestos en este capítulo, sirven para poder concluir que la mejor opción en la etapa de pre-factibilidad, será instalarse en el Partido de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires, más específicamente en el Polo Petroquímico de Bahía Blanca.



# CAPITULO 6

## 6. DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA



## **6.1. INTRODUCCIÓN**

Además de la localización, diseño y construcción de la planta es importante estudiar con detenimiento el problema de la distribución interna de la misma, para lograr una disposición ordenada y bien planeada de la maquinaria y equipo, acorde con los desplazamientos lógicos de las materias primas y de los productos acabados, de modo que se aproveche eficazmente los equipos, el tiempo y las aptitudes de los trabajadores.

Así, el objetivo del presente capítulo es determinar el área total a cubrir y definir dentro de la misma el espacio que ocuparán las diferentes áreas que conformarán la planta.

Existen diversos factores que se deben considerar en el momento de elaborar el diseño para la distribución de planta. Algunos de estos factores son el volumen de producción, movimiento de materiales y flujo de materiales, así como las áreas necesarias para cumplimentar todo el proceso.

De esta manera, a continuación, se analizará en forma detallada cada una.

## **6.2. DETERMINACIÓN DEL ÁREA TOTAL**

El área total estará dividida en: planta de producción, depósito de materias primas e insumos, depósito de productos terminados, depósito de repuestos y sector de mantenimiento, vestuarios y baños, cocina-comedor, sector de administración y sector de carga-descarga de camiones.

De esta manera, las áreas totales destinadas para la producción de Nitrato de Amonio son:

- **Tamaño total: 4100 m<sup>2</sup>**

### **6.2.1. Sector de producción**

De acuerdo a las especificaciones técnicas de las máquinas se ha dispuesto un área con suficiente espacio para su operación, atendiendo a las dimensiones y peso de las mismas, de forma tal que su operación no conlleve a problemas de movilidad de los operarios. Fueron dispuestas siguiendo el orden que sigue la materia prima hasta el proceso final de almacenamiento. Por lo tanto la superficie será:

- Superficie cubierta para el sector de producción es de 580 m<sup>2</sup>, con una altura de 10 m, según especificaciones de los equipos. Incluye sala de mantenimiento, sala de control de equipos y sala de caldera.



## **6.2.2. Sector de depósito de materias primas e insumos**

En el área de materias primas se almacenarán, Amoniaco y Ácido Nítrico.

Para el cálculo del área que se destinará a almacenar las materias primas e insumos, se determinará el tamaño óptimo de pedido para cada uno de los mismos. Con esto se logrará optimizar y a su vez minimizar los costos de almacenamiento, estableciendo el área mínima necesaria. Luego se establecerá el número de pedidos que se harán en el año, teniendo en cuenta el tiempo que transcurrirá para recibir el pedido (plazo de entrega). Además, se contemplará una reserva de seguridad, para que cualquier demora que pueda generarse en la entrega del pedido no altere la producción normal de la empresa.

De esta manera, a continuación, se analizará cada área de almacenamiento de materias primas e insumos, de lo cual se concluye que la superficie necesaria será:

- Superficie abierta para el sector de materias Primas, incluida zona de seguridad, 1176 m<sup>2</sup>

### **6.2.2.1.Amoniaco**

La compra de Amoniaco es directa a la empresa de Profertil S.A. por lo cual el almacenamiento es lo necesario para un día de consumo y un tanque más para asegurar un día más de producción en caso de que sucediera algún imprevisto.

- Superficie abierta para tanques esféricos: 112m<sup>2</sup>

### **6.2.2.2.Ácido nítrico**

La compra de ácido, se compra en el interior y en el exterior, la compra en el interior es mensual por su cantidad y la compra al exterior de acuerdo al costo de transporte y el manejo del producto se hace cada 3 meses para ello se cuenta con grandes tanques de almacenamiento.

- Superficie abierta para tanques cilíndricos: 1064m<sup>2</sup>



### **6.2.3. Torre de prilling**

- Superficie abierta de torre de prilling, incluida zona de seguridad, 1296m<sup>2</sup>

### **6.2.4. Estacionamiento**

- Estacionamiento 230 m<sup>2</sup> teniendo en cuenta la cantidad de empleados por turno.

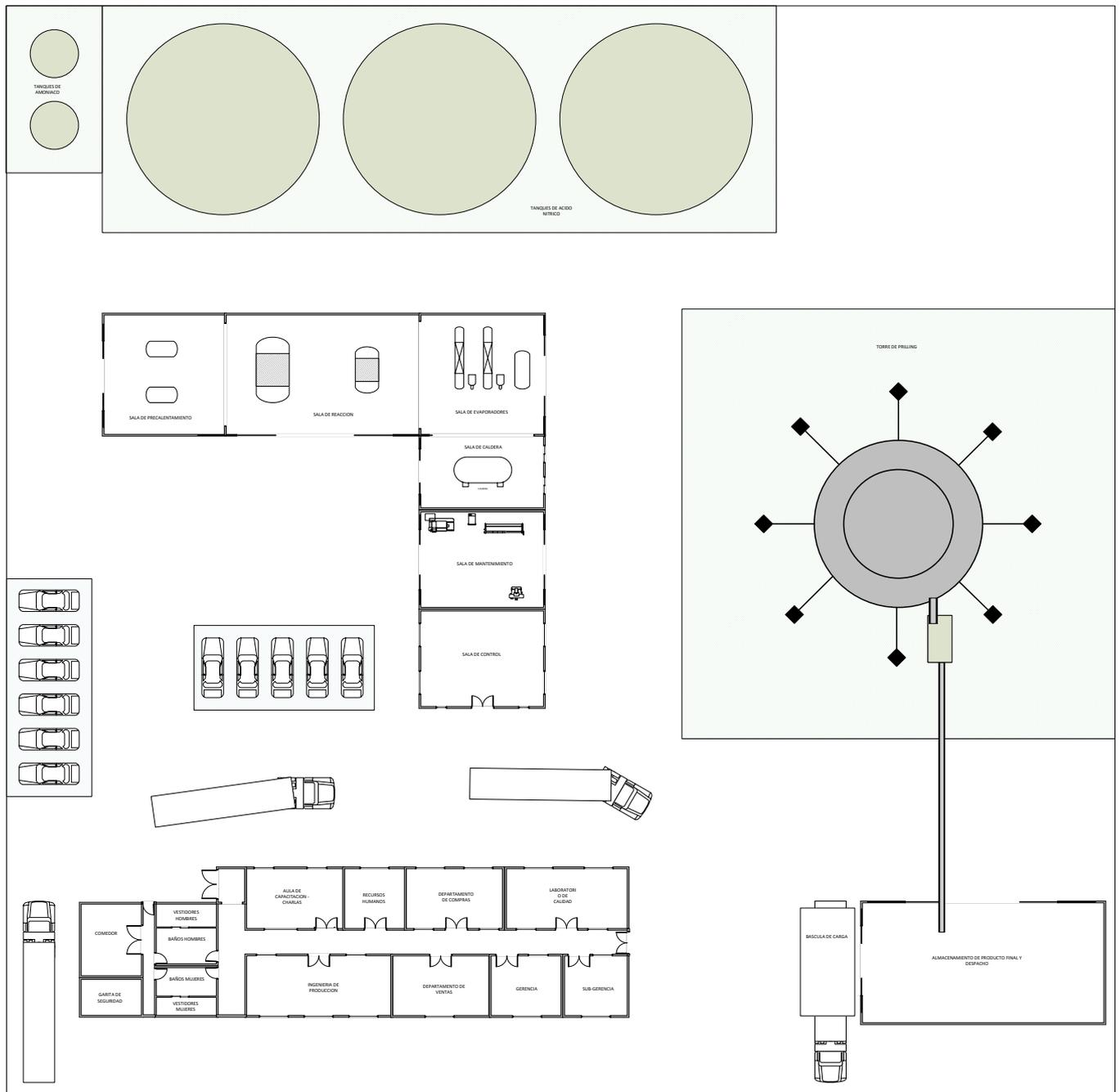
### **6.2.5. Almacén de producto terminado**

- Se considerarán 200 m<sup>2</sup> de almacén, con una altura de 10 m. Así, la superficie total cubierta permite almacenar producto terminado por casi 3 meses.

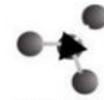
### **6.2.6. Sector de carga de camiones**

- Este sector está al lado del almacenamiento y consiste en una superficie 90 m<sup>2</sup> con techo, destinado a la carga de camiones con producto terminado.

### 6.3. DIAGRAMA DE PLANTA



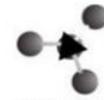
**Figura 22. Diagrama de la planta**  
**Fuente: Elaboración propia**



#### **6.4. CONCLUSIÓN-CAPÍTULO6-DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA**

En el presente capítulo se determinó la superficie necesaria para la planta de interés. Se realizó el cálculo correspondiente de almacenes, edificio, planta.

De esta manera, se determinó un programa de abastecimiento y programa de venta adecuado a las necesidades, determinando las áreas necesarias. Se consideró que el transporte sería realizado con el utilitario seleccionado en el capítulo de ingeniería de detalle, para lo cual se deberá considerar los costos correspondientes de transporte.



# CAPITULO 7

## 7. ASPECTOS ORGANIZACIONALES



## **7.1. INTRODUCCIÓN**

En dicho capítulo se desarrollará toda la documentación requerida para la organización de la empresa, organigramas, fichas de funciones, y cantidad de empleados necesarios para el óptimo funcionamiento de la empresa.

Para establecer una estructura de organización planeada, se clasifica y se agrupa las actividades de la empresa con el fin de poder administrar. En otras palabras el objetivo de la organización es enviar instrucciones a los miembros operantes, recibir y transmitir a la dirección la información que le permitirá funcionar de manera inteligente.

## **7.2. ORGANIZACIÓN DE LA FÁBRICA**

La estructura organizativa, acorde con los requerimientos que exija su ejecución, queda definida por medio de las características específicas y únicas de cada proyecto de inversión.

Es de considerable importancia el análisis y estudio de las variables organizacionales, puesto que la estructura que se adopta para la implementación y operación del proyecto está ligada con los egresos de inversión y costos operativos que pueden determinar su rentabilidad.

Para determinar una aproximación de la estructura orgánica que tendrá la empresa, se debe tener presente que el proceso debe ser seguro y mayormente automatizado, por lo que no se requiere de mano de obra intensiva, y además, la estructura administrativa no será compleja.

Para lograr una óptima producción, y así reducir costos en salarios se intentará tener una estructura lo más acotada y sencilla posible, con la menor cantidad de empleados posible.

## **7.3. PRINCIPIOS DE ORGANIZACIÓN**

Para que una organización tenga una estructura sólida hay que tener en cuenta los siguientes principios generales:

- Separación de funciones de la empresa.
- Establecer las subdivisiones lógicas en la línea de trabajo de esas funciones para que no se solapen o choquen y de tal modo que ningún individuo reciba órdenes directas de más de una persona.
- Especificación neta de cada tarea directiva, en todo el orden sucesivo de los diferentes niveles de la dirección, con el fin de evitar la responsabilidad compartida.
- Delegación apropiada y adecuada de la autoridad a cada miembro en el



orden directivo de su sección, de acuerdo al nivel que ocupa en la dirección.

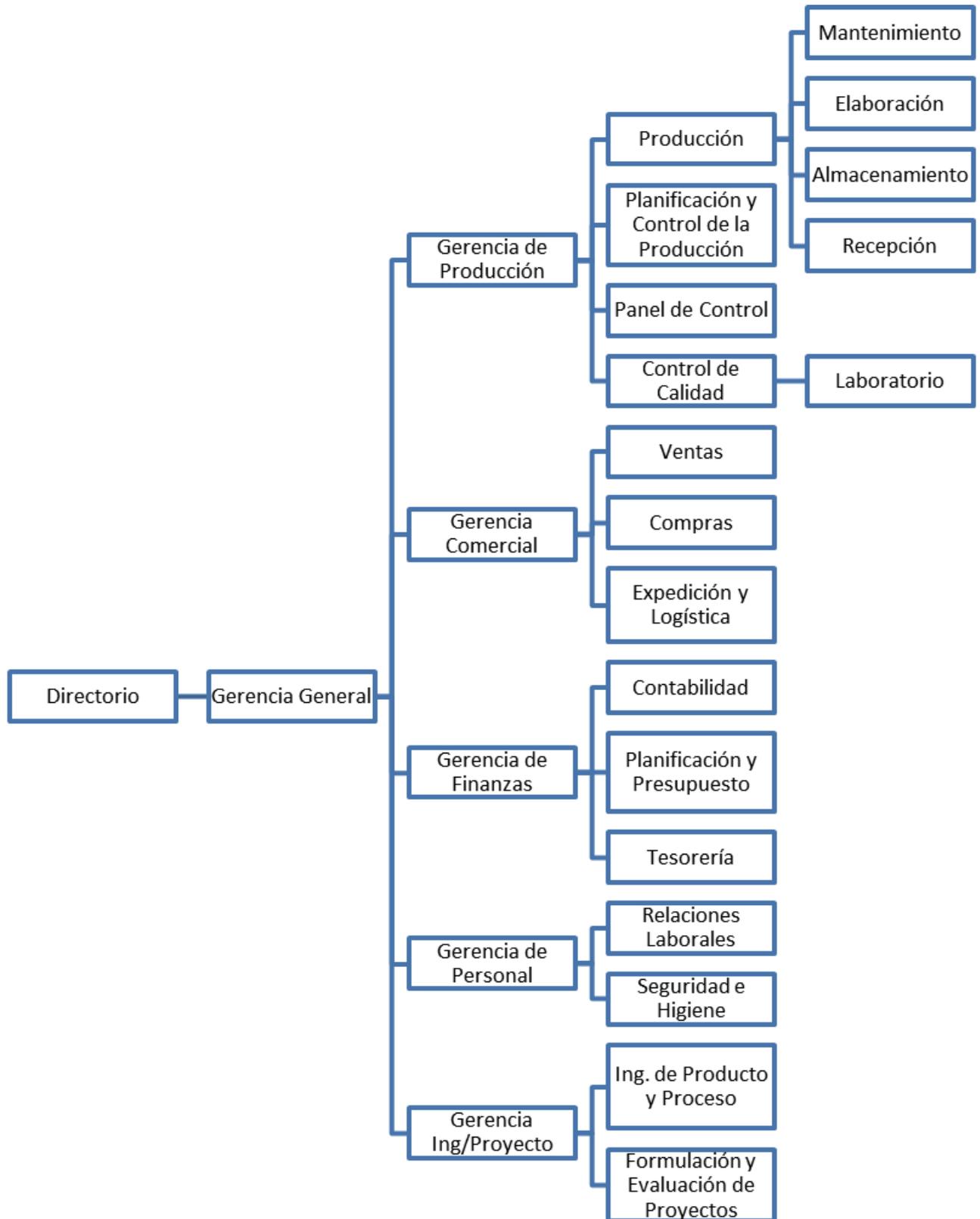
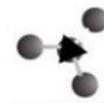
- Selección para cada cargo en el orden selectivo y por cada nivel de éste del individuo más apropiado y conveniente.

### **7.3.1. Organización genérica de la empresa**

Requisitos fundamentales:

- La organización tiene que crearse alrededor de funciones y no de individuos.
- Las funciones estrechamente relacionadas deben colocarse bajo un mismo epígrafe.
- Pueden combinarse algunos deberes con otros que estén tan relacionados con ellos como sea posible de modo que cada grupo pueda ser manejado por una sola persona.

No debe hacerse ningún nombramiento que permita que dos individuos crucen la línea de autoridad y choquen. La autoridad y responsabilidad que acompañan a cada función y subfunción deben limitarse en el manual de organización.



**Figura 23. Organigrama de la empresa**  
Fuente: Elaboración propia



## **7.3.2. Organización de la fábrica para el proyecto**

### **7.3.2.1. Etapa de producción**

Inicialmente en cada etapa el Jefe de Producción está presente acompañado del Operario de Planta; el Jefe toma la responsabilidad de las actividades y también instruye al operario a realizar determinadas tareas, en el tiempo restante el operario se encarga de controlar y reportar al jefe de la planta las actividades asignadas.

Según la Ley 11.544, Jornada de Trabajo, Artículo 3º; cuando los trabajos se efectúen por equipos, la duración del trabajo podrá ser prolongada más allá de las 8 horas por día y 48 semanales, a condición de que el término medio de las horas de trabajo sobre un período de 3 semanas a lo menos, no exceda de 8 horas por día o de 48 horas semanales.

Según el Artículo 2º; la jornada de trabajo nocturno no podrá exceder de 7 horas, entendiéndose como tal a la comprendida entre las 21 y las 6hs.

De acuerdo a esto, se determina que los operarios trabajarán con turnos rotativos de; 9hs los turnos diurnos y 6hs los turnos nocturnos, durante 14 días; rotando el turno nocturno cada 14 días.

## **7.4. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES CARGOS**

Los diferentes cargos predeterminados en la Empresa fueron clasificados según las distintas categorías establecidas en el Convenio Colectivo de Trabajo N° 564/09, el cual rige para todos los trabajadores de la Industria Química y Petroquímica; pudiendo establecer a partir de este la categorización del personal que se ocupará y las distintas escalas de los sueldos básicos que a cada uno le corresponde.

### **Categorías.**

#### **Personal de Producción.**

Categoría "B": El personal comprendido en esta categoría, deberá poseer conocimientos básicos del proceso que realiza, siendo éstos de relación directa con la marcha normal y buen funcionamiento de las unidades operativas donde se desempeñe.

Categoría "A": El personal comprendido en esta categoría es aquel que efectúa tareas en planta y/o secciones productivas, en procesos de fabricación o parte de él, que requiere conocimientos del proceso y experiencias necesarias



adquiridas a través del trabajo realizado. A tal fin, deberán interpretar instrumentos de control y/o realizar análisis de rutina, pudiendo introducir modificaciones para la correcta marcha de las unidades operativas donde se desempeña.

Categoría "A 1": Están comprendidos en esta categoría quienes realizan tareas en cada una de las plantas que pueden ser independientes o formar parte de un conjunto más complejo vinculadas entre sí, controladas por medio de tableros unificados o no, que comandan dichas plantas, bajo cuya competencia se encuentra la conducción individual, íntegra y permanente de los procesos continuos. Este personal, basado en los riesgos operativos y complejidad de las Industrias Químicas y Petroquímicas, deberá acreditar conocimientos tales que puedan operar sin supervisión permanente, a los fines de adecuar la seguridad y la producción, conforme a las normas establecidas por la empresa.

Categoría "A 2": Están comprendidos en esta categoría quienes realizan tareas a cargo de una o más plantas formadas por varias otras vinculadas o no entre sí y bajo cuya competencia se encuentra la conducción individual, íntegra y permanente de los procesos continuos en los que el control se realiza por medio de tableros que comandan todas las unidades productivas de planta, conteniendo dichos tableros no menos de cinco lazos de control automáticos (sistemas controladores, registradores controladores, paneles de alarma centralizados, programadores, sistemas de información e indicación al resto de los operadores de planta, sean éstos neumáticos, oleoneumáticos, gráficos, mecánicos, eléctricos y/o electrónicos). Para que estas tareas puedan ser cumplidas con eficiencia, los operadores deberán rendir las condiciones de idoneidad adquiridas a través del desempeño en las tareas descritas en las categorías anteriores, poseyendo aptitudes que demuestren su capacidad y responsabilidad para que se le pueda confiar la seguridad de las plantas que opera, debiendo poseer condiciones para operar con eficacia sin supervisión permanente.

Categoría "A 3": Son aquellos operadores que estando comprendidos en la categoría anterior, utilizan para el desarrollo de sus tareas sistemas computarizados o con microprocesadores, no sólo para el control y operatividad corriente, sino también para programación de secuencias de procesos, siendo también mayor su nivel de responsabilidad por la seguridad y el funcionamiento de las unidades de producción y por su rendimiento y calidad. Para acceder a esta categoría, el operador deberá atender el funcionamiento de una o más plantas de proceso, a través de sistemas computarizados, debiendo haber aprobado la capacitación previa recibida de la empresa.

### **Personal de Mantenimiento.**

Oficial con oficio "A 1": Se consideran como tales a aquellos operarios que realicen algunas de las siguientes tareas: ajustadores de banco cuando realizan



sobre planos piezas completas terminadas con alta precisión (centésimos de milímetro), aptas para repuesto de máquinas de producción y para la cual deben utilizar máquinas herramientas como alesadoras, fresadoras o similares de alta precisión; bobinadores; cañistas, herreros y hojalateros trazadores; carpinteros ebanistas y/o modelistas; fumistas; mecánicos ajustadores de cualquier especialidad, que realicen tareas de precisión en bombas de vacío, compresores de aire, máquinas frigoríficas y a vapor, motores a explosión y a inyección, turbinas; pintores letristas, fileteadores y a soplete, que deberán conocer y efectuar preparaciones de pinturas y superficies (antióxidos, masillados, bases y pulidos); reparadores de calderas, placas y/o tubos; rectificadores de precisión en superficies cilíndricas, exteriores, interiores y planas; sistemas especiales de corte y soldadura con pantógrafo; soldadores eléctricos especializados en soldaduras con aleaciones ferrosas y no ferrosas como plata, cromo, níquel, acero inoxidable, bajo argón y plásticas; soldadores eléctricos especializados en soldaduras de elementos para alta presión, superior a treinta atmósferas de presión de trabajo, soldadores de policloruro de vinilo (PVC), porcelana y vidrio, y torneros herramentistas y matriceros)

Oficial con oficio "A 3": Son aquellos que estando capacitados para realizar alguna de las tareas mencionadas para la categoría anterior en su especialidad, efectúan trabajos para los que le es necesario poseer conocimientos que le permiten realizar sus trabajos sin supervisión directa, para el otorgamiento de esta categoría, el personal deberá efectuar alguna de las siguientes tareas: ajuste de todo tipo y tamaño de cojinetes y control de asentamientos; conocimientos del funcionamiento de las principales máquinas herramientas y de los distintos sistemas y equipos de soldaduras; distintos sistemas y normas de tolerancia para la recepción y montaje de las pinzas y elementos de máquinas e instalaciones; interpretación de folletos, cálculo y elección de cojinetes a rodamiento; interpretación de planos y croquización de piezas de mecanismos e instalaciones, materiales de construcción y elementos ferrosos y no ferrosos para máquinas e instalaciones como así sus propiedades; tratamientos térmicos y ensayos para determinar sus características; montajes de grandes compresores, motores, turbinas y turbocompresores; 9 montajes y alineación de equipos y máquinas: reparación y regulación de bombas, inyectoras y válvulas de grandes compresores y motores.

Medio oficial instrumentista: El personal comprendido en esta categoría, deberá poseer conocimientos de su oficio, siendo las tareas que desarrolla de menor complejidad que la correspondiente al oficial.

Oficial instrumentista "A 1": El personal comprendido en esta categoría es aquel que por su capacidad, conocimiento, preparación y habilidad conoce todos los elementos del control automático, teniendo a su cargo la calibración, desmontaje, reparación, montaje y puesta a punto de los instrumentos de control de procesos y servicios industriales.



Oficial instrumentista "A 3": Son aquellos que, además de estar en condiciones de realizar las tareas de la categoría anterior, se encuentran también capacitados para diseñar modificaciones de circuitos electrónicos que accionen instrumentos o mecanismos eléctricos, electrónicos, mecánicos, neumáticos y/o oleoneumáticos de control, medición y registro, como así mismo quienes reparen cromatógrafos o equipos de alta complejidad tecnológica y también equipos electrónicos.

### **Servicios auxiliares (almacenes, depósitos, despachos, playa, patio, movimientos de materiales, equipos y máquinas)**

Categoría "B": Este personal es aquel que desarrolla sus tareas bajo supervisión, debiendo colaborar con el personal de la categoría superior. Cuando este personal deba realizar tareas de limpieza y destapado de cámaras cloacales de baños o retretes recibirá mientras dure dicha tarea, por cada día trabajado la suma equivalente a dos (2) horas del jornal básico inicial de esta categoría.

Categoría "A": Este personal es aquel que puede desarrollar sus tareas sin supervisión directa, debiendo acreditar un conocimiento general de todos los elementos y procedimientos afines con sus tareas. Se incluye en esta categoría a los guincheros y tractoristas (tractores, zorras, elevadores, automotoristas, pañoleros y jardineros, palas cargadoras y topadoras.

Categoría "A 1": Es aquel que desarrolla sus tareas sin supervisión directa en la preparación, formulación y terminación de los productos solicitados (cocina de colores o similares). Se incluye además en esta categoría a los 13 grueros que manejen plumas de más de 15 metros y conductores de porta contenedores; también quienes preparan y despachan pedidos sin supervisión permanente.

### **Seguridad industrial**

Categoría "A": Es aquel que se desempeña en el sector de la Seguridad Industrial, y que emplea y mantiene los distintos equipos y/o elementos que hacen a la seguridad industrial en el establecimiento, y que por la competencia adquirida a través de la práctica y/o las instrucciones recibidas, pueda realizar sus funciones sin supervisión permanente.

Categoría "A 1": Es aquel que, conociendo la realización de las tareas de la categoría anterior, tiene bajo su responsabilidad la utilización de aparatos detectores de gases inflamables o de ruidos nocivos para la salud humana, tales como exposímetros o decibelímetros. Es, también, quien autoriza o no, la realización de trabajos que puedan resultar peligrosos. Además controla, mantiene y regula sistemas manuales y/o automáticos preventivos contra incendios, contando con la capacidad suficiente para desempeñarse en cualquier situación de accidente, siniestro o riesgo.



## **Personal de laboratorio**

Categoría "B": Comprende al personal que realiza tareas bajo supervisión directa y que posee conocimientos de las funciones de laboratorio, realizando trabajos tales como determinaciones granulométricas, extracción y cuarteo de muestras, preparación de soluciones porcentuales, determinación de densidades, de punto de ebullición, de fusión y similares.

Categoría "A 2": Es aquel que posee título de técnico químico o experiencia similar, que lo habilita para efectuar tareas tales como la realización de análisis cromatográficos y polarográficos; desarrollo e investigación de procesos o mejoras en los ya existentes; desarrollo de técnicas analíticas y ensayos en plantas pilotos sin supervisión permanente.

## **Departamento Ingeniería**

Categoría "B": Comprende al personal que posee conocimientos básicos de oficina técnica y que se desempeña en trabajos generales de la misma, efectuando trabajos tales como: archivo de folletos y planos, colección de copias y colaborando, además, con dibujantes y proyectistas en trabajos de dibujos simples.

Categoría "A": Comprende al personal que, estando capacitado para efectuar las tareas de la categoría anterior, se desempeña como dibujante, realizando tareas tales como: croquización y dibujos de elementos, estructuras, edificios, mecanismos e instalaciones, estando en condiciones además de efectuar el cómputo de materiales.

Categoría "A 1": Es aquel que, estando capacitado para efectuar las tareas de la categoría anterior, realiza trabajos de cálculo, codificaciones y proyectos de estructuras, instalaciones, maquinarias y piezas, como así también proyectos de ampliación de las existentes y de nuevas instalaciones.

Categoría "A 2": Es aquel que, estando capacitado para efectuar todas las tareas enunciadas en la categoría anterior, posee título de técnico en su especialidad y/o experiencia que lo capacita para realizar sin supervisión técnica permanente, trabajos tales como control de calidad de materiales varios, (cerámicos, metálicos y/o plásticos y etc.); control de fabricación de los mismos, su maquinado y tolerancias.

## **Personal de comedor**

Categoría "B": Es aquel que realiza las tareas de cocina y/o comedores. Estará bajo supervisión directa pudiendo reemplazar a la categoría inmediata superior. También están comprendidos en esta categoría el personal de mozos, quienes complementarán sus tareas colaborando en la cocina en los intervalos



anteriores y posteriores al de su función específica.

Categoría "A": Es aquel que revista como cocinero; eventualmente debe ser reemplazado por el de la categoría anterior.

### **Encargado de operaciones**

Tendrá esta denominación todo operario/a, que además de realizar sus tareas habituales, se halla a su cargo la distribución del trabajo entre un grupo de operarios/as y el control de su ejecución. El encargado de operaciones no será responsable de los errores de sus colaboradores y será supervisado por capataces, jefes, etc.

El encargado de operaciones poseerá por lo menos la categoría del operario mejor calificado a su cargo.

### **Personal administrativo**

Administrativo Categoría "B": Archivistas, ficheristas, mensajeros, cadetes, mesa de correspondencia y muestras, copiadores de libros, Telefonista en conmutador con menos de 30 (treinta) internos; dactilógrafos, facturistas, operadores de máquinas o equipos mecánicos de contabilidad, revisores de facturas, ayudantes de: teneduría de libros, exportación, importación, bancarios, etc.; de caja que efectúen registros en libros de: cuentas corrientes, diarios de compra o ventas y/u otros libros auxiliares de contabilidad; ficheristas de inventario permanente, de tipo Kardex y/o similares; operadores de báscula.

Administrativo Categoría "A": Analista de gastos generales y otras cuentas de resultados; operador y perfoverificador; liquidador de facturas de proveedores; cajeros de ventas; cobrador; telefonistas en conmutador con más de 30 (treinta) internos; conciliadores de cuentas corrientes y otras cuentas patrimoniales; secretarías auxiliares de gerencia; corresponsales; demostradores técnicos; promotores; viajantes; vendedores de salón y/o mostrador; taquidactilógrafos; auxiliares de exportación, importación, compras, abastecimiento, ventas, licitaciones, tesorería, relaciones públicas, expedición y recepción; apuntadores liquidadores de producción e inspectores de calidad en cartuchería.

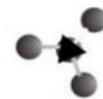
Administrativo Categoría "A 1": Auxiliar de control presupuestario, encargado de operaciones de secciones y/o departamentos, programadores de computadoras.



CATEGORÍAS	MAYO-JUNIO 2016	JULIO-AGOSTO 2016	SEPTIEMBRE 2016-ABRIL 2017	
	Valor hora	Valor hora	Valor hora	Suma Fija Mensual No Remunerativa
<b>OPERARIO</b>				
<b>B</b>	44,246	54,423	59,732	\$2.625
<b>A</b>	47,928	58,951	64,703	\$2.625
<b>A1</b>	51,916	63,857	70,087	\$2.625
<b>A2</b>	56,234	69,168	75,916	\$2.625
<b>A3</b>	60,929	74,943	82,254	\$2.625
<b>PERSONAL ADMINISTRATIVO</b>				
CATEGORÍAS	Valor mensual	Valor mensual	Valor mensual	Suma Fija Mensual No Remunerativa
<b>B</b>	8.930,51	10,984,53	12.056,19	\$2.625
<b>A</b>	10.412,97	12.807,95	14.057,51	\$2.625
<b>A1</b>	11.904,13	14.642,08	16.070,58	\$2.625

**Tabla 32. Escala de sueldos y salarios según categoría**  
**Fuente: Convenio Colectivo de Trabajo 564/09**

Aplicamos la tabla para el caso de nuestra empresa, teniendo en cuenta los puestos y actividades a desarrollar por los operarios.



Área Producción				Sueldo
Función	Operarios	Categoría	Valor hora	
Jefe de PCP	1	A1	70,087	\$14.960
Jefe de Producción	6	A1	70,087	\$62.848
Operarios de planta	18	B	59,732	\$167.670
Jefe de Control	6	A2	75,916	\$66.766
Operarios de Control	12	A1	70,087	\$125.697
Área Calidad				
Función	Operarios	Categoría	Valor hora	
Jefe Control de Calidad	1	A1	70,087	\$14.960
Analista de Laboratorio	2	A	64,703	\$28.025
Auxiliar de Calidad	1	B	59,732	\$2.685
Área Mantenimiento				
Función	Operarios	Categoría	Valor hora	
Jefe de Mantenimiento	1	A2	75,916	\$15.986
Operarios de mantenimiento	3	A1	70,087	\$44.881
Operarios instrumentistas	3	A1	70,087	\$44.881
Área Comercial				
Función	Operarios	Categoría	Valor hora o mensual	
Jefe de Ventas	1	A1	70,087	\$14.960
Jefe de Compras	1	A1	70,087	\$14.960
Auxiliar de Comercial	1	B	12.056,19	\$12.056
Área Finanzas				
Función	Operarios	Categoría	Valor hora o mensual	
Jefe de Planificación y Presupuesto	1	A1	70,087	\$14.960
Auxiliar de Contabilidad	1	A	14.057,51	\$14.058
Auxiliar de Comercial	1	A1	16.070,58	\$16.071
Tesorero	1	A1	16.070,58	\$16.071
Área Recursos Humanos				
Función	Operarios	Categoría	Valor mensual	
Analista de Recursos Humanos	1	A1	16.070,58	\$16.071
Jefe de S&H	1	A1	16.070,58	\$16.071
Área Ingeniería y Proyecto				
Función	Operarios	Categoría	Valor hora o mensual	
Jefe de Ingeniería	1	A2	75,916	\$15.986
Jefe de Proyecto	1	A1	70,087	\$14.960
Auxiliar	1	B	12.056,19	\$12.056
			<b>Total</b>	<b>\$767.639</b>
Gerencias				
Gerente Ing./Proyecto	1		Base	\$18.000
Gerente de Producción	1		Base	\$18.000
Gerente Comercial	1		Base	\$18.000
Gerente de Finanzas	1		Base	\$18.000
Gerente de Personal	1		Base	\$18.000
Gerencia General	1		Base	\$20.000
			<b>Total</b>	<b>\$877.639</b>

**Tabla 33. Escala de Sueldos**  
**Fuente: Elaboración propia**



## 7.5. FICHA DE FUNCIONES

FICHA DE FUNCIÓN	
<b>ÁREA</b> <b>SECTOR</b> <b>FUNCIÓN</b> <b>SUPERVISADO POR</b> <b>SUPERVISA A</b> <b>REPORTA A</b>	Directorio. Oficina del directorio. Presidente. Junta de accionistas. Gerencia general y operaciones. Junta de accionistas.
DEBERES (RESPONSABILIDADES)	
Prever, organizar, coordinar y controlar las actividades de la organización. Toma de decisiones. Proteger la posición financiera de la empresa. Adoptar planes estratégicos. Evaluar rendimiento e idoneidad de la gerencia general. Generar informes periódicos sobre las actividades realizadas.	
PERFIL DEL PUESTO	
Ingeniero con posgrado en administración. Capacidad de liderazgo. Excelente presencia y diplomacia.	

FICHA DE FUNCIÓN	
<b>ÁREA</b> <b>SECTOR</b> <b>FUNCIÓN</b> <b>SUPERVISADO POR</b> <b>SUPERVISA A</b> <b>REPORTA A</b>	Gerencia general Oficina de la gerencia. Gerente General. Directorio. Todas las gerencias Directorio.
DEBERES (RESPONSABILIDADES)	
Poner en práctica políticas, lineamientos estratégicos y otras decisiones del directorio. Identificar y proponer nuevas ideas de políticas, estrategias y programas destinados a mejorar la gestión y las operaciones. Organizar y evaluar programas de capacitación. Asegurar que los recursos humanos en cada dependencia sean apropiados y suficientes. Organizar la respuesta institucional ante situaciones de emergencia. Promover el uso de medidas de seguridad en todos los puestos de trabajo. Generar informes periódicos sobre las actividades realizadas.	
PERFIL DEL PUESTO	
Ingeniero Químico con maestría en finanzas, economía o administración de empresas. Experiencia mínima de 10 años en gestión. Capacidad de liderazgo. Manejo de inglés.	



<b>FICHA DE FUNCIÓN</b>	
<b>ÁREA</b> <b>SECTOR</b> <b>FUNCIÓN</b> <b>SUPERVISADO POR</b>  <b>SUPERVISA A</b>  <b>REPORTA A</b>	Producción Oficinas administrativas. Gerente Gerente general Jefe de Producción/Jefe C.Calidad/Jefe de Mantenimiento/Jefe Panel de Control/Jefe de PCP Gerencia general
<b>DEBERES (RESPONSABILIDADES)</b>	
<p>Proponer a la gerencia general el plan anual de adquisiciones de bienes, materiales y servicios.</p> <p>Formular y proponer a gerencia General el presupuesto anual.</p> <p>Proponer el presupuesto anual de personal.</p> <p>Proponer los perfiles de puestos y la escala salarial, acorde con el cuadro de asignación de personal.</p> <p>Proponer a la gerencia general la actualización del reglamento interno de trabajo.</p> <p>Proponer a la gerencia general el plan de gestión financiera.</p> <p>Generar informes periódicos sobre las actividades realizadas.</p>	
<b>PERFIL DEL PUESTO</b>	
<p>Experiencia mínima de 3 años en el puesto.</p> <p>Manejo de software específico de gestión.</p> <p>Manejo de inglés.</p>	

<b>FICHA DE FUNCIÓN</b>	
<b>ÁREA</b> <b>SECTOR</b> <b>FUNCIÓN</b> <b>SUPERVISADO POR</b>  <b>SUPERVISA A</b>  <b>REPORTA A</b>	Comercial Oficinas administrativas. Gerente Gerente general Jefe de Ventas/Jefe de Compras/Jefe de Expedición y Logística Gerencia general
<b>DEBERES (RESPONSABILIDADES)</b>	
<p>Proponer a la gerencia general el plan anual de adquisiciones de bienes, materiales y servicios.</p> <p>Formular y proponer a gerencia General el presupuesto anual.</p> <p>Proponer el presupuesto anual de personal.</p> <p>Proponer los perfiles de puestos y la escala salarial, acorde con el cuadro de asignación de personal.</p> <p>Proponer a la gerencia general la actualización del reglamento interno de trabajo.</p> <p>Proponer a la gerencia general el plan de gestión financiera.</p> <p>Generar informes periódicos sobre las actividades realizadas.</p>	
<b>PERFIL DEL PUESTO</b>	
<p>Experiencia mínima de 3 años en el puesto.</p> <p>Manejo de software específico de gestión.</p> <p>Manejo de inglés.</p>	



<b>FICHA DE FUNCIÓN</b>	
<b>ÁREA</b> <b>SECTOR</b> <b>FUNCIÓN</b> <b>SUPERVISADO POR</b> <b>SUPERVISA A</b> <b>REPORTA A</b>	Finanzas Oficinas administrativas. Gerente Gerente general Contabilidad/Tesorería/Jefe de Planificación y Presupuesto Gerencia general
<b>DEBERES (RESPONSABILIDADES)</b>	
<p>Proponer a la gerencia general el plan anual de adquisiciones de bienes, materiales y servicios.</p> <p>Formular y proponer a gerencia General el presupuesto anual.</p> <p>Proponer el presupuesto anual de personal.</p> <p>Proponer los perfiles de puestos y la escala salarial, acorde con el cuadro de asignación de personal.</p> <p>Proponer a la gerencia general la actualización del reglamento interno de trabajo.</p> <p>Proponer a la gerencia general el plan de gestión financiera.</p> <p>Generar informes periódicos sobre las actividades realizadas.</p>	
<b>PERFIL DEL PUESTO</b>	
<p>Experiencia mínima de 3 años en el puesto.</p> <p>Manejo de software específico de gestión.</p> <p>Manejo de inglés.</p>	

<b>FICHA DE FUNCIÓN</b>	
<b>ÁREA</b> <b>SECTOR</b> <b>FUNCIÓN</b> <b>SUPERVISADO POR</b> <b>SUPERVISA A</b> <b>REPORTA A</b>	Recursos Humanos Oficinas administrativas. Gerente Gerente general Analista de RRHH/Jefe de S&H Gerencia general
<b>DEBERES (RESPONSABILIDADES)</b>	
<p>Proponer a la gerencia general el plan anual de adquisiciones de bienes, materiales y servicios.</p> <p>Formular y proponer a gerencia General el presupuesto anual.</p> <p>Proponer el presupuesto anual de personal.</p> <p>Proponer los perfiles de puestos y la escala salarial, acorde con el cuadro de asignación de personal.</p> <p>Proponer a la gerencia general la actualización del reglamento interno de trabajo.</p> <p>Proponer a la gerencia general el plan de gestión financiera.</p> <p>Generar informes periódicos sobre las actividades realizadas.</p>	
<b>PERFIL DEL PUESTO</b>	
<p>Experiencia mínima de 3 años en el puesto.</p> <p>Manejo de software específico de gestión.</p> <p>Manejo de inglés.</p>	



<b>FICHA DE FUNCIÓN</b>	
<b>ÁREA</b> <b>SECTOR</b> <b>FUNCIÓN</b> <b>SUPERVISADO POR</b> <b>SUPERVISA A</b> <b>REPORTA A</b>	Contabilidad. Oficinas administrativas. Contador. Gerente de Finanzas  Gerencia de Finanzas.
<b>DEBERES (RESPONSABILIDADES)</b>	
Entrega de informes mensuales, internos y externos. Tareas contables. Análisis de cuentas contables. Cálculo de impuestos, descuentos y cuotas de material laboral. Verificar que los egresos cumplan con la justificación y requisitos señalados por autoridades federales, estatales y de la empresa. Generar informes periódicos sobre las actividades realizadas.	
<b>PERFIL DEL PUESTO</b>	
Título de Contador Público Nacional. 3 años de experiencia en áreas contables públicas o privadas. Manejo de computación e inglés.	

<b>FICHA DE FUNCIÓN</b>	
<b>ÁREA</b> <b>SECTOR</b> <b>FUNCIÓN</b> <b>SUPERVISADO POR</b> <b>SUPERVISA A</b> <b>REPORTA A</b>	Compras Oficinas administrativas. Jefe de Compras. Gerente Comercial. - Gerencia Comercial.
<b>DEBERES (RESPONSABILIDADES)</b>	
Preparar y proponer políticas y procedimientos para el proceso de adquisición de bienes y servicios de la empresa, dentro de los marcos definidos por la gerencia. Responsable de la administración del sistema de proveedores y prestadores de servicios y del control de materiales, bienes muebles e inmuebles de la empresa. Responsable de la gestión de los seguros. Confección de contratos de servicios. Generar informes periódicos sobre las actividades realizadas.	
<b>PERFIL DEL PUESTO</b>	
Administrador de empresas o ingeniero industrial. 3 años de experiencia en el área. Manejo de informática e inglés.	



<b>FICHA DE FUNCIÓN</b>	
<b>ÁREA</b> <b>SECTOR</b> <b>FUNCIÓN</b> <b>SUPERVISADO POR</b> <b>SUPERVISA A</b> <b>REPORTA A</b>	Ventas Oficinas administrativas. Jefe de Ventas. Gerente Comercial. - Gerencia Comercial.
<b>DEBERES (RESPONSABILIDADES)</b>	
Gestión de logística y administración de ventas. Establecer las provisiones de venta. Estudiar la competencia y rendir cuentas a la gerencia. Tener contacto constante con los clientes para conocer su grado de satisfacción. Preparar planes y presupuestos de ventas. Generar informes periódicos sobre las actividades realizadas.	
<b>PERFIL DEL PUESTO</b>	
Ingeniero industrial. Sólida experiencia en el área. Capacidad de liderazgo y de negociación.	

<b>FICHA DE FUNCIÓN</b>	
<b>ÁREA</b> <b>SECTOR</b> <b>FUNCIÓN</b> <b>SUPERVISADO POR</b> <b>SUPERVISA A</b> <b>REPORTA A</b>	Departamento de informática. Oficinas administrativas. Jefe del sector de informática. Gerente administrativo y financiero. - Gerencia de administración y finanzas.
<b>DEBERES (RESPONSABILIDADES)</b>	
Gestión de procesos informáticos. Reparar cualquier falla de índole informática. Mantener los servidores en línea con los equipos. Desarrollar mejoras en los programas de gestión. Mantener actualizado los programas del personal de planta. Generar informes periódicos sobre las actividades realizadas.	
<b>PERFIL DEL PUESTO</b>	
Ingeniero en sistemas. Buen manejo de inglés. 2 años de experiencia en empresas. No ser mayor de 30 años.	



<b>FICHA DE FUNCIÓN</b>	
<b>ÁREA</b> <b>SECTOR</b> <b>FUNCIÓN</b> <b>SUPERVISADO POR</b> <b>SUPERVISA A</b> <b>REPORTA A</b>	Producción Oficina, Ingeniería de Producción. Jefe de Producción. Gerente de Producción. Elaboración/Almacenamiento/ Mantenimiento/Recepción Gerente de Producción.
<b>DEBERES (RESPONSABILIDADES)</b>	
Cumplimentar la producción de reactores tanto en calidad como en cantidad establecida. Organizar y solucionar problemas en su área. Proponer mejoras del proceso. Tener permanente vinculación con el departamento de desarrollo. Supervisar la gente a cargo. Generar informes periódicos sobre las actividades realizadas.	
<b>PERFIL DEL PUESTO</b>	
Ingeniero químico. Experiencia de al menos 3 años en empresas del rubro.	

<b>FICHA DE FUNCIÓN</b>	
<b>ÁREA</b> <b>SECTOR</b> <b>FUNCIÓN</b> <b>SUPERVISADO POR</b> <b>SUPERVISA A</b> <b>REPORTA A</b>	Control de Planta. Sala de control. Control del proceso. Gerente de Producción. Operarios de planta Jefe de Producción.
<b>DEBERES (RESPONSABILIDADES)</b>	
Hacer una correcta gestión con los reactores garantizando su óptimo funcionamiento. Controlar que la catálisis se lleve a cabo correctamente. Establecer programas de recambio de catalizador. Solucionar problemas referidos a su área. Supervisar personal a cargo. Proponer mejoras en forma continua. Generar informes periódicos sobre las actividades realizadas.	
<b>PERFIL DEL PUESTO</b>	
Técnico químico. Manejo intermedio o superior de inglés. Tener conocimientos elementales técnicos de mecánica.	



FICHA DE FUNCIÓN	
<b>ÁREA</b> <b>SECTOR</b> <b>FUNCIÓN</b> <b>SUPERVISADO POR</b> <b>SUPERVISA A</b> <b>REPORTA A</b>	Producción Planta de Producción. Operar en planta. Jefe de Producción. - Jefe de Producción.
DEBERES (RESPONSABILIDADES)	
Operar en planta según lo ordenen sus superiores. Plantear problemas y posibles soluciones al jefe encargado. Operar obedeciendo la reglamentación de la empresa siguiendo un orden y cumpliendo con las normas de seguridad e higiene. Generar informes periódicos sobre las actividades realizadas.	
PERFIL DEL PUESTO	
Técnico electromecánico/químicos	

FICHA DE FUNCIÓN	
<b>ÁREA</b> <b>SECTOR</b> <b>FUNCIÓN</b> <b>SUPERVISADO POR</b> <b>SUPERVISA A</b> <b>REPORTA A</b>	Control de Calidad Laboratorio. Jefe de C.Calidad Gerente de Producción - Jefe de Producción/Gerente de Producción
DEBERES (RESPONSABILIDADES)	
Verificar cumplimiento requisitos de normas aplicadas de calidad Mantener informado a producción de la calidad del producto. Dar aviso de posibles fallas. Generar informes periódicos sobre las actividades realizadas.	
PERFIL DEL PUESTO	
Técnico químico industrial Estar capacitado en gestión de la calidad.	

FICHA DE FUNCIÓN	
<b>ÁREA</b> <b>SECTOR</b> <b>FUNCIÓN</b> <b>SUPERVISADO POR</b> <b>SUPERVISA A</b> <b>REPORTA A</b>	Control de Calidad Laboratorio. Analista de Laboratorio Jefe C.Calidad - Jefe C.Calidad
DEBERES (RESPONSABILIDADES)	
Realizar ensayos de calidad Mantener informado al jefe del sector de la calidad del producto. Dar aviso de posibles fallas. Generar informes periódicos sobre las actividades realizadas.	
PERFIL DEL PUESTO	
Técnico químico industrial Estar capacitado en instrumentación y control.	



<b>FICHA DE FUNCIÓN</b>	
<b>ÁREA</b> <b>SECTOR</b> <b>FUNCIÓN</b> <b>SUPERVISADO POR</b> <b>SUPERVISA A</b> <b>REPORTA A</b>	Mantenimiento. En planta, sala de mantenimiento. Jefe de mantenimiento. Gerente de Producción/Jefe de Producción Técnicos y operarios Gerente de Producción/Jefe de Producción
<b>DEBERES (RESPONSABILIDADES)</b>	
Hacer un correcto plan de mantenimiento. Dar aviso al sector de compras para tener stock de repuestos elementales. Cumplir en tiempo y forma con el plan de mantenimiento establecido. Supervisar personal a cargo. Generar informes periódicos sobre las actividades realizadas.	
<b>PERFIL DEL PUESTO</b>	
Técnico en mantenimiento y servicios. Tener experiencia mínima de 2 años en otra empresa.	

<b>FICHA DE FUNCIÓN</b>	
<b>ÁREA</b> <b>SECTOR</b> <b>FUNCIÓN</b> <b>SUPERVISADO POR</b> <b>SUPERVISA A</b> <b>REPORTA A</b>	Mantenimiento En planta, sala de mantenimiento. Operar en planta. Jefe de Mantenimiento. - Jefe de mantenimiento.
<b>DEBERES (RESPONSABILIDADES)</b>	
Operar en planta según lo ordenen sus superiores. Plantear problemas y posibles soluciones al ingeniero encargado. Proponer mejoras. Operar obedeciendo la reglamentación de la empresa siguiendo un orden y cumpliendo con las normas de seguridad e higiene. Generar informes periódicos sobre las actividades realizadas.	
<b>PERFIL DEL PUESTO</b>	
Técnico electromecánico o técnico químico.	



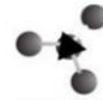
## **7.6. CONCLUSIÓN – CAPÍTULO VII - ASPECTOS ORGANIZACIONALES**

Los motivos y factores expuestos en este capítulo sirven para poder, Gestionar las actividades de la Empresa, como así también determinar los cargos a cubrir por operarios que cumplan con el perfil del puesto, teniendo en consideración las Fichas de Funciones. Esto facilita la determinación de la escala de sueldos y salarios básicos para dichos puestos.

Por tratarse de una empresa con sistemas complejos y muy automatizados, la cantidad de Mano de Obra explícita durante el proceso de manufactura es baja.

Se organizó un organigrama empresarial y se tuvo en cuenta la ley de Contrato de Trabajo y los Derechos y Obligaciones de Trabajadores y Empleadores a la hora de la organización de la empresa; para poder cumplir con las tareas y actividades de cada cargo, sin solapamiento y entrecruzamientos de actividades y con el cumplimiento de las normativas legales vigente.

De esta manera, se buscó poder ser eficientes, eficaces y poder cumplir con la calidad del producto.



# CAPITULO 8

## 8. ASPECTOS NORMATIVOS Y AMBIENTALES



## **8.1. INTRODUCCIÓN**

La Empresa tiene como premisa fundamental la certificación de las Normas ISO 9001 en cuanto a Calidad y Mejora Continua, y las ISO 14001 en cuanto a Gestión Ambiental.

Además, uno de los objetivos del presente capítulo es la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para el montaje de una planta productora de nitrato de amonio grado fertilizante.

La finalidad del estudio es determinar y evaluar los posibles impactos que podría ocasionar la ejecución del proyecto sobre los factores analizados (social, económico, ambiental, etc.) en las etapas de construcción, operación y abandono, y poder dictaminar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), promulgada por un órgano decisor y con la participación pública. Además, se recomendarán medidas de prevención y mitigación correspondientes para minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente.

También se identificarán los residuos generados durante la etapa de operación, los que deberán ser gestionados correctamente con el objetivo de evitar impactos negativos sobre el medio ambiente.

Por otro lado, las Normas de Higiene y Seguridad contribuyen a que el operario trabaje en las mejores condiciones constituyendo así un beneficio para el personal y la empresa.

## **8.2. GESTIÓN DE CALIDAD ISO 9001:2008**

Esta Norma Internacional promueve la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficacia de un sistema de gestión de la calidad, para aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos.

Para que una organización funcione de manera eficaz, tiene que determinar y gestionar numerosas actividades relacionadas entre sí. Una actividad o un conjunto de actividades que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados, se puede considerar como un proceso. Frecuentemente el resultado de un proceso constituye directamente el elemento de entrada del siguiente proceso.

La aplicación de un sistema de procesos dentro de la organización, junto con la identificación e interacciones de estos procesos, así como su gestión para producir el resultado deseado, puede denominarse como "enfoque basado en procesos".

Una ventaja del enfoque basado en procesos es el control continuo que proporciona sobre los vínculos entre los procesos individuales dentro del sistema de procesos, así como sobre su combinación e interacción.



**Un enfoque de este tipo, cuando se utiliza dentro de un sistema de gestión de la calidad, enfatiza la importancia de:**

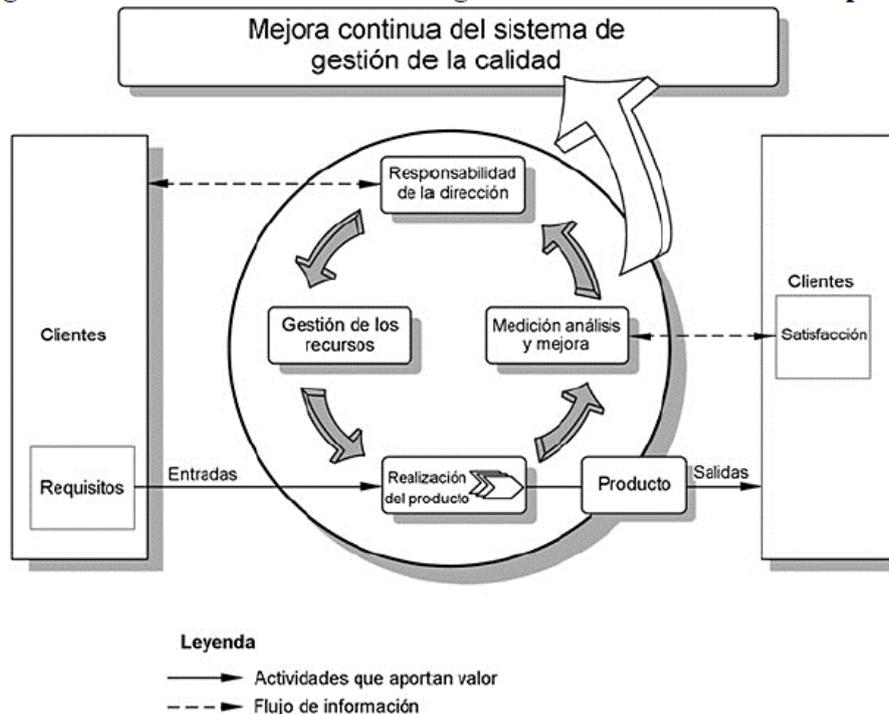
- a) la comprensión y el cumplimiento de los requisitos,
- b) la necesidad de considerar los procesos en términos que aporten valor,
- c) la obtención de resultados del desempeño y eficacia del proceso, y
- d) la mejora continua de los procesos con base en mediciones objetivas.

El modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos se muestra en la Figura. Esta figura muestra que los clientes juegan un papel significativo para definir los requisitos como elementos de entrada. El seguimiento de la satisfacción del cliente requiere la evaluación de la información relativa a la percepción del cliente acerca de si la organización ha cumplido sus requisitos. El modelo mostrado en la Figura cubre todos los requisitos de esta Norma Internacional, pero no refleja los procesos de una forma detallada.

De manera adicional, puede aplicarse a todos los procesos la metodología conocida como "Planificar-Hacer- Verificar-Actuar" (PHVA).

**PHVA puede describirse brevemente como:**

- **Planificar:** establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.
- **Hacer:** implementar los procesos.
- **Verificar:** realizar el seguimiento y la medición de los procesos y los productos respecto a las políticas, los objetivos y los requisitos para el producto, e informar sobre los resultados.
- **Actuar:** tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño de los procesos.



**Figura 24. Modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en proceso**  
**Fuente: Norma ISO 9001.2008**

### **Sus requisitos están basados en los siguientes ocho principios de gestión:**

- Principio 1: Organización centrada en el cliente
- Principio 2: Liderazgo
- Principio 3: Compromiso de las personas
- Principio 4: Enfoque a procesos
- Principio 5: Enfoque hacia la Gestión del Sistema
- Principio 6: Mejora Continua
- Principio 7: Enfoque objetivo para la toma de decisiones
- Principio 8: Relaciones con el suministrador mutuamente beneficioso.

### **Los beneficios de la certificación son:**

- Satisfacción del cliente - mediante la entrega de productos y/o servicios que cumplan sistemáticamente con los requisitos del cliente.
- Reducción de costes de operación - mediante la mejora continua de procesos y su resultado en eficiencia operacional.
- Mejorar las relaciones entre partes interesadas - incluyendo trabajadores, clientes y proveedores.
- Cumplimiento de la legislación - entendiendo el impacto de los requisitos legales en la organización y en sus clientes.
- Mejorar la gestión del riesgo - mediante mayor regularidad y trazabilidad



- de productos y servicios.
- Demostrar sus credenciales - gracias a una auditoría independiente según estándares reconocidos.
- Posibilidad de conseguir más negocio - especialmente cuando la certificación sea un requisito para ser proveedor.

### **8.3. GESTIÓN AMBIENTAL ISO 14001:2004**

La ISO 14001 es el estándar de sistema de gestión que mejor especifica los requisitos de implementación. Una política de calidad que cumpla con los requisitos de la ISO 14001 requiere cumplir con tres aspectos fundamentales:

- Prevención de la contaminación
- Conformidad con la legislación
- Mejora continua

Estos tres aspectos fundamentales ayudan a dirigir las mejoras de gestión medio ambiental.

Se utiliza la ISO 14001 como una herramienta para controlar los aspectos medioambientales de nuestra actividad o la interacción entre nuestra actividad y nuestros productos o servicios y el medio ambiente; por ejemplo, nuestras emisiones al aire, tierra o agua.

La organización identifica las normas legales de obligada aplicación. Es particularmente importante identificar como la legislación afecta nuestra actividad para poder adoptar medidas que serán periódicamente evaluadas asegurando que sus requisitos sean entendidos por los empleados e implementados eficientemente.

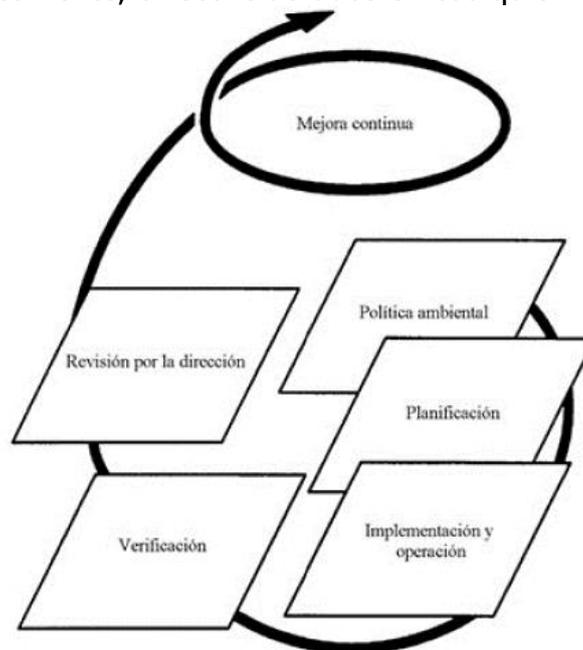
Organizaciones de todo tipo están cada vez más interesadas en alcanzar y demostrar un sólido desempeño ambiental mediante el control de los impactos de sus actividades, productos y servicios sobre el medio ambiente, acorde con su política y objetivos ambientales. Lo hacen en el contexto de una legislación cada vez más exigente, del desarrollo de políticas económicas y otras medidas para fomentar la protección ambiental, y de un aumento de la preocupación expresada por las partes interesadas por los temas ambientales, incluido el desarrollo sostenible.

Muchas organizaciones han emprendido "revisiones" o "auditorías" ambientales para evaluar su desempeño ambiental. Sin embargo, esas "revisiones" y "auditorías" por sí mismas pueden no ser suficientes para proporcionar a una organización la seguridad de que su desempeño no sólo cumple, sino que continuará cumpliendo los requisitos legales y de su política. Para ser eficaces, necesitan estar desarrolladas dentro de un sistema de gestión que está integrado en la organización.

Las Normas Internacionales sobre gestión ambiental tienen como finalidad proporcionar a las organizaciones los elementos de un sistema de

gestión ambiental (SGA) eficaz que puedan ser integrados con otros requisitos de gestión, y para ayudar a las organizaciones a lograr metas ambientales y económicas. Estas normas, al igual que otras Normas Internacionales, no tienen como fin ser usadas para crear barreras comerciales no arancelarias, o para incrementar o cambiar las obligaciones legales de una organización.

Esta Norma Internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental que le permita a una organización desarrollar e implementar una política y unos objetivos que tengan en cuenta los requisitos legales y la información sobre los aspectos ambientales significativos. Es su intención que sea aplicable a todos los tipos y tamaños de organizaciones y para ajustarse a diversas condiciones geográficas, culturales y sociales. La base de este enfoque se muestra en la Figura. El éxito del sistema depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y especialmente de la alta dirección. Un sistema de este tipo permite a una organización desarrollar una política ambiental, establecer objetivos y procesos para alcanzar los compromisos de la política, tomar las acciones necesarias para mejorar su rendimiento y demostrar la conformidad del sistema con los requisitos de esta Norma Internacional. El objetivo global de esta Norma Internacional es apoyar la protección ambiental y la prevención de la contaminación en equilibrio con las necesidades socioeconómicas. Debería resaltarse que muchos de los requisitos pueden ser aplicados simultáneamente, o reconsiderados en cualquier momento.



**Figura 25. Modelo de sistema de gestión ambiental para esta Norma Internacional**  
Fuente: Norma ISO 14001

### **8.3.1. Beneficios de la certificación ISO14001**

- Mejoras del impacto medioambiental guiado por el compromiso de la



- dirección
- Reducciones de costes se pueden realizar gracias a mejoras de la eficacia del uso de energía y del agua, y la reducción de residuos.
  - Reducción del riesgo de incidente contaminantes y otros vertidos al medioambiente y por lo tanto, reducir los costes innecesarios de limpieza y recuperación.
  - Cumplimiento de la legislación gracias a la identificación de nuevas normas en un tiempo adecuado para poder realizar las acciones necesarias
  - Reducción del riesgo de no cumplimiento de la legislación y por lo tanto de las posibles multas y sanciones.
  - Mejora de la imagen de la marca cuando los clientes descubran que la organización controla su impacto en el medioambiente.
  - Mejora del enfoque de negocio y de comunicación de temas ambientales.
  - Mejora de la rentabilidad mediante reducciones de costes y aumento de la satisfacción del consumidor.

## **8.4. IMPACTO AMBIENTAL**

Se define como impacto ambiental a toda acción o actividad que produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes de éste. El término impacto no implica negatividad, ya que éstos pueden ser tanto positivos como negativos. Las alteraciones pueden ser de distintos grados de intensidad en el entorno en el que se desarrolle.

### **8.4.1. Actividades del proyecto en sus distintas fases**

En esta sección del capítulo detallaremos las principales actividades que se llevarán a cabo durante las etapas de construcción, operación y abandono del proyecto. Estas son:

#### **A. Fase de Construcción**

##### **Actividad: Acondicionamiento del terreno y montaje de equipamiento**

- Material Particulado

El transporte de equipos, materiales, tanques de almacenamiento, mejoramiento de accesos internos, excavaciones para las obras civiles y demás actividades dentro de la planta ocasionará la emisión de partículas fugitivas.

- Gases de combustión



La operación de la maquinaria durante la etapa de construcción producirá emisiones de gases de combustión tales como monóxido de carbono, dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

- Incremento de niveles sonoros

La operación de la maquinaria para remoción de la tierra, el montaje y el transporte de materiales de construcción genera ruido. Para prevenir este impacto los equipos y maquinarias estarán en buen estado de funcionamiento y tendrán una revisión técnica al día.

- Uso de agua

La construcción requerirá de agua para la reducción de polvo y procesos constructivos.

- Cambio del paisaje por la presencia física del proyecto

Las características del área del proyecto presenta amplia accesibilidad visual debido a los numerosos puntos de observación como: vías de comunicación, cruce de vías de comunicación y centros poblados.

La obra de construcción de la planta industrial estará a 25km del punto de vista de la ciudad de Bahía Blanca, por lo que la visualización de las obras realizadas será baja.

- Generación de empleo

Este impacto es positivo porque se estima emplear 500 trabajadores.

- Incremento del nivel educativo

Las capacitaciones técnicas y la entrega de certificados a la que accedería la población contratada servirían además de realizar esta actividad, a la posibilidad de acceder a otros empleos similares, con tanto para ello con la certificación respectiva.

### **Actividad: Movilidad y transporte terrestre**

- Gases de combustión

El bajo tráfico adicional debido a los colectivos y transporte esporádico de camiones no incrementará las concentraciones de gases en las zonas periféricas a los caminos de acceso.

- Incremento de tráfico



El transporte de colectivos para el personal incrementará el tráfico existente entre los centros poblados y la planta.

## **B. Fase de Operación**

### **Actividad: Producción de nitrato de amonio**

#### ➤ Efluentes generados

Los efluentes generados en la planta son óxidos de nitrógeno, y en las corrientes de condensado podría encontrarse concentraciones de nitrato de amonio.

#### ➤ Residuos sólidos

Los residuos sólidos (peligrosos y domésticos) se generarán en oficinas, comedores, planta de producción, etc.

#### ➤ Material Particulado

Las principales emisiones de material particulado provendrán de la torre de prilling, y del sistema de tamizado.

#### ➤ Perturbación de la flora y fauna local

La presencia de vegetación y fauna terrestre en el terreno del proyecto y en los alrededores es limitada debido a que la zona es desarrollada industrialmente.

#### ➤ Generación de empleo

Durante la operación se prevén una demanda de mano de obra directa de 100 personas e indirecta 200 personas, dando prioridad a las personas locales que tengan las competencias requeridas para cada actividad.

#### ➤ Mejoras en el nivel de vida familiar

La población local que acceda a un empleo durante la etapa operativa mejorará su nivel de vida al incrementar su poder adquisitivo y satisfacer necesidades básicas personales y familiares.

### **Actividad: Transporte terrestre**

#### ➤ Material Particulado y gases

El tránsito de camiones a través de una vía interna afirmada ocasionará la emisión de material Particulado al aire.



- Incremento de los niveles de presión sonora

El transporte de productos desde la planta no ocasionará efectos sobre los niveles de presión sonora existentes.

- Incremento del tráfico local por transporte de productos

El transporte de productos se realizará en camiones que partirán desde las zonas de almacenamiento a través de una vía interna que conecta las instalaciones del proyecto y la ruta de transporte de carga.

### **C. Etapa de Abandono**

- Material Particulado

Las emisiones de partículas, se generaran debido al transporte de equipos, materiales, tanques de almacenamiento. Estas emisiones serán puntuales y de corta duración, siendo ubicadas en el área de emplazamiento de las instalaciones de la planta, por lo que no se espera que la población local se vea afectada por la emisión de partículas.

- Gases

Durante las operaciones de abandono se producirán emisiones de gases de combustión tales como dióxido de azufre, hidrocarburos, monóxido de carbono, dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno, asociadas al funcionamiento de la maquinaria y vehículos durante el transporte del material.

- Incremento de los niveles de presión sonora

El uso de maquinarias y equipos, el desplazamiento de vehículos pesados, el retiro de las estructuras producirán ruido siendo el personal de obra aquel que tendrá un mayor nivel de exposición.

- Recuperación del suelo

Los suelos quedarán con las mismas características iniciales.

A continuación, la Figura muestra la lista de chequeo con los posibles impactos.

Impactos Generados		Etapa del Proyecto		
		Construcción	Operación	Abandono
AIRE	Nivel de gases	X	X	X
	Nivel sonoro	X	X	X
	Nivel de partículas	X	X	X
	Nivel de olores		X	X
	Clima			
AGUA	Consumo	X	X	
	Calidad del agua	X	X	
	Aporte de sedimentos			
SUELO	Calidad química	X		X
	Estructura	X		
	Edafología	X		
	Relieves y formas			
FLORA	Especies Autóctonas			
	Especies Intraducidas			
FAUNA	Especies Autóctonas			
	Especies Intraducidas			
PAISAJE	Fragilidad			
	Naturalidad	X	X	
	Integración antrópica	X	X	X
	Diversidad			
	Visibilidad			
ECONOMÍA Y SOCIEDAD	Empleo	X	X	X
	Economía nacional		X	X
	Economía local	X	X	X
	Salud		X	
	Servicios	X	X	X
	Educación		X	
	Rutas	X	X	X
	Calidad de vida	X	X	X

**Figura 26. Lista de chequeo de impactos ambientales**  
Fuente: Propia

#### 8.4.2. Medidas de prevención y mitigación

##### ***Medidas de prevención y mitigación para el factor Aire***

- Material Particulado y/o Polvo:
  - Se deberán organizar las excavaciones y movimientos de suelos de modo de minimizar a lo estrictamente necesario el área para desarrollar estas tareas. Las mismas deberían ser evitadas en días



muy ventosos.

- Ruidos y Vibraciones:
  - Las vibraciones de los equipos y maquinarias pesadas y la contaminación sonora por el ruido de los mismos, durante su operación, pueden producir molestias a los operarios y pobladores locales, como por ejemplo durante la demolición de estructuras existentes, excavaciones, compactación del terreno y/o durante la construcción y montaje de la infraestructura (edificios, oficinas, locales, y obras complementarias). Por lo tanto, se deberá minimizar al máximo la generación de ruidos y vibraciones de estos equipos, controlando los motores y el estado de los silenciadores.
  - Concretamente, se deberá evitar el uso de máquinas que producen niveles altos de ruidos (martillo neumático, retroexcavadora, motoniveladora y máquina compactadora) simultáneamente con la carga y transporte de camiones de los suelos extraídos, debiéndose alternar dichas tareas dentro del área de trabajo.
  - No podrán ponerse en circulación simultáneamente más de tres camiones para el transporte de suelos de excavación hacia el sitio de depósito y la máquina que distribuirá y asentará los suelos en este sitio deberá trabajar en forma alternada con los camiones.
- Emisiones Gaseosas:
  - Se deberá verificar el correcto funcionamiento de los motores a explosión para evitar desajustes en la combustión que pudieran producir emisiones de gases fuera de norma.
  - Para los gases de nitrógeno generados durante el proceso; serán tratados para evitar la emanación al ambiente sobre el máximo permitido.
  - Construcción de puertos para Monitoreo en distintos puntos estratégicos de la planta.

### **Medidas de prevención y mitigación para el factor Agua**

- Mejorar el uso del agua y la eficiencia de las conducciones.
- Poner en marcha programas de medición y de detección de filtraciones de agua.
- Reducir el consumo cambiando el tipo de sistema de aplicación del agua, o utilizando contadores.
- Reducir las necesidades de refrigeración por medio de la optimización de la reutilización del calor.

### **Medidas de prevención y mitigación para el factor Suelo y Paisaje**

- Reglamentar el uso del suelo en el entorno de la obra de toma.
- Control de Excavaciones y Remoción de Suelo.



- Limpieza y remoción de desechos sólidos y líquidos remanentes de los sitios de obras y restauración de elementos dañados.
- Poseer los equipos necesarios para contención de derrames y equipo de protección personal adecuado para el control de emergencias.
- Deberá contar con señalización apropiada con letreros alusivos a su peligrosidad, en lugar y formas visibles.

### **Medidas de prevención y mitigación para el factor Economía Nacional y Local**

- Durante el desmantelamiento de infraestructuras en la Fase de Abandono; desmantelar y demoler todas las infraestructuras temporales demolidas, entregar a la comunidad el material que pueda ser reutilizable, limpiar y despejar la zona de cualquier elemento extraño al ambiente natural y por último restaurar ecológicamente las zonas intervenidas.

### **Medidas de prevención y mitigación para el factor Rutas**

- Se deberá controlar el correcto estado de mantención y funcionamiento del parque automotor, camiones, equipos y maquinarias pesadas, tanto propio como de los subcontratistas, así como verificar el estricto cumplimiento de las normas de tránsito vigentes, en particular la velocidad de desplazamiento de los vehículos.

### **Medidas de prevención y mitigación para el factor Seguridad Operacional (calidad de vida)**

- Prevenir Riesgos Laborales e identificar las áreas de riesgo con una señalización adecuada, de tal manera que los trabajadores se encuentren en un ambiente laboral seguro.
- Realizar un programa de verificación de señales que permita identificar las áreas de riesgo sin señalar y dar mantenimiento a las señales instaladas dañadas.
- Diseñar e Implementar un Programa de Señalización en toda la Planta.
- El Plan de Señalización se ejecutará especialmente en las áreas críticas o de mayor riesgo (Áreas de Riesgo de explosión, generación de impactos ambientales negativos, área de manejo del producto final, almacenamiento, talleres) para lo cual se considera la aplicación de las Normas de Señalización descritas en el aspecto legal.
- Instalar señales verticales y horizontales de acuerdo a las áreas y el los riesgos identificados (informativas, prohibición, reglamentación y de advertencia).



## **8.5. NORMATIVA NACIONAL, PROVINCIAL Y MUNICIPAL**

### **8.5.1. Constitución nacional argentina**

Capítulo 2 “Nuevos Derechos y Garantías” - Artículo 41: “Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley. Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales. Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de la protección, y a las provincias las necesarias para complementarlas, sin que aquellas alteren las jurisdicciones locales. Se prohíbe el ingreso al territorio nacional de residuos actual o parcialmente peligrosos, y de los reactivos.”

A partir de los lineamientos establecidos en la Constitución Nacional y en los tratados internacionales ratificados sobre la protección del medio ambiente, la Argentina y la provincia de Buenos Aires cuentan con leyes nacionales y provinciales respectivamente que regulan diversos aspectos relacionados con este asunto, entre las que cabe destacar las siguientes:

### **8.5.2. Ley nacional 25.675: “Ley general del ambiente”**

Esta ley establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable.

La presente ley regirá en todo el territorio de la Nación, sus disposiciones son de orden público, y se utilizarán para la interpretación y aplicación de la legislación específica sobre la materia, la cual mantendrá su vigencia en cuanto no se oponga a los principios y disposiciones contenidas en ésta.

La política ambiental argentina está sujeta al cumplimiento de los siguientes principios: de congruencia, de prevención, precautorio, de equidad intergeneracional, de progresividad, de responsabilidad, de subsidiariedad, de sustentabilidad, de solidaridad y de cooperación.

### **8.5.3. Ley Nacional 25.612: “Gestión integral de residuos industriales y de actividades de servicios.”**



Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio, que sean generados en todo el territorio nacional y derivados de procesos industriales o de actividades de servicios.

Se entiende por proceso industrial, toda actividad, procedimiento, desarrollo u operación de conservación, reparación o transformación en su forma, esencia, calidad o cantidad de una materia prima o material para la obtención de un producto final mediante la utilización de métodos industriales.

Se entiende por actividad de servicio, toda actividad que complementa a la industrial o que por las características de los residuos que genera sea asimilable a la anterior, en base a los niveles de riesgo que determina la presente.

#### **8.5.4. Ley Nacional 20.429: "Ley nacional de armas y explosivos"**

Con esta ley se busca disminuir la tenencia de armas ilegales. En su texto se trata la adquisición, uso, tenencia, portación, transmisión por cualquier título, transporte, introducción al país e importación de armas de fuego y de lanzamiento a mano o por cualquier clase de dispositivo.

En el decreto N°302, se establece la definición de pólvora, explosivos y afines; sustancias o mezclas de sustancias que en determinadas condiciones son susceptibles de una súbita liberación de energía mediante transformaciones químicas; y se realiza una clasificación de los mismos, donde encontramos al nitrato de amonio clasificado en el Grupo B, Clase B-4.

Clase B - 4) Nitrato de amonio: Con no más de dos décimas (0,2) por ciento de sustancias orgánicas o los fertilizantes con más de sesenta y cinco (65) por ciento de nitrato de amonio y hasta dos décimas (0,2) por ciento de sustancias orgánicas.

El decreto presenta su excepción de considerar al nitrato de amonio como explosivo, cuando cuenta con una concentración de menos del 65%.

Así mismo, en el Artículo 4°, se establece que los interesados en realizar actos con explosivos deberán inscribirse en la D.G.F.M (Dirección General de Fabricaciones Militares), la que habilitará un registro con la siguiente clasificación:

- a) Importadores
- b) Exportadores
- c) Fabricantes
- d) Usuarios
- e) Vendedores de primera
- f) Vendedores de segunda
- g) Vendedores de artificios pirotécnicos
- h) Pirotécnicos

Se definen como:



- Vendedor de primera: A las personas físicas o jurídicas autorizadas a vender explosivos a inscriptos.
- Vendedor de segunda: A las que comercializan explosivos dentro del régimen del Artículo 67 de esta reglamentación, donde el Artículo 67° establece que; las ventas de explosivos a pequeños usuarios deberán hacerse por intermedio de los vendedores de 2da. clase, bajo su responsabilidad y en las condiciones de que dejarán constancia de las ventas que realicen, en formularios que al efecto establecerá la D.G.F.M.

Para obtener la inscripción indicada, se deberá enviar una solicitud a la D.G.F.M: especificando la categoría en que desean ser inscriptos. Los pasos a seguir, la renovación, etc. se encuentran en el decreto.

También en el decreto, se establece las cargas máximas permisibles de importación y exportación de nitrato de amonio.

El decreto trata la reglamentación para el almacenamiento de nitrato de amonio Clase B-4, el cual se indica en el Apéndice D.

#### **8.5.5. Ley Provincial N° 11.723: “Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales”**

Esta ley tiene por objeto la protección, conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente en general en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires, a fin de preservar la vida en su sentido más amplio; asegurando a las generaciones presentes y futuras la conservación de la calidad ambiental y la diversidad biológica.

En su desarrollo, se establece los instrumentos de política ambiental; indicando que toda persona física o jurídica, pública o privada, titular de un proyecto en los que su desarrollo genere algún efecto negativo al ambiente de la Provincia de Bs. As.; está obligada a presentar conjuntamente con el proyecto, una EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL.

#### **8.5.6. Ordenanza N° 12091: “Modificando la ordenanza 6209 en relación al impacto ambiental que pueda producir toda obra o actividad”.**

La ordenanza en el Artículo 9° establece que Todo proyecto de obra o actividad que produzca o sea susceptible a producir algún impacto sobre el ambiente en el Partido de Bahía Blanca deberá incorporar en su evaluación el estudio de impacto ambiental.



### **8.5.7. Ordenanza N° 9099: "Participación ciudadana en la evaluación del impacto ambiental".**

La ordenanza establece el procedimiento tendiente a lograr la participación social en la evaluación del impacto ambiental. El Municipio pondrá en conocimiento del H.Concejo Deliberante todo emprendimiento público o privado que pudiere comprometer el medio ambiente con el objeto de contribuir a la evaluación del impacto ambiental.

De esta manera, asegura a los vecinos al derecho a la información, haciendo difusión pública de todas las instancias relacionadas con los trámites.

## **8.6. HIGIENE Y SEGURIDAD**

La Ley 19.587/72 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, Decreto Reglamentario 351/79 establece lo siguiente:

### **8.6.1. Condiciones generales de construcción y sanitarias**

La construcción, modificación y reparación de establecimientos se registrarán según las normas de urbanismo y construcciones vigentes.

Los revestimientos de pisos serán sólidos no resbaladizos. Donde se manipulen elementos tóxicos deben ser resistentes a los mismos, impermeables y no porosos para facilitar la limpieza. Cuando el proceso exponga el piso a humedad debe haber sistemas de drenaje que proteja a las personas.

Las paredes interiores y cielorrasos, puertas y ventanas serán mantenidos en buen estado de limpieza.

Los pisos de los lugares de trabajo, los pasillos de tránsito deben estar libres de obstáculos para facilitar el libre y seguro desplazamiento sobre todo en situaciones de emergencia.

Los espacios entre máquinas o equipos deben ser amplios para permitir el movimiento del personal sin exposición a accidentes.

Conforme a lo establecido, la planta será construida de acuerdo a las normas de urbanismo vigentes, con todas las condiciones necesarias para que los trabajadores puedan realizar sus actividades en forma segura y con comodidad.

Además se dispondrán pasillos para la movilidad del personal, en forma segura. En las áreas de producción contará con un pasillo de 2 m de ancho.

### **8.6.2. Ruidos**

Este riesgo se monitoreará a través de la realización de mediciones de ruido en las diferentes fuentes sonoras y a través de un cálculo se determinará, por local de trabajo, si los niveles hallados superan el máximo establecido, y de ser así sugerir las medidas correspondientes. Para ello se utiliza un decibelímetro integrador.

La Ley reglamenta que si los niveles son inferiores a los 85 db de Nivel Sonoro Continuo Equivalente, sólo se realizarán nuevos relevamientos para controlar que el nivel medido se mantenga y detectar posibles cambios a causa de incorporación de nuevos equipos o maquinarias, sistemas de ventilación o extracción, falta de mantenimiento, etc.

Si el nivel supera los 85 db, se deberá reducir el ruido al mínimo posible desde la fuente que lo produce, colocando carteles indicativos del uso de protección auditiva y además proveer al personal de protectores auditivos.



Señalización en el sector, del uso de protección de auditiva Protectores auditivos.

### 8.6.3. Ventilación

La ventilación en los locales de trabajo debe contribuir a mantener condiciones ambientales que no perjudiquen la salud del trabajador. A su vez los locales deben poder ventilarse perfectamente en forma natural.

Se establece la ventilación mínima de los locales, en función del número de personas, según la Tabla

Tabla 8 - 1: Ventilación

Volumen del local (en metros cúbicos por persona)	Caudal de aire necesario (en metros cúbicos por hora por persona)
3	65
6	43
9	31
12	23
15	18

Fuente: Ley 19587

Figura 27. Ventilación  
Fuente: Ley 19.587

Teniendo en cuenta que la cantidad de personas por turno son 3; se puede concluir que el caudal de aire necesario por persona será muy pequeño, aportado fácilmente por ventilaciones en las paredes.

#### 8.6.4. Iluminación

Según lo establecido por ley, la iluminación en los puestos de trabajo debe cumplir básicamente con los requisitos mínimos:

- La composición espectral de la luz debe ser adecuada a la tarea a realizar, de modo que permita observar o reproducir los colores en la medida que sea necesario.
- Se debe evitar el efecto estroboscópico en los lugares de trabajo.
- La iluminancia debe ser adecuada a la tarea a efectuar.
- Las fuentes de iluminación no deben producir deslumbramientos, directo o reflejado.

Los niveles de iluminación deben encuadrarse dentro de lo establecido en la ley para industria química:

##### QUÍMICA

Planta de procesamiento:

Circulación general.	100
Iluminación general sobre escaleras y pasarelas	200
Sobre aparatos:	
Iluminación sobre plano vertical	200
Iluminación sobre mesas y pupitres	400
Laboratorio de ensayo y control:	
Iluminación general	400
Iluminación sobre el plano de lectura de aparatos	600

#### 8.6.5. Equipos de protección personal

El equipo de protección personal se debe utilizar dependiendo de la actividad realizada.

El operador debe utilizar equipo adecuado como zapatos de cuero y suela de caucho, pantalón y camisa con una talla ajustada y cómoda, casco, lentes, y en algunos casos tapones auditivos.





### **8.6.6. Elementos de protección industrial**

En líneas generales las máquinas y herramientas deben reunir las siguientes condiciones de seguridad:

Las máquinas y herramientas deben ser seguras y en caso que presenten algún riesgo para las personas que la utilizan, deben estar provistas de la protección adecuada.

Los motores que originen riesgos deben estar aislados. Asimismo deben estar provistos de parada de emergencia que permita detener el motor desde un lugar seguro.

Todos los elementos móviles que sean accesibles al trabajador por la estructura de las máquinas, deben estar protegidos o aislados adecuadamente.

Las transmisiones -árboles, acoplamientos, poleas, correas, engranajes, mecanismos de fricción y otros- deben contar las protecciones más adecuadas al riesgo específico de cada transmisión, a efectos de evitar los posibles accidentes que éstas pudieran causar al trabajador.

Las partes de las máquinas y herramientas en las que existan riesgos mecánicos y donde el trabajador no realice acciones operativas, deben contar con protecciones eficaces, tales como cubiertas, pantallas, barandas y otras.

Los requisitos mínimos que debe reunir una protección son:

- Eficacia en su diseño.
- De material resistente.
- Desplazamiento para el ajuste o reparación.
- Permitir el control y engrase de los elementos de las máquinas.
- Su montaje o desplazamiento sólo puede realizarse intencionalmente.
- No constituyan riesgos por sí mismos.
- Constituir parte integrante de las máquinas.
- Actuar libres de entorpecimiento.
- No interferir, innecesariamente, al proceso productivo normal.
- No limitar la visual del área operativa.
- Dejar libres de obstáculos dicha área.
- No exigir posiciones ni movimientos forzados.
- Proteger eficazmente de las proyecciones.

### **8.7. INFORMACIÓN DE SEGURIDAD A LA HORA DE MANIPULAR LA MAQUINARIA**

Se sugiere leer y entender los manuales de instalación, operación y mantenimiento que provee el fabricante de la maquinaria, si no se tiene alguno puede utilizar este programa como guía.

No hay que pasar desapercibidos los avisos de advertencia y cuidado,

generalmente un aviso de advertencia indica una condición posiblemente insegura que podría causar lesiones a personas, mientras que un aviso de cuidado indica una condición que podría ocasionar daños a los equipos.

**Para protección personal, se deben seguir ciertos lineamientos y normas que evitan accidentes, y daños a los equipos.**

- El operador de la maquinaria no debe llevar ningún artículo como cadenas o anillos. No debe llevar la ropa suelta y si en alguna ocasión utiliza el pelo largo debe tenerlo atado.
- Para mayor seguridad, las máquinas debe ser operada solamente por una persona.
- Si el operador no es técnico, en ningún momento debe tratar de reparar el equipo a la hora de que éste sufra un desperfecto, sino que debe abocarse a personal altamente especializado, es decir, al Jefe de Producción.
- Durante el funcionamiento de la maquinaria, se debe evitar que personal no especializado se acerque al área de operación.
- En el caso de las extrusoras, los dados trabajan a altas temperaturas y por lo general no se encuentran aislados, para estos casos, es recomendable que los operadores trabajen con guantes específicos para la operación y tener cerca del extrusor, el equipo de primeros auxilios, así como también un extintor de incendios tipo C el cual es utilizado para incendios eléctricos.
- Todo el cableado se debe tener en perfectas condiciones. Se deben aislar los contactos de las cintas calefactoras y verificar las conexiones a tierra. Se deben señalar los canales de cableado eléctrico, así como colocar letreros o afiches de precaución para indicar lugares de alta tensión.
- El plástico genera electricidad estática y para evitar choques eléctricos se deben utilizar zapatos adecuados.
- Mantener las instalaciones limpias, ordenadas, no colocar piezas, accesorios o herramienta encima de la maquinaria; mantener las escaleras y el área perimetral libre de sustancias deslizantes como lubricantes y grasas.



**OBLIGATORIO  
LEER EL LIBRO  
DE INSTRUCCIONES**

### **8.7.1. Advertencias**

- Verificar a que voltaje opera el equipo.
- No tocar ninguna conexión eléctrica sin antes asegurarse que se ha desconectado la alimentación de potencia.
- Antes de conectar la alimentación, asegúrese que el sistema está debidamente puesto a tierra.



- Evitar exponerse durante un tiempo prolongado a máquinas con alto nivel de ruido. Asegurarse de utilizar dispositivos de protección para los oídos de modo de reducir los efectos auditivos perjudiciales.
- No pasar por alto ni desactivar dispositivos protectores ni guardas de seguridad.
- Asegurarse que la carga está debidamente acoplada al eje (flecha) del motor antes de alimentar potencia.
- Tener sumo cuidado y usar procedimientos seguros durante el manejo, levantamiento, instalación, operación y mantenimiento del equipo.
- Antes de hacer mantenimiento en el motor, asegurarse que el equipo conectado al eje del motor no pueda causar rotación del eje. Si la carga pudiese producir rotación del eje, desconectar la carga del eje del motor antes de efectuar el mantenimiento.
- Antes de desarmar el motor, desconectar completamente la alimentación de electricidad de los devanados del motor y los accesorios.
- Verificar que la aplicación de los motores sea realmente para las condiciones que fueron diseñados: exposición al polvo, vapores inflamables o combustibles, condiciones de operación a prueba de explosión, etc.
- No retirar los protectores de las cintas calefactoras a menos que esté programado realizar algún tipo de mantenimiento. Cuando se tengan que mover o limpiar partes calientes del equipo, que generalmente se debe realizar cuando el mismo se encuentra a altas temperaturas; se debe de utilizar guantes de cuero o de amianto.
- Por ningún motivo el operario debe abrir el panel de control.
- Por ningún motivo se deben poner las manos cerca de lugares peligrosos cuando las máquinas esté en funcionamiento por ejemplo: rodillos de presión, engranajes, cadenas, fajas, moldes y sistema de extrusión cuando éstos se encuentran a altas temperaturas o funcionando.
- Nunca eliminar los guardas de seguridad, ni obstruir los mecanismos de seguridad mientras la máquina está en funcionamiento.
- El agua es un buen conductor de la electricidad, por lo que este equipo en ningún momento debe de ponerse en contacto con líquidos, ya que se podría ocasionar un incendio.
- No encender las máquinas si previamente no se ha certificado que el cableado de corriente de la misma esté en perfectas condiciones.
- Antes del arranque del motor principal supervisar que la temperatura de operación de la extrusora sea la asignada, si se opera sin previo calentamiento puede ocasionar que el husillo se quiebre o se deforme, y provocar daños al cañón.



Figura 28. Señales de seguridad que se encuentran en las máquinas  
Fuente: Ley 19.587

- A) Cautela, choque eléctrico, conecte el alambre de tierra.
- B) Cautela, equipo en rotación mantenga cualquier objeto y manos alejadas.
- C) Cautela, alta temperatura no tocar.
- D) Cautela, no encienda ninguna llama.
- E) Cautela, equipo rodando mantenga las manos lejos.
- F) Cautela, equipo que prensa mantenga las manos lejos.
- G) Cautela, equipo que corta mantenga las manos lejos.
- H) Cautela, peligro no tocar.
- I) Cautela, choque eléctrico opere cuidadosamente.

## 8.8. SEÑALIZACIÓN Y EQUIPOS EXTINTORES

La ley reglamenta que la cantidad de matafuegos necesarios en los lugares de trabajo, se determinarán según las características y áreas de los mismos, importancia del riesgo, carga de fuego, clases de fuegos involucrados y distancia a recorrer para alcanzarlos.

Las clases de fuegos se designarán con las letras A - B - C y D y son las siguientes:

Clase A: Fuegos que se desarrollan sobre combustibles sólidos, como ser

madera, papel, telas, gomas, plásticos y otros.

Clase B: Fuegos sobre líquidos inflamables, grasas, pinturas, ceras, gases y otros.

Clase C: Fuegos sobre materiales, instalaciones o equipos sometidos a la acción de la corriente eléctrica.

Clase D: Fuegos sobre metales combustibles, como ser el magnesio, titanio, potasio, sodio y otros.

	AGUA	ESPUMA	POLVO ABC	ANHIDRIDO CARBONICO	HALON	POLVOS ESPECIALES
<b>A</b> SÓLIDOS	<b>SI</b> Muy eficiente	<b>SI</b> Relativamente eficiente	<b>SI</b> Muy eficiente	<b>NO</b> utilizar	<b>SI</b> Relativamente eficiente	<b>NO</b> utilizar
<b>B</b> LIQ. INFLAM.	<b>SI</b> Relativamente eficiente	<b>SI</b> Muy eficiente	<b>SI</b> Muy eficiente	<b>SI</b> Relativamente eficiente	<b>SI</b> Muy eficiente	<b>NO</b> utilizar
<b>C</b> ELECTRICIDAD	<b>NO</b> utilizar	<b>NO</b> utilizar	<b>SI</b> Muy eficiente	<b>SI</b> Muy eficiente	<b>SI</b> Muy eficiente	<b>NO</b> utilizar
<b>D</b> METALESCOMB	<b>NO</b> utilizar	<b>NO</b> utilizar	<b>NO</b> utilizar	<b>NO</b> utilizar	<b>NO</b> utilizar	<b>SI</b> Muy eficiente

**Figura 29. Clase de Extintores**

Fuente: [www.grippaldi.com.ar](http://www.grippaldi.com.ar)

Deberá instalarse como mínimo un matafuego cada 200 metros cuadrados de superficie a ser protegida. La máxima distancia a recorrer hasta el matafuego será de 20 metros para fuegos de clase A y 15 metros para fuegos de clase B.

Para señalar la ubicación de un matafuego se debe colocar una chapa baliza, tal como lo muestra la figura siguiente. Esta es una superficie con franjas inclinadas en 45 ° respecto de la horizontal blancas y rojas de 10 cm de ancho.

La parte superior de la chapa deber estar ubicada a 1,20 a 1,50 metros respecto del nivel de piso.



**Figura 30. Chapas balizas**

En lo que respecta a esta planta, se deberá utilizar matafuegos clase A y clase B con la correspondiente señalización. Se instalarán 8 matafuegos ubicados estratégicamente de forma tal que la distancia máxima a recorrer hasta los mismos sea menor a 20 metros.

## **8.9. SISTEMA DE ALARMA DE EVACUACIÓN**

Sonido de sistema, la cual debe ser activada solo en caso de emergencia y significa evacuación inmediata desactivándose cuando ya haya pasado la emergencia. Se determinan puntos estratégicos dentro de la empresa.

Es de vital importancia que estos sistemas de alarma sean activados solo para evacuar. Cuando se escuche el sonido de la sirena se debería aplicar el procedimiento de evaluación utilizando en las prácticas que se han hecho.



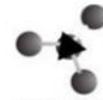
## **8.10. CONCLUSIÓN – CAPÍTULO 8 – ASPECTOS NORMATIVOS Y AMBIENTALES**

En esta sección se analizó la normativa correspondiente para el proyecto de interés, tanto de buenas prácticas de manufactura, como todas aquellas leyes medioambientales de interés.

De esta manera, se identificaron los problemas ambientales inherentes al proyecto y las posibles maneras de prevenirlos y mitigarlos. Además se determinaron las principales actividades que se llevarán a cabo durante las distintas fases que se presentan en un proyecto: construcción, operación y abandono. Se puede observar que el impacto ocasionado al medio ambiente no será de gran magnitud pero sí es muy importante la seguridad industrial, ya que se trabaja con un producto clasificado como explosivo.

Al localizar la planta en un complejo industrial, los impactos a diversos factores como el suelo, fauna y la sociedad están en cierta medida contempladas desde el momento en el cual se construyó el parque industrial.

Además, se analizó en forma general la Ley de Higiene y Seguridad, para tomar las precauciones y formas de acción para prevenir accidentes y posibles siniestros.



# CAPITULO 9

## 9. EVALUACIÓN ECONÓMICA



## **9.1. INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se analizará la posible viabilidad o factibilidad económica que puede presentar este proyecto, a través de la alternativa propuesta. El método aplicado para realizar dicho estudio será el de criterios de Valor Actual Neto (VAN), el que nos dará el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuro evaluados en un horizonte de vida de la alternativa de proyecto de 5 y 10 años, y la Tasa Interna de Retorno (TIR), la que establece la tasa a la cual se recuperará la inversión. Así, se analizará la rentabilidad del proyecto a través de herramientas que tienen en cuenta el valor del dinero en el tiempo de todos los flujos de caja producidos durante un período de evaluación.

Se llevará a cabo una evaluación detallada de las características del proyecto propuesto: se estudiará la tasa de descuento, estructura de costos, realizaremos el cálculo del punto de equilibrio, y beneficios; y se observará la rentabilidad.

Se determinará cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para llevar a cabo el proyecto, cuál será el costo total de operación de la planta, así como otra serie de indicadores que servirán como base para la parte final y definitiva del proyecto, que es la evaluación económica.

Luego se completará el estudio en los capítulos posteriores, por medio de un análisis de riesgos y sensibilidad, por medio de éste último se determina hasta qué punto se puede modificar una variable para que el proyecto siga siendo rentable o sea rentable en caso de no serlo.

De esta manera, se realizará el análisis para el diseño planteado, y de este modo, se dará a conocer si es conveniente.

## **9.2. ESTRUCTURA DE COSTOS**

### **9.2.1. Inversión inicial**

Las erogaciones que deberían realizarse previo a comenzar a operar una planta industrial son los denominados costos de inversión. Éstos representan una significativa cantidad de dinero, el cual será destinado a realizar varias acciones requeridas antes de la puesta en marcha.

Así, las inversiones efectuadas antes de la puesta en marcha del proyecto se pueden agrupar en tres tipos:

- **Activos Fijos:** son aquellas inversiones que se realizan en los bienes tangibles que se utilizarán en los procesos de transformación de los insumos o que sirvan de apoyo a la operación normal del proyecto, tales como el terreno, obras físicas, infraestructura de servicios, etc.
- **Activos Intangibles:** son todas aquellas inversiones que se realizan



sobre activos constituidos por los servicios adquiridos necesarios para la puesta en marcha del proyecto, tales como gastos de organización, patentes, licencias, gastos de puesta en marcha, etc. También pueden considerarse como **Cargos Diferidos** y son susceptibles de amortización, y afectarán al flujo de caja indirectamente. Entre estos costos encontramos la inscripción en la Subsecretaría de Trabajo, en distintos organismos, como Sindicato, ART, AFIP, Seguridad Social, etc. que representan un costo de \$25.000, los honorarios mínimos de asesor en el ámbito contable, o sea un contador público, para realizar la constitución de sociedades de cualquier naturaleza son de \$10.000, además la remuneración estipulada de un abogado es aproximadamente \$10.000. Esto conlleva a un total de \$45.000 para la constitución de la empresa. Además, siempre surgen otros tipos de gastos difíciles de prever, por lo que la empresa propondría un excedente de \$55.000. Totalizando como Cargos Diferidos \$100.000.

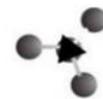
- **Capital de Trabajo:** constituye el conjunto de recursos necesarios en la forma de activos corrientes, para la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo para una capacidad y tamaño determinado. Se calcula como la diferencia entre el activo circulante y pasivo circulante.

En la siguiente tabla se realizó una puesta con todos los posibles tangibles e intangibles que serían necesarios disponer para poder llevar a cabo la puesta en marcha de la industria. En la misma se clasifican los bienes acordes a su naturaleza.

Cabe mencionar que para el cálculo de los costos de puesta en marcha se utilizó el modelo de Lang a partir de los costos totales de equipos y maquinarias (PCE), utilizando un 30% para la instalación de equipos de proceso, un 10% para Compra e instalación de tendido eléctrico, un 10 % para Puesta en Marcha, un 10 % para Contingencias y un 5 % de Diseño e Ingeniería. Las demás necesidades de los equipos, como aire comprimido u otros, ya están contempladas en los costos propios de estos, ya que cada equipo trae sus propios equipos auxiliares y la única necesidad externa es la electricidad.

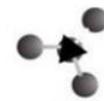
Se tendrá en cuenta para las instalaciones eléctricas a realizar, las especificaciones de los equipos de producción, los cuales traen incorporados los servicios auxiliares necesarios, requiriendo solo la energía eléctrica necesaria. También se considerará dentro de los costos de instalación eléctricas, las necesidades de energía básica de la empresa, representando un total del 30% del PCE.

Por otro lado, no se han considerado otras instalaciones (cañerías de aire comprimido, vapor, sistemas de control, etc.) debido a que los equipos no requieren estos servicios, o bien los traen incorporados.



Producción de Nitrato Amónico	CANTIDAD	Prec.Un (\$)	PRECIO (\$)
<b>INFRAESTRUCTURA</b>			
<b>Terreno</b>			
Valor (m <sup>2</sup> )	6000	7250	43500000
Mejoras	1	300000	300000
Cargos Diferidos (honorarios, contingencias)	1	100000	100000
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 43,900,000</b>
<b>Edificio</b>			
<b>Construcción</b>			
Producción (m <sup>2</sup> )	580	3500	2030000
Almacén de materia prima (m <sup>2</sup> )	200	3500	700000
Servicios Auxiliares (m <sup>2</sup> )	40	4000	160000
Laboratorio (m <sup>2</sup> )	50	5000	250000
Sanitarios y Vestidores (m <sup>2</sup> )	60	4500	270000
Oficinas y Recepción (m <sup>2</sup> )	260	4000	1040000
Depósito de Producto Terminado (m <sup>2</sup> )	200	7000	1400000
Estacionamiento	130	3000	390000
Báscula Mecánica	1	127300	127300
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 6,367,300</b>
<b>MAQUINARIA</b>			
Reactor de Neutralización 1	1	2362500	2362500
Reactor de Neutralización 2	1	1575000	1575000
Evaporadores de film descendente, separador y condensador	3	630000	1890000
Bombas	10	10000	100000
Torre de Prill	1	10000000	10000000
Cinta Transportadora	1	50000	50000
Deshumificadores	2	30000	60000
Caldera de vapor 1 tn/h	1	45000	45000
Tendido Eléctrico	1	1894286	1894286
Cañerías e instalaciones	1	8524286	8524286
Instrumentación	1	2841429	2841429
Tanques de Amoníaco	2	300000	600000
Tanques de Ácido Nítrico	3	900000	2700000
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 32,642,500</b>
<b>RODADOS Y EQUIPOS AUXILIARES</b>			
Auto-Elevador	1	600000	600000
Equipos de laboratorio	1	100000	100000
Elementos de laboratorio (termómetro, pipetas, etc.)	1	50000	50000
Utilitario	1	600000	600000
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 1,350,000</b>
<b>MUEBLES Y ÚTILES</b>			
Computadoras	20	15000	300000
Impresoras	3	4000	12000
Escritorios	20	2000	40000
Sillas	30	550	16500
Mesas	12	4000	48000
Armario	10	25000	250000
Heladera	4	12000	48000
Fax.-Tel.	4	300	1200
Aires Acondicionados	12	10000	120000
			<b>835700</b>
Imprevistos (3%)			25071
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 860,771</b>
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 85,120,571</b>

**Tabla 34. Inversión inicial**  
**Fuente: Elaboración Propia**



CRONOGRAMA DE INVERSIÓN Concepto ( \$ )	MES												INICIO DE ACTIVIDADES Valor Futuro	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Terreno	43500000													\$ 50,203,350,0
Edificación		909614	909614	909614	909614	909614	909614	909614						\$ 7,007,689,2
Compra e Instalación de Equipos						5440417	5440417	5440417	5440417	5440417	5440417	5440417	5440417	\$ 34,043,020,7
Rodados y Equipos Auxiliares												1350000		\$ 1,366,220,3
Muebles y Útiles									286924	286924	286924			\$ 892,214,2
Mejoras del Terreno	300000													\$ 346,230,0
Cargos Diferidos	100000													\$ 115,410,0
<b>Total Mensual</b>	<b>43900000</b>	<b>909614</b>	<b>909614</b>	<b>909614</b>	<b>909614</b>	<b>6350031</b>	<b>6350031</b>	<b>5727340</b>	<b>5727340</b>	<b>5727340</b>	<b>5727340</b>	<b>6790417</b>	<b>6790417</b>	
<b>Total Anual</b>														<b>\$ 93,974,134,4</b>

**Tabla 35. Cronograma de inversiones**  
**Fuente: Elaboración Propia**



Como puede observarse, al momento de hacer el flujo de caja, que comienza con la actividad, la Inversión Inicial que debe ser considerada es la actualizada, dependiendo de cuándo se haga la inversión. Por lo tanto, según la distribución en el Cronograma, se puede conocer el Valor Futuro de cada Ítem actualizándolo con la tasa de descuento calculada de 15,41%.

### **9.2.2. Inversión en capital de trabajo**

Conceptualmente el capital de trabajo está constituido por un conjunto de recursos que, siendo absolutamente imprescindibles para el funcionamiento para del proyecto (no están disponibles para otro fin), son parte del patrimonio del inversionista y por ello tienen el carácter de recuperables.

Resumiendo lo anterior podemos decir que, el dinero que ha de mantenerse en caja y bancos para poder llevar adelante los desembolsos corrientes inmediatos, para la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo y el conjunto de bienes que deben mantenerse en stock componen lo que se conoce como inversión en capital de trabajo.

Se define ciclo productivo al proceso que se comienza con el primer desembolso para cancelar los insumos de la operación y que finaliza cuando se venden los productos terminados, se percibe el producto de la venta y queda disponible para cancelar los nuevos insumos.

Existen diversas formas de calcular la inversión en capital de trabajo, a continuación, expondremos las principales características de tres métodos de cálculo:

#### ➤ **Método del periodo de desfase**

Este método consiste en determinar la cuantía de los costos de operación que deben financiarse desde el momento en que se efectúa el primer pago por la adquisición de la materia prima hasta el momento en que se recauda el ingreso por la venta de los productos, que se destinará a financiar el período de desfase siguiente. Es decir, este método tiene en cuenta el tiempo de recuperación.

El intervalo de tiempo obtenido se utiliza para calcular junto con el costo unitario, la inversión en el costo de capital (ICT).

#### ➤ **Método del déficit acumulado máximo**

Éste se basa en que se calculan los flujos de egresos e ingresos proyectados mes a mes, se calcula el saldo, y posteriormente el saldo acumulado mes a mes. Se toma como valor de ICT (inversión en capital de trabajo) para financiar la operación normal del proyecto, el máximo saldo



acumulado, ya que este refleja la cuantía de los recursos a cubrir durante todo el tiempo para que se mantenga el nivel de operación que permitió su cálculo. El déficit acumulado máximo deberá estar disponible, ya que siempre existirá un desfase entre ingresos y egresos.

➤ **Método contable**

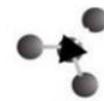
Aquí lo que se hace es cuantificar la inversión requerida en cada uno de los rubros del activo corriente, considerando que estos activos pueden financiarse con pasivos de corto plazo (créditos de proveedores, préstamos bancarios, etc.)

Los rubros del activo corriente que se cuantifican en el cálculo son los siguientes:

- ✓ Saldo óptimo a mantener en efectivo.
- ✓ Nivel de cuentas por cobrar apropiado.
- ✓ Volumen de existencias a mantener.
- ✓ Niveles esperados de deudas a corto plazo.

Debido a que ninguno de estos factores se determinará en esta etapa de pre-factibilidad del proyecto, no será posible utilizar dicho método.

Generalmente el método del déficit acumulado máximo es el más utilizado para proyectos cuya estacionalidad sea marcada, por otro lado el sistema de periodo de desfase es muy útil para aquellos proyectos que tienen periodos de recuperación cortos, sin embargo éste último manifiesta la deficiencia de no considerar los ingresos que se podrían percibir durante el periodo de recuperación (por ventas realizadas a otros consumidores), con lo que el monto así calculado tiende a sobre evaluarse, castigando el resultado de la evaluación. Es por esto que se hará la evaluación del proyecto en base al método del déficit acumulado máximo.



TOTAL FACTURADO (\$)	PAGO CONTADO	PAGO CHEQUE 30 DÍAS
28127250	50%	50%
<b>TOTAL</b>	<b>14063625</b>	<b>14063625</b>

MESES	CAPITAL DE TRABAJO (\$)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Meses												
Ingresos	0	0	0	112,509,000	28,127,250	28,127,250	28,127,250	28,127,250	28,127,250	28,127,250	28,127,250	28,127,250
Egresos	63,583,364	13,933,234	13,933,234	63,583,364	13,933,234	13,933,234	63,583,364	13,933,234	13,933,234	63,583,364	13,933,234	13,933,234
Saldo	-63,583,364	-13,933,234	-13,933,234	48,925,636	14,194,016	14,194,016	-35,456,114	14,194,016	14,194,016	-35,456,114	14,194,016	14,194,016
<b>Saldo Acumulado Máximo</b>	<b>-63,583,364</b>	<b>-77,516,598</b>	<b>-91,449,832</b>	<b>-42,524,196</b>	<b>-28,330,180</b>	<b>-14,136,164</b>	<b>-49,592,278</b>	<b>-35,398,262</b>	<b>-21,204,246</b>	<b>-56,660,359</b>	<b>-42,466,343</b>	<b>-28,272,328</b>
	Pago Barco	Llegada del Barco		Pago Barco	Llegada del Barco		Pago Barco	Llegada del Barco		Pago Barco	Llegada del Barco	
		Stock	Stock	Fin del Stock	Stock	Stock	Fin del Stock	Stock	Stock	Fin del Stock	Stock	Stock

**Tabla 36. Capital de trabajo**  
Fuente: Elaboración Propia



### **9.2.3. Costos fijos de producción**

Se denominan así a aquellos costos que la empresa debe pagar independientemente de su nivel de operación, es decir, produzca o no produzca debe pagarlos.

Un costo fijo, es una erogación en que la empresa debe incurrir obligatoriamente, aun cuando ésta opere a media marcha, o no lo haga, razón por la que son tan importantes en la estructura financiera de cualquier empresa.

Se componen de:

#### **9.2.3.1. Costos por amortizaciones y depreciaciones**

Para el cálculo del Valor de Desecho se utilizó el Método Contable.

Los desembolsos de Amortizaciones y Depreciaciones se calculan teniendo en cuenta los costos de inversión en Activos Tangibles y se pueden ver en la siguiente tabla:



DEPRECIACIONES	TASA DE DEPRECIACIÓN	INVERSIÓN INICIAL (\$)	AMORTIZACIÓN ANUAL (\$)	VIDA ÚTIL	AMORTIZACIÓN TOTAL (\$)
<b>EDIFICIO E INSTALACIONES</b>	<b>Edificios</b>				
Producción (m <sup>2</sup> )	4%	2,030,000	81,200	25	2,030,000
Servicios Auxiliares (m <sup>2</sup> )	4%	160,000	6,400	25	160,000
Laboratorio (m <sup>2</sup> )	4%	250,000	10,000	25	250,000
Sanitarios y Vestidores (m <sup>2</sup> )	4%	270,000	10,800	25	270,000
Oficinas y Recepción (m <sup>2</sup> )	4%	1,040,000	41,600	25	1,040,000
Depósito de Producto Terminado (m <sup>2</sup> )	4%	1,400,000	56,000	25	1,400,000
Estacionamiento	4%	390,000	15,600	25	390,000
Báscula Mecánica	4%	127,300	5,092	25	127,300
<b>SUBTOTAL</b>		<b>5,667,300</b>	<b>226,692</b>		<b>5,667,300</b>
<b>MAQUINARIA</b>	<b>Maquinaria</b>				
Reactor de Neutralización 1	10%	2,362,500	236,250	10	2,362,500
Reactor de Neutralización 2	10%	1,575,000	157,500	10	1,575,000
Evaporadores, Separador Ciclónico y condensador	10%	1,890,000	189,000	10	1,890,000
Bombas	10%	100,000	10,000	10	100,000
Torre de Prill	10%	10,000,000	1,000,000	10	10,000,000
Cinta Transportadora	10%	50,000	5,000	10	50,000
Enfriadores	10%	60,000	6,000	10	60,000
Caldera de vapor 1 tn/h	10%	45,000	4,500	10	45,000
Tendido Eléctrico	10%	1,894,286	189,429	10	1,894,286
Cañerías e instalaciones	10%	8,524,286	852,429	10	8,524,286
Instrumentación	10%	2,841,429	284,143	10	2,841,429
tanques de Amoníaco	10%	600,000	60,000	10	600,000
Tanques de Ácido Nítrico	10%	2,700,000	270,000	10	2,700,000
<b>SUBTOTAL</b>		<b>29,942,500</b>	<b>2,994,250</b>		<b>29,942,500</b>
<b>RODADOS Y EQUIPOS AUXILIARES</b>	<b>Rodados</b>				
Auto-Elevador	20%	600,000	120,000	5	600,000
Utilitario	20%	600,000	120,000	5	600,000
<b>SUBTOTAL</b>		<b>1,200,000</b>	<b>240,000</b>		<b>1,200,000</b>
<b>MUEBLES Y ÚTILES</b>	<b>Muebles</b>				
Computadoras	33%	300,000	99,900	3	299,700
Impresoras	33%	12,000	3,996	3	11,988
Escritorios	33%	40,000	13,320	3	39,960
Sillas	33%	16,500	5,495	3	16,484
Mesas	33%	48,000	15,984	3	47,952
Armario	33%	250,000	83,250	3	249,750
Heladera	33%	48,000	15,984	3	47,952
Fax.-Tel.	33%	1,200	400	3	1,199
Aires Acondicionados	33%	120,000	39,960	3	119,880
<b>SUBTOTAL</b>		<b>835,700</b>	<b>278,288</b>		<b>834,864</b>
<b>CARGOS DIFERIDOS</b>	<b>Cargos diferidos</b>				
Cargos diferidos	50%	100,000	50,000	2	100,000
<b>SUBTOTAL</b>		<b>100,000</b>	<b>50,000</b>		<b>100,000</b>
<b>TOTAL</b>		<b>37,645,500</b>	<b>3,739,230</b>		<b>37,644,664</b>

**Tabla 37. Depreciaciones y Amortizaciones**  
Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.3.2. Costos de personal permanente

En la siguiente tabla se muestran los costos que representa el personal permanente en la planta, se ha utilizado de base el organigrama propuesto en el capítulo 7.

COSTOS FIJOS DE MANO DE OBRA (PERSONAL PERMANENTE)	Personal	Sueldo básico (\$/Mes)	Extra (vacaciones, aguinaldo, etc) (\$/Mes)	Sueldo Bruto (\$/Mes)	Jubilación (\$/Mes)	Obra Social (\$/Mes)	ART (\$/Mes)	Cuota Sindical (\$/Mes)	Aporte Personal (Descuentos) (\$/Mes)	Sueldo Neto (\$/Mes)	Total Anual empleados	Contribuciones Patronales Anuales	Prevision por despidos Anual (20%)	Total Anual
Gerente General	1	45,000	27,000	72,000	4,950	1,350	450	1,350	8,100	63,900	766,800	298,080	153,360	1,218,240
Sub-Gerente General	1	40,000	24,000	64,000	4,400	1,200	400	1,200	7,200	56,800	681,600	264,960	136,320	1,082,880
Jefes de Sector	4	35,000	21,000	56,000	3,850	1,050	350	1,050	6,300	49,700	2,385,600	927,360	477,120	3,790,080
Encargados de Control	9	30,000	18,000	48,000	3,300	900	300	900	5,400	42,600	4,600,800	1,788,480	920,160	7,309,440
Administrativo	1	30,000	18,000	48,000	3,300	900	300	900	5,400	42,600	511,200	198,720	102,240	812,160
Jefe de Mantenimiento	7	23,000	13,800	36,800	2,530	690	230	690	4,140	32,660	2,743,440	1,066,464	548,688	4,358,592
Analista de Laboratorio	3	15,000	9,000	24,000	1,650	450	150	450	2,700	21,300	766,800	298,080	153,360	1,218,240
Técnicos - Operarios	18	15,000	9,000	24,000	1,650	450	150	450	2,700	21,300	4,600,800	1,788,480	920,160	7,309,440
Personal de Limpieza	6	6,000	3,600	9,600	660	180	60	180	1,080	8,520	613,440	238,464	122,688	974,592
<b>TOTAL</b>	<b>49</b>	<b>194,000</b>	<b>116,400</b>	<b>310,400</b>	<b>21,340</b>	<b>7,170</b>	<b>2,390</b>	<b>7,170</b>	<b>43,020</b>	<b>275,480</b>	<b>16,903,680</b>	<b>6,869,088</b>	<b>3,534,096</b>	<b>26,855,424</b>

**Tabla 38. Costos Fijos Mano de Obra permanente**  
Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.3.3. Servicios y otros

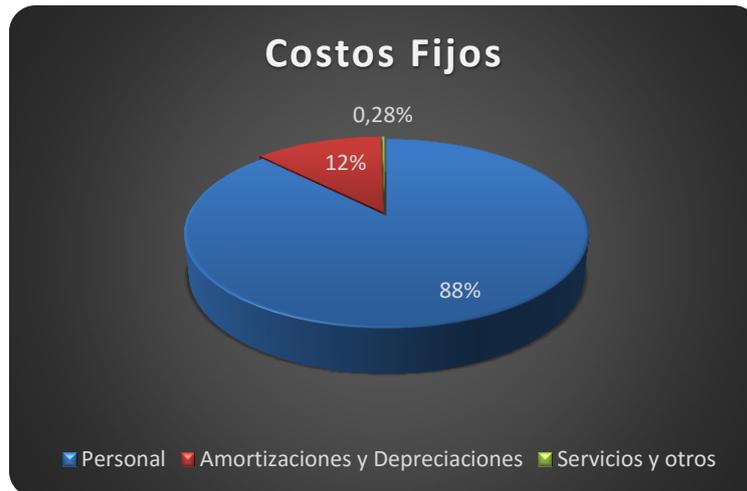
SERVICIOS Y OTROS COSTOS	Precio (\$/año)	Observación
Gastos librería y limpieza	4,650,00	Anual
Agua potable	2,600,00	Anual
Telefonos fijos, celulares e internet	12,500,00	Anual
Seguro del utilitario	800,00	Anual
Servicio de terceros	50,500,00	Anual
Publicidad	15,790,00	Anual
<b>Total</b>	<b>86,840,00</b>	

**Tabla 39. Costos de Servicios y otro**  
Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.3.4. Costos fijos totales

Ítem anual	Costos Totales (\$/año)	Incidencia (%)
Personal	26,855,424,00	87,53%
Amortizaciones y Depreciaciones	3,739,230,10	12,19%
Servicios y otros	86,840,00	0,28%
<b>TOTAL</b>	<b>30,681,494,10</b>	<b>100,00%</b>
<b>Costo fijo unitario (\$/Tn)</b>	<b>613,581</b>	

**Tabla 40. Costos Fijos Totales**  
Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 16. Incidencia en Costos fijos**  
**Fuente: Elaboración Propia**

#### **9.2.4. Costos variables de producción**

Como su nombre lo indica, el costo variable hace referencia a los costos de producción que varían dependiendo del nivel de producción.

Todo aquel costo que aumenta o disminuye según se incremente o descienda la producción, se conoce como costo variable.

Un ejemplo claro de este tipo de costo es la materia prima, ya que entre más unidades se produzcan de un bien determinado, más se requiere, o caso contrario, entre menos unidades se produzcan, menos materia prima se necesita.

El costo variable es importante debido a que éste permite maximizar los recursos de la empresa, puesto que ésta sólo requerirá de los costos que estrictamente requiera la producción, según su nivel.

Además de las materias primas, son parte de los costos variables los insumos, mano de obra y servicio.

##### **9.2.4.1. Materia prima e insumos**

Son dos las materias primas utilizadas para la Producción de Nitrato de Amonio. Las cantidades de cada una se han determinado de acuerdo a la producción establecida en el cálculo del tamaño del proyecto:

MATERIA PRIMA/INSUMOS	Cantidad mensual promedio Tn	Cantidad anual promedio Tn	Costo Unitario (\$/Tn)	Costo Total (\$/año)
<b>Nitrato Amónico</b>				
Amoniaco	1,049,00	12,588,00	6750	84,969,000,00
Ácido Nítrico 60%	3,722,43	44,669,12	4200	187,610,294,12
Acido Nacional al 98%	750	9,000,00	6000	54,000,000,00
<b>TOTAL</b>				<b>326,579,294,12</b>

**Tabla 41. Costo Material Prima**  
Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.4.2. Mano de obra directa

La lista de empleados que están relacionados directamente a la producción y se consideran mano de obra directa se exponen en la tabla siguiente. Nuevamente se tomó como base el organigrama del capítulo 7.

COSTOS VARIABLES DE MANO DE OBRA DIRECTA	Personal	Sueldo Bruto (\$/Mes)	Total Anual empleados (\$/Año)	Total Anual (\$/Año)
	Cantidad	\$	\$	\$
Ingeniero de Seguridad e Higiene	1	32000	340800	541440
Recursos Humanos	2	16000	340800	541440
Chofer de auto elevador	1	12096	128822	204664
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>60096</b>	<b>810422</b>	<b>1287544</b>

**Tabla 42. Costos Variables de Mano de Obra directa**  
Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.4.3. Servicios

SERVICIOS	Cantidad mensual	Precio Unitario	Precio Total [\$/mes]	Costo Anual (\$/año)
Luz [KW]	0,75	-	19,637,49	235,649,83
Gasoil [litros]	48,70	15,83	770,90	9,250,81
Gas	1,00	20,000,00	20,000,00	240,000,00
Transporte de Materias Primas [Km]	-	-		10,505,324,45
<b>TOTAL ANUAL (\$/año)</b>			<b>40,408,39</b>	<b>10,990,225,09</b>

**Tabla 43. Costos de Servicios**  
Fuente: Elaboración Propia

#### 9.2.4.4.Total de costos variables

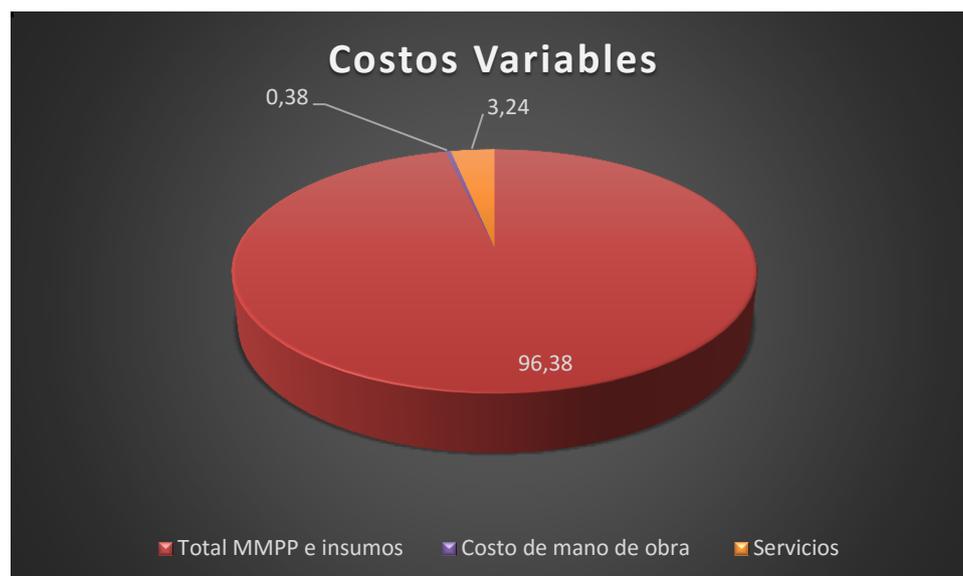
Incidencia de costos de MMPP		
Ítem	Costo Total (\$/Año)	Incidencia (%)
Amoniaco	84,969,000,00	26,02
Ácido Nítrico al 60%	187,610,294,12	57,45
Acido Nacional al 98%	54,000,000,00	16,54
<b>TOTAL</b>	<b>326,579,294,12</b>	

**Tabla 44. Incidencia de las Materias Primas**  
Fuente: Elaboración Propia

Incidencia de costos totales variables	(\$/Año)	Incidencia (%)
Total MMPP e insumos	326,579,294	96,38
Costo de mano de obra	1,287,544	0,38
Servicios	10,990,225	3,24
<b>Total (\$/Año)</b>	<b>338,857,063,52</b>	100,00
<b>Cvu (\$/Tn)</b>	<b>6,776,60</b>	

**Tabla 45. Incidencia de Costos Variables**  
Fuente: Elaboración Propia

#### 9.2.4.5.DISTRIBUCIÓN DE LOS COSTOS VARIABLES

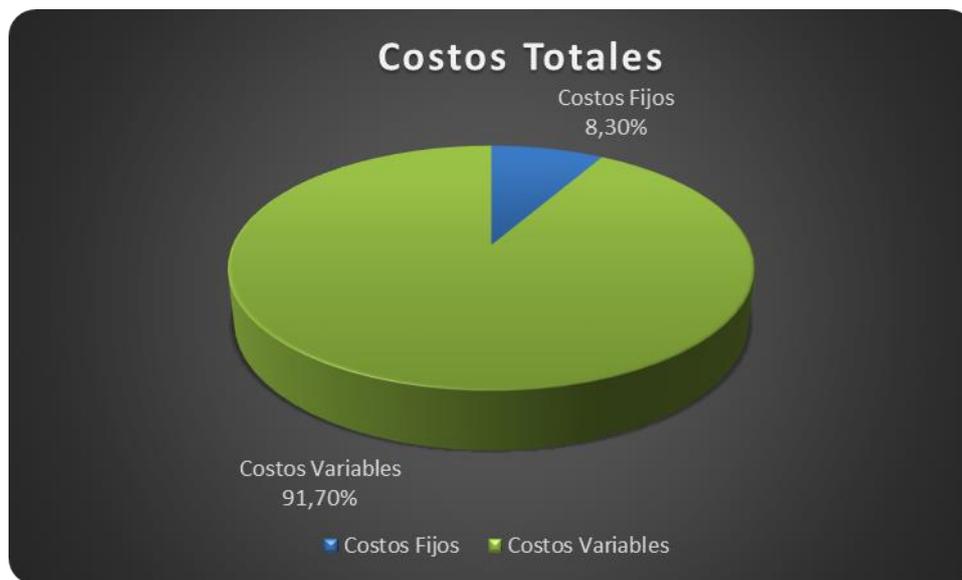


**Gráfico 17. Distribución de Costos Variables**  
Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.5. Costos totales

Totales	(\$/Año)	Unitarios	(\$/Tn)
Costos Fijos	30,681,494,10	Cfu	613,58
Costos Variables	338,857,063,52	Cvu	6,776,60
Costos Totales	369,538,557,62	Ctu	7,390,18

**Tabla 46. Costos Totales**  
Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 18. Costos Totales**  
Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.6. Costo unitario del producto

Como lo indica el nombre, es el costo que representa producir una unidad de venta del producto propuesto. Incluye el costo de toda la materia prima e insumos para producir, la mano de obra, servicios y otros costos complementarios necesarios.

Item	CV Unitario (\$/Tn)	CF Unitario (\$/Tn)	CT Unitario (\$/Tn)	Unidades/Año (Tn/año)	Costo anual (\$/año)
Tonelada de Nitrato Amonico	6,776,60	613,58	7,390,18	50,004,00	369,538,557,62

**Tabla 47. Precio Unitario**  
Fuente: Elaboración Propia

### 9.3. BENEFICIOS DEL PROYECTO PROPUESTO

#### 9.3.1. Precio de venta

El precio de venta del producto elaborado se estableció tomando como referencia el precio del mercado competidor externo. Se establece un precio de venta directo de fábrica, sin tener en cuenta el costo de transporte y distribución del producto final, el IVA y los Ingresos Brutos.

**Precio de Venta = Costo Fijo Unitario + Costo Variable Unitario + Utilidad**

1 Tonelada	Cfu (\$)	613,58
	Cvu (\$)	6776,60
	Precio de Venta (Pv) (\$)	<b>6750,00</b>
	Utilidad (U) (\$)	<b>-640,18</b>

**Tabla 48. Precio de Venta de la tonelada**  
Fuente: Elaboración Propia

Los ingresos totales anuales representan el dinero percibido por ventas en un año, sin tener en cuenta los costos de producción. Según el análisis sería:

INGRESOS POR VENTAS (\$/año)	
Año	Ingresos por Toneladas anuales
1	337,527,000,00
2	337,527,000,00
3	337,527,000,00
4	337,527,000,00
5	337,527,000,00
6	337,527,000,00
7	337,527,000,00
8	337,527,000,00
9	337,527,000,00
10	337,527,000,00

**Tabla 49. Ingresos por año**  
Fuente: Elaboración Propia

#### 9.3.2. Contribución marginal

Por definición, la CM es igual a la facturación o ventas de un producto o

servicio, menos los costos variables en los que se incurre al producir o brindar ese producto o servicio. Luego de analizar el caso, se llegó a la conclusión que sería de:

Ingreso Total Anual (\$/año)	337,527,000,00
Costo Variable Anual (\$/año)	338,857,063,52
Contribución Marginal (\$/año)	-1,330,063,52
Unidades Producidas (TN/año)	50,004,00
Contribución Marginal (\$/Tn)	-26,60
Costo Fijo Anual Unitario (\$/Tn)	6,776,60
Utilidad \$/Tn	-6,803,20

**Tabla 50. Contribución Marginal**  
Fuente: Elaboración Propia

### 9.3.3. Utilidad anual antes de impuestos

Se define como la ganancia neta que queda de la venta del producto menos lo que se invierte para su producción. Sería:

Contribución Marginal (\$)	-\$1,330,063,52
Costos Fijos Anual (\$)	\$30,681,494,10
Utilidad Anual (\$)	-\$32,011,557,62

**Tabla 51. Utilidad Anual**  
Fuente: Elaboración Propia

## 9.4. ANÁLISIS ECONÓMICO

### 9.4.1. Tasa de descuento

Conceptualmente, la tasa de descuento es la tasa de interés utilizada en el descuento de flujos de caja para determinar el valor presente de los flujos de efectivo futuros.

Es necesario calcular la tasa de descuento para poder hacer la evaluación de la rentabilidad de un proyecto. Ésta nos permitirá realizar capitalizaciones y actualizaciones de los valores en un mismo instante de tiempo.

La estimación del riesgo de una determinada inversión es un punto de continua discusión entre los analistas de proyectos. Para introducir el riesgo en la evaluación lo contemplaremos en la tasa de descuento. El método más empleado en la actualidad es el basado en el modelo de precios de los activos



de capital, conocido con las siglas CAPM (Capital Asset Pricing Model).

El modelo ve su origen a partir de la teoría de portfolio (conjunto de inversiones) e intenta explicar el riesgo de una determinada inversión mediante la existencia de una relación positiva entre riesgo y retorno. El enfoque del CAPM tiene como fundamento central que la única fuente de riesgo que afecta la rentabilidad de las inversiones es el riesgo del mercado, el cual es medido mediante beta, este parámetro mide la sensibilidad del cambio de la rentabilidad de una inversión individual al cambio de la rentabilidad del mercado en general. Es por ello que el riesgo del mercado siempre será igual a 1.

De lo dicho anteriormente se deduce que el coeficiente de variabilidad o riesgo es el factor clave a la hora de determinar el CAPM. Si un proyecto muestra una beta superior a 1, significa que ese proyecto es más riesgoso respecto del riesgo del mercado.

Inicialmente, la expresión matemática que determina la tasa de rendimiento del capital por este método se desarrolló para Estados Unidos. El índice de riesgo país se introduce para poder emplear la expresión en otro mercado diferente, esto implica que la expresión debe modificarse a la realidad económica del mercado evaluado, por lo que se hace uso de las tasas de rendimiento del mercado y libre de riesgo de ese país.

La tasa de descuento se calcula con el siguiente polinomio:

$$r = R_f + (R_m - R_f) * \beta + R_p$$

El cual tiene en cuenta:

- La tasa libre de riesgo ( $R_f$ ), toma un valor de 5%.
- La tasa de rentabilidad observada en el mercado ( $R_m$ ) que se considera de un 10% y abarca a todos los sectores de la economía.
- La sensibilidad ( $\beta$ ) relaciona el riesgo del proyecto con el riesgo del mercado. Los bienes producidos por este proyecto se consideran como productos químicos específicos y presentan una sensibilidad de alto riesgo o mayor riesgo que el del mercado.

Se utilizó una beta ponderada de 1,25 [chemical specialty]. La fuente de la cual se extrajo este dato es Damodaran (Noviembre 2016 – [http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html))

- Para el riesgo país ( $R_p$ ), según la fuente ámbito.com, se tomó un valor representativo para la Argentina de los últimos años, 416 puntos básicos, es decir, 4,16 %.

Reemplazando estos valores en la ecuación, se obtiene la tasa de descuento con la que se actualizarán todos los valores del flujo de caja:

$$r = 5 + (10 - 5) * 1,005 + 4,16 = 15,41 \%$$

## 9.4.2. Flujo de caja

### 9.4.2.1. Flujo de caja a 5 años

ITEM	Horizonte temporal (\$/año)					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos por ventas (+)	0	337,527,000	337,527,000	337,527,000	337,527,000	337,527,000
Ingresos Brutos (-4%)	0	-13,501,080	-13,501,080	-13,501,080	-13,501,080	-13,501,080
Costos de operación (-)	0	-365,799,328	-365,799,328	-365,799,328	-365,799,328	-365,799,328
Amortizaciones y depreciaciones (-)	0	-3,739,230	-3,739,230	-3,689,230	-3,410,942	-3,410,942
Utilidad bruta	0	-32,011,558	-32,011,558	-31,961,558	-31,683,270	-31,683,270
Impuestos a las ganancias (-)	0	0	0	0	0	0
Utilidad Neta	0	-45,512,638	-45,512,638	-45,462,638	-45,184,350	-45,184,350
Amortizaciones (+)	0	3,739,230	3,739,230	3,689,230	3,410,942	3,410,942
Inversión inicial (-)	-93,974,134	0	0	0	0	0
Inversión Capital de trabajo (-)(+)	-91,449,832	0	0	0	0	91,449,832
Valor de desecho	0	0	0	0	0	4,533,840
<b>Flujo de caja</b>	<b>-185,423,966</b>	<b>-41,773,408</b>	<b>-41,773,408</b>	<b>-41,773,408</b>	<b>-41,773,408</b>	<b>54,210,264</b>

**Tabla 52. Flujo de Caja a 5 años**  
Fuente: Elaboración Propia

### 9.4.2.2.FLUJO DE CAJA A 10 AÑOS

Flujo de caja	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Horizonte temporal (\$/año)											
Ingresos por ventas (+)	0	337,527,000	337,527,000	337,527,000	337,527,000	337,527,000	337,527,000	337,527,000	337,527,000	337,527,000	337,527,000
Ingresos Brutos (-4%)	0	-13,501,080	-13,501,080	-13,501,080	-13,501,080	-13,501,080	-13,501,080	-13,501,080	-13,501,080	-13,501,080	-13,501,080
Costos de operación (-)	0	-365,799,328	-365,799,328	-365,799,328	-365,799,328	-365,799,328	-365,799,328	-365,799,328	-365,799,328	-365,799,328	-365,799,328
Amortizaciones y depreciaciones (-)	0	-3,739,230	-3,739,230	-3,689,230	-3,410,942	-3,410,942	-3,170,942	-3,170,942	-3,170,942	-3,170,942	-3,170,942
Utilidad bruta	0	-32,011,558	-32,011,558	-31,961,558	-31,683,270	-31,683,270	-31,443,270	-31,443,270	-31,443,270	-31,443,270	-31,443,270
Impuestos a las ganancias (-)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidad Neta	0	-45,512,638	-45,512,638	-45,462,638	-45,184,350	-45,184,350	-44,944,350	-44,944,350	-44,944,350	-44,944,350	-44,944,350
Amortizaciones (+)	0	3,739,230	3,739,230	3,689,230	3,410,942	3,410,942	3,170,942	3,170,942	3,170,942	3,170,942	3,170,942
Inversión inicial (-)	-99,974,134										
Inversión Capital de trabajo (-)/(+)	-91,449,832										
Valor de desecho											
<b>Flujo de caja</b>	<b>-185,423,966</b>	<b>-41,773,408</b>	<b>96,576,804</b>								

**Tabla 53. Flujo de Caja a 10 años**  
Fuente: Elaboración Propia



Como podemos observar tanto para el flujo de caja de 5 y 10 años, se aprecia que el resultado de la actividad genera valores negativos de saldo.

### 9.4.3. Punto de equilibrio

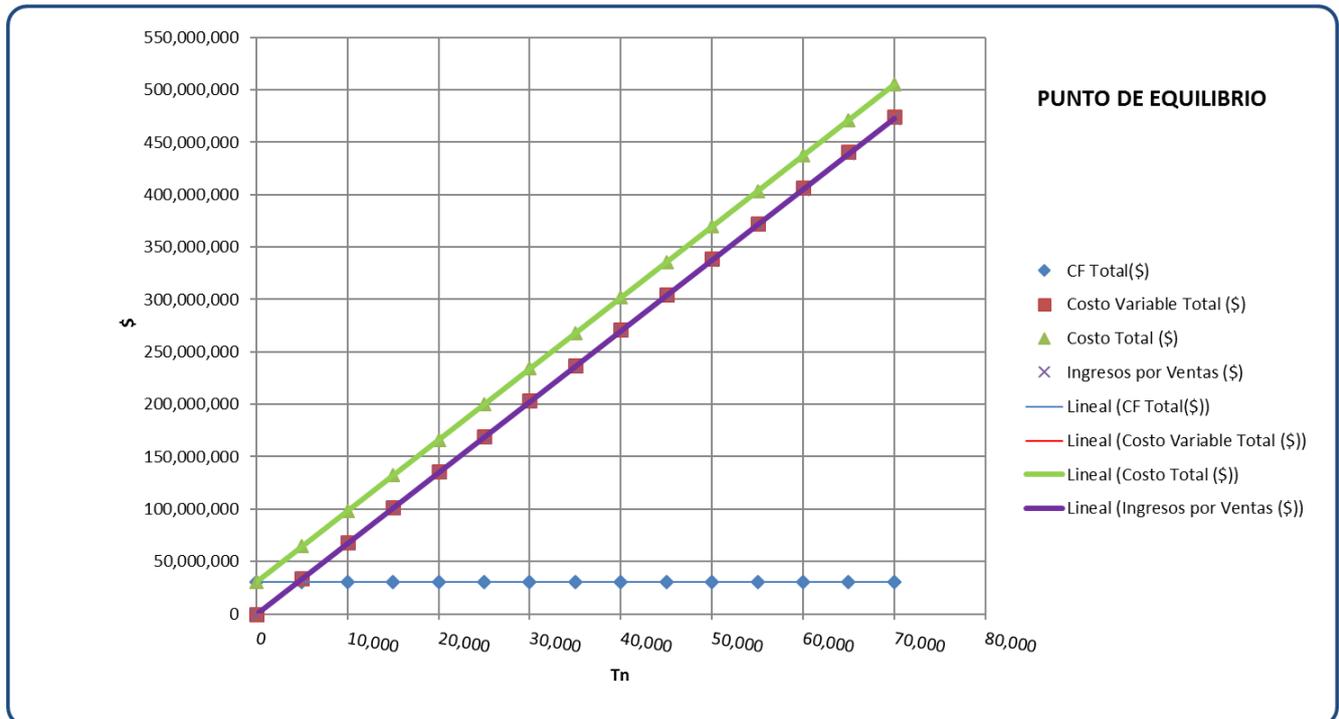
Cuando para un determinado nivel de producción las ganancias y pérdidas de un proyecto representan un beneficio igual a cero se está en presencia del punto de equilibrio.

En un gráfico, dicho punto determina dos áreas, por debajo del valor que hace que los beneficios sean igual a cero se tiene un nivel de actividad que no sería rentable, por lo que determina el tamaño mínimo.

Analíticamente se realizó el cálculo Restando los costos totales a los ingresos. Resultado=costos totales – Ingresos por ventas

PUNTO DE EQUILIBRIO								
Producto	Unidades Anuales (Toneladas)	Precio de Venta (\$/Tn)	Ingresos por Ventas (\$)	CF Total (\$)	CV Un. (\$/Tn)	Costo Variable Total (\$)	Costo Total (\$)	Resultado (\$)
Prill de Nitrato Amonico	0	6,750	0	30,681,494	6,777	0	30,681,494	-\$ 30,681,494
	5,000	6,750	33,750,000	30,681,494	6,777	33,882,996	64,564,490	-\$ 30,814,490
	10,000	6,750	67,500,000	30,681,494	6,777	67,765,991	98,447,486	-\$ 30,947,486
	15,000	6,750	101,250,000	30,681,494	6,777	101,648,987	132,330,481	-\$ 31,080,481
	20,000	6,750	135,000,000	30,681,494	6,777	135,531,983	166,213,477	-\$ 31,213,477
	25,000	6,750	168,750,000	30,681,494	6,777	169,414,979	200,096,473	-\$ 31,346,473
	30,000	6,750	202,500,000	30,681,494	6,777	203,297,974	233,979,468	-\$ 31,479,468
	35,000	6,750	236,250,000	30,681,494	6,777	237,180,970	267,862,464	-\$ 31,612,464
	40,000	6,750	270,000,000	30,681,494	6,777	271,063,966	301,745,460	-\$ 31,745,460
	45,000	6,750	303,750,000	30,681,494	6,777	304,946,961	335,628,456	-\$ 31,878,456
	50,000	6,750	337,500,000	30,681,494	6,777	338,829,957	369,511,451	-\$ 32,011,451
	55,000	6,750	371,250,000	30,681,494	6,777	372,712,953	403,394,447	-\$ 32,144,447
	60,000	6,750	405,000,000	30,681,494	6,777	406,595,949	437,277,443	-\$ 32,277,443
	65,000	6,750	438,750,000	30,681,494	6,777	440,478,944	471,160,438	-\$ 32,410,438
70,000	6,750	472,500,000	30,681,494	6,777	474,361,940	505,043,434	-\$ 32,543,434	

**Tabla 54. Punto de Equilibrio**  
**Fuente: Elaboración Propia**



**Gráfico 19. Punto de Equilibrio**  
Fuente: Elaboración Propia

Por lo que se puede apreciar en el grafico es que no posee punto de equilibrio, es decir nunca los ingresos superan los costos totales en ningún punto bajo estas condiciones.

#### 9.4.4. VAN

Una vez finalizado el flujo de caja, es posible calcular el VAN. Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Dónde:

- $I_0$  es el valor de inversión inicial. En nuestro caso, la inversión inicial sería de: **185,423,966 pesos**
- $n$  es el número de periodos considerado, de 5 y 10 años en este caso.
- $r$  es la tasa de descuento del proyecto (15,41 %).
- $V_t$  representa los flujos de caja en cada periodo  $t$ .

La evaluación económica del proyecto propuesto nos brindaría los siguientes VAN:



VAN a los 10 años	<b>-\$ 358837398,548</b>
VAN a los 5 años	<b>\$ -277,227,053,77</b>

**Tabla 55. VAN a los 5 y 10 años**  
**Fuente: Elaboración Propia**

De lo cual podríamos concluir que el proyecto no es rentable llevarlo a cabo para terminar nuestro análisis se podría calcular el valor de la TIR, tasa interna de retorno, lo cual no tendría sentido porque nuestro van bajo este escenario es negativo y el proyecto como se plantearon las cosas no es rentable.

#### **9.4.5. TIR**

Conceptualmente, la TIR (tasa interna de retorno) de una inversión se define como el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, y que implica el supuesto de una oportunidad para "reinvertir". En términos sencillos, es la tasa de descuento con la cual el VAN se hace cero.

La TIR puede ser utilizada como un parámetro indicador de la rentabilidad de un proyecto, esto es, a mayor TIR, mayor rentabilidad; además se usa como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para llevar a cabo esto, la TIR se compara con la tasa de descuento. Si la tasa de rendimiento del proyecto, expresada por la TIR, supera a la tasa de descuento, se acepta la inversión; en caso contrario se rechaza.



## **9.5. CONCLUSIÓN-CAPÍTULO IX-EVALUACIÓN ECONÓMICA**

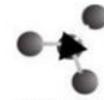
En este capítulo se analizaron los egresos, ingresos y posibles beneficios del proyecto.

Como puede observarse, a medida que la capacidad de producción aumenta, también aumentan los costos variables. Sin embargo, los costos fijos se mantienen constantes.

Pero es necesario destacar que el costo variable está influido en su mayoría por el valor del Ácido Nítrico que por ser importado se compra en cantidad para abastecer por 3 meses a la empresa, esto hace elevado los costos de capital de trabajo.

Como conclusión general del proyecto, es evidente que el precio del producto en el mercado no alcance para cubrir las expectativas económicas del proyecto, por lo cual se pueden plantear las siguientes posibles alternativas:

- Generar la propia materia prima, esto bajaría los costos por completo porque no tendríamos que tener tanto capital en stock y de esa forma es plata que podemos manejar para gastos, a parte, el pago de la materia prima sería a menor precio, ya que este tipo de producto pertenece a productos intermedios petroquímicos los cuales generalmente el productor de este producto lo hace para hacer un producto final de mayor valor agregado.
- Elevar el precio del producto final también podría generar una rentabilidad positiva.



# CAPITULO 10

## 10. ANÁLISIS DE RIESGO



## **10.1. INTRODUCCIÓN**

En el desarrollo de este capítulo se analizarán y determinarán los riesgos de una planta de producción de Nitrato de Amonio. Se calificará la importancia relativa de cada uno de ellos; se hará una estimación de la probabilidad de ocurrencia, y de este modo obtendremos una idea de las distintas magnitudes de influencia de éstos sobre el proyecto. El análisis también presentará la propuesta de medidas, tanto de mitigación, compensación, como de contingencia.

Estos análisis son de gran utilidad, ya que son una herramienta para la determinación de las variables a sensibilizar en eventuales simulaciones del flujo de caja del proyecto y de la rentabilidad obtenida.

## **10.2. ASPECTOS TECNOLÓGICOS**

### **10.2.1. Falta de materias primas, insumos y de servicios**

El mayor problema que se podría presentar es la falta de materias primas, en especial la falta de Ácido Nítrico, ya que esto resultaría ser inflexible para el proyecto, debido a que no podrían hallarse otras materias que sean sustitutas. Respecto a los distintos servicios, como son gas, luz y energía, los cuales se utilizan para la producción, son de carácter indispensable, aunque es bastante menos probable que se presente un inconveniente con los mismos debido a la localización de la planta en un parque industrial.

#### Plan de Contingencias:

- Se mantendría el stock de materiales al nivel máximo posible según lotes económicos, almacenándolos en tanques.
- Se establecerían contratos comerciales de abastecimiento de materias primas con las empresas productoras de éstas.
- Se podrían realizar conexiones alternativas de servicios, es decir, en caso de fallas de servicios, como por ejemplo la energía, disponer de un equipo generador eléctrico propio.

### **10.2.2. Falla de la maquinaria**

Para ser eficaces y eficientes, garantizando una alta calidad de producto final, es de vital importancia que todos los equipos involucrados en el proceso productivo funcionen a la perfección. Para este proyecto, el factor crítico se



radica en la Sala de Reacción, que depende del perfecto accionar de los Reactores para obtener la producción esperada.

#### Plan de Contingencias:

- Se brindarían capacitaciones al personal para que realice un mantenimiento correctivo eficiente, que reduciría el tiempo muerto o improductivo.

- Al Gerente General

Todo operario y mecánico de mantenimiento, debe recibir capacitación, así como poseer un manual de operación.

El mantenimiento debe realizarse en los momentos más oportunos para que no se impacten las demandas de producción, es necesaria la comunicación entre el departamento de mantenimiento y el de Reacción. Un programa con la calendarización de los mantenimientos para los Reactores que posee la planta, servirá de mucha ayuda, para que el departamento de Reacción analice con anticipación las medidas que debe tomar.

- Al Departamento de Mantenimiento

Se debe tener un inventario de repuestos eléctricos y mecánicos para, reestablecer el funcionamiento de la maquinaria lo más pronto posible, a la hora de alguna falla.

Se debe llevar un historial de vida de cada máquina, con sus respectivas fechas de mantenimiento.

- A los Operarios

Los Reactores deben trabajar 24hs, por lo que se deben cumplir con el perfecto manejo.

Cuando el suministro de corriente sea interrumpido por la empresa que provee el servicio, se deben controlar que con el arranque del generador queden en perfecto funcionamiento las bombas de las materias primas, de no ser así debe ser enfriado de inmediato para evitar destrozos.

- Se fijarían programas de mantenimiento predictivo y preventivo, a fin de evitar roturas o fallas en equipos, que podrían derivar en una detención de la producción por un tiempo considerable, no respetando de este modo los estándares de calidad propuesto, ni los tiempos preestablecidos.

UNIDAD	ELEMENTO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA EN HORAS				
			24	168	720	2300	4400
Sistema Motriz	Motores	Revisión de Amperaje	X				
		Revisar la Temperatura Exterior	X				
		Revisión Interna y Limpieza			X		
		Escuchar Ruidos y Vibraciones anormales	X				
	Bombas	Revisar Caudales	X				
		Revisar sellos		X			
		Cambio de Rodetes			X		
Conectores y cables	Revisión			X			
Sistema Electrico	Panel de Control	Limpieza externa	X				
		Limpieza interna		X			
		Revisión Interna: cables, contactores.		X			
	Cables	Revisar todo el el Cableado			X		
	Termocuplas	Revisar su estado	X				
	Sensores	Rvisar	X				
		Limpiar		X			
		Cambiar				X	
Computadoras	Revisar su estado			X			
Recipientes	Carcasa	Estado Externo					X
		Estado Interno					X
Cañerías	Tuberías de Ingreso	Estado general			X		
		Revisar Valvulas de cierra		X			
	Tuberías de Egreso	Estado General			X		
		Valvulas de seguridad		X			

**Tabla 56. Programa de control y actividades para el desarrollo del mantenimiento preventivo**  
Fuente: Elaboración Propia

### 10.3. ASPECTOS ECONÓMICOS

#### 10.3.1. Aumento de precios de materias primas

En el capítulo anterior se analizó cual era la incidencia de los costos de las materias primas en los costos de producción, por lo que un posible aumento, significativo o no, de las mismos provocaría una modificación en la estructura de costos, la que influiría negativamente en el flujo de caja del proyecto.

#### Plan de Contingencias:

- Buscar y contactar a varios proveedores de materias primas.
- Fijar acuerdos comerciales a largo plazo con los mejores proveedores de materias primas.



### **10.3.2. Bajas ventas**

Sería un inconveniente de grave incidencia, puesto que en caso de que esto sucediera, entraría en peligro la rentabilidad del proyecto. Como se mencionó en el estudio de mercado, las fluctuaciones del producto final en el mercado, se deben a distintas crisis por las que paso la Economía Argentina y Mundial, por lo que si el mercado donde se utiliza cae porque mundialmente se disminuye su consumo se ve afectado nuestro producto.

De otra forma si el precio de la planta en la que es aplicada no acompaña el precio del producto evidentemente puede disminuir su consumo tanto como anularlo por completo si no es rentable para el productor.

#### Plan de Contingencias:

- Planes promocionales del producto.
- Reestructuración del precio de venta.
- Mayor inversión en publicidad.

### **10.3.3. Disminución del precio de venta de la competencia**

En Argentina no existe competencia local de Nitrato de Amonio, pero si existe una cierta competencia con la Urea, por ser un fertilizante nitrogenado de producción local y que compite principalmente el precio de venta.

#### Plan de Contingencias:

- Se revisarían los costos de materias primas.
- Promocionar las ventajas de nuestro producto.

## **10.4. SINIESTROS E IMPREVISTOS**

### **10.4.1. Incendios y explosiones**

En el proyecto analizado se trabajará con materiales altamente peligrosos e inflamables, los incendios y explosiones serian de un gran riesgo, si esto llegara a ocurrir podría ocasionar daños permanentes en las instalaciones, como así también graves accidentes de trabajo, pudiendo dañar seriamente al personal humano.



### Plan de Contingencias:

Se realizarán continuas capacitaciones del personal para que, en caso de un siniestro, sepan cómo actuar.

- Se dispondrá de buenas y correctas instalaciones de almacenes o depósitos.
- Se realizaría mantenimiento de las condiciones el sistema de alarmas y lucha contra incendios.
- Se dispondría de zonas debidamente indicadas en la planta para la evacuación del personal en caso de un accidente.
- Se capacitaría en conductas operativas acorde a los lineamientos de las normas de seguridad e higiene.

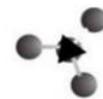
### **10.4.2. Accidentes de Trabajo**

Se deberá tener especial precaución y tomar todos los recaudos necesarios para evitar cualquier tipo de accidente laboral. Éstos se lograrían disminuir, teniendo en cuenta los diversos aspectos constructivos, realizando una correcta elección de la tecnología, entre otros.

Las probabilidades de un accidente laboral serían bajas si se tiene en cuenta lo anterior, aunque es importante debido a que afecta al personal del proyecto.

### Plan de contingencias:

- Se capacitaría periódicamente sobre normas de higiene y seguridad en el trabajo.
- Se contaría con los seguros pertinentes que contemplen la cobertura de los accidentes laborales.
- Se proveerían elementos de seguridad personal y promover su uso, señalizando las áreas donde se requiera.



ASPECTOS	RIESGO	IMPORTANCIA	PROBABILIDAD	MAGNITUD	CONTINGENCIA
Tecnologicos	Falta de MP e insumos	Alta	Media	Alta	Acuerdos Comerciales Grandes Depositos
	Falla de la Maquinaria	Media	Media	Alta	Mantenimiento Preventivo
	Falla de Servicios	Media	Baja	Media	Conexiones Alternativas
Economicos	Aumento de precios de MP	Alta	Media	Alta	Contrato a largo plazo
	Bajas Ventas	Alta	Baja	Media	Invercion en publicidad. Reestructuracion del Precio.
	Disminucion del precio de Ventas de la Competencia	Baja	Baja	Media	Reestructuracion de costos
Siniestros e imprevistos	Incendios y explosiones	Alta	Baja	Alta	Normas de higiene y seguridad. Sistemas extintores
	Accidentes de Trabajo	Alta	Baja	Media	Contar con ART. Capacitacion. Elementos de seguridad.

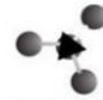
**Tabla 57. Matriz de Riesgos del Proyecto**  
**Fuente: Elaboración Propia**



## **10.5. CONCLUSIÓN-CAPÍTULO 10-ANÁLISIS DE RIESGO**

En esta sección se logró identificar los posibles riesgos del proyecto de producción de Nitrato de Amonio, basándonos en la importancia y el grado de probabilidad de que ocurran se determinó la magnitud en que afectarían al negocio, además luego se diagramó un plan de contingencias para minimizar y mitigar sus posibles efectos. Con toda esta información, a modo de resumen, se hizo una matriz de riesgo.

De todo ello se resume que son los motivos Tecnológicos y Económicos los que más afectan la viabilidad del proyecto, desde los Tecnológicos la falta de materia prima, y desde los Económicos el precio de la materia prima, son componentes altamente sensibles a la hora de evaluar la rentabilidad.



# CAPITULO 11

## 11. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD



## **11.1. INTRODUCCIÓN**

La finalidad de éste capítulo es generar diferentes escenarios posibles en los cuales se evalúe el proyecto. Los indicadores antes calculados muestran un solo escenario estático, la finalidad de sensibilizar las variables es generar diversos escenarios y verificar en cuál de ellos el proyecto comienza a ser rentable.

Como en la evaluación del proyecto se concluyó que en el escenario proyectado el VAN sería negativo, es posible preguntarse hasta dónde podría bajarse el precio de la materia prima o subir el precio del producto terminado, entre otras posibles variaciones, para que el VAN se haga cero. Se define el VAN de equilibrio como 0 por cuanto es el nivel mínimo de aprobación de un proyecto. De aquí que al hacer el  $VAN=0$  se busca determinar el punto de quiebre o variabilidad máxima de una variable que resistiría el proyecto.

El modelo utilizado es el "Unidimensional de la Sensibilización del VAN", en la cual sólo se sensibiliza una variable por vez. El principio fundamental de este modelo define a cada elemento del flujo de caja como el de más probable ocurrencia. Luego la sensibilización de una variable siempre se hará sobre la evaluación preliminar.

Aunque en este capítulo trataremos la sensibilidad de las variables de carácter económicas, también es posible ampliarlo a todos los estudios de la preparación del proyecto, por ejemplo, a la localización, el tamaño y la demanda, entre otros aspectos.

El modelo trata de la sensibilidad del VAN, la TIR.

## **11.2. CRITERIO DE SELECCIÓN DE LA VARIABLE A SENSIBILIZAR**

### **11.2.1. Costo de materias primas e insumos**

El descenso del Costo de las Materias Primas sería, en el peor de los casos, uno de los mayores sensibilizadores del proyecto. Esto sería manteniendo el precio de venta al mismo valor.

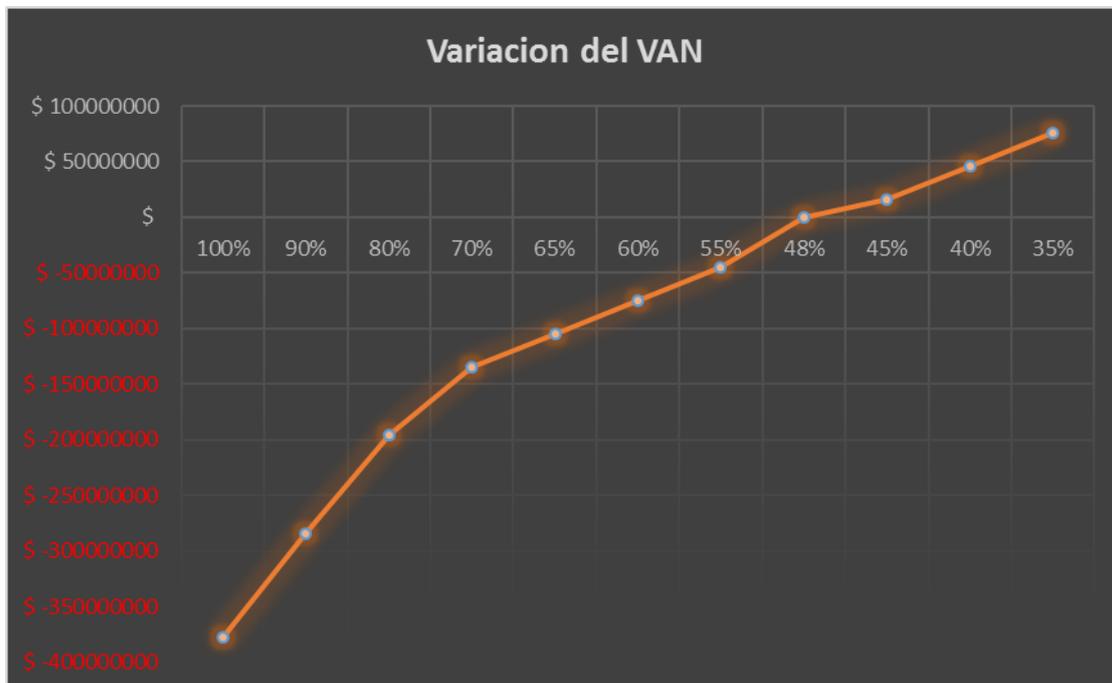
En el caso de existir aumentos proporcionales, escenario probable en un marco económico inflacionario, el ajuste de precios se realiza también proporcionalmente y no afectan en extremo al VAN.

El precio de la materia prima, Ácido Nítrico, sobre el cual se ha desarrollado el trabajo es de \$4200 promedio por tonelada. En Tabla se puede apreciar los resultados de esta variación.

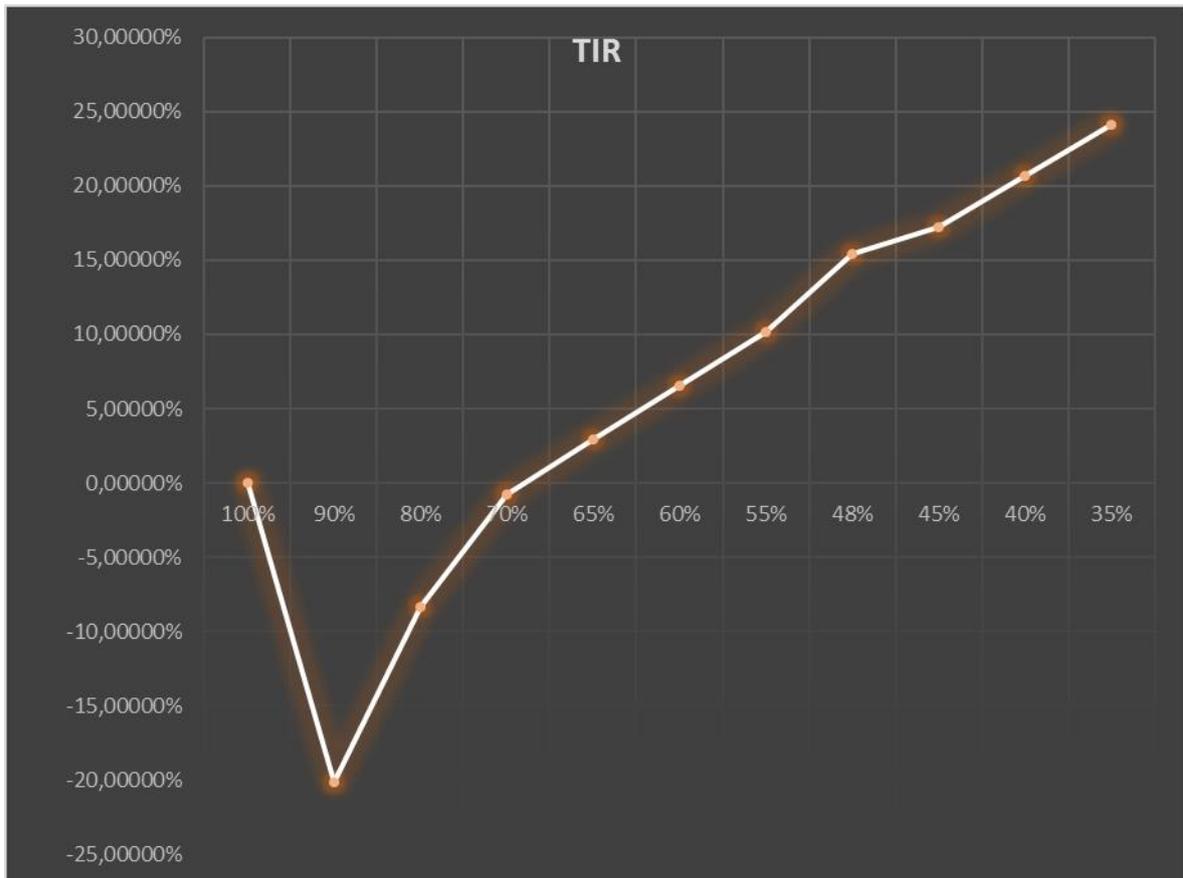
Porcentaje de caída del precio (%)	VAN		TIR	
	Descripción	Valor	Descripción	Valor
100%	VAN a los 10 años	\$ -377314136	TIR a los 10 años	#¡NUM!
90%	VAN a los 10 años	\$ -284609863	TIR a los 10 años	-20,14416%
80%	VAN a los 10 años	\$ -195423715	TIR a los 10 años	-8,36627%
70%	VAN a los 10 años	\$ -135165938	TIR a los 10 años	-0,76191%
65%	VAN a los 10 años	\$ -105037049	TIR a los 10 años	2,93680%
60%	VAN a los 10 años	\$ -74908161	TIR a los 10 años	6,57573%
55%	VAN a los 10 años	\$ -44779272	TIR a los 10 años	10,16211%
48%	VAN a los 10 años	0	TIR a los 10 años	15,41000%
45%	VAN a los 10 años	\$ 15478505	TIR a los 10 años	17,20434%
40%	VAN a los 10 años	\$ 45607393	TIR a los 10 años	20,67235%
35%	VAN a los 10 años	\$ 75736282	TIR a los 10 años	24,11196%

**Tabla 58. Variación del VAN y la TIR con la variable costo de materia prima e insumos**  
Fuente: Elaboración Propia

Analizando los datos obtenidos anteriormente el porcentaje máximo que se puede disminuir el precio de la materia prima e insumo se encuentra alrededor de 50%, es decir, que puede alcanzar un valor máximo de \$2000 por tn de Ácido Nítrico, para una mejor apreciación se representa gráficamente a continuación.



**Gráfico 20. Variación del VAN con la variable costo de materia prima e insumos**  
Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 21. Variación de la TIR con la variable costo de materia prima e insumos**  
Fuente: Elaboración Propia

Como podemos observar en el grafico se disminuyó el precio de la materia prima hasta alcanzar el punto donde comienza a ser rentable el proyecto, este punto es justamente donde la TIR tiene el mismo valor que la tasa de descuento del proyecto.

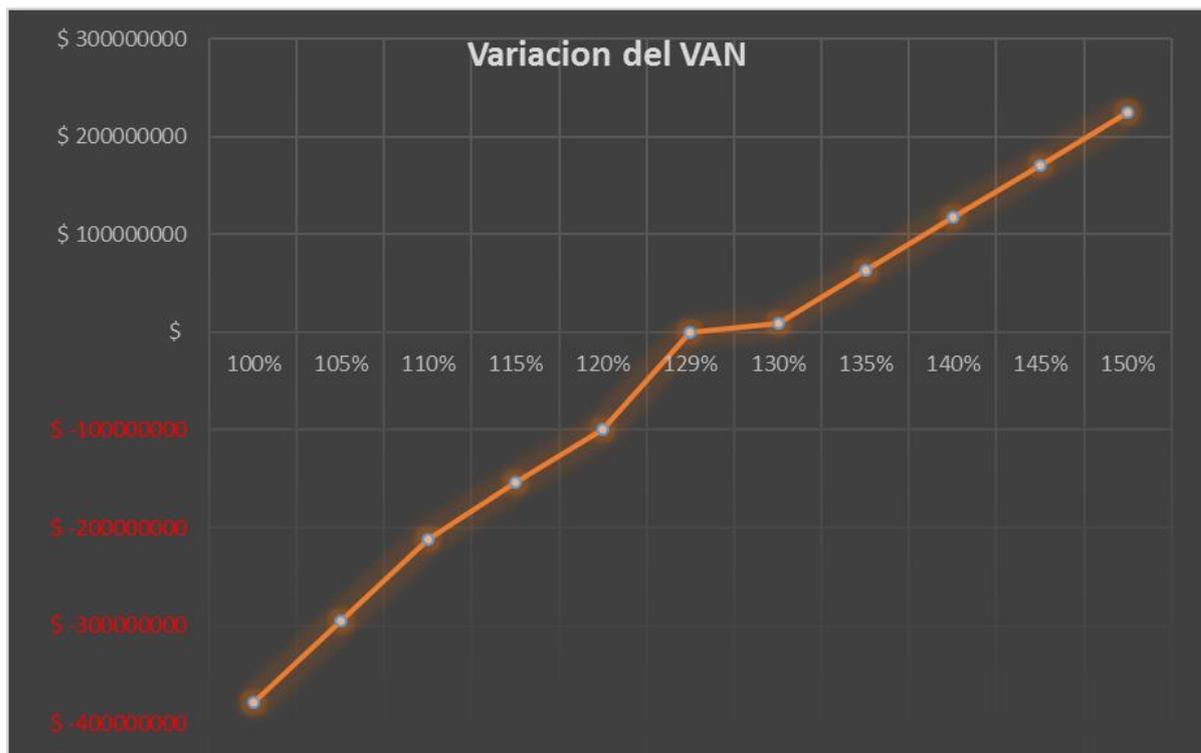
### 11.2.2. Sensibilidad del precio de venta

El aumento del precio de venta de un producto puede ocurrir por varios factores, como por ejemplo disminución de costo de materias primas. Argentina es un país que históricamente ha tenido una inflación creciente y que sólo algunos productos tienen retrocesos en sus precios. El caso de los productos no estacionarios como la Producción de Nitrato de Amonio, no se ven demasiado influenciados por la época del año, ya que se puede fabricar en cualquier momento porque sus materias primas son del tipo sintético.

El precio de venta sobre el cual se ha desarrollado el trabajo es de \$6750 por tonelada de producto terminado, en la Tabla, se puede apreciar cómo influye esta variación en el VAN y TIR.

Porcentaje de caída del precio (%)	VAN		TIR	
	Descripción	Valor	Descripción	Valor
100%	VAN a los 10 años	\$ -378613499	TIR a los 10 años	#¡NUM!
105%	VAN a los 10 años	\$ -295222033	TIR a los 10 años	-22%
110%	VAN a los 10 años	\$ -211830567	TIR a los 10 años	-11%
115%	VAN a los 10 años	\$ -154170496	TIR a los 10 años	-3%
120%	VAN a los 10 años	\$ -99966043	TIR a los 10 años	4%
129%	VAN a los 10 años	0	TIR a los 10 años	15,41%
130%	VAN a los 10 años	\$ 8442863	TIR a los 10 años	16%
135%	VAN a los 10 años	\$ 62647316	TIR a los 10 años	23%
140%	VAN a los 10 años	\$ 116851768	TIR a los 10 años	29%
145%	VAN a los 10 años	\$ 171056221	TIR a los 10 años	35%
150%	VAN a los 10 años	\$ 225260674	TIR a los 10 años	41%

**Tabla 59. Variación del VAN y la TIR con la variable precio de venta**  
Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 22. Variación del VAN con la variable precio de venta**  
Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 23. Variación de la TIR con la variable precio de venta**  
**Fuente: Elaboración Propia**

Como se puede observar en los resultados anteriores, el porcentaje del Aumento del precio de venta hace Aumentar el valor del VAN a cero, de esta manera la TIR es igual a la Tasa de Descuento, por lo que indica el límite del aumento del precio de venta el cual me determina la rentabilidad mínima del proyecto, este valor se alcanza con un aumento del 27% del precio del Producto Final, siendo un valor total de \$8722 por tonelada. Esto traducido a una moneda internacional, es equivalente a U\$D 580 por tonelada, en una serie histórica el valor máximo medio del producto alcanzo a U\$D 485 por tonelada, pero fueron por oportunidades de mercado mundial, las proyecciones propias estiman que el valor seguirá aumentado, pero esto es relativo, ya que depende del valor del producto al que se aplica.



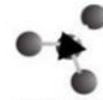
### **11.3. CONCLUSIÓN-CAPÍTULO 11-ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

En este capítulo se realizó el estudio de sensibilidad para la producción de Nitrato de amonio perlado con uso agroquímico, ubicada en el departamento de Bahía Blanca - Buenos Aires, más específicamente en el Polo Petroquímico.

Se estudiaron los posibles factores que puedan modificar la viabilidad económica del proyecto individualmente, de los cuales están comprendidos los siguientes factores: Aumento del Precio de Venta y Disminución del Precio de la Materia Prima e Insumos.

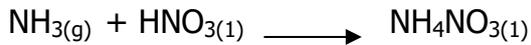
Frente a esta situación la empresa puede tolerar un aumento del orden del 29% en su Precio de Ventas, que representa \$8722 cada Tonelada, para obtener un VAN igual a cero en el horizonte evaluado (10 años).

La disminución del precio de la materia prima e insumos. En el caso de existir disminuciones proporcionales, escenario probable si la empresa decidiera asociarse con una empresa productora de ácido nítrico, el ajuste de precios se realiza también proporcionalmente y disminuye al VAN a cero luego de disminuir un 50% aproximadamente.



# ANEXOS

## ANEXO I – BALANCE DE MASA DEL PROCESO



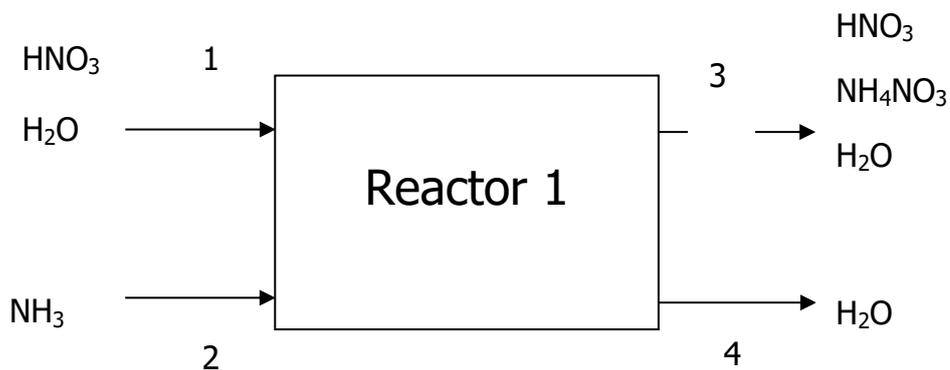
### Masa molar por componentes

- $\text{NH}_3 = 17 \text{ Kg/Kmol}$
- $\text{HNO}_3 = 63 \text{ Kg/Kmol}$
- $\text{NH}_4\text{NO}_3 = 80 \text{ Kg/ Kmol}$
- $\text{H}_2\text{O} = 18 \text{ Kg/ Kmol}$

### Producción

- $\text{NH}_4\text{NO}_3$  al 99% (p/p) = 60.000 tn/año
- $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (puro) = 60.000 tn/año = 59.400 tn/año = 6.780,82 Kg/h = 84,76Kmol/h
- $\text{H}_2\text{O} = (60.000-59.400)\text{tn/año} = 600\text{tn/año} = 68,49 \text{ Kg/h} = 3,80 \text{ Kmol/h}$

### Balance de masa reactor 1



**Figura I.1. Balance de masa Reactor 1**

### Balance para AN

- Se produce el 80% del total de la producción AN en el reactor 1  
100% \_\_\_\_\_ 84,76 Kmol/h

80% \_\_\_\_\_ **67,81 Kmol/h**

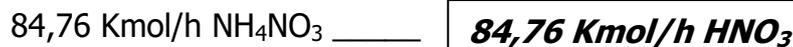


- $N^{sal} = N^{ent} + r \cdot \sigma$

$$67,81 \text{ Kmol/h} = 0 + r \cdot 1$$

$$r = 67,81 \text{ Kmol/h}$$

- Ingresar la cantidad necesario para la producción total, es decir, en exceso, para producir el desplazamiento de la reacción hacia la derecha
- Sale el ácido no reaccionado



- $N^{sal} = N^{ent} + r \cdot \sigma$
- $N^{sal} = 84,76 \text{ Kmol/h} - 67,81 \text{ Kmol/h} \cdot 1$

$$N^{sal} = 16,95 \text{ Kmol/h}$$

### Balance para NH<sub>3</sub>

- Ingresar la cantidad estequiométrica necesaria para la producción del 80% de AN
- No sale amoníaco
- $N^{sal} = N^{ent} + r \cdot \sigma$
- $0 = N^{ent} - r \cdot 1$

$$N^{ent} = 67,81 \text{ Kmol/h}$$

### Balance para H<sub>2</sub>O

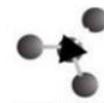
- Agua que ingresa con la solución de ácido
- 60% = msoluto/msolución. 100
- 60% = 5339,88 Kg de ácido / msolución .100

$$M_{solución} = 8.899,8 \text{ kg}$$

- $M_{\text{agua}} = M_{\text{solución}} - M_{\text{solute}}$
- $M_{\text{agua}} = (8899,8 - 5339,88) \text{ Kg}$
- $M_{\text{agua}} = 3.559,92 \text{ Kg/h}$

$$\text{Moles de agua} = \mathbf{197,77 \text{ Kmol/h}}$$

- Agua que sale con la solución de producto AN al 70%



$$70\% = M_{\text{solute}}/M_{\text{solution}} \cdot 100 =$$

$$70\% = 5424,8 \text{ Kg de AN}/M_{\text{solution}} \cdot 100$$

$$M_{\text{solution}} = \boxed{7.749,71 \text{ Kg}}$$

- Magua =  $M_{\text{solution}} - M_{\text{solute}}$   
 Magua =  $(7.749,71 - 5424,8) \text{ Kg}$   
 Magua =  $2324,91 \text{ Kg}$   
 Moles de agua =  $\boxed{129,16 \text{ Kmol/h}}$

- Agua evaporada de  
 Agua que entra con el ácido – agua que sale con la solución de producto  
 -agua evaporada =  $(197,77 - 129,16) \text{ Kmol/h} = \boxed{68,61 \text{ kmol/h}}$

### Resumen reactor 1

- $N_1 = 282,53 \text{ Kmol/h} = 8.899,74 \text{ Kg/h}$   
 $N_1^{\text{agua}} = 197,77 \text{ Kmol/h} = 3.559,86 \text{ Kg/h}$   
 $N_1^{\text{ácido}} = 84,76 \text{ Kmol/h} = 5.339,88 \text{ Kg/h}$
- $N_2 = 67,81 \text{ Kmol/h} = 1.152,77 \text{ Kg/h}$
- $N_3 = 213,92 \text{ Kmol/h} = 8.817,53 \text{ Kg/h}$   
 $N_3^{\text{AN}} = 129,16 \text{ Kmol/h} = 5.424,8 \text{ Kg/h}$   
 $N_3^{\text{agua}} = 129,16 \text{ Kmol/h} = 2.324,88 \text{ Kg/h}$   
 $N_3^{\text{ácido}} = 16,95 \text{ Kmol/h} = 1.067,85 \text{ Kg/h}$
- $N_4 = 68,61 \text{ Kmol/h} = 1.234,98 \text{ Kg/h}$

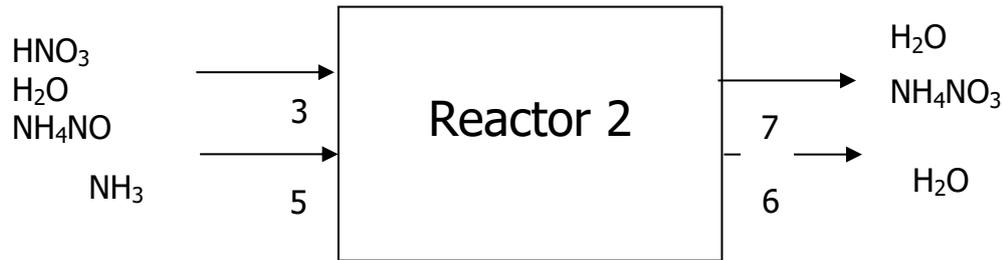
### Verificación régimen No Acumulativo

$$N_1 + N_2 = N_3 + N_4$$

$$(8.899,74 + 1.152,77) \text{ Kg/h} = (8.817,53 + 1.234,98) \text{ Kg/h}$$

$$\boxed{10.053,51 \text{ Kg/h} = 10.052,51 \text{ Kg/h}}$$

### Balance de masa reactor 2



**Figura I.2. Balance de masa Reactor 2**

- Corriente 3: Solución de AN al 70% + ácido nítrico no reaccionado.
- Corriente 5: Amoniaco para neutralizar el remanente de ácido y alcanzar producción total
- Corriente 6: Solución de AN al 90%
- Corriente 7: Vapor de agua producido por el calor de reacción

### Balance para AN

- La cantidad que sale es el total de la producción (64,76 Kmol/h)

$$N^{sal} = N^{ent} + r \cdot \sigma$$

$$84,76 \text{ Kmol/h} = 67,81 \text{ Kmol/h} + r \cdot 1$$

$$\boxed{r = 16,95 \text{ Kmol/h}}$$

### Balance para HNO<sub>3</sub>

$$N^{sal} = N^{ent} + r \cdot \sigma$$

$$N^{sal} = 16,95 \text{ Kmol/h} - 16,95 \text{ Kmol/h} - 1$$

$$\boxed{N^{sal} = 0}$$

### Balance para NH<sub>3</sub>

$$N^{sal} = N^{ent} + r \cdot \sigma$$

$$84,76 \text{ Kmol/h} = 67,81 \text{ Kmol/h} + r \cdot 1$$



$$r = 16,95 \text{ Kmol / h}$$

### Balance para H<sub>2</sub>O

- Agua que ingresa con la solución de AN al 70% = **129, 16 Kmol/h**
- Agua que sale con la solución de AN al 90%

$$\left. \begin{array}{l} 90\% = M \text{ soluto} / M \text{ solución. } 100 \\ 90\% = 6.780, 82 \text{ Kg /h} / M \text{ solución. } 100 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array}$$

$$M \text{ solución} = 7.534, 24 \text{ Kg /h}$$

$$M \text{ agua} = M \text{ solución} - M \text{ soluto}$$

$$M \text{ agua} = (7.534,24 - 6.780,82) \text{ Kg /h}$$

$$M \text{ agua} = 753,42 \text{ Kg/h}$$

$$\text{Moles de agua} = 41,86 \text{ Kmol/h}$$

- Agua evaporada = agua que entra – agua que sale con la solución de AN
- Agua evaporada = (129,16 – 41,86) Kmol/h
- Agua evaporada = **87,3 Kmol/h**

### Resumen reactor 2

- N<sub>3</sub> = 213,92 Kmol/h = 8.817,53 Kg/h
- N<sub>5</sub> = 16,95 Kmol/h = 288,15 Kg / h
- N<sub>6</sub> = 126,62 Kmol/h = 7.534,3 Kg/h
  - N<sub>6</sub><sup>AN</sup> = 84,76 Kmol/h = 6780,82 Kg/h
  - N<sub>6</sub><sup>agua</sup> = 41,86 Kmol/h 753,48 Kg/h
- N<sub>7</sub> = 87,3 Kmol/h = 1.571,4 Kg/h

### Verificación régimen No Acumulativo

$$N_3 + N_5 = N_6 + N_7$$

$$(8.817,53 + 288,15) \text{ Kg/h} = (7.534,3 + 1571,4) \text{ Kg/h}$$

$$9.105,68 \text{ Kg/h} = 9105,7 \text{ Kg/h}$$

### Balance de masa para evaporador

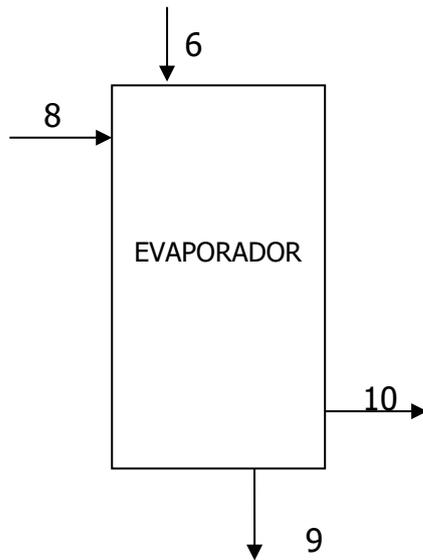


Figura I.3. Balance de masa Evaporador

### Balance para AN

$$N_6^{AN} = N_9^{AN} = \boxed{84,76 \text{ Kmol/h}}$$

### Balance para agua de intercambio

$$N_8 = N_{10} = N_4 + N_7$$

$$N_8 = N_{10} = (68,61 + 87,3) \text{ Kmol/h}$$

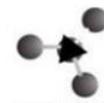
$$N_8 = N_{10} = \boxed{155,91 \text{ Kmol/h}}$$

### Balance para agua de la solución de AN

$$N_6^{agua} = N_9^{agua} = \boxed{41,86 \text{ Kmol/h}}$$

### Resumen evaporador

- $N_6 = 126,62 \text{ Kmol/h} = 7.534,3 \text{ Kg/h}$
- $N_8 = 155,91 \text{ Kmol/h} = 2.806,38 \text{ Kg/h}$
- $N_9 = 126,62 \text{ Kmol/h} = 7.534,3 \text{ Kg/h}$
- $N_9^{AN} = 84,76 \text{ Kmol/h} = 6780,82 \text{ Kg/h}$
- $N_9^{agua} = 41,86 \text{ Kmol/h} = 753,48 \text{ Kg/h}$



$$- N_{10} = 155,91 \text{ Kmol/h} = 2.806,38 \text{ Kg/h}$$

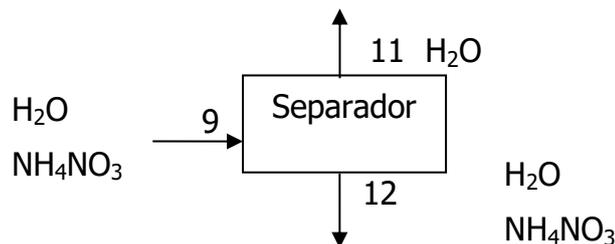
### Verificación régimen No acumulativo

$$N_8 + N_6 = N_9 + N_{10}$$

$$(2806,38 + 7.534,3) \text{ Kg/h} = (7.534,3 + 2.806,38) \text{ Kg/h}$$

$$\boxed{10.340,68 \text{ Kg/h} = 10.340,68 \text{ Kg/h}}$$

### Balance de masa para separador



### Balance para AN

$$- N_9^{AN} = N_{12}^{AN} = \boxed{84,76 \text{ Kmol/h}}$$

### Balance para agua

-Agua que sale con la solución de AN al 99%

$$99\% = 6.780,82 \text{ Kg/h/Msolución. } 100$$

$$M \text{ solución} = 6.849,31 \text{ Kg/h}$$

$$M \text{ agua} = M \text{ solución} - M \text{ soluto}$$

$$M \text{ agua} = 6.849,31 \text{ Kg/h} - 6.780,82 \text{ Kg/h}$$

$$M \text{ agua} = \boxed{68,49 \text{ Kg/h}}$$

$$\text{Moles de agua} = \boxed{3,80 \text{ Kmol/h}}$$

-Agua separada

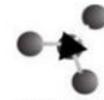
Agua separada =

Agua que entra  
con solución de  
producto

Agua que sale  
de solución de  
producto de AN

$$\text{Agua separada} = (41,86 - 3,80) \text{ Kmol/h}$$

$$\text{Agua separada} = \boxed{38,06 \text{ Kmol/h}}$$



### **Resumen separador**

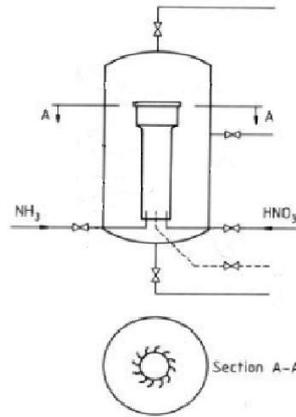
- $N_9 = 126,62 \text{ Kmol/h} = 7.534,3 \text{ Kg/h}$
- $N_{11} = 38,06 \text{ Kmol/h} = 685,08 \text{ Kg/h}$
- $N_{12} = 88,56 \text{ Kmol/h} = 6849,31 \text{ Kg/h}$   
 $N_{12}^{AN} = 84,76 \text{ Kmol/h} = 6.780,82 \text{ Kg/h}$   
 $N_{12}^{agua} = 3,80 \text{ Kmol/h} = 68,49 \text{ Kg/h}$

### **Verificación régimen No Acumulativo**

$$\begin{aligned} - N_9 &= N_{11} + N_{12} \\ 7.534,3 \text{ Kg/h} &= (685,08 + 6849,31) \end{aligned}$$

$$\boxed{7.534,3 \text{ Kg/h} = 7.534,31 \text{ Kg/h}}$$

## **ANEXO II – DISEÑO DE REACTORES**



**Figura II.1. Reactor para producción de AN**

El diseño del reactor consta del diseño de la zona de reacción; cilindro interno, y zona de intercambio de calor; cilindro externo, el cual tiene que ser el necesario para que se produzca el rebalse del producto reaccionado y no se acumule, evitando que vuelva a ingresar a la zona de reacción.

### **Diseño de reactor 1**

- Reactor mezcla completa tipo continuo

$$V = \Theta \cdot Fv^\circ$$

- Densidad  $NH_3 = 620 \text{ Kg/m}^3 \implies Fv^\circ = 1,86 \text{ m}^3/\text{h}$
- Densidad  $H_2O = 1000 \text{ Kg/m}^3 \implies Fv^\circ = 3,56 \text{ m}^3/\text{h}$
- Densidad  $HNO_3 = 1510 \text{ Kg/m}^3 \implies Fv^\circ = 3,54 \text{ m}^3/\text{h} / Fv^\circ \text{ total} = 8,96 \text{ m}^3/\text{h}$

$$V = 0,58 \text{ h} \cdot 8,96 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V = 5,22 \text{ m}^3$$

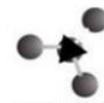
$$\text{Volumen necesario} = 5,22 \text{ m}^3 \times 1,3 = \mathbf{V = 6,79 \text{ m}^3}$$

### **Diseño de reactor 2**

- $Fv^\circ(\text{amoniaco}) = 0,46 \text{ m}^3/\text{h}$
- $Fv^\circ(\text{agua}) = 2,32 \text{ m}^3/\text{h}$
- $Fv^\circ(\text{ácido}) = 0,71 \text{ m}^3/\text{h}$
- $Fv^\circ(\text{AN}) = 3,15 \text{ m}^3/\text{h}$

$$V = 0,58 \cdot 6,65 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V = 3,88 \text{ m}^3$$



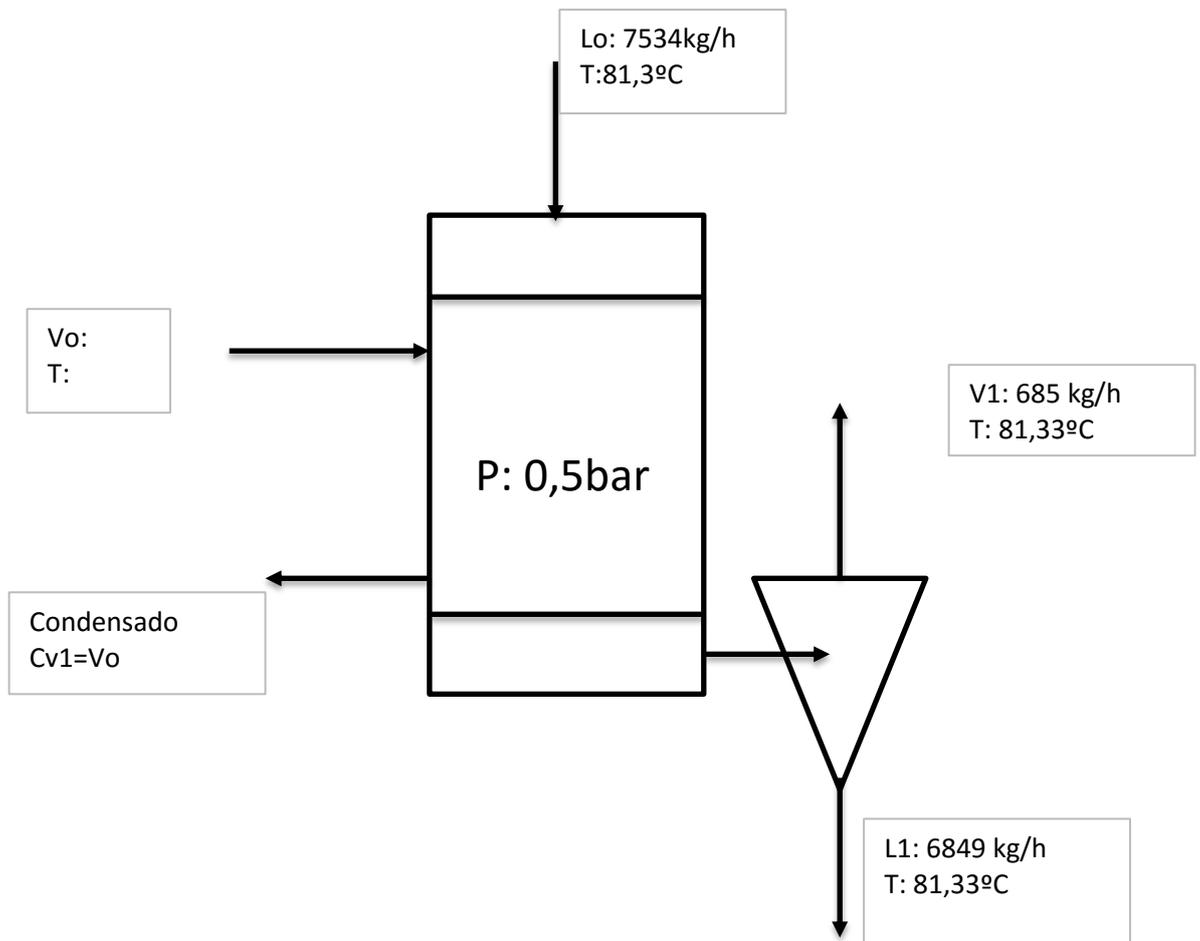
$$Fv^{\circ} \text{ total} = 6,65 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Volumen necesario} = 3,88 \text{ m}^3 \times 1,3 = \boxed{V=5,04 \text{ m}^3}$$

### **ANEXO III – DISEÑO DE EVAPORADOR**

Para estimar el tamaño de los evaporadores, se los calculó con la contante de Martinelli y la ecuación de Lockhardt-Martinelli.

Primero analizamos los datos que obtuvimos de la etapa anterior y planteamos un balance de masa,



**Figura III.1. Balance de Masa Evaporador**

De acuerdo al balance de masa calculado en el Anexo I, la corriente a concentrar es una solución de AN al 90%, 6781kg/h de AN y 753kg/h de agua. La concentración de la solución al salir del evaporador debe ser del 99%; 6781kg/h de AN y 68kg/h de agua. Por lo tanto, el agua a evaporar es 685kg/h.

Con estos datos se propuso una economía de vapor, igual a 0,97, siendo que la economía de vapor es equivalente al cociente entre la corriente de vapor



obtenida y la corriente de vapor utilizada en la evaporación,

$$Economia = 0,97 = \frac{V1}{Vo}$$

$$Vo = \frac{685 \frac{kg}{h}}{0,97} = 706 \frac{kg}{h}$$

Para calcular el área de intercambio es necesario calcular el calor absorbido por la mezcla, como de dicha mezcla no disponemos los valores de entalpía, se plantea la siguiente ecuación,

$$Qced \text{ por el vapor} = Qabs \text{ por la mezcla}$$

$$Qced = Vo * (Hv - Hl) = 706 \frac{kg}{h} * (646,3 - 119,94) \frac{Kcal}{kg}$$

$$Qced = 371610 \frac{Kcal}{h}$$

De la ecuación de diseño despejamos el área quedando:

$$A = \frac{Qced}{Ud * DMLT}$$

El coeficiente global de diseño se propone según estos equipos; 750 W/m<sup>2</sup>.°C

Ahora calcularemos la temperatura media logarítmica DMLT,

$$DMLT: \frac{(T1 - t2) - (T2 - t1)}{\ln \frac{T1 - t2}{T2 - t1}} =$$

Como la transferencia es lineal se puede tomar la diferencia de temperatura dividido 2, por lo que esta DMLT=20°C

$$A = \frac{Qced}{Ud * DMLT} = 24,77 \text{ m}^2$$

Según la norma BGW en el libro Ed Cao, decidimos seleccionar tubos de 1" BGW 16 con un Di=0,0221m

Datos de la Mezcla

Densidad de Mezcla (pm): 1310,44 Kg/m<sup>3</sup>

Densidad de la corriente de vapor+liquido (pm+l)= 1,84kg/m<sup>3</sup>

Viscosidad vapor (uV): 1,16\*10<sup>-5</sup> Kg/m.seg



Viscosidad Líquido (uL): 0,0004 Kg/m.seg

Calidad de vapor:  $V1/Lo = 0,09$

$$Lo = v1 * np * \frac{\pi * di^2}{4} * pm$$

$$np * n = Nt \text{ donde } n = 1 \Rightarrow Nt = np$$

Para el cálculo de la velocidad utilizamos la ecuación de Pedroni para evaporadores:

$$v1^2 * pm = 1200$$

$$v1 = \left(\frac{1200}{1,84}\right)^{1/2} = 18,59 \frac{m}{s}$$

El número de tubos se calcula:

$$Nt = \frac{Lo * 4}{\pi * di^2 * pm * v1} = 84,78 \text{ tubos}$$

Ahora calculamos el largo:

$$L = \frac{A}{\pi * do * Nt} = 3,67m$$

Esta medida no es una medida lógica, y entonces tomamos el inmediato superior que es múltiplo de 12, este valor seria 4m, ya que el tubo al comprarlo es de 12 metros, por tubo podremos obtener 3 tubos para el evaporador.

Una vez obtenido esto definimos el arreglo de tubos del libro Cao, apéndice 25, donde tomamos el arreglo que se presenta a continuación, luego de iterar varios arreglos para conseguir que el N° de Reynold diera Régimen Laminar:

**TUBOS FIJOS 1" EN 11/4" Δ; Ds: 19 1/4"; Tubos 163 de 1" BGW 16**

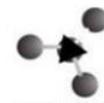
Ahora verificamos la velocidad:

$$v1 = \frac{Lo * 4}{\pi * di^2 * pm * Nt} =$$

Pero el número de tubos ahora será 163,

$v1 = 9,67 \text{ m/s}$

Es momento de verificar el coeficiente global de transferencia Ud a partir de la ecuación de Martinelli sin cambio de fase donde:



$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{io}} + \frac{1}{h_o} + R_{fi}$$

$h_{io}$ : coeficiente pelicular interno, referido al área externa ( $h_{io} = h_i \cdot D_i/D_o$ ), sin cambio de fase, (Sieder y Tate)

$$\frac{h_b}{h_i} = 3,5 \cdot \left(\frac{1}{X_{tt}}\right)^{0,5}$$

$X_{tt}$ : parámetro de Martinelli

$h_b$ : coeficiente pelicular h corregido con cambio de fase

$h_o$ : coeficiente pelicular externo

$h_i$ : coeficiente pelicular interno

Siendo que:

$$\left(\frac{1}{X_{tt}}\right) = \left(\frac{X}{1-X}\right)^{0,9} \cdot \left(\frac{\rho L}{\rho V}\right)^{0,5} \cdot \left(\frac{\mu V}{\mu L}\right)^{0,1}$$

Esto se cumple para:

$$0,25 < 1/X_{tt} < 70$$

Calculamos  $1/X_{tt}$  y nos da:

$$\frac{1}{X_{tt}} = 5,76$$

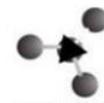
Como verifica, calculamos la velocidad por tubos y luego con esta velocidad verificamos el tipo de régimen y dependiendo el régimen se proponen distintas formas de calcular el coeficiente pelicular,

$$v_t = \frac{L_o \cdot 4}{\pi \cdot d_i^2 \cdot \rho_l \cdot N_t} = 0,0256 \frac{m}{s}$$

Calculamos el número de Reynold:

$$Re = \frac{v_t \cdot \rho_l \cdot d_i}{\mu} = 2078$$

Este número pertenece a un régimen laminar, por lo que se decide aplicar la ecuación de Sieder y Tate para este régimen. Pero primero es necesario conocer el número de Prand.



$$Pr = \frac{cp * \mu}{k} = 3,16$$

K adopta el valor de 0,383 w/m\*K

Calculamos el coeficiente pelicular interno:

$$hi = 1,86 * \left[ Re.Pr. \frac{di}{L} \right]^{\frac{1}{3}} * \left( \frac{\mu V}{\mu L} \right)^{0,14} * \frac{k}{di} = 106,72 \frac{W}{m^2 * K}$$

Se considera que el último factor de las viscosidades siempre es menor a 1 y como es muy complejo saber su valor real se lo sobredimensiona aportando un valor igual a 1.

ho= 10000 W/m<sup>2</sup>\*K se considera este valor de tabla por no ser un coeficiente controlante, de otra forma se podría haber calculado por Nusselt.

Por el cálculo de Martinelli despejamos hb:

$$hb = 3,5 * \left( \frac{1}{X_{tt}} \right)^{0,5} * hi = 896,04 \frac{W}{m^2 * K}$$

con esto verificamos Ud:

$$\frac{1}{Ud} = \frac{1}{hb * \frac{di}{do}} + \frac{1}{ho} + 2 * 10^{-4} = 0,00127$$

$$Ud = \frac{W}{m^2 * K}$$

hb\* di/do = hio

Calculo de perdida de carga

$$\mu_M = \frac{1}{\frac{Xv}{Mv} + \frac{1-Xv}{\mu_L}} = 0,0000965 \frac{kg}{m * seg}$$

$$Re_M = \frac{vt * p_M * di}{\mu_M} = 7687,2$$

$$f = 0,0014 + \frac{0,125}{Re^{0,32}} = 0,0085$$

$$\Delta Pt = 4 * f * \frac{L}{di} * \rho_M * \frac{v_t^2}{2} = 1003,09 Pa$$



## **ANEXO IV-DISEÑO DE LA TORRE PRILLING**

Una torre de prilling es un equipo destinado a la producción de fertilizantes, fundamentalmente urea y nitrato amónico, en forma de partículas esféricas o prills sólidos, de diámetro normalmente comprendido entre 1 y 2 mm.

Dicho equipo puede considerarse como un gran intercambiador de calor de contacto directo, donde el fertilizante fundido es pulverizado, en la parte superior de la torre, en forma de gotas o prills líquidos, los cuales, en su descenso a través de la torre, sufren un proceso de solidificación, por enfriamiento con un flujo de aire, circulando a contracorriente.

Dicho equipo puede considerarse como un gran intercambiador de calor de contacto directo, donde el fertilizante fundido es pulverizado, en la parte superior de la torre, en forma de gotas o prills líquidos, los cuales, en su descenso a través de la torre, sufren un proceso de solidificación, por enfriamiento con un flujo de aire, circulando a contracorriente.

La sección de prilling consiste básicamente en una torre hueca de sección rectangular o circular, usualmente construida en hormigón armado, de altura comprendida entre 20 y 60 m, en la cual se desarrolla el proceso que se describe a continuación.

A la salida de la sección de evaporación, el fertilizante fundido (concentración acuosa superior al 99 %), a una temperatura ligeramente superior a su punto de fusión, es bombeado a la parte superior de la torre, donde es pulverizado, en forma de lluvia de gotas o prills, de diámetro comprendido entre 1 y 4mm., en una unidad denominada pulverizador.

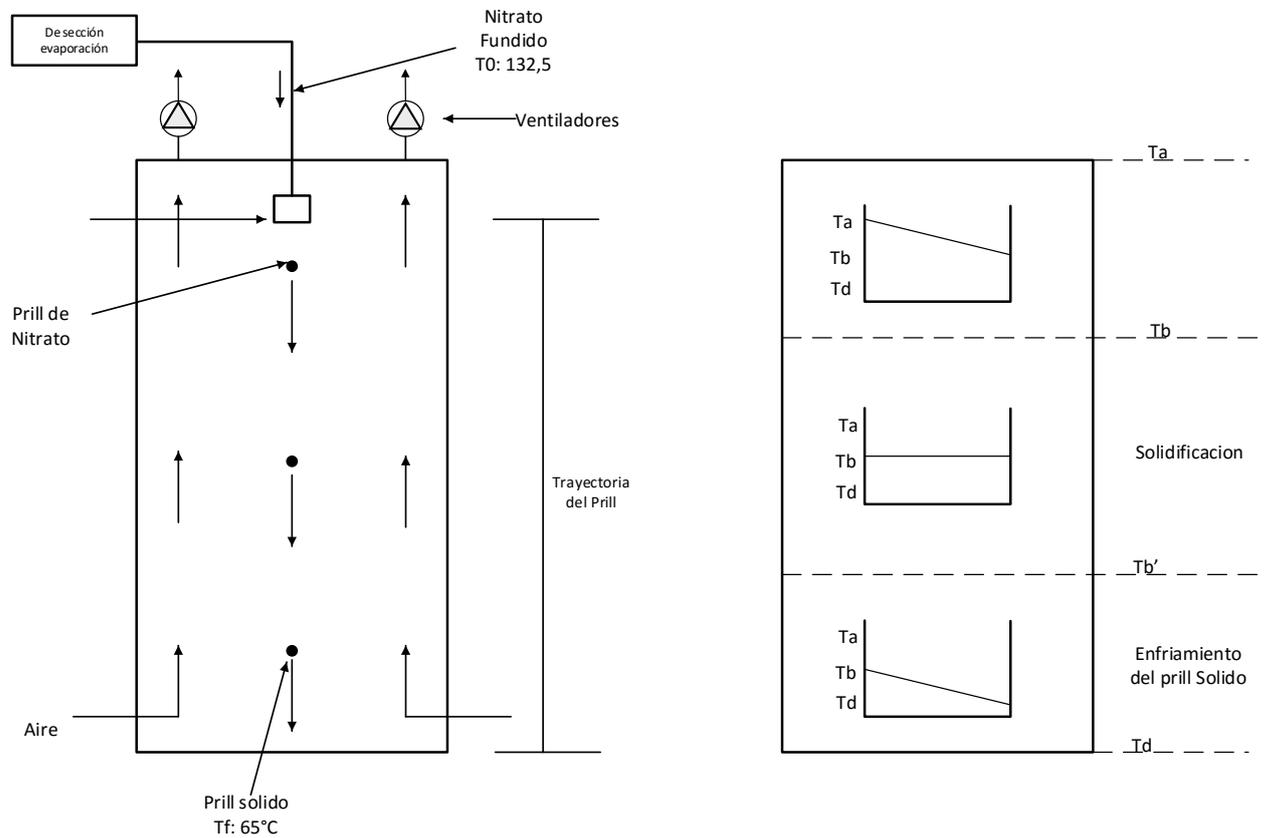
En su descenso a través de la torre, las gotas o prills de fertilizante sufren un proceso de enfriamiento y solidificación, por transferencia de calor con un flujo de aire ascendente, el cual es impulsado por los ventiladores de circulación, situados en la parte superior de la torre.

Una vez alcanzan la base de la torre, los prills sólidos son expulsados de ésta, mediante un brazo de arrastre giratorio o una cinta móvil, hacia una cinta transportadora, que envía el producto a almacenamiento.

Actualmente las torres de prilling utilizan dos tipos básicos de pulverizadores (figura 1.2):

- \* Tipo 1: Pulverizador estático (prilling nozzle)
- \* Tipo 2: Pulverizador rotativo (prilling rotating bucket)

En el pulverizador estático, el fertilizante fundido es impulsado, a través de una serie de boquillas pulverizadoras (nozzles), provocando la formación de gotas o prills líquidos (efecto jet), que se desprenden del pulverizador con una velocidad de salida ( $v_0$ ), muy cercana a la velocidad máxima o límite de caída del prill ( $v_{pmax}$ ).



**Figura IV.1. Esquema de una Torre de Prilling**

**Especificaciones:**

- Ts: Temperatura de solidificación
- To: Temperatura inicial uniforme del Prill liquido (salida del Pulverizador)
- Tfin : temperatura superficial final del Prill solido (base torre)

En este tipo de torres, el prill presenta una trayectoria vertical de caída, con una velocidad prácticamente constante ( $v_{pmax}$ ).

El pulverizador rotativo está constituido básicamente por un tronco de cono hueco invertido, abierto en su base superior y cerrada en su base inferior, presentando adicionalmente una serie de orificios en su superficie lateral.

Este pulverizador está acoplado a un motor que le confiere un movimiento rotativo, según su eje vertical.

El fertilizante fundido es introducido en el pulverizador por su parte superior y es expulsado del mismo, en forma de prills, a través de los orificios laterales, con una velocidad horizontal de salida ( $v_0$ ), que es función de la velocidad de rotación del pulverizador, diámetro y cota del orificio y propiedades del fluido a

Producto	Grado	Diámetro Prill	Composición solido	Ts (°C)	To (°C) (prill liquido)	Tfin (°C) (prill solido)
Nitrato de Amonio	34 % N	1 – 2 mm.	99% Nitrato de amonio  1% agua y NH3	125	130 – 135	50 - 80

pulverizar.

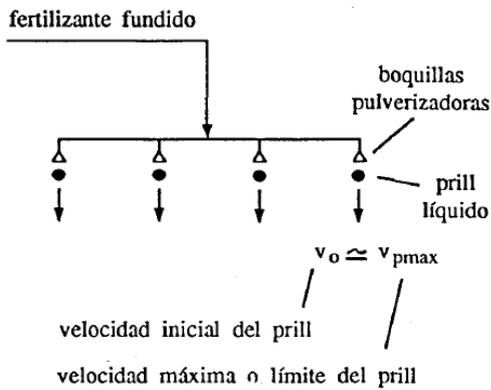
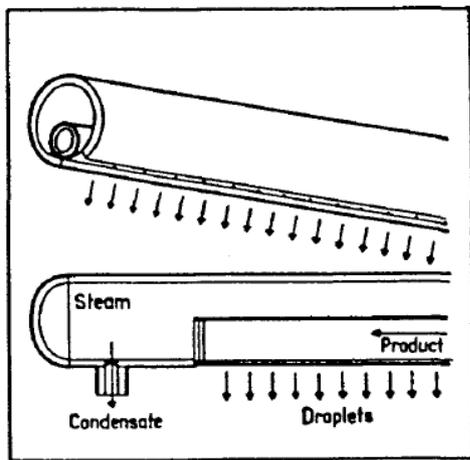
En este tipo de torres, el prill presenta una trayectoria de tipo parabólico con una velocidad de caída variable. Estas diferencias, en cuanto a la magnitud y dirección de la velocidad inicial del prill, van a provocar que, para un mismo proceso de prilling (mismo fertilizante, mismas condiciones de operación), la

**Figura IV.2. Condiciones generales del producto en la torre**

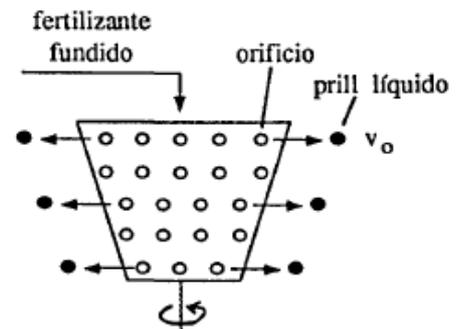
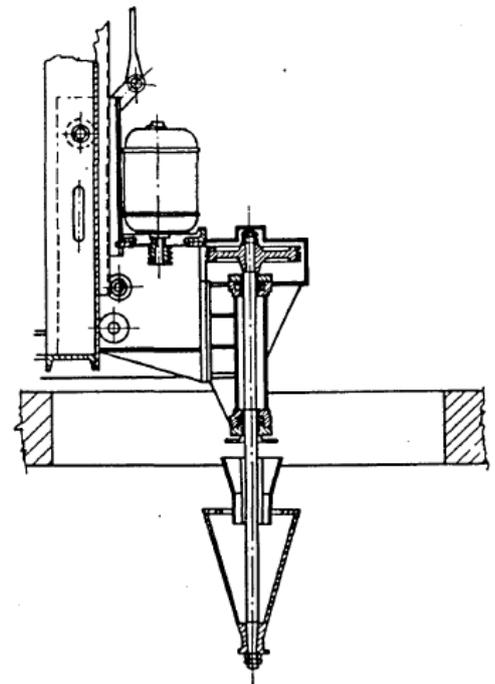
trayectoria y la evolución de la velocidad del prill serán diferentes, según se

utilice uno u otro tipo de pulverizador.

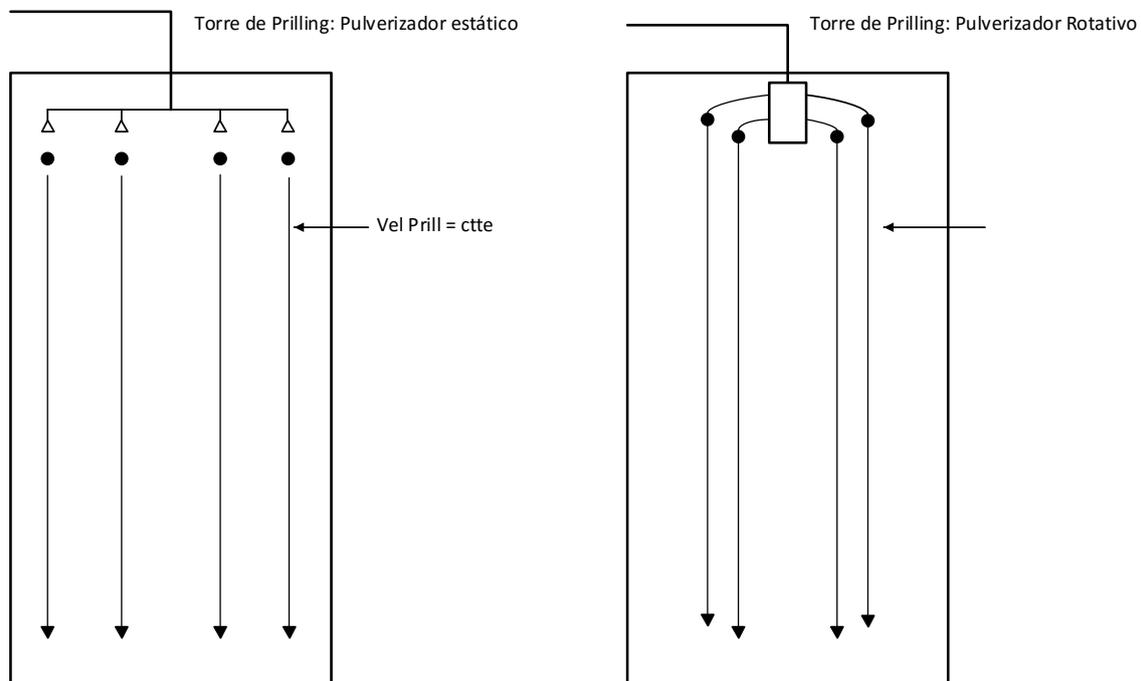
**Tipos básicos de pulverizadores**



**Figura IV.3. Pulverizador estático**



**Figura IV.4. Pulverizador rotativo**



**Figura IV.5. Tipos básicos de modelos de cálculo de torres de prilling**

*Las diferencias básicas, entre ambos tipos de torres, quedan reflejadas, de forma específica, en las consideraciones sobre la evolución de la velocidad del prill en la torre.*

### **Hipótesis de cálculo**

1) La composición del fertilizante no varía durante el proceso de prilling y se desprecia la presencia de componentes minoritarios (amoníaco, agua), por causa de su baja concentración.

Nitrato amónico: 100 % pureza

Para las variantes de nitrato amónico, incorporando materiales aditivos, se considerarán los componentes mayoritarios.

2) Los prills son de forma esférica durante todo el proceso, sin sufrir deformaciones.



3) Se considera que el prill no sufre proceso de contracción de volumen por solidificación.

$D_L$  = Diámetro prill líquido

$D_S$  = Diámetro sólido

$P_L$  = Densidad del nitrato amónico líquido a 125°C (temperatura solidificación)  
= 1650 kg/m<sup>3</sup>

$P_S$  = Densidad del nitrato amónico sólido = 1720 kg/m<sup>3</sup>

Masa prill líquido = masa prill sólido

$$p_L * \frac{3}{4} * \pi * \left(\frac{D_L}{2}\right)^3 = p_S * \frac{3}{4} * \pi * \left(\frac{D_S}{2}\right)^3$$

$$\frac{D_S}{D_L} = \left(\frac{p_L}{p_S}\right)^{1/3} = \left(\frac{1650}{1720}\right)^{1/3} = 0,986$$

Se acepta, en consecuencia, que la densidad del prill de urea es constante durante todo el proceso e igual a 1720 kg / m<sup>3</sup>.

4) La transferencia de calor en el interior del prill es por conducción radial uniforme, tanto en la fase líquida como en la fase sólida. Se consideran despreciables los posibles fenómenos de convección natural en la fase líquida, debido al corto tiempo de caída del prill y a su pequeño diámetro (2 mm).

5) Las propiedades termofísicas (conductividad, calor específico) de la fase sólida y de la fase líquida del prill, se considerarán constantes para el margen de temperaturas de trabajo.

6) La velocidad de descenso del prill a través de la torre depende del tipo de torre de prilling.

\* Tipo 1 (Torres con pulverizador estático):

Velocidad absoluta de caída = velocidad límite de caída - veloc. Ascensión aire = constante.

(valores medios a lo largo de la torre).

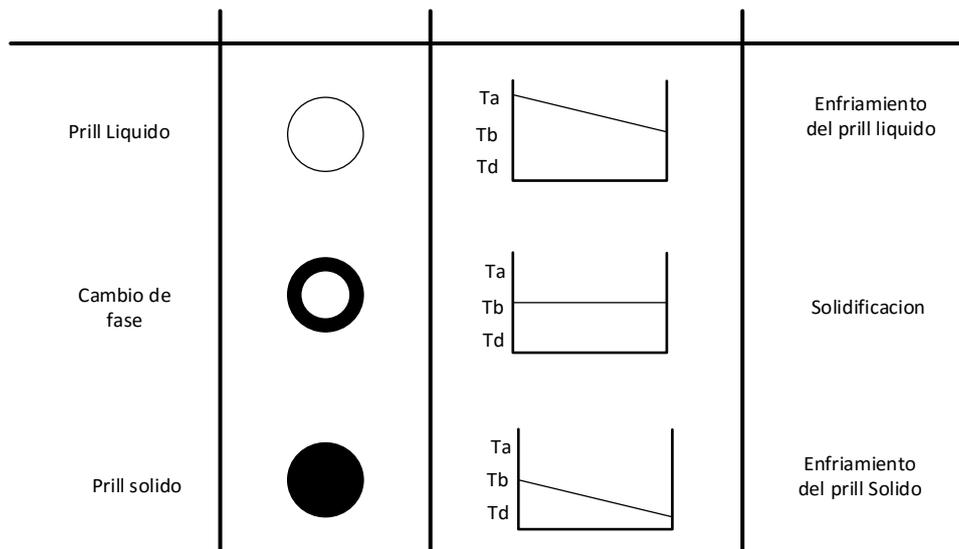
### **MODELO FÍSICO DE LA TORRE DE PRILLING**

En base a las hipótesis de cálculo introducidas, se ha definido un modelo físico de torre de prilling (figuras 1.4. 1.5), la cual puede considerarse dividida en tres

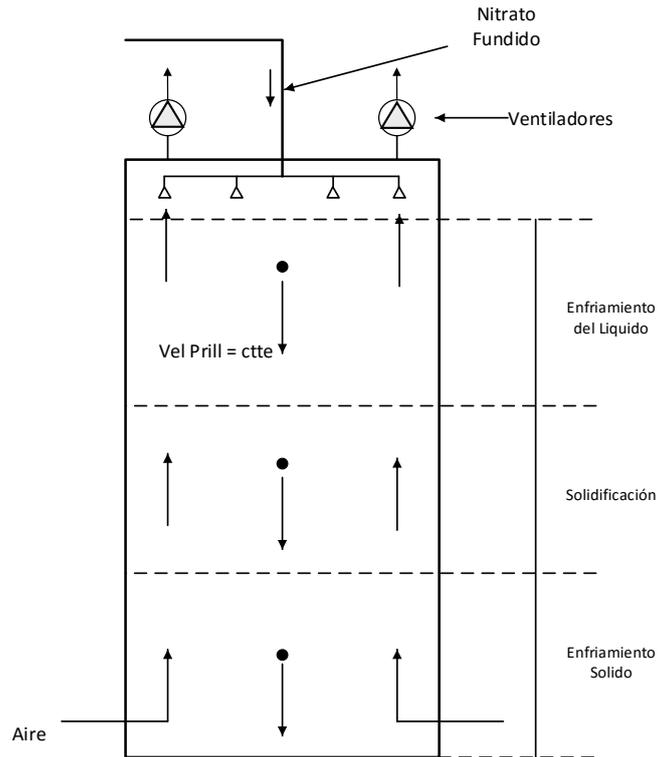
secciones siguiendo el esquema de la torre de pulverizador estatico.

Siguiendo la trayectoria de caída del prill (datos de operación indicados referidos a Nitrato de Amonio):

- Sección 1: Enfriamiento del prill líquido desde la temperatura inicial uniforme del prill, a la salida del pulverizador ( $T_o = 132,5^{\circ}\text{C}$ ), hasta que la temperatura superficial del prill alcanza el valor de la temperatura de solidificación ( $T_s = 125^{\circ}\text{C}$ ).
- Sección 2: Solidificación del prill. Desde el inicio de la solidificación exterior del prill, hasta la finalización de la solidificación central del prill (evolución radial uniforme de la interface líquido - sólido).
- Sección 3: Enfriamiento del prill sólido. Desde la finalización de la solidificación central del prill, hasta que el prill alcanza una temperatura superficial determinada ( $T_{fin} = 50-80^{\circ}\text{C}$ ).



**Figura IV.6. Esquema de las distintas fases de prilling**



**Figura IV.7. Modelización torre con pulverización estática**

**Hipótesis:**

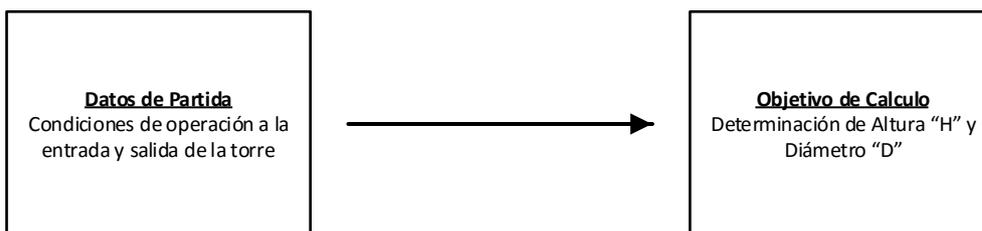
$$v_0 = v_{\max} = v_{\infty} - v_a = \text{cte}$$

- $v_0$  : velocidad inicial
- $v_{\max}$  : velocidad Final del prill
- $v_{\infty}$  : velocidad límite de caída
- $v_a$  : velocidad de ascensión del aire

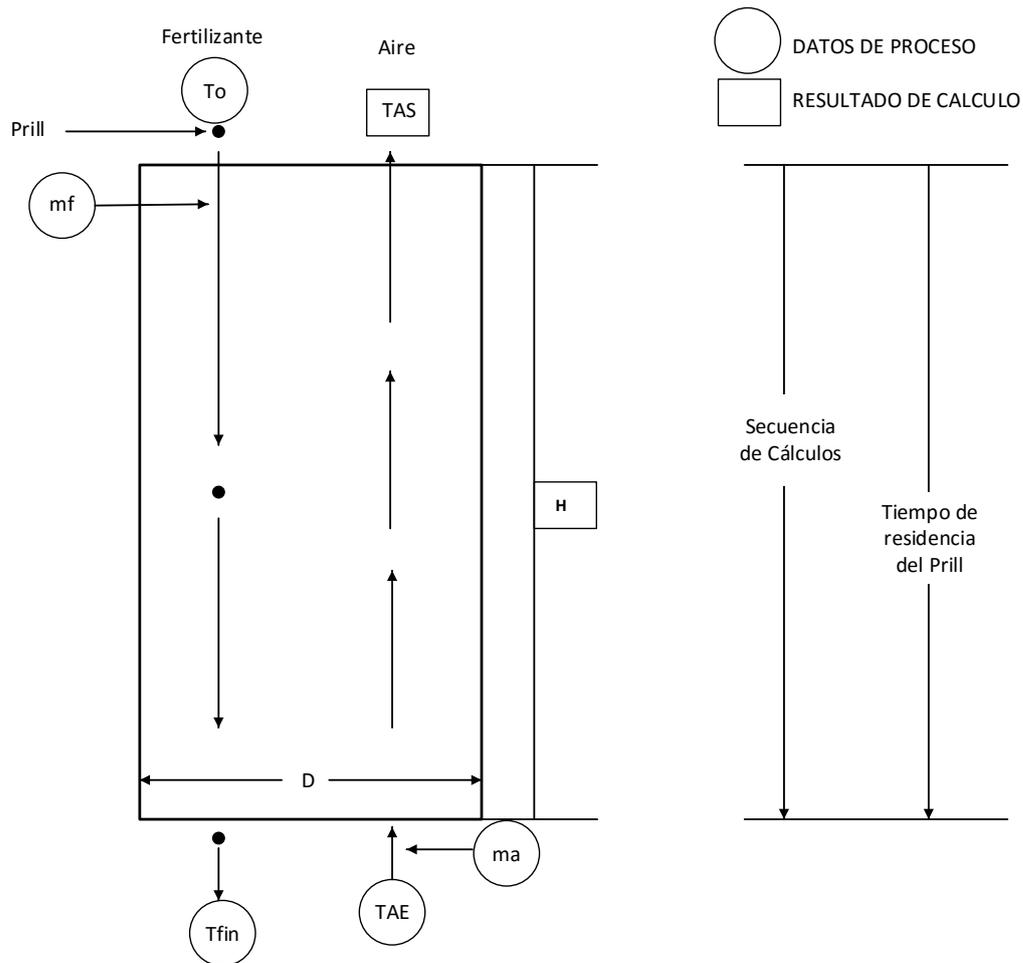
**METODOLOGIA DE CÁLCULO**

Una torre de prilling puede considerarse como un gran intercambiador de calor de contacto directo (solido - gas) a contracorriente.

En este sentido, el método de cálculo de una torre de prilling responde al mismo enfoque global que los intercambiadores de calor convencionales:



Una vez introducidas las matizaciones previas sobre el método general de cálculo de torres de prilling, se resumen en la figura 1.7 las etapas básicas para el desarrollo de dicho método de cálculo.



**Figura IV.8. Método general de cálculo**

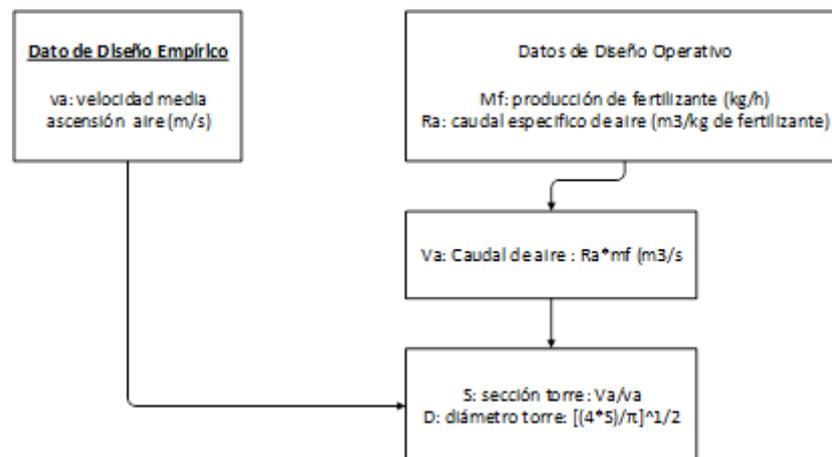
<u>NOMENCLATURA:</u>	
<b><u>Fertilizante</u></b>	
•	To: Temperatura inicial uniforme del Prill liquido (salida del Pulverizador)
•	Tfin : temperatura superficial final del Prill solido (base torre)
•	Dp: diámetro del prill
•	Mf: Caudal másico Fertilizante
<b><u>Aire</u></b>	
•	TAE: Temperatura entrada aire
•	TAS: temperatura aire salida torre
•	ma: Caudal másico aire
<b><u>Torre</u></b>	
•	H: Altura Torre

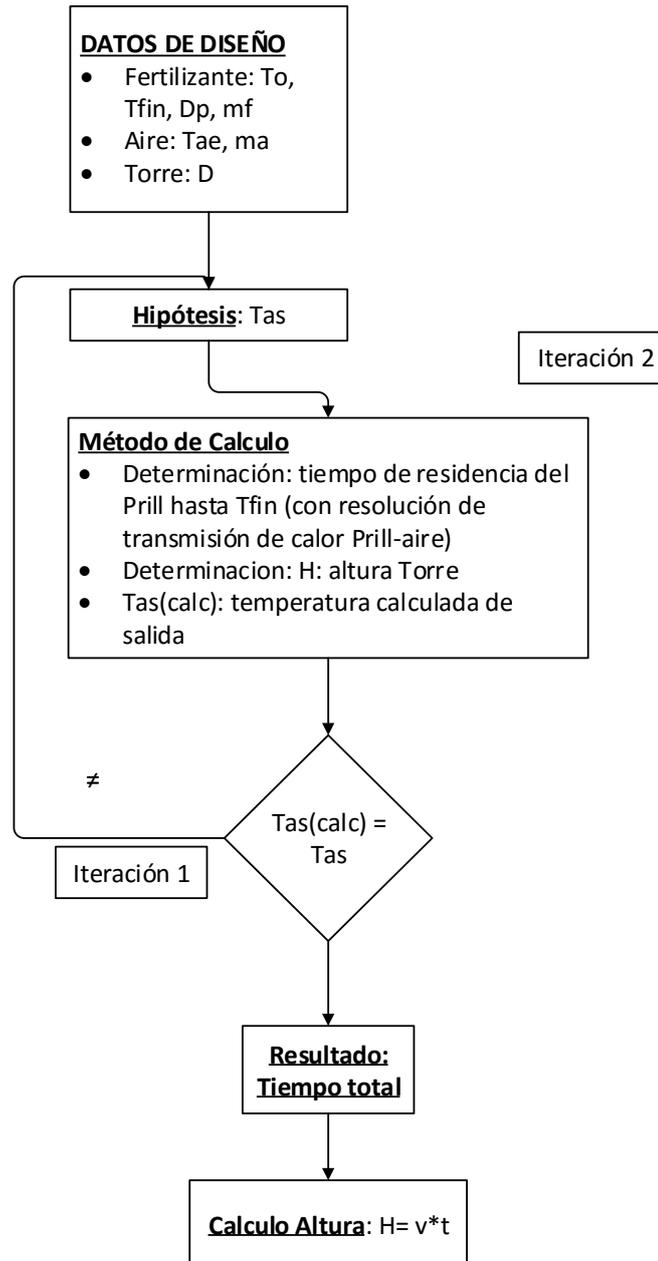
Punto 1: Temperatura de salida del aire de la torre.

La temperatura de salida del aire de la torre (TAS) no es determinable exactamente, a partir del balance entálpico global fertilizante-aire, ya que el perfil de temperatura de prill, a la salida de la torre, no es un perfil plano o uniforme (calor residual acumulado en prill, no transferido al aire).

Punto 2: Diámetro de la torre.

El diámetro de la torre es un parámetro que no viene usualmente fijado o determinado por el proceso de transmisión de calor prill-aire, tal como ocurre con la altura de la torre. La estimación de dicho diámetro, como dato de diseño para el cálculo posterior de la altura, se realiza a partir de la capacidad o producción de fertilizante de la torre, tal como se resume en el esquema adjunto.





**Figura IV.9. Procedimiento de cálculo**



### **DETERMINACION DEL DIAMETRO DE LA TORRE**

El análisis de dicho esquema permite deducir que la variable básica para el cálculo del diámetro es la velocidad media de ascensión del aire en la torre.

En relación a esta interdependencia velocidad del aire - diámetro de la torre, se incluyen a continuación una serie de comentarios justificativos del valor óptimo de velocidad de aire a considerar.

Si se elige una velocidad del aire elevada, el diámetro de la torre será relativamente pequeño, apareciendo las siguientes limitaciones:

- \* Existirá la posibilidad de que una parte de los prills generados por el pulverizador (en especial, el pulverizador rotativo) impacten, en su trayectoria de descenso, contra las paredes de la torre, produciéndose una pérdida de producto.
- \* Aumentará la concentración de polvo (disgregado de los prills), arrastrado por el aire de salida de la torre. Es decir, aumentará el nivel de contaminación (mg polvo/m<sup>3</sup> aire), pudiéndose alcanzar niveles no permitidos por la legislación de protección del medio ambiente.

Si se elige una velocidad del aire baja, el diámetro de la torre será mayor, apareciendo, no obstante, otra serie de limitaciones:

- \* Aumentará la velocidad neta de caída del prill y, en consecuencia, aumentará la altura de la torre necesaria para permitir la solidificación del prill.
- \* El coste de construcción de la torre será mayor (mayor diámetro, mayor altura). Como conclusión a lo anteriormente expuesto, puede decirse que la elección del valor óptimo de la velocidad media de ascensión del aire, que permitirá determinar el diámetro de la torre, es una solución de compromiso entre el conjunto de limitaciones técnicas, económicas y legales expuestas.

Según las referencias industriales disponibles, el valor óptimo de la velocidad media de ascensión del aire, usualmente adoptado, está comprendido entre 0,6 y 0,8 m / s.

### **DATOS DE REFERENCIA**

Tal como se ha comentado previamente, para la contrastación experimental del modelo numérico de cálculo de torres de prilling, desarrollado en la presente tesis, se han utilizado los datos experimentales de una torre de prilling urea, ubicada en Málaga.



## **Condiciones de operación de la torre de prilling de urea**

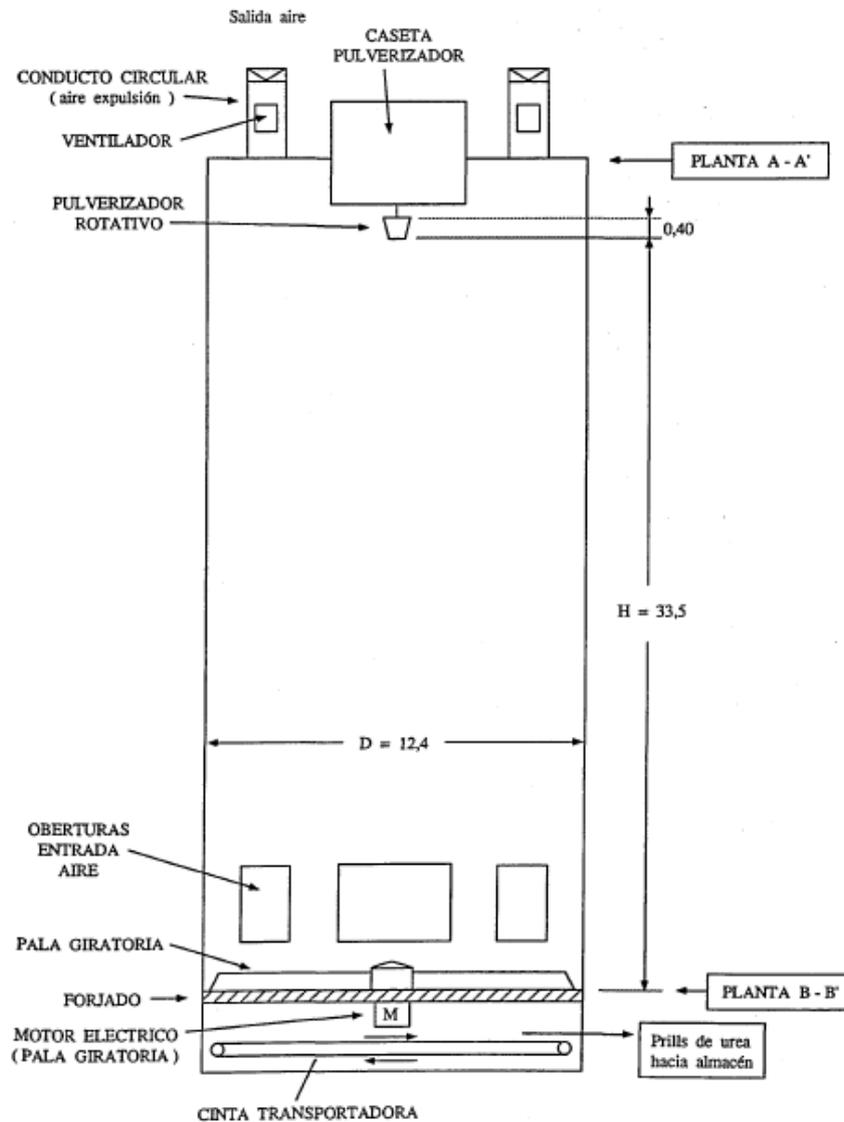
- \* Situación geográfica: Málaga.
- \* Tipo de planta: Producción de urea según el proceso once-through (licencia Stamicarbon)
- \* Tipo de torre de prilling: Torre circular con pulverizador rotativo.
- \* Producción de la torre: 13.815 kg / h de urea en forma de prills sólidos.
- \* Diámetro del prill: 1,5 mm (valor medio sobre una granulometría 1-2 mm, siguiendo aproximadamente una distribución normal).
- \* Temperatura inicial uniforme del prill: 138 C
- \* Temperatura superficial del prill en la base de la torre: 75 C
- \* Composición del prill sólido: 99,1 % urea, 0,2 % agua, 0,7 % biuret (% en peso).
- \* Caudal de aire medido en condiciones exteriores: 304.500 m<sup>3</sup>/h
- \* Temperatura del aire exterior a la entrada de la torre: 35 C, 60 %.
- \* Temperatura del aire a la salida de la torre (descarga ventilador): 49 C
- \* Temperatura del aire a la salida de la torre (aspiración ventilador): 48,43 C (Estimación realizada en especificaciones adicionales).

## **Características técnicas y constructivas de la torre**

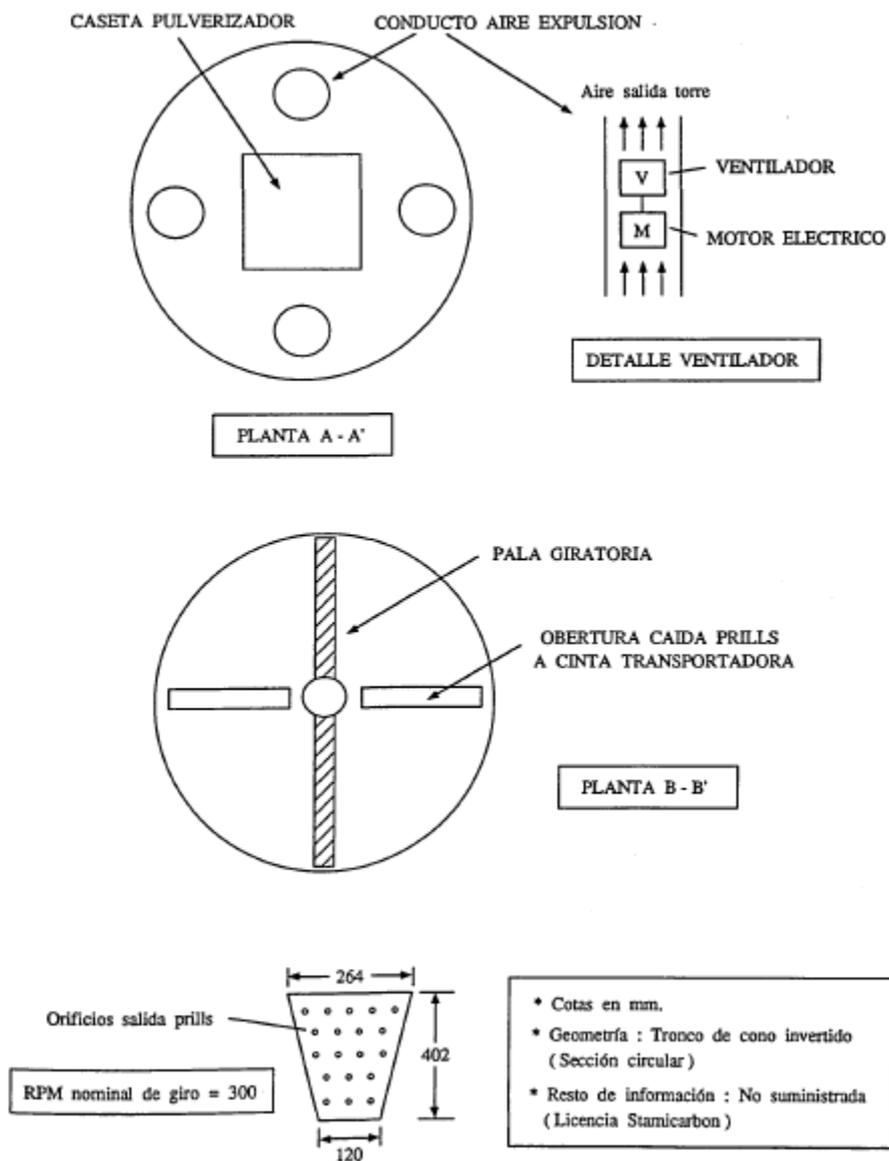
### **(Figuras 1.9-A y 1.9-B)**

- \* Tipo de torre de prilling: circular, construida en hormigón armado.
- \* Diámetro interior de la torre: 12,4 m
- \* Altura de la torre: 33,5 m (Distancia vertical desde la base del pulverizador a la base de la torre).
- \* Altura media de caída del prill: 33,7 m (Distancia vertical desde el punto medio del pulverizador a la base de la torre).
- \* Número de ventiladores de extracción de aire: 4
- \* Características del ventilador: Ventilador helicoidal, accionado por motor eléctrico coaxial, de potencia eléctrica nominal 13,7 kW.

- \* Características técnicas del pulverizador: Indicadas en figura 1.9-B.
- \* Tipo de pulverizador: Rotativo (licencia Stamicarbon).



**Figura IV.10. Esquema de la torre de prilling de urea**



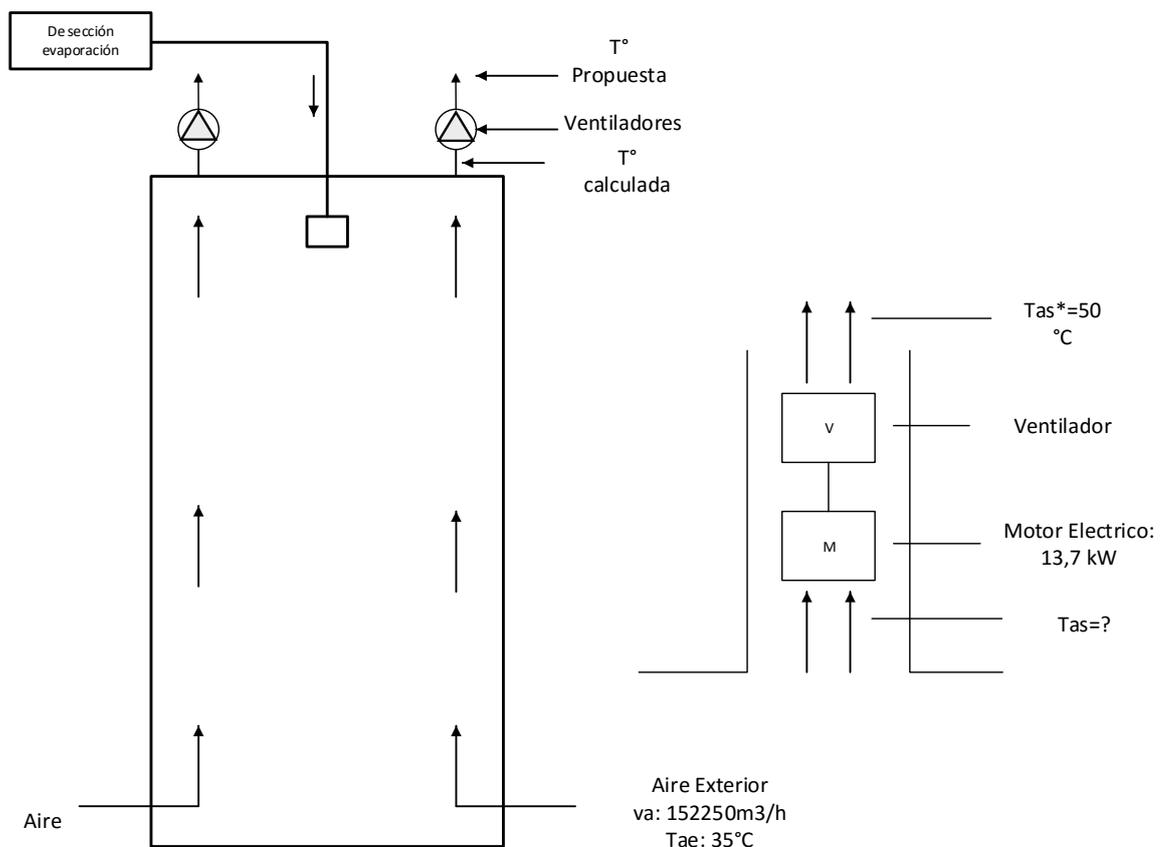
**Figura IV.11. Esquema del pulverizador rotativo**

### **ESPECIFICACIONES ADICIONALES**

1) Corrección de la temperatura de salida del aire de la torre.

El dato experimental disponible, referente al aire a la salida de la torre, corresponde a la temperatura del aire a la descarga del ventilador de aspiración, situado en la parte superior de la torre (TAS\*, Figura siguiente).

Sin embargo, es previsible que el dato experimental, que se precisará para la contrastación del modelo numérico, será la temperatura del aire en la aspiración del ventilador (TAS, Figura siguiente).

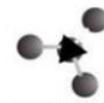


**Figura IV.12. Especificaciones adicionales**

La estimación de TAS Puede realizarse, a partir del caudal de aire vehiculado por el ventilador y de la potencia eléctrica nominal del motor eléctrico, según se resume en la secuencia de cálculos que se indica a continuación.

\* Caudal de aire a la salida de la torre (descarga del ventilador):

- caudal volumétrico total (2 ventiladores) =



$$152250 * \frac{(273 + 50,3)}{(273 + 35)} = 159813 \text{ m}^3/h$$

- caudal másico total (2 ventiladores) =

$$152250 * 1,13 = 172044 \text{ kg}/h = 47,79 \text{ Kg}/s$$

- caudal másico unitario (1 ventilador) =

$$\frac{47,79 \text{ Kg}/s}{2} = 23,9 \text{ Kg}/s$$

\*Estimación de la temperatura del aire en la parte superior de la torre ( $T_{AS}$ ):  
(Entrada del conjunto motor – ventilador)

Potencia eléctrica motor = PE

$$PE = \bar{m}_a * c_{p_a} * (T_{AS}^* - T_{AS})$$

$$13,7 \text{ kW} = 23,9 \text{ Kg}/s * 1 \text{ kJ}/\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C} * (50,3 - T_{AS})^\circ\text{C}$$

$$T_{AS} = 49,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

2) Estimación de la velocidad media de ascensión del aire en la torre A modo de verificación, se ha realizado la estimación de la velocidad media de ascensión del aire en la torre, la cual, según las referencias bibliográficas, tiene un valor comprendido entre 0,6 y 0,8 m/s.

\*Diámetro interior de la torre:  $D = 9 \text{ m}$

\*Sección de la torre:

$$S = \pi * \frac{D^2}{4} = \pi * \frac{9^2}{4} = 63,62 \text{ m}^2$$

\*Caudal medio de aire:

$$\bar{V}_a = \left( \frac{172042,5 + 152250}{2} \right) / 3600 = 43,34 \text{ m}^3/s$$

\*Velocidad media ascensión aire:

$$v_a = \frac{\bar{V}_a}{S} = \frac{43,34}{63,62} = 0,68 \text{ m/s}$$

***La velocidad de ascensión obtenida es válida dentro del rango que la bibliografía específica, el valor fue obtenido luego de iterar en Excel el cálculo.***

***Bajo estas especificaciones y datos de partida se hará el cálculo debido a su sencillez para un pulverizador estático.***

### **VELOCIDAD LÍMITE DE CAÍDA DEL PRILL**

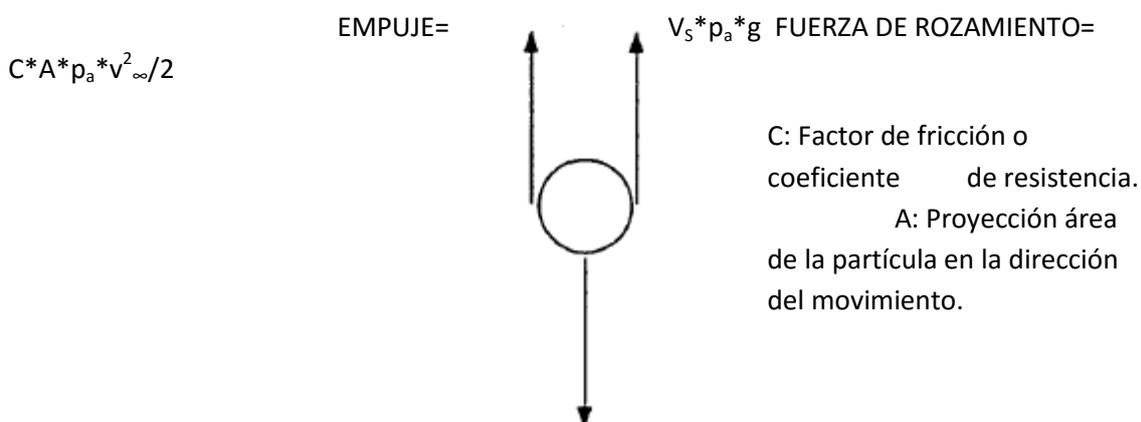
Determinar la velocidad límite de caída del prill, es uno de los parámetros básicos para el dimensionado de la altura de la torre.

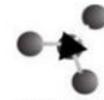
Considerando al prill como una esfera sin deformaciones (hipótesis de cálculo), su velocidad límite de caída viene determinada por la ley de Newton y las expresiones de Lapple.

#### **Ley de Newton**

Si una esfera se deja caer en un fluido (aire en nuestro caso), adquiere un movimiento acelerado hasta alcanzar una velocidad final constante, denominada VELOCIDAD LIMITE DE CAÍDA ( $v_\infty$ ).

Cuando se alcanza este estado, la suma de todas las fuerzas que actúan sobre la esfera es cero:





$$PESO = m_s * g = V_s * \rho_s * g$$

$$\downarrow PESO = EMPUJE \uparrow + FUERZA ROZAMIENTO \uparrow$$

$$V_s * \rho_s * g = V_s * \rho_a * g + \frac{C * A * \rho_a * v_\infty^2}{2}$$

Despejando el coeficiente de resistencia C se obtiene:

$$C = \frac{2 V_s * g * (\rho_s - \rho_a)}{A * \rho_a * v_\infty^2}$$

Teniendo en cuenta que:

$$\frac{V_s}{A} = \frac{\left(\frac{4}{3}\right) * \pi * D_s^3 / 8}{\pi * D_s^2 / 4} = \frac{2}{3} * D_s$$

Si lo reemplazamos en la ecuación anterior se obtiene:

$$C = \frac{4 D_s * g * (\rho_s - \rho_a)}{3 * \rho_a * v_\infty^2} \quad ec. 1$$

### **Expresiones de Lapple: determinación experimental de C**

Las correlaciones semiempíricas entre C y el número de Reynolds Re, deducidas por Lapple para una esfera, se resumen en el gráfico adjunto.

Se presentan 3 regiones de cálculo:

Región	Correlación para el factor C	Margen de validez
Ley de Stokes	$C=24/Re$	$Re < 2$
Intermedia	$C=18,5/(Re)^{3/5}$	$2 < Re < 500$
Ley de Newton	$C=0,44$	$500 < Re < 200000$

$$Con \quad Re = \frac{V_\infty * \rho_a * D_s}{\mu} \quad ec. 2$$

Combinando las ecuaciones 1 y 2, se obtienen finalmente las expresiones de cálculo de la velocidad límite de caída:

Región	Correlación para el factor C	Margen de validez
--------	------------------------------	-------------------

Ley de Stokes 
$$v_{\infty} = \frac{g * D_s^2 * (\rho_s - \rho_a)}{18 * \mu}$$
  $Re < 2$

Intermedia 
$$v_{\infty} = 0,7806 * \left[ \frac{D_s^3 * (\rho_s - \rho_a)^5}{\mu^3 * \rho_a^2} \right]^{1/7}$$
  $2 < Re < 500$

Ley de Newton 
$$v_{\infty} = \sqrt{3,03 * \frac{g * D_s * (\rho_s - \rho_a)}{\rho_a}}$$
  $500 < Re < 200000$

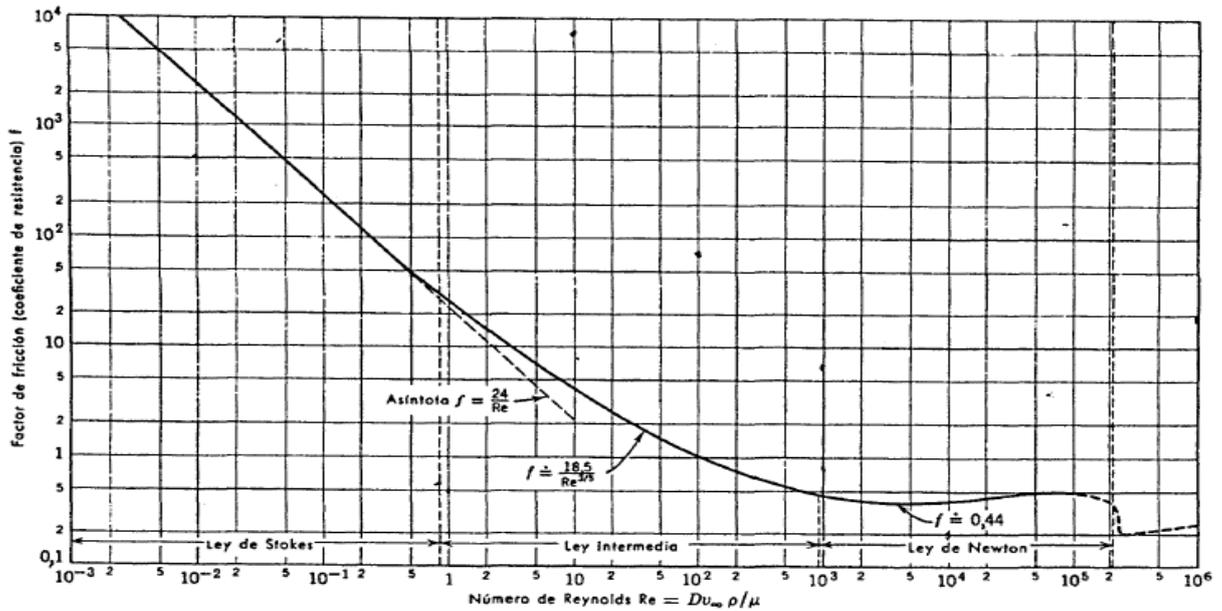


Fig. 6.3--1. Factor de fricción (o coeficiente de resistencia) para esferas que se mueven con una velocidad relativa a un fluido,  $v_{\infty}$ . Véase la definición de  $f$  en la Ec. 6.1-5. [Curva tomada de C. E. Lapple, «Dust and Mist Collection», en *Chemical Engineers Handbook* (ed. por J. H. Perry) McGraw-Hill, Nueva York (1950), tercera edición, p. 1018.]

**Figura IV.13. Factor de fricción para esferas**

### Ecuaciones 2.3

Las ecuaciones (2.3) son aplicables, tanto en el caso de que el fluido se mueva alrededor de una esfera inmóvil, como en el de una esfera descendiendo a través de un fluido en reposo.

En el caso de la torre de prilling, la esfera desciende a través de un fluido en movimiento, ascendiendo a contracorriente.

Para esta situación:

$$\downarrow \text{Velocidad absoluta caída prill} = \downarrow \text{velocidad límite caída prill} - \uparrow \text{velocidad aire T}$$

$$(V_p) \qquad \qquad \qquad (V_{\infty})$$

$$(V_a)$$



### ***CALCULO DE LA REGION***

En este ejemplo, a partir de las condiciones de operación aproximadas de una torre de prilling de Nitrato de Amonio se deduce, a título orientativo, la velocidad límite de caída del prill y la región de flujo correspondiente.

#### **Datos**

$$D_s = 2\text{mm}$$

$$P_s = 1720 \text{ kg/m}^3 \text{ (Nitrato solido)}$$

$$P_a = 1,13 \text{ kg/m}^3 \text{ (Aire)}$$

$$\mu = 1,8 \times 10^{-5} \text{ Kg/m.s (Aire a } T=20^\circ\text{C)}$$

#### Region Ley Stokes:

$$v_\infty = \frac{g * D_s^2 * (\rho_s - p_a)}{18 * \mu} = \frac{9,81 * (2 * 10^{-3})^2 * (1720 - 1,2)}{18 * (1,8 * 10^{-5})} = 208,16 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{V_\infty * p_a * D_s}{\mu} = \frac{1,2 * 208,16 * (2 * 10^{-3})}{1,8 * 10^{-5}} = 27754,66 > 2$$

*No corresponde a esta región*

#### Region intermedia:

$$v_\infty = 0,7806 * \left[ \frac{D_s^8 * (p_s - p_a)^5}{\mu^3 * p_a^2} \right]^{1/7} = 0,7806 * \left[ \frac{(2 * 10^{-3})^8 * (1720 - 1,2)^5}{(1,8 * 10^{-5})^3 * 1,2^2} \right]^{1/7} = 14,9 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{V_\infty * p_a * D_s}{\mu} = \frac{1,2 * 14,9 * (2 * 10^{-3})}{1,8 * 10^{-5}} = 1986,66 > 500$$

*No corresponde a esta región*

#### Región Ley de Newton:

$$v_\infty = \sqrt{3,03 * \frac{g * D_s * (\rho_s - p_a)}{p_a}} = \sqrt{3,03 * \frac{9,81 * (2 * 10^{-3}) * (1720 - 1,13)}{1,13}} = 9,51$$

$$Re = \frac{V_\infty * p_a * D_s}{\mu} = \frac{1,13 * 9,64 * (2 * 10^{-3})}{1,8 * 10^{-5}} = 1193,96 < 200000 \text{ y } > 500$$

### **Corresponde a esta región de Flujo**

En definitiva, el prill desciende a una velocidad límite de caída del orden de 9,22 m/s. Tal como se ha especificado en el apartado las torres de prilling se diseñan para que la velocidad de ascensión del aire sea de 0,6 - 0,8 m/s, por lo que la

velocidad absoluta de caída del prill será aproximadamente de:

$$V_p = v_{\infty} - V_a = 9,51 - 0,68 = 8,83 \text{ m/s}$$

### **Nomenclatura**

A: proyección del área de la partícula o prill en la dirección del movimiento (m<sup>2</sup>)

C: factor de fricción o coeficiente de resistencia del prill (-)

D<sub>s</sub>: diámetro de la esfera o prill (m<sup>2</sup>)

g: aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

m<sub>s</sub>: masa de la esfera o prill (kg)

V<sub>s</sub>: volumen de la esfera o prill (m<sup>3</sup>)

v<sub>∞</sub>: velocidad límite de caída del prill (m/s)

v<sub>a</sub>: velocidad de ascensión del aire por la torre (m/s)

v<sub>p</sub>: velocidad absoluta de caída del prill (m/s)

### **Símbolos griegos**

μ: viscosidad del fluido (aire) (kg/m s)

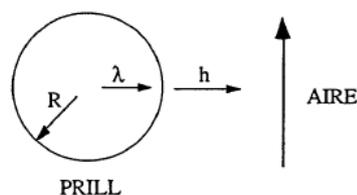
ρ<sub>a</sub>: densidad del fluido (aire) (kg/m<sup>3</sup>)

ρ<sub>s</sub>: densidad de la esfera o prill (kg/m<sup>3</sup>)

### **COEFICIENTE DE TRANSMISION DE CALOR POR CONVECCION ENTRE EL PRILL Y EL AIRE**

En el fenómeno de transmisión de calor entre el prill y el aire intervienen básicamente dos procesos:

- Conducción de calor en el interior del prill (λ)
- Convección de calor entre el prill y el aire (h)





La determinación de la conductividad térmica ( $X$ ) se ha realizado en base a referencias bibliográficas experimentales o estimativas. Los valores encontrados pueden considerarse aceptables para el nivel de cálculo del modelo numérico que se desarrolla posteriormente.

La determinación del coeficiente de transmisión de calor por convección entre el prill y el aire ( $h$ ) no es tan inmediata y requiere de la utilización de ecuaciones semiempíricas de la máxima fiabilidad posible, debido a la presumible importancia del fenómeno de convección en el proceso del prilling.

Afortunadamente el proceso de transmisión de calor por convección entre una esfera y un fluido ha sido ampliamente estudiado, presentando a continuación un resumen de las expresiones más representativas (resultado de la búsqueda bibliográfica), realizando posteriormente un análisis comparativo entre ellas y la elección de la expresión que sea más conveniente en el presente caso.

La convección entre el prill (esfera) y el aire (fluido) puede responder a uno de los siguientes fenómenos:

Tipo de Convección	Expresión general
Natural	$Nu = C * (Gr * Pr)^n$
Forzada	$Nu = C * Re^m * Pr^n$

En nuestro caso, la transferencia de calor entre el prill y el aire corresponde a una convección forzada ( $v_{\infty}=9,51$  m/s), siendo las ecuaciones semiempíricas existentes las que se resumen en la tabla siguiente.

Correlaciones semiempíricas más representativas relativas a la transmisión de calor por convección entre una esfera y un fluido.

Ecuación	Autor	Características
$Nu = 2 + 0,66 * \sqrt{Re} * \sqrt[3]{Pr}$	Ranz-Marshall (1952)	$1 < Re * Pr^{2/3} < 10^5$

Pf: densidad del aire a  $t_f$

$Nu = h \cdot D / \lambda_f$  (número de Nusselt)

$Re = \rho_f \cdot v_{\infty} \cdot D_s / \mu_f$  (Numero de Reynolds)

$$Pr = (c_p * \mu / \lambda) * f \text{ (Numero de Prandtl)}$$

$h$  = coeficiente de transmision de calor por convección esfera – aire

$D_s$  = diámetro de la esfera

$\lambda_f$  = conductividad térmica del aire (estimada a  $t_f$ )

$v_\infty$  = velocidad limite caída de la esfera en el aire

$\mu_f$  = viscosidad del aire (estimada a  $t_f$ )

$c_{pf}$  = calor especifico del aire (estimada a  $t_f$ )

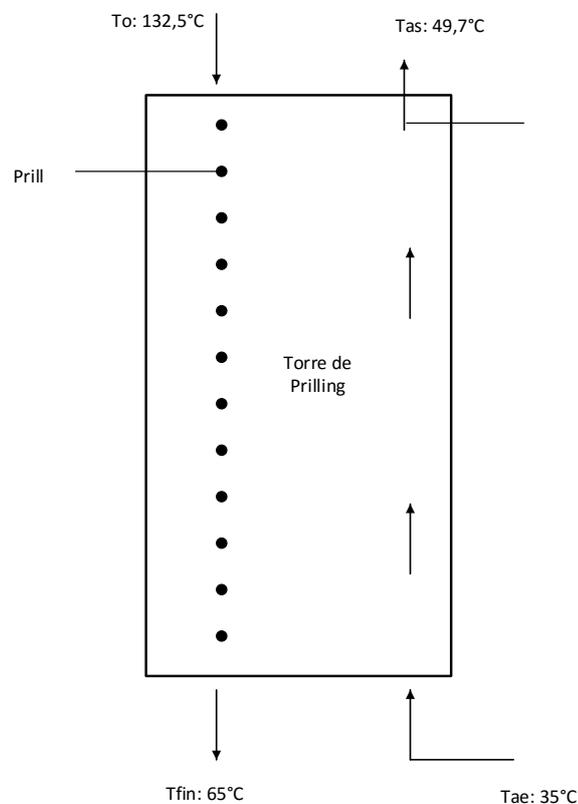
$t_f$  = Temperatura film =  $(t_w + t_\infty) / 2$

$t_w$  = temperatura superficie exterior de la esfera

$t_\infty$  = temperatura fluido aproximándose a la esfera

### **Cálculo de la torre**

Se considera una torre de prilling con las condiciones de operación indicadas en la figura.





**Figura IV.14. Torre de prilling con condiciones del proceso**

Datos físicos y condiciones de operación:

$T_o = 132,5^\circ\text{C}$  Temperatura superficial del prill

$T_{ae} = 35^\circ\text{C}$  Temperatura del aire a la entrada de la torre

$T_{as} = 49,7^\circ\text{C}$  Temperatura del aire a la salida de la torre

$D_s =$  Diámetro del prill = 2 mm

$v_\infty =$  Velocidad límite de caída del prill = 9,51 m/s

$v_a =$  Velocidad media ascensión aire = 0,68 (m/s)

$v_p =$  Velocidad absoluta de caída del prill ( $=v_\infty - v_a$ ) = cte = 8,83

$m_f =$  Caudal másico de Nitrato de Amonio = 6850 kg/h

$V_a =$  Caudal volumétrico de aire = 159813 m<sup>3</sup>/h

$C_{pl} =$  Calor específico medio del Nitrato de Amonio liquido = 0,81 kcal/kg C

$C_{ps} =$  Calor específico medio del Nitrato de Amonio sólido = 0,416 kcal/kg C

$\Lambda =$  Calor latente de solidificación del Nitrato de Amonio = 62,5 kcal/kg

$C_{pa} =$  Calor específico medio del aire = 0,24 kcal/kg C

La estimación aproximada de la temperatura de salida del aire (TAS) se realiza a continuación, a través de un balance entálpico macroscópico, despreciando la resistencia térmica por conducción en el interior del prill (perfil de temperatura del prill uniforme a lo largo de la torre). Dicha estimación se considera aceptable a efectos de realizar una evaluación orientativa de h.

Calor cedido por el Nitrato de Amonio = Calor absorbido por el aire

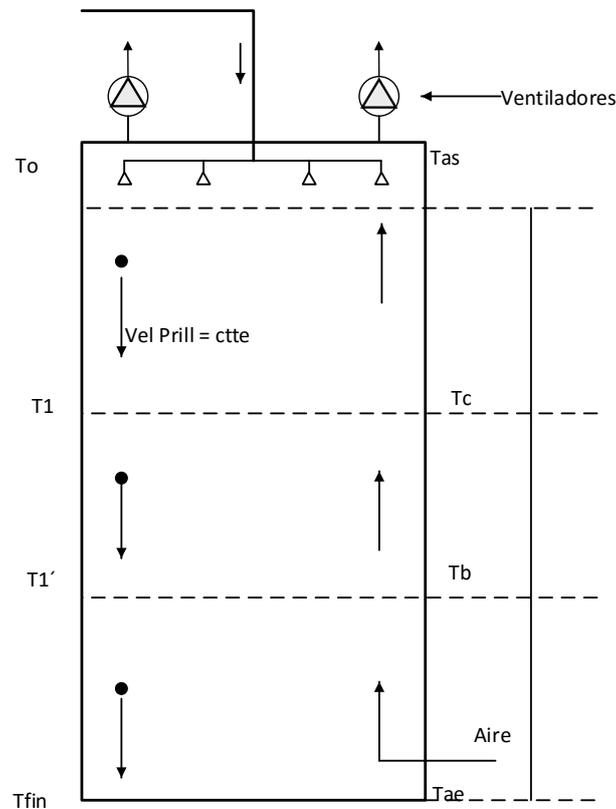
$$\text{Enfriamiento del Liquido} + \text{solidificacion} + \text{enfriamiento Prill Solido} \\ = \text{Calor Absorvido}$$

$$\text{Enfriamiento del Liquido} = m_f * c_{p_l} * (T_o - T_1)$$

$$\text{Solidificacion} = m_f * \lambda$$

$$\text{Enfriamiento Prill Solido} = m_f * c_{p_s} * (T_1'' - T_{fin})$$

$$\text{Calor Abosorbido} = Va * pa * cp_a * \Delta T$$



$$T_{as} = \frac{mf * [cp_l * (T_0 - T_1) * \lambda * cp_s * (T_1'' - T_{fin})]}{Va * pa * cp_a} + T_{ae}$$

$$T_{as} = 49,78^{\circ}C$$

$$T_{ac} = \frac{mf * [\lambda * cp_s * (T_1'' - T_{fin})]}{Va * pa * cp_a} + T_{ae}$$

$$T_{ac} = 48,82^{\circ}C$$

$$T_{ab} = \frac{mf * [cp_s * (T_1'' - T_{fin})]}{Va * pa * cp_a} + T_{ae}$$

$$T_{ab} = 38,94^{\circ}C$$

### **Enfriamiento del Líquido**

$$Re = \frac{V_{\infty} * p_a * D_s}{\mu} = \frac{9,51 * 1,1 * (2 * 10^{-3})}{1,93 * 10^{-5}} = 1083$$

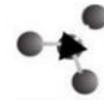
$$Pr = \frac{cp * \mu}{\lambda} = 0,79$$

$$Nu = 2 + 0,66 * \sqrt{Re} * \sqrt[3]{Pr} = 20,29$$

$$h = \frac{Nu * \lambda}{D_s} = 213,5 \frac{kcal}{m^2 \cdot ^{\circ}C \cdot h}$$

$$Aprill * Nprill * h * (T_0 - T_1) * t = ma * cp_a * \Delta T$$

$$t_1 = 0,706 \text{seg}$$



### Solidificación

$$Re = \frac{V_{\infty} * p_a * D_s}{\mu} = \frac{9,51 * 1,127 * (2 * 10^{-3})}{1,91 * 10^{-5}} = 1122$$

$$Pr = \frac{cp * \mu}{\lambda} = 0,78$$

$$Nu = 2 + 0,66 * \sqrt{Re} * \sqrt[3]{Pr} = 20,54$$

$$h = \frac{Nu * \lambda}{D_s} = 215,7 \frac{kcal}{m^2 \text{ } ^\circ C \cdot h}$$

$$mf * Nprill * \lambda * t = ma * cp_a * \Delta T$$

$$t_2 = 0,000004 \text{seg}$$

### Enfriamiento del Sólido

$$Re = \frac{V_{\infty} * p_a * D_s}{\mu} = \frac{9,51 * 1,14 * (2 * 10^{-3})}{1,88 * 10^{-5}} = 1153$$

$$Pr = \frac{cp * \mu}{\lambda} = 0,77$$

$$Nu = 2 + 0,66 * \sqrt{Re} * \sqrt[3]{Pr} = 20,7$$

$$h = \frac{Nu * \lambda}{D_s} = 217,5 \frac{kcal}{m^2 \text{ } ^\circ C \cdot h}$$

$$Aprill * Nprill * h * (T_0 - T_1) * t = ma * cp_a * \Delta T$$

$$t_3 = 3,89 \text{seg}$$

Por ser la velocidad constante la altura se puede calcular por movimiento rectilíneo uniforme, donde:

$$t_T = t_1 + t_2 + t_3$$

$$t_T = 4,596 \text{seg}$$

$$H = t * v_{abs}$$

$$H = 4,596 \text{seg} * 8,83 \frac{m}{seg}$$

$$H = 40,57m$$

La altura total de la torre es de **40, 57m** y el diámetro es de **9m** en su interior.

## **ANEXO V – DISEÑO Y SELECCIÓN DE TAMIZ**

Sin duda alguna, el método más sencillo para la clasificación granulométrica en el laboratorio consiste en pasar el material, de modo sucesivo, por una serie de tamices o cedazos que posean orificios o mallas progresivamente decrecientes.

El material que pasó a través de un tamiz y ha sido retenido sobre otro, porque sus orificios son de tamaño menor que el anterior, suele considerarse como de tamaño igual a la media aritmética de las aberturas de ambos tamices; este valor representa el «tamaño medio», o «diámetro medio», y se representa por el símbolo  $D_m$ . De esta forma:

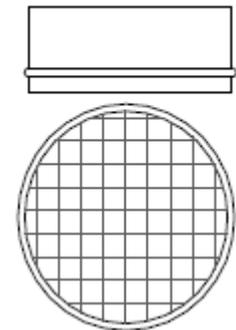
$$D_m = (\text{tamaño máx.} - \text{tamaño mínimo}) / 2$$

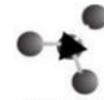
$$D_m = (4 + 1) / 2$$

$$D_m = 2,5 \text{ mm}$$

### **ANÁLISIS POR TAMIZADO**

Los tamices y los cedazos suelen utilizarse en trabajos de control y analíticos. Estos aparatos se construyen con telas de malla de alambre cuyos diámetros de hilos y espaciado entre ellos están cuidadosamente especificados. Estas telas de tamizado constituyen el fondo de cajas cilíndricas, metálicas o de madera, cuyo diámetro y altura suelen ser de 20 y 5 cm, respectivamente, y cuyos bordes inferiores están dispuestos de modo que el fondo de un tamiz encaje cómodamente con el borde superior del tamiz siguiente.





### Tamices Serie Tylor

Intervalo $\sqrt{2}$ Abertura, pulgadas	Intervalo = $\sqrt[4]{2}$ para tamizado selecto			
	Abertura, pulgadas	Abertura, mm	Número de mallas	Diámetro del hilo, pulgadas
1.050	1.050	26.67	-	0.148
	0.883	22.43	-	0.135
0.742	0.742	18.85	-	0.135
	0.624	15.85	-	0.120
0.525	0.525	13.33	-	0.105
	0.441	11.20	-	0.105
0.371	0.371	9.423	-	0.092
	0.312	7.925	2.5	0.088
0.263	0.263	6.680	3	0.070
	0.221	5.613	3.5	0.065
0.185	0.185	4.699	4	0.065
	0.156	3.962	5	0.044
0.131	0.131	3.327	6	0.036
	0.110	2.794	7	0.0326

**Figura V.1. Serie Taylor para selección de tamiz**



## **ANEXO VI- DISEÑO DE ENFRIADORES PARA ALMACENAMIENTO**

El prill sale de la torre a 50°C y debe ser enfriado a 30°C como mínimo, para ello debemos contar con aire frío y seco, el cual se proporcionará en el almacenamiento y durante el transporte por la cinta. Así también en el clasificador esta acondicionado para prevenir que se hidrate el prill.

Lo primero que se hizo fue sacar un total del volumen al cual acondicionar:

	base	altura	largo	volumen	
volumen del deposito	10	10	20	2000	m3
volumen de la caja de la cinta	0,35	0,5	23	4	m3
clasificador	5	3	6	90	m3
<b>TOTAL</b>				<b>2094</b>	<b>m3</b>

**Figura VI.1. Volúmenes a acondicionar aire**

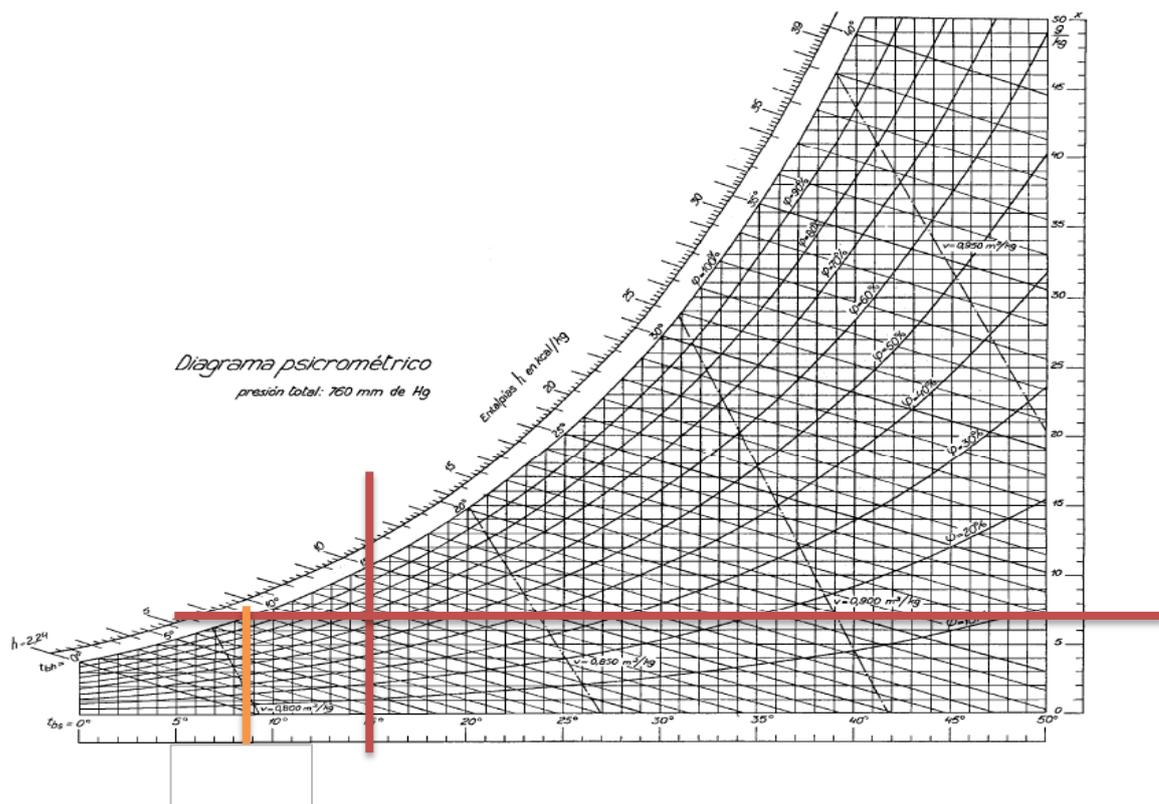
Luego se analizaron los datos que teníamos, y se determinó con un historial de clima de Bahía Blanca cual era la humedad promedio, con este dato en un diagrama psicrométrico se determinó la cantidad de agua a eliminar y el punto de rocío del aire. (Figuras siguientes)

Con todos estos datos se buscó en un proveedor de Deshumificadores y optamos por la Empresa Cosersa que nos el equipo mostrado en el Capítulo 3.

Densidad aire	1,20	kg/m3
---------------	------	-------

masa Aire	2512,83	kg/h
Humedad Relativa med	0,65	
Temperatura media	15,00	°C
Contiene	7,00	g(agua)/kg (aire)
punto de rocío	9,00	°C
Kg de agua	17,59	kg/h
masa total	2530,42	kg
Masa de agua por día	422,16	kg/día – litros/día

**Figura VI.2. Datos climatológicos de Bahía Blanca**



**Figura VI.3. Diagrama psicrométrico**

## **ANEXO VII – DISEÑO DE CINTAS TRANSPORTADORAS**

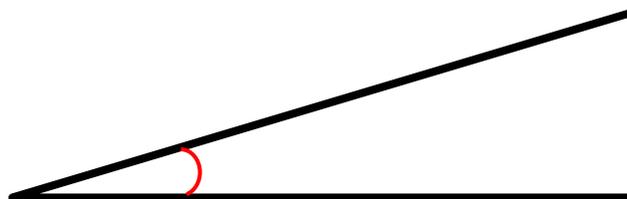
Una vez que el prill termina de solidificar en la torre de prilling, se acumula en el fondo un tiempo y un brazo rotatorio lo desliza hacia un hueco en la base donde se depositan en la cinta transportadora, esta llevara al prill desde la torre al depósito de almacenamiento de producto terminado, pero antes el prill en la salida de la torre debe ser enfriado desde 50°C a 30°C para su almacenamiento seguro. Para ello se cuenta dos ventiladores, orientados horizontalmente por encima de la cinta transportadora. El cálculo de la cinta fue el siguiente.

Primero se definieron los datos específicos del material:

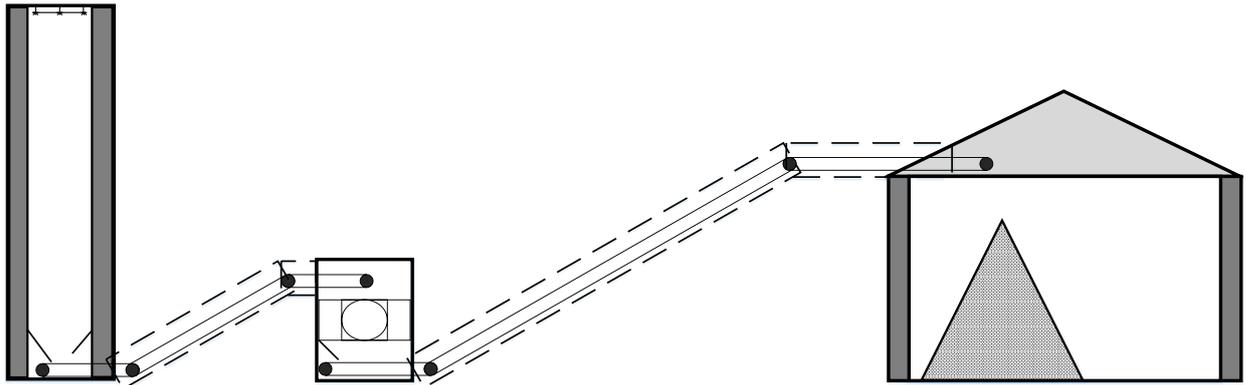
- Carga a Transportar: el flujo de la torre es de 1,90 kg/s de Nitrato de Amonio como el brazo que la colecta demora 6 segundos en dar el giro completo, por lo tanto colecta

$$carga\ de\ la\ cinta = 1,90 * 6 = \frac{11,41Kg}{seg}$$

- Densidad del material: 1700kg/m<sup>3</sup>
- Ancho de la cinta: se recomienda trabajar entre 30 y 150 cm de ancho, como nuestra carga no es lo suficiente voluminosa se propone un ancho de 30,5 cm.
- Largo: es la distancia que recorrerá la cinta con el material, está definida por la distancia entre la salida de la torre y la descarga al depósito, la cual se hace por elevación, es decir, el valor total de la distancia será la hipotenusa, la cual por ser una elevación se debe contempla que la materiales a granel la cinta debe tener una elevación máxima de 15 a 20°.

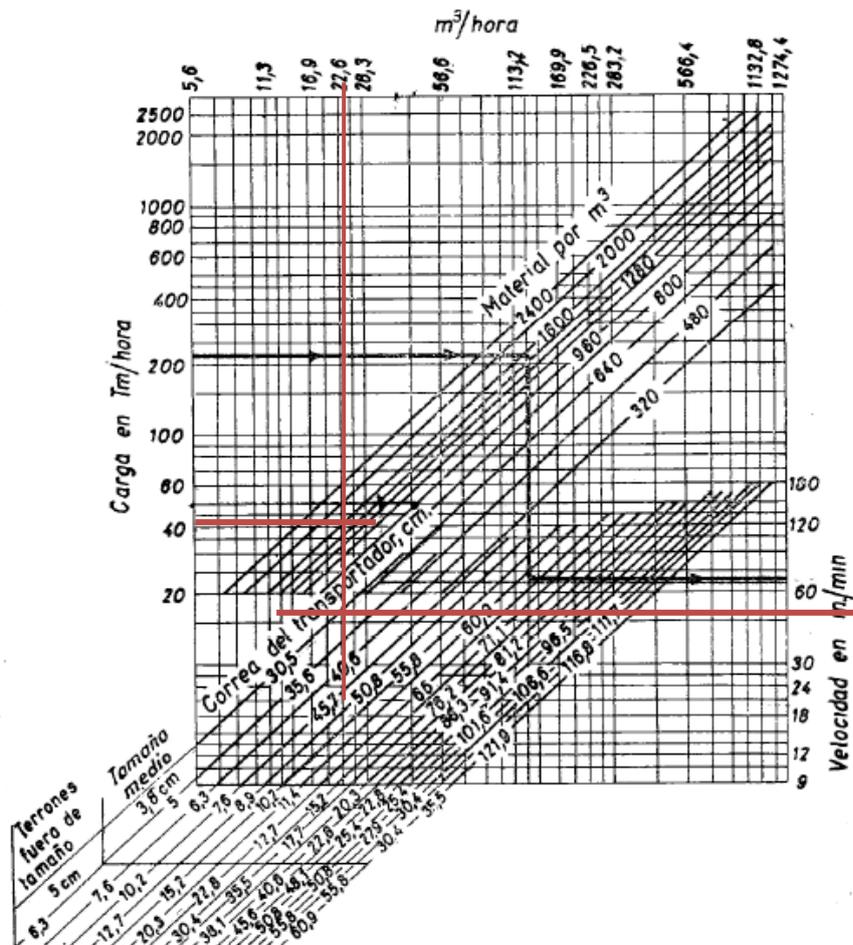


**Figura VII.1. Ángulo de elevación y longitud de cinta transportadora**



**Figura VII.2. Esquema de cintas transportadoras en planta**

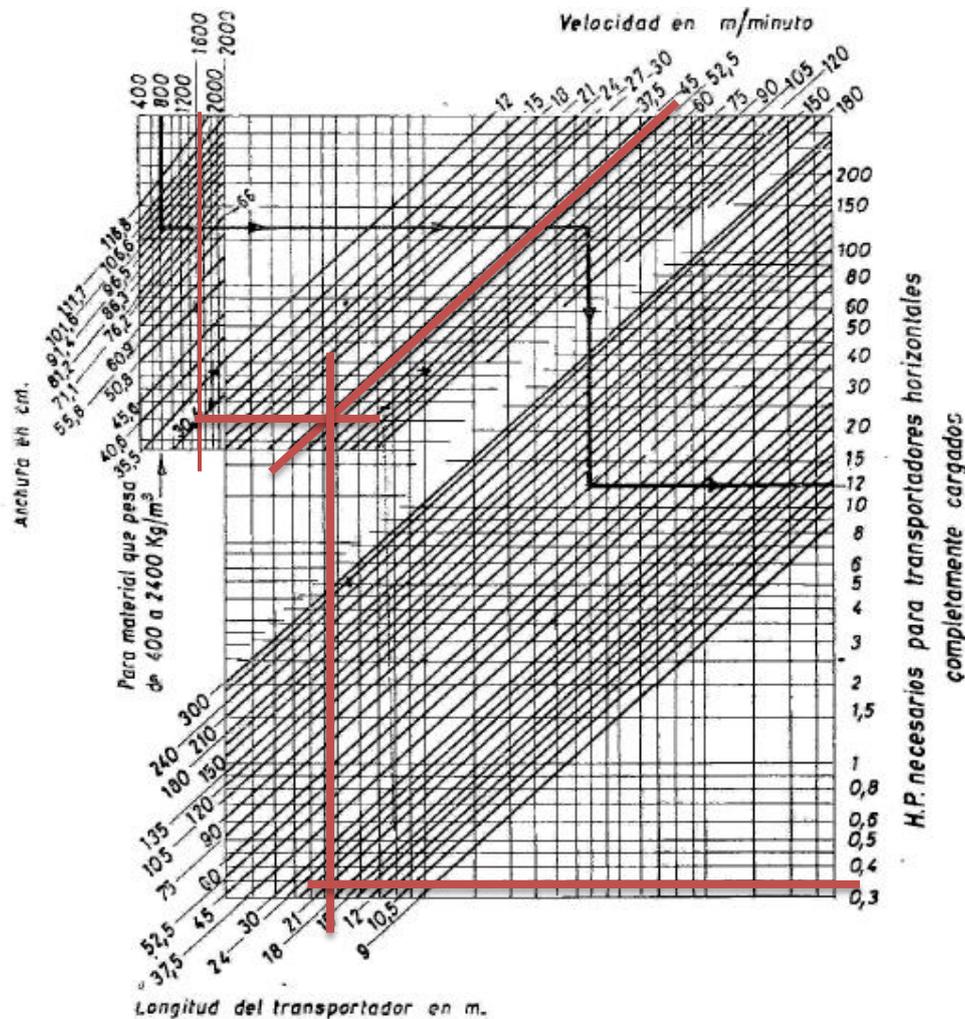
Una vez definidas las especificaciones pasamos a calcular la cinta, para ello utilizamos ábacos que facilitan sus cálculos ya que un cálculo de cinta transportadora bien fino conlleva demasiados datos y trabajo.



**Figura VII.3. Ábaco para cálculo de velocidad de cinta transportadora**

Con esto dejamos definida la velocidad de la cinta transportadora, la cual es de 50m/min.

Con la velocidad y el largo de la cinta, en el siguiente gráfico podremos encontrar la potencia necesaria para lograr nuestro transporte.



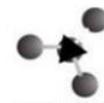
**Figura VII.4. Ábaco para cálculo de potencia necesaria de cinta transportadora**

La potencia requerida es de 0,35 hp pero a esto hay que sumarle 0,004 hp por metro e elevación y por tonelada. Los metros de elevación son 6 y las toneladas a transportar 41 por ende la potencia total requerida es de

Potencia Requerida: 1,35 HP

La cinta seleccionada es de Material tipo Caucho la cual consta con una tensión admisible de  $\sigma_{ADM}$ : 890 – 1760 Kgf/m.Pliegue

Cuando la cinta está cargada, el transportador en movimiento está sometido a una tensión compuesta por la tensión inicial a y una tensión equivalente a la



potencia consumida  $b$ . La tensión  $b$  puede considerarse como una tensión neta; y  $a + b$ , la tensión total.

Con objeto de calcular la tensión en el transportador en movimiento es necesario conocer la tensión inicial que a su vez es función del tipo de arrastre. Con dispositivos de movimiento sencillos es necesaria una gran tensión inicial para impedir el deslizamiento.

Conociendo la potencia de accionamiento y la velocidad de la cinta, se puede calcular la tensión neta  $b$ , que representa la fuerza con la que hay que

$$b = \frac{\text{Potencia suministrada}}{\text{Velocidad de la correa}} \qquad [b] = \frac{\text{Kgf} \cdot \text{m} / \text{min}}{\text{m/s}} = \text{Kgf}$$

tensionar la cinta para que se traslade.

Conocida la tensión neta de la cinta y una relación entre la tensión total  $a + b$  y la tensión neta, llamada **relación de transmisión**, puede encontrarse la tensión total sobre la correa.

$$\text{Relación de transmisión} = \frac{a + b}{b}$$

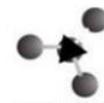
En la siguiente tabla se dan los valores de las relaciones de transmisión para los sistemas de arrastre más utilizados.

Material	Relación de transmisión
Polea única desnuda	1,875
Polea única recubierta	1,500
Tándem de poleas desnudas	1,250
Tándem de poleas recubiertas	1,125

De la tensión total y del ancho de la correa, datos conocidos, se calcula la tensión por metro de ancho de la correa.

$$\text{Tensión por metro} = \frac{a + b}{\text{Ancho}} \qquad [\text{Tensión por metro}] = \frac{\text{Kgf}}{\text{m}}$$

Con esta tensión y con la tensión de seguridad de trabajo por  $m$  y por pliegue para el tipo de correa que se trate, se deduce el número de pliegues que son



necesarios.

$$\text{N}^\circ \text{ de pliegues} = \frac{a + b}{\sigma_{ADM}} \quad \frac{\text{Kgf}}{\text{Kgf}} \quad \frac{\text{Kgf}}{\text{m} \cdot \text{pliegue}}$$

Si la cinta es muy fina para su ancho, se compararía entre los rodillos conductores locos. Si es muy gruesa, no tomaría la forma transversal adecuada.

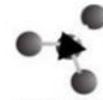
Calculo del número de pliegues:

$$b = \frac{\text{potencia suministrada}}{\text{velocidad de la correa}} = \frac{6003 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{min}}}{50 \left( \frac{\text{m}}{\text{min}} \right)} = 120,06 \text{ kg}$$

$$a = (\text{relacion de transmision} * b) - b = 1,125 * 120,06 \text{ kg} - 120,06 \text{ kg} = 15 \text{ kg}$$

$$\text{tension por metro} = 442,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Como la tensión por metro es menor que la tensión admisible con un pliegue, se verifica el cálculo y selección.



# APÉNDICE

## **APÉNDICE A – NORMATIVA PARA ALMACENAMIENTO**

La Ley Nacional 20.429: "Ley nacional de armas y explosivos"; establece las normativas para el diseño de depósitos de nitrato de amonio, clase 4-b.

### **ALMACENAMIENTO DE NITRATO DE AMONIO CLASE B-4**

Artículo 536. — El nitrato de amonio Clase B-4 queda exceptuado de las prescripciones referentes al almacenamiento de explosivos, a condición de que se cumplan los siguientes requisitos:

- a) Estar expuesto a riesgo de incendio únicamente o de detonación a una distancia igual o mayor que la que para locales fija la tabla que se muestra a continuación:

Explosivo (1) (kg)	Casa o lugar habitado (m)		Caminos (m)		Vías férreas (m)		Polvorines (m)		Locales (m)		
	Hasta	Barric. (2)	Sin Barric	Barric. (2)	Sin Barric	Barric. (2)	Sin Barric	Barric. (2)	Sin Barric.	Barric. (2)	Sin Barric.
0	2	21	42	9	18	16	32	1,5	3	7,5	15
2	5	28	56	11	22	20	40	2,5	5	7,5	15
5	10	34	68	14	28	25	50	3	6	7,5	15
10	15	39	78	16	32	29	58	3,5	7	7,5	15
15	20	43	86	17	34	32	64	4	8	9	18
20	45	58	116	23	46	43	86	5	10	12	24
45	90	72	144	29	58	53	106	6,5	13	15	30
90	135	83	166	34	68	61	122	7,5	15	18	36
135	180	90	180	37	74	67	134	8	16	20	40
180	225	98	196	40	80	73	146	9	18	21	42
225	270	104	208	41	82	77	154	9,5	19	23	46
270	315	108	216	44	88	81	162	10	20	24	48

- b) El depósito se emplazará en una área no expuesta a la contaminación de cloruros, cloratos, azufre, nitratos metálicos, carbón, metales en polvo, ácidos, permanganatos, líquidos inflamables, materiales de fácil combustión u otras sustancias contaminantes del nitrato de amonio.

- c) Los depósitos para cantidad de nitrato de amonio mayores de quinientos (500) kilogramos requerirán habilitación de la D.G.F.M.

Artículo 537. — De acuerdo a las cantidades de nitrato de amonio, el almacenamiento se hará de la siguiente manera:

- a) Hasta una (1) tonelada: En depósitos generales, a resguardo de



- las sustancias mencionadas en el artículo anterior.
- b) Más de una (1) y hasta cinco (5) toneladas: En depósitos de uso exclusivo para nitrato de amonio, preferentemente distanciados de otros locales.
  - c) Más de cinco (5) y hasta veinte (20) toneladas: En depósitos de uso exclusivo para nitrato de amonio, distanciados no menos de veinte (20) metros de casas o lugares habitados, caminos y vías férreas y otros locales.

Artículo 540. — Los depósitos para más de doscientos (200) kilogramos de nitrato de amonio, serán de una sola planta, sin sótano ni entrepiso y estarán diseñados de manera que aseguren la fácil ventilación, para permitir el escape de gases y la disipación del calor, en caso de incendio.

Artículo 541. — Los depósitos para más de una (1) tonelada de nitrato de amonio se construirán con materiales no combustibles. Se prohíbe el uso de hierro galvanizado, cobre, plomo y zinc. El hierro y otros materiales a la vista, que sean atacables por el nitrato de amonio, serán protegidos contra la corrosión mediante dos o más capas de pintura anticorrosiva.

Artículo 542. — Los depósitos estarán a cargo de una persona que conozca las prescripciones sobre almacenamiento de nitrato de amonio. Todas las operaciones de carga y descarga se harán bajo su control.

Artículo 543. — Los depósitos se mantendrán permanentemente limpios y en orden. Los espacios libres entre estibas serán cuidadosamente barridos después de cada operación. El nitrato de amonio derramado será recogido en un recipiente de metal y destruido al aire libre por el fuego o sumergido en abundante agua que se volcará a un desagüe apropiado.

Artículo 544. — Cuando dentro de un depósito haya que efectuar reparaciones que requieran el uso de llamas descubiertas, se procederá previamente, a vaciarlo y limpiarlo.

Artículo 545. — Los pisos serán de cemento induido, con pendiente que permite el drenaje de las aguas de lavado. No tendrán canaletas, grietas ni rajaduras.

Artículo 546. — Las paredes tendrán un acabado liso que permita su fácil lavado.

Artículo 547. — Las puertas y ventanas deberán abrir hacia el exterior. Los vidrios serán limpios y sin burbujas y los expuestos a los rayos solares serán despulidos o pintados.

Artículo 548. — Los depósitos tendrán una correcta iluminación, en lo posible natural; se permitirá únicamente la iluminación artificial eléctrica, con



instalación blindada y artefactos contra explosión. Mientras no se opere en ellos, la luz y la energía eléctrica permanecerán cortadas. Los contactos y fusibles se encontrarán en el exterior.

Artículo 549. — Dentro de los depósitos no se colocarán sistemas de calefacción o fuego directo o electricidad. Sólo se admitirán radiadores de agua caliente o vapor de temperatura menor de ciento veinte (120) grados centígrados.

Artículo 550. — Las aberturas libres deberán estar protegidas por mallas de alambre para evitar la introducción de pequeños animales u objetos.

Artículo 551. — El nitrato de amonio se acondicionará en envases reglamentarios y en estibas fácilmente accesibles, de las siguientes características:

- Ancho máximo: Seis (6) metros.
- Largo: Limitado por el largo del depósito.
- Altura máxima: Seis (6) metros. La separación mínima entre la parte más alta de la estiba y la más baja del cielorraso será de un (1) metro.
- Ancho de los pasillos entre estibas: Mínimo noventa (90) centímetros.
- Separación entre estibas y paredes: Mínima setenta y cinco (75) centímetros.

Artículo 552. — La D.G.F.M. podrá exigir pasadizos transversales entre las estibas, cuando su largo lo aconseje. También fijará las distancias mínimas de separación entre las estibas y las fuentes de calor (cañerías de vapor, radiadores, etc.).

Artículo 553. — Los envases de nitrato de amonio podrán ser colocados sobre estanterías o emparrillados de aluminio o madera, o directamente sobre el piso. En el último caso es aconsejable cubrir el suelo con hojas de polietileno o papel asfáltico laminado, como barrera protectora contra la humedad. La madera que se emplee deberá estar protegida con pintura anticorrosiva.

Artículo 554. — En caso de utilizarse montacargas, serán accionados manualmente o con motor eléctrico blindado.

Artículo 555. — Fuera del depósito y suficientemente alejados, se instalarán establecimientos fijos contra incendio (hidrante, manga y lanza). El largo de la manga deberá permitir operar sobre todo el perímetro del depósito. Cuando la ubicación del depósito lo permita y la cantidad de nitrato de amonio no exceda la tonelada podrá reemplazarse el establecimiento fijo por otros medios, los que estarán sujetos a la aprobación de la D.G.F.M. En todos los casos es aconsejable instalar en el interior, un sistema automático de lluvia tipo sprinkler.

Artículo 556. — En caso de incendio, deberá aplicarse el mayor volumen de agua posible directamente sobre los envases incendiados, y en el menor tiempo



de que se pueda disponer.

Asimismo, se abrirán inmediatamente puertas y ventanas, y si fuera necesario se las romperá para facilitar la ventilación del local.

Artículo 557. — Extinguido el incendio, se retirará el nitrato de amonio residual y se limpiará el depósito con agua a presión y fregado.

Artículo 558. — El nitrato de amonio inutilizado será destruido por quemado al aire libre o sumergiéndolo en abundante agua.

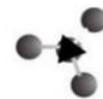
Artículo 559. — Los metales que han estado en contacto con el nitrato, así como los estantes y emparrillados impregnados, deberán ser lavados y fregados energicamente. Las bolsas vacías afectadas por el fuego serán quemadas al aire libre.

Artículo 560. — El personal que combate el fuego deberá usar máscaras con equipo de respiración autónomo. En lo posible, deberá operarse a barlovento del fuego y actuar desde lugares que ofrezcan una relativa protección.

Artículo 561. — Las personas que estuvieron expuestas a los productos de descomposición del nitrato de amonio deberán recibir atención médica inmediata. Mientras tanto, permanecerán en reposo.

Artículo 562. — Se tendrá especial cuidado en el manipuleo de los envases, para evitar roturas y pérdidas de material. Asimismo, se evitará su exposición a la humedad. Las bolsas rotas que contengan nitrato no contaminado, se colocarán en bolsas sanas y limpias, las que serán cerradas herméticamente. El nitrato de amonio caído deberá ser recogido y destruido de acuerdo al Artículo 558.

Artículo 563. — Dentro del depósito queda prohibido fumar o tener cigarrillos y fósforos y cualquier dispositivo capaz de producir chispa o fuego. Asimismo no se permitirá el ingreso de personas que estén bajo los efectos de bebidas alcohólicas o narcóticos.



## **BIBLIOGRAFÍA**

- "Anuario estadístico" ;IPA
- CNA
- es.wfp.org
- "Industrialización y vaporación del gas natural de camisea: Petroquímica básica de fertilizantes" Tesis. Autores: Marianela Marmie, Jonapa Soto. Lima, Perú, 2008
- inta.gob.ar
- "Instalación de una planta para la producción de Nitrato de Amonio de Grado Fertilizante a partir de Amoniaco y Ácido Nítrico", Deza A. Lluen Ll, Mendoza L, Santisteban Ch, Sirlopu T, Lambayaque, Mayo 2012.
- isusa.com.uy
- "La situación regional de los fertilizantes", AICA,REDPA, CAS. Abril 2015
- "Los fertilizantes y su uso". Cuarta Edición revisada, FAO e IFA. Roma 2002
- Ley Nacional 25.675 "Ley General de Ambiente"
- Ley Nacional 25.612, "Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicios"
- Ley Nacional 20.429 "Ley Nacional de Armas y Explosivos"
- Ley Provincial 11.723, "Ley Integral de medio ambiente y los Recursos Naturales".
- Ley 19.587, "Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo"
- Ley de Contrato de Trabajo N°20.744
- Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, Presidencia de la Nación.
- "Mercado de fertilizantes. La Argentina y el mundo". A ACREA. Bs. As, 2012
- "Producción de Nitrato de Amonio a partir de amoniaco y ácido nítrico", Natalia Álvarez, Satullano Patricio, Contreras José Molina
- surdelsur./com./es/transporte-comunicaciones-argentina/
- [www.ucrema.edu.ar](http://www.ucrema.edu.ar)
- [www.casafe.org](http://www.casafe.org)
- [www.cricyt.edu.ar](http://www.cricyt.edu.ar)
- [www.sqcfertilizantes.com](http://www.sqcfertilizantes.com)
- [www.ciafa.org.ar](http://www.ciafa.org.ar)
- <https://www.alibaba.com>
- <http://www.calderasargentinas.com.ar/especificaciones.htm>
- <http://encyclopedia.airliquide.com>
- [http://encyclopedia.airliquide.com/images\\_encyclopedia/VaporPressureGraph/Ammonia\\_Vapor\\_Pressure.GIF](http://encyclopedia.airliquide.com/images_encyclopedia/VaporPressureGraph/Ammonia_Vapor_Pressure.GIF)
- <https://www.searates.com>
- <http://www.afip.gov.ar/aduana/arancelIntegrado/default.asp>
- <http://www.ingetecsa.com//es/maquinaria/secaderos-convectivos/lecho-fluido.html?more=1>
- <http://www.rcosersa.com/cosersa/de/fd980.asp?cod=1992&nombre=1992&nodo=&orden=True&sesion=1>