

PRODUCCIÓN DE ÁCIDO CÍTRICO A PARTIR DE MELAZA DE CAÑA DE AZÚCAR

Autoras:

Fernández Florencia

Mascaró Glenda Lucía

Mayer Florencia Daniela

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

ÍNDICE GENERAL

0.	RESUMEN EJECUTIVO	1
1.	INTRODUCCIÓN	2
1.1.	OBJETIVOS	2
1.2.	PROCESO.....	2
1.3.	PRODUCTOS.....	3
1.3.1.	PRODUCTO PRINCIPAL.....	3
1.3.2.	SUBPRODUCTOS.....	4
1.4.	MATERIAS PRIMAS	4
1.4.1.	MELAZA DE CAÑA DE AZÚCAR	4
1.4.2.	INÓCULO	5
2.	ESTUDIO DE MERCADO.....	6
2.1.	INTRODUCCIÓN.....	6
2.2.	PRODUCTO	6
2.2.1.	ASPECTOS GENERALES	6
2.2.2.	ESPECIFICACIONES Y COMERCIALIZACIÓN	6
2.2.3.	ARGENTINA COMO EXPORTADORA E IMPORTADORA.....	10
2.3.	MATERIA PRIMA.....	12
2.3.1.	MELAZA.....	12
2.3.2.	ASPERGILLUS NIGER.....	15
2.4.	RESOLUCIONES	15
2.5.	BIBLIOGRAFÍA.....	16
3.	UBICACIÓN DE PLANTA.....	17
3.1.	INTRODUCCIÓN.....	17
3.2.	MACROUBICACIÓN.....	17
3.2.1.	INGENIOS.....	17
3.2.2.	ENERGÍA (electricidad y gas)	19

3.2.3.	AGUA	23
3.2.4.	MERCADO	27
3.2.5.	VÍAS DE COMUNICACIÓN	27
3.2.6.	CLIMA	30
3.2.7.	PARQUES INDUSTRIALES	34
3.2.8.	MANO DE OBRA	36
3.2.9.	MARCO LEGAL	39
3.2.10.	MATRIZ	42
3.3.	MICROUBICACIÓN.....	43
3.3.1.	MATERIA PRIMA.....	43
3.3.2.	TERRENO Y SERVICIOS	45
3.3.3.	MANO DE OBRA	46
3.3.4.	VÍAS DE COMUNICACIÓN	46
3.3.5.	MATRIZ	48
3.4.	CONCLUSIÓN	49
4.	INVESTIGACIÓN.....	51
4.1.	INTRODUCCIÓN	51
4.2.	TÉCNICAS DE CULTIVO	51
4.2.1.	FERMENTACIÓN EN FASE SÓLIDA	51
4.2.2.	FERMENTACIÓN EN SUPERFICIE	52
4.2.3.	FERMENTACIÓN SUMERGIDA	53
4.2.4.	SELECCIÓN DEL MÉTODO	54
4.3.	PROPIEDADES DE LOS DISTINTOS COMPONENTES.....	55
4.4.	BIBLIOGRAFÍA.....	55
5.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	57
5.1.	OBJETIVOS	57
5.2.	PROCESO.....	57

5.2.1.	INICIO Y PRETRATAMIENTO.....	58
5.2.2.	FERMENTACIÓN.....	60
5.2.3.	SEPARACIÓN.....	61
5.2.4.	PURIFICACIÓN DEL ÁCIDO.....	65
5.2.5.	MOLIENDA Y ENVASADO.....	71
5.3.	DIAGRAMAS.....	73
5.3.1.	DIAGRAMA DE BLOQUES.....	74
5.3.2.	DIAGRAMA DE EQUIPOS.....	75
5.4.	PRODUCTOS.....	75
5.5.	BIBLIOGRAFÍA.....	75
6.	BALANCES DE MASA Y ENERGÍA.....	76
6.1.	INTRODUCCIÓN.....	76
6.2.	BALANCES DE MASA Y ENERGÍA.....	78
6.2.1.	DILUCIÓN.....	78
6.2.2.	ESTERILIZACIÓN.....	79
6.2.3.	PREFERMENTACIÓN Y FERMENTACIÓN.....	80
6.2.4.	FILTRACIÓN I.....	85
6.2.5.	LECHADA DE CAL.....	86
6.2.6.	FILTRACIÓN II.....	88
6.2.7.	CRAQUEO.....	89
6.2.8.	FILTRACIÓN III.....	91
6.2.9.	ELIMINACIÓN DE IMPUREZAS.....	92
6.2.10.	EVAPORACIÓN.....	93
6.2.11.	CRISTALIZACIÓN.....	98
6.2.12.	CENTRIFUGACIÓN.....	99
6.2.13.	SECADO.....	99
6.2.14.	MOLIENDA.....	100

6.2.15.	ENVASADO	101
6.3.	GLOSARIO	102
6.4.	BIBLIOGRAFÍA.....	103
7.	DISEÑO DE EQUIPOS.....	105
7.1.	INTRODUCCIÓN.....	105
7.2.	DISEÑO DEL ESTERILIZADOR	105
7.2.1.	DESARROLLO	106
7.2.2.	HOJA DE ESPECIFICACIONES.....	110
7.3.	DISEÑO DEL FERMENTADOR.....	111
7.3.1.	DESARROLLO	111
7.3.2.	HOJA DE ESPECIFICACIONES	122
7.4.	DISEÑO DEL EVAPORADOR.....	123
7.4.1.	DESARROLLO	124
7.4.2.	HOJA DE ESPECIFICACIONES.....	131
7.5.	SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	132
7.5.1.	PREFERMENTADOR.....	132
7.5.2.	FILTRO DE TAMBOR ROTATORIO AL VACÍO	134
7.5.3.	TANQUE AGITADO DE LECHADA DE CAL	135
7.5.4.	TANQUE AGITADO DE CRAQUEO	136
7.5.5.	INTERCAMBIADOR DE IONES.....	137
7.5.6.	FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO	138
7.5.7.	CRISTALIZADOR DTB.....	139
7.5.8.	CENTRÍFUGA DE CANASTA	140
7.5.9.	CINTA TRANSPORTADORA.....	141
7.5.10.	SECADOR DE LECHO FLUIDIZADO	143
7.5.11.	MOLINO DE BOLAS.....	144
7.5.12.	ENVASADORA.....	144

7.6.	DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO	145
7.7.	DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO	148
7.7.1.	INTRODUCCIÓN.....	148
7.7.2.	SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE LAZO CERRADO..	149
7.7.3.	CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA	149
7.7.4.	ELEMENTOS DE CONTROL	151
7.7.5.	SELECCIÓN DE LA VÁLVULA DE CONTROL.....	155
7.8.	BIBLIOGRAFÍA.....	157
8.	SERVICIOS AUXILIARES.....	159
8.1.	INTRODUCCIÓN.....	159
8.2.	CALDERA DE VAPOR	159
8.3.	FILTRO DE AIRE.....	160
8.4.	COMPRESOR DE AIRE	162
8.5.	GENERADOR DE AIRE CALIENTE.....	163
8.6.	GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA	164
8.7.	BOMBA PERISTÁLTICA	166
8.8.	BOMBA DE LÓBULOS	168
8.9.	BOMBA CENTRÍFUGA PARA EL AGUA DE REFRIGERACIÓN..	170
8.10.	BOMBA CENTRÍFUGA PARA EL ÁCIDO SULFÚRICO	172
8.11.	CHILLER	173
8.12.	CONDENSADOR	174
8.13.	VÁLVULAS.....	175
8.13.1.	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN	176
8.13.2.	VÁLVULA ESFÉRICA DE ACERO INOXIDABLE.....	177
8.13.3.	VÁLVULA DE TRES VÍAS	178
8.14.	BIBLIOGRAFÍA.....	178
9.	LAYOUT	179

9.1.	INTRODUCCIÓN	179
9.2.	DEFINICIONES	179
9.3.	ESTRUCTURA ORGÁNICA Y LEGAL DE LA EMPRESA.....	181
9.3.1.	LA EMPRESA.....	181
9.3.2.	ESTRUCTURA ORGÁNICA.....	182
9.3.3.	PERFILES DE PUESTOS	183
9.3.4.	DIAGRAMA DE OPERACIONES	192
9.4.	TERRENO.....	195
9.5.	LAYOUT DE LA PLANTA	196
9.5.1.	FLUJO DE PROCESO	196
9.5.2.	CODIFICACIÓN DE EQUIPOS.....	198
9.5.3.	PROCESO.....	200
9.6.	RESIDUOS PELIGROSOS	203
9.7.	RUTA VEHICULAR.....	203
9.8.	OFICINAS	205
9.9.	SALAS DE TABLEROS Y DE GRUPOS ELECTRÓGENOS.....	206
9.10.	BIBLIOGRAFÍA.....	206
10.	SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL	208
10.1.	INTRODUCCIÓN	208
10.2.	OBJETIVO	208
10.3.	ALCANCE	208
10.4.	ABREVIATURAS Y DEFINICIONES.....	208
10.4.1.	ABREVIATURAS	208
10.4.2.	DEFINICIONES	209
10.5.	SISTEMA INTEGRADO ISO 9001 - ISO 14001 - ISO 45001.	211
10.6.	IMPLEMENTACIÓN CONJUNTA	213
10.6.1.	VENTAJAS.....	213

10.6.2.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SGI	213
10.7.	PRINCIPALES ELEMENTOS DEL SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	214
10.7.1.	DOCUMENTACIÓN	214
10.7.2.	PLANIFICACIÓN	217
10.7.3.	AUDITORÍAS	218
10.7.4.	REVISIÓN GENERAL	218
10.8.	BIBLIOGRAFÍA.....	218
11.	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	219
11.1.	INTRODUCCIÓN.....	219
11.2.	OBJETIVOS DE LA EIA.....	219
11.3.	MARCO LEGAL	219
11.4.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	221
11.4.1.	ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	221
11.4.2.	ETAPA DE OPERACIÓN	224
11.4.3.	ETAPA DE CIERRE	226
11.5.	CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE EMPLAZAMIENTO	226
11.5.1.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.....	226
11.5.2.	INDUSTRIAS RADICADAS EN EL PARQUE INDUSTRIAL TUCUMÁN	227
11.5.3.	CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES	228
11.5.4.	ASPECTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y CULTURALES	231
11.6.	GESTIÓN DE RIESGOS.....	231
11.7.	MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL	233
11.8.	PLAN DE MANEJO DE CONTINGENCIAS.....	235
11.8.2.	MEDIDAS GENERALES DE PREVENCIÓN	236
11.8.4.	RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS	242
11.9.	BIBLIOGRAFÍA.....	243

12.	SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO	244
12.1.	INTRODUCCIÓN.....	244
12.2.	MARCO LEGAL	244
12.3.	ESTUDIO DE CARGA DE FUEGO	245
12.3.1.	DEFINICIONES Y ESPECIFICACIONES.....	245
12.3.2.	CÁLCULOS	246
12.3.2.1.	SECTOR ADMINISTRACIÓN	246
12.3.2.2.	SECTOR PRODUCCIÓN Y DEPÓSITO	247
12.3.2.3.	SECTOR LABORATORIOS	248
12.4.	MATAFUEGOS.....	248
12.4.1.	SECTOR ADMINISTRACIÓN	249
12.4.2.	SECTOR PRODUCCIÓN Y DEPÓSITO	249
12.4.3.	SECTOR LABORATORIOS	250
12.4.4.	DISPOSICIÓN DE MATAFUEGOS EN EL PLANO	251
12.5.	RED DE HIDRANTES	252
12.6.	ILUMINACIÓN.....	261
12.7.	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	262
12.8.	BIBLIOGRAFÍA.....	262
13.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	265
13.1.	INTRODUCCIÓN.....	265
13.2.	PRESUPUESTO DE INVERSIÓN	265
13.2.1.	COSTO DE EQUIPOS	265
13.2.2.	INVERSIÓN TOTAL INICIAL DE CAPITALES	269
13.3.	PRESUPUESTO ECONÓMICO.....	271
13.3.1.	MATERIAS PRIMAS	271
13.3.2.	SERVICIOS PÚBLICOS DE SUMINISTRO	271
13.3.3.	CAPITAL HUMANO	273

13.3.3.1. EMPLEADOS	273
13.3.4. LOGÍSTICA	275
13.3.5. GASTOS GENERALES DE LA PLANTA.....	275
13.3.6. COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	276
13.4. PRESUPUESTO FINANCIERO.....	276
13.4.1. FINANCIACIÓN	276
13.4.1.1. SISTEMA DE AMORTIZACIÓN FRANCÉS	277
13.4.2. FLUJO DE CAJA PROYECTADO	278
13.4.3. EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO	283
13.4.3.1. VAN	283
13.4.3.2. TIR	285
13.5. CONCLUSIONES.....	285
13.6. BIBLIOGRAFÍA.....	285
14. CONCLUSIONES.....	287

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fuente: Veritrade	7
Figura 2 - Fuente: Veritrade	7
Figura 3 - Fuente: Veritrade	8
Figura 4 - Fuente: Veritrade	8
Figura 5 - Fuente: Veritrade	10
Figura 6 - Fuente: Veritrade	11
Figura 7 - Fuente: Scavage - Veritrade	11
Figura 8 - Fuente: Centro Azucarero Argentino	14
Figura 9 - Fuente: Scavage.....	14
Figura 10 - Fuente: Centro Azucarero Argentino.....	18
Figura 11 - Fuente: Infraestructura Eléctrica en el NOA.....	19
Figura 12 - Fuente: Sistema de Transporte y Distribución de Gas Natural de la Provincia de Tucumán	20
Figura 13 - Fuente: Sistema de Transporte y Distribución de Gas Natural de la Provincia de Salta	21
Figura 14 - Fuente: Sistema de Transporte y Distribución de Gas Natural de la Provincia de Jujuy	22
Figura 15 - Fuente: Ministerio de Obras Públicas	24
Figura 16 - Fuente: Ministerio del Interior	25
Figura 17 - Fuente: Ministerio del Interior	25
Figura 18 - Fuente: Ministerio del Interior	26
Figura 19 - Fuente: Ministerio del Interior	26
Figura 20 - Fuente: Veritrade.....	27
Figura 21 - Fuente: Ministerio de Transporte de la Nación.....	29
Figura 22 - Fuente: Ministerio de Transporte de la Nación.....	30
Figura 23 - Fuente: Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES)	31
Figura 24 - Fuente: Servicio Meteorológico Nacional	32
Figura 25 - Fuente: Servicio Meteorológico Nacional	32
Figura 26 - Fuente: Servicio Meteorológico Nacional	33
Figura 27 - Fuente: Servicio Meteorológico Nacional	33
Figura 28 - Fuente: Ministerio de Hacienda.....	39
Figura 29 - Fuente: RIDES.....	43

Figura 30 - Fuente: Educ.ar - Ministerio de Educación	46
Figura 31 - Fuente: Google Maps	47
Figura 32 - Fuente: Google Earth.....	49
Figura 33 - Fuente: Página oficial de Facebook del parque	50
Figura 34 - Fermentación en fase sólida.....	52
Figura 35 - Fermentación en superficie	53
Figura 36 - Fermentación sumergida	54
Figura 37 - Proceso de fermentación sumergida de producción de ácido cítrico utilizando melazas.	57
Figura 38 - Proceso global, macroetapas.....	58
Figura 39 - Etapa de purificación	61
Figura 40 - Filtro Rotatorio de Vacío	62
Figura 41 - Filtro Rotatorio de Vacío	63
Figura 42 - Filtro Rotatorio de Vacío	64
Figura 43 - Proceso de Purificación.....	65
Figura 44 - Equipo de Intercambio Iónico.....	66
Figura 45 - Equipo de Carbón Activado	66
Figura 46 - Evaporador de Doble Efecto	67
Figura 47 - Cristalizador DTB (Draft-Tube-Baffle)	69
Figura 48 - Centrífuga de Canasta Continua	70
Figura 49 - Secador de Lecho Fluidizado	71
Figura 50 - Molino de bolas.....	72
Figura 51 - Envasadora Automática de Sólidos.....	73
Figura 52 - Diagrama de Bloques.....	74
Figura 53 - Diagrama de Flujo.....	75
Figura 54 - Fuente: 991 Metallurgist	117
Figura 55 - Fuente: 991 Metallurgist	118
Figura 56 - Fuente: Fermentador industrial, marca Cetotec.....	123
Figura 57 - Diagrama de evaporador de doble efecto. Fuente: elaboración propia	124
Figura 58 - Coeficientes típicos de transferencia global de calor de intercambiadores tubulares.....	130
Figura 59 - Fuente: Evaporador de doble efecto, marca Chengdong ..	132
Figura 60 - Fuente: Fermentador de 12 m3, marca TIANTAI	133

Figura 61 - Fuente: Filtro rotatorio al vacío, marca Toncin	135
Figura 62- Fuente: Reactor encamisado con agitación, marca KQ.....	136
Figura 63- Fuente: Reactor encamisado con agitación, marca KQ.....	137
Figura 64 - Fuente: Intercambiador de iones, marca Canature Huayu & OEM	138
Figura 65 - Fuente: Filtro de carbón activado, marca SHUOBAO.....	139
Figura 66 - Fuente: Cristalizador DTB, marca NJJR	140
Figura 67 - Fuente: Centrífuga de canasta de descarga continua, marca Zonelink.....	141
Figura 68 - Fuente: Cinta transportadora cerrada, marca Ruili.....	142
Figura 69 - Fuente: Máquina secadora de cama fluidizada, marca Telang	143
Figura 70 - Fuente: Molino de bolas, marca Zoneding	144
Figura 71 - Fuente: Máquina de embalaje de bolsas vertical, marca IPROCOSMA.....	145
Figura 72 - Fuente: Cátedra de Control Automático de Procesos - UTN FRA	149
Figura 73 - Esquema de sistema de control automático. Fuente: elaboración propia.....	150
Figura 74 - Fuente: Sonda de temperatura RTD, marca Jumo (Modelo base: 90281)	152
Figura 75 - Fuente: Convertidor electroneumático I/P, marca Samson (Tipo 6111).....	153
Figura 76 - Fuente: Receptor - Controlador neumático, marca Johnson Controls (Serie T-5800)	153
Figura 77 - Fuente: Controlador de Temperatura PID, marca Novus (Serie N1030)	154
Figura 78 - Fuente: Válvula de control de globo con actuador neumático, marca RTK Regeltechnik Kornwestheim (Serie PV 6271).....	154
Figura 79 - Fuente: Válvula globo tipo Guía Cage (jaula). Cátedra de Control Automático de Procesos (UTN - FRA)	155
Figura 80 - Fuente: Válvula de control neumática, marca Fisher - Emerson (Serie Fisher GX, modelo W8486-3/IL26000)	157
Figura 81 - Fuente: Caldera de vapor, marca Yuanda Boiler	160

Figura 82 - Fuente: Filtro de aire Hepa de alta capacidad, marca Venfilter	161
Figura 83 - Fuente: Compresor eléctrico de aire exento de aceite, marca Langair.....	163
Figura 84 - Fuente: Calentador eléctrico de conducto de aire, marca DM	164
Figura 85 - Fuente: Generador de energía eléctrica, marca Rayming .	165
Figura 86 - Fuente: Bomba peristáltica industrial, marca Huayun.....	168
Figura 87 - Fuente: Bomba de lóbulos, marca Bohai	169
Figura 88 - Fuente: Bomba centrífuga, marca Teflow Pump.....	171
Figura 89 - Fuente: Bomba centrífuga, marca Teflow Pump.....	173
Figura 90 - Fuente: Chiller, marca AOSUA.....	174
Figura 91 - Condensador, marca Pikes.....	175
Figura 92 - Fuente: Válvula reductora de presión, marca Bermad	176
Figura 93 - Fuente: Válvula esférica, marca XT	177
Figura 94 - Fuente: Válvula de tres vías, marca Zili	178
Figura 95 - Secretaría de la Pequeña y Mediana Empresa y los Emprendedores	180
Figura 96 - Estructura orgánica de Amoca	182
Figura 97 - Fuente: Página oficial de Facebook del parque	195
Figura 98 - Fuente: Página oficial de Facebook del parque	196
Figura 99 - Flujo del proceso.....	197
Figura 100 - Almacenamiento de Materias Primas.....	200
Figura 101 - Inicio, pretratamiento y fermentación	201
Figura 102 - Separación	202
Figura 103 - Purificación y envasado	202
Figura 104 - Depósito de producto terminado	203
Figura 105 - Acceso lateral izquierdo y acceso superior	204
Figura 106 - Acceso lateral derecho	204
Figura 107 - Accesos al terreno	205
Figura 108 - Oficinas	205
Figura 109 - Salas de tableros y de grupos electrógenos	206
Figura 110 - Especie Cupressus sempervirens horizontalis	222
Figura 111 - Ingenios en Tucumán.....	227

Figura 112 - Lotes disponibles en el PIT	227
Figura 113 - Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.....	229
Figura 114 - Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.....	230
Figura 115 - Disposición de matafuegos.....	251
Figura 116 - Sistema de bombas contra incendios NFPA 20, marca Yeschamp	257
Figura 117 - Plano de hidrantes.....	258
Figura 118 - Plano de evacuación	260
Figura 119 - Flujo de caja proyectado con crédito a 5 años	281
Figura 120 - Flujo de caja proyectado con crédito a 10 años	283

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Fuente: Veritrade.....	9
Tabla 2 – Fuente: Ministerio de Hacienda.....	13
Tabla 3 - Estudio de precios en el mercado	15
Tabla 4 - Fuente: EJESA, EDESA y EDE TSA	23
Tabla 5 - Fuente: GASNOR	23
Tabla 6 - Parques Industriales, Macroubicación	35
Tabla 7- Servicios en Parques Industriales, Macroubicación.....	36
Tabla 8 - Fuente: INDEC - Censo Nacional de Población 2010 y Ministerio de Hacienda	36
Tabla 9 - Fuente: INDEC - Censo Nacional de Población 2010 y Ministerio de Hacienda	37
Tabla 10 - Fuente: INDEC - Censo Nacional de Población 2010 y Ministerio de Hacienda	38
Tabla 11 - Matriz de Macroubicación.....	42
Tabla 12 - Fuente: Instituto de Promoción del Azúcar y Alcohol Tucumán	44
Tabla 13 - Terreno y Servicios en Parques Industriales.....	45
Tabla 14 - Servicios Adicionales en Parques Industriales.....	45
Tabla 15 - Matriz de Microubicación	48
Tabla 16 - Propiedades de los distintos componentes.....	55
Tabla 17 - Fuente: Cátedra de Mecánica-Eléctrica-Industrial, UTN FRA	112
Tabla 18 - Perfiles de puesto: departamento directivo y departamento de ventas.....	184
Tabla 19 - Perfiles de puesto: departamento de I+D y departamento de calidad	186
Tabla 20 - Perfiles de puesto: departamento de logística y operaciones	188
Tabla 21 - Perfiles de puesto: departamento administrativo	192
Tabla 22 - Diagrama de operaciones	194
Tabla 23 - Codificación de equipos	199
Tabla 24 - Marco legal	221

Tabla 25 - Informe Symonds, residuos de construcción y demolición...	222
Tabla 26 - Informe Symonds, residuos generados	224
Tabla 27 - Secretaría de Estado de Medio Ambiente de Tucumán	230
Tabla 28 - Aspectos sociales, económicos y culturales	231
Tabla 29 - Aspectos ambientales	231
Tabla 30 - Valores de índices de riesgo	232
Tabla 31 - Riesgos valorados y sus acciones	232
Tabla 32 - Matriz de impacto ambiental	234
Tabla 33 - Peligrosidad de sectores de incendio.....	245
Tabla 34 - Clases de fuego	249
Tabla 35 - Dimensiones del tanque de red de hidrantes.....	253
Tabla 36 - Costo de equipos principales	266
Tabla 37 - Costo de tanques de almacenamiento.....	267
Tabla 38 - Costo de bombas	268
Tabla 39 - Costo de servicios auxiliares	268
Tabla 40 - Costo de sistema contra incendios	269
Tabla 41 - Inversión total inicial de capitales	270
Tabla 42 - Costo de materias primas.....	271
Tabla 43 - Servicios públicos de suministro	272
Tabla 44 - Sueldos de empleados	274
Tabla 45 - Logística	275
Tabla 46 - Gastos generales de la planta.....	275
Tabla 47 - Costos de producción.....	276
Tabla 48 - Sistema de amortización francés a 10 años	277
Tabla 49 - Sistema de amortiación francés a 5 años	278
Tabla 50 - Flujo de caja proyectado	279
Tabla 51 - Flujo de caja proyectado con crédito a 5 años	280
Tabla 52 - Flujo de caja proyectado con crédito a 10 años	282
Tabla 53 - VAN (a 5 años)	284
Tabla 54 - VAN (a 10 años)	284

0. RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de pre factibilidad tiene por objetivo producir ácido cítrico a partir de melaza de caña de azúcar.

Como materia prima, se emplea principalmente un residuo del azúcar, obtenido de los Ingenios Azucareros del país: la melaza de caña. Se calcula que por cada cien toneladas de azúcar, se obtienen dieciséis toneladas de melaza. Una pequeña parte de este desecho se usa como endulzante de ciertos alimentos y/o como materia prima para la obtención de biodiesel, aunque ninguna de estas aplicaciones representa una competencia en cuanto a la obtención de la melaza.

Se propone producir ácido cítrico ya que es un producto altamente aplicado en diversos rubros: alimenticio, farmacéutico, textil, cosmético, agroindustrial, microbiológico, etc. Y fundamentalmente no se produce en el país. Cada año, se importan más de doce mil toneladas, de las cuales más de la mitad está destinada a la industria alimenticia y cerca de un 15% a la industria farmacéutica.

Mediante este trabajo, se presentan las dimensiones y el diseño completo de una planta instalada en el Parque Industrial Tucumán, ubicado en la capital de esa provincia, capaz de sustituir el 44,6 % de las importaciones para los dos rubros mencionados anteriormente. De esta manera, se producirían trescientas cincuenta toneladas mensuales de ácido cítrico, con un precio por tonelada de ocho mil dólares para grado alimenticio y once mil el farmacéutico. El balance económico arroja resultados favorables para este proyecto de pre factibilidad, que invita a realizar un análisis más profundo para una correcta implementación a futuro. Con una inversión inicial de US\$ 38.621.235, un VAN pago a diez años de US\$ 2.935.493 y un TIR, también a diez años, del 48 %, se estima que en menos de tres años es posible recuperar la inversión inicial y el proyecto resulta factible económicamente.

1. INTRODUCCIÓN

El ácido cítrico es un ácido orgánico presente en la mayoría de las frutas, sobre todo la naranja, el limón y el pomelo. Asimismo, se trata de un metabolito intermediario del ciclo de Krebs, presente en el proceso de respiración de células aerobias.

El ácido cítrico fue descubierto en el siglo XVIII por un químico sueco. Un siglo después, comenzó la producción a gran escala, siendo Pfizer, la empresa farmacéutica, pionera en su elaboración. Sin embargo, no fue hasta la Primera Guerra Mundial que se comenzó a desarrollar empleando microorganismos obteniendo rendimientos más altos que antes, ya que se requerían grandes cantidades de cítricos y estos frutos no se podían exportar desde Italia por el conflicto bélico.

1.1. OBJETIVOS

El principal objetivo de este trabajo es evaluar el reemplazo parcial de la importación de ácido cítrico del país aprovechando un residuo generado en gran magnitud por la industria azucarera argentina.

Asimismo, se buscará obtener mayor rentabilidad mediante la comercialización de los subproductos generados a lo largo del proceso.

1.2. PROCESO

Se propone llevar adelante un bioproceso. Las características que definen este tipo de procesos son que se emplea un microorganismo para transformar materiales biológicos en distintos productos comerciales, partiendo de materiales relativamente baratos, como el alcohol y disolventes orgánicos, hasta compuestos más costosos como antibióticos, proteínas, etc. Las enzimas utilizadas en industrias y las células vivas también son productos comerciales de este tipo de procesos. Hoy en día, existen muchos productos comunes que son el resultado de bioprocesos, tales como la aspirina, la cerveza, etc.

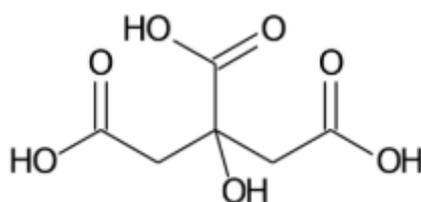
Actualmente, se produce a nivel industrial ácido cítrico por fermentación, que puede ser líquida (sumergida o en superficie) o sólida, aunque esta última técnica no está muy desarrollada a grandes escalas.

1.3. PRODUCTOS

1.3.1. PRODUCTO PRINCIPAL

El ácido cítrico (Nombre IUPAC: ácido 2-hidroxi-1, 2, 3-propanotricarboxílico) es un ácido orgánico triprótico presente en frutas y verduras que juega un rol fundamental en el metabolismo de los seres vivos.

Su estructura química es:



Se trata de una molécula conformada por 6 átomos de carbono, 8 de hidrógeno y 7 de oxígeno (Fórmula C₆-H₈-O₇).

1.3.1.1. PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS

Algunas propiedades de este compuesto son:

- Punto de fusión: 153°C
- Densidad específica: 1,665 g/mL
- Solubilidad en agua a 25°C: 3,83*10⁵ mg/mL
- Muy soluble en éter, etanol y acetato de etilo
- Insoluble en benceno y cloroformo
- Presión de vapor a 25°C: 1,7x10⁻⁸ mmHg
- Valores de pka: 3,15, 4,77 y 6,40

1.3.1.2. USOS

Este compuesto se emplea en gran variedad de industrias:

- Alimentaria (conservante, antioxidante, acidulante, saborizante de golosinas y bebidas gaseosas)
- Farmacéutica (acidificante)
- Aditivo en productos de limpieza
- Cosmética
- Agroindustria (en tratamiento de terrenos)
- Cueros y marroquinería (teñidos)

El producto se comercializa con 3 grados distintos de calidad:

- Grado Alimenticio
- Grado Farmacéutico
- Grado Técnico

El nivel de calidad del producto dependerá del tipo de proceso elegido.

En el mercado se comercializa como polvo anhidro inodoro.

1.3.2. SUBPRODUCTOS

A lo largo de la síntesis, se obtienen los subproductos enlistados a continuación, que se pueden comercializar como materias primas para otros procesos, con su debido tratamiento posterior:

- Proteínas
- Biomasa
- Sulfato de calcio

1.4. MATERIAS PRIMAS

1.4.1. MELAZA DE CAÑA DE AZÚCAR

La principal materia prima de nuestro proceso es la melaza, un líquido viscoso y rico en carbohidratos que se obtiene del residuo de la industria azucarera. Esta miel oscura se emplea en repostería y como fuente de azúcar en procesos biotecnológicos, ya que está compuesta

principalmente por sacarosa y, en menor proporción, por glucosa y fructosa.

1.4.2. INÓCULO

Se emplea el hongo *Aspergillus Níger*, que se encuentra comúnmente en frutas y verduras en descomposición. Se trata de un hongo pluricelular de textura arenosa con hifas oscuras. Su reproducción es asexual y se lo considera un patógeno oportunista, ya que aprovecha las bajas defensas del huésped para producir una infección, aunque no se lo considera peligroso.

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.1. INTRODUCCIÓN

En el estudio de mercado se realiza la evaluación de las materias primas que se utilizan para la obtención del ácido cítrico. Asimismo, deben examinarse la demanda y el consumo del producto en Argentina para definir la participación de la empresa en el mercado.

2.2. PRODUCTO

2.2.1. ASPECTOS GENERALES

El ácido cítrico se puede comercializar en distintos grados, en este caso se producirá en grados alimenticio y farmacéutico. Éste último presenta controles de calidad más exhaustivos para satisfacer las demandas de ese mercado. Es por ello, que el precio de venta es mayor.

2.2.2. ESPECIFICACIONES Y COMERCIALIZACIÓN

En Argentina, la industria con mayor demanda de ácido cítrico es la alimenticia, con un 58,4% de participación en el mercado. En segundo lugar, se encuentran las industrias que requieren el producto en grado técnico, representando el 27%. Por último, el ácido en grado farmacéutico conforma el 14,6% del mercado interno.

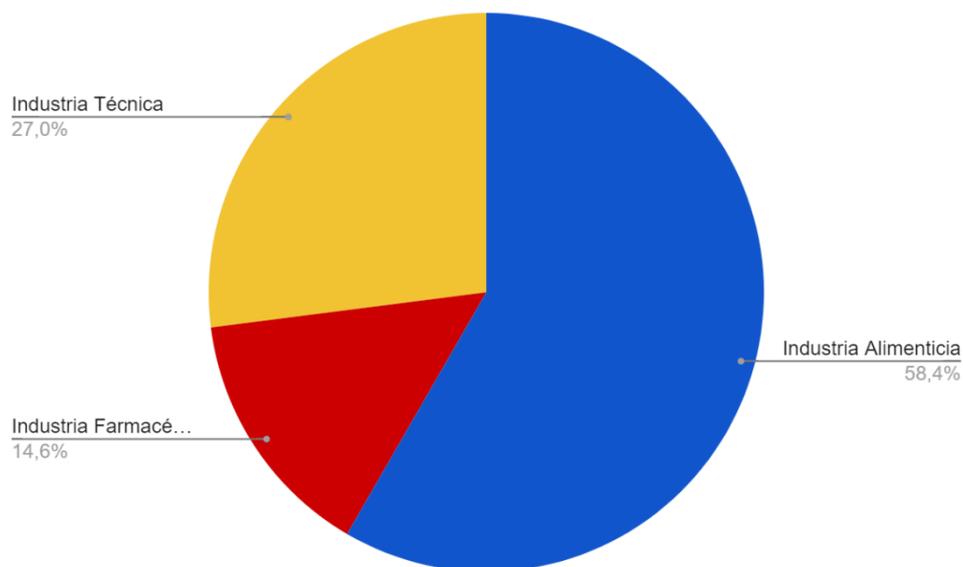


Figura 1 - Fuente: Veritrade

El objetivo es proveer el producto a las industrias alimenticia y farmacéutica, priorizando la segunda ya que el valor comercial es mayor. El producto terminado se comercializará como polvo anhidro y en paquetes de 25 Kg.

A continuación, se presentan tres gráficos donde se pueden observar la cantidad de kilogramos que importan las empresas del país para cada rubro.

En primer lugar, se muestran las 10 empresas de la industria alimenticia que podrían llegar a ser nuestros clientes.

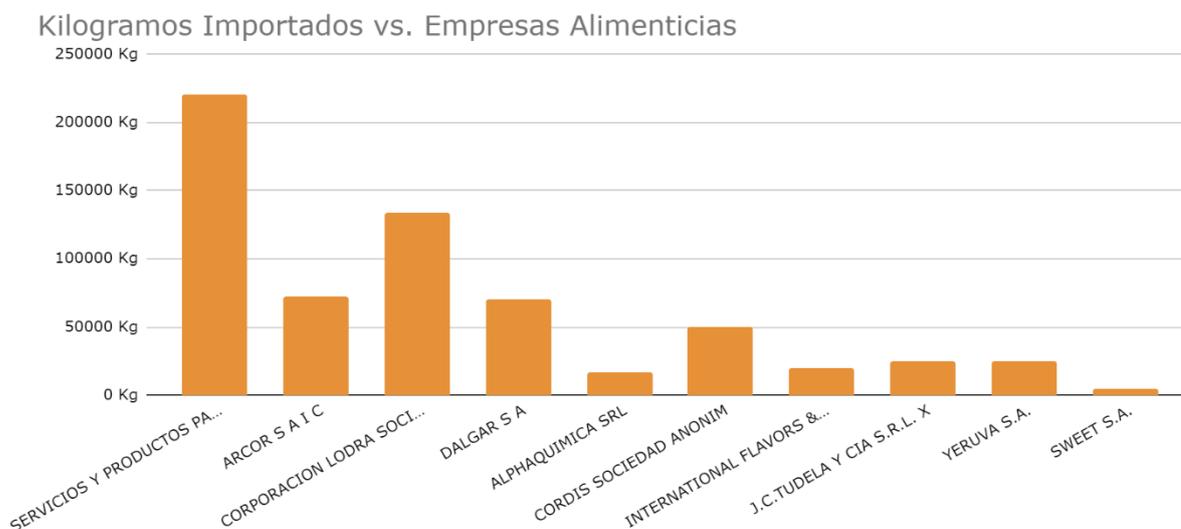


Figura 2 - Fuente: Veritrade

En este gráfico se aprecian las 4 empresas de la industria farmacéutica que importan mayores volúmenes.

Kilogramos Importados vs. Empresas Farmacéuticas

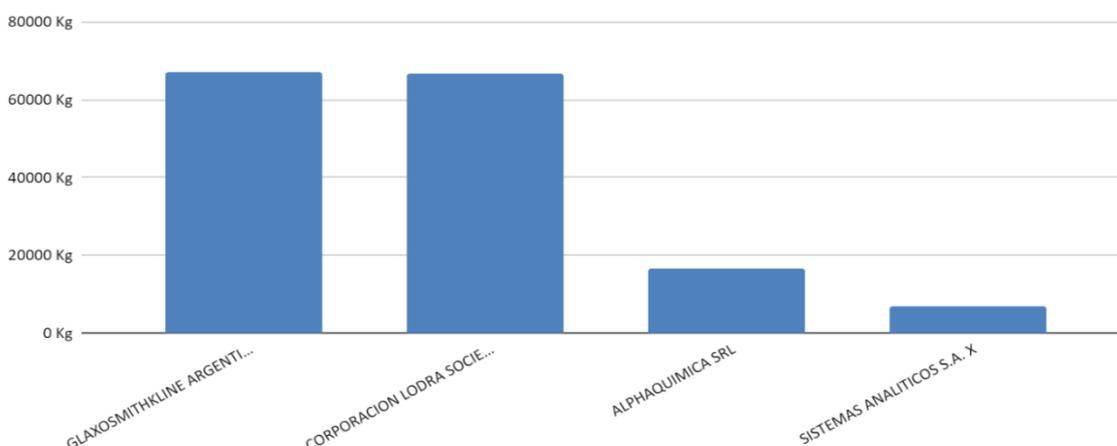


Figura 3 - Fuente: Veritrade

Por último, se visualizan las empresas de la industria técnica que compran ácido cítrico. Si bien en un principio no son potenciales clientes, se podrían considerar a futuro.

Kilogramos Importados vs. Empresas Técnicas

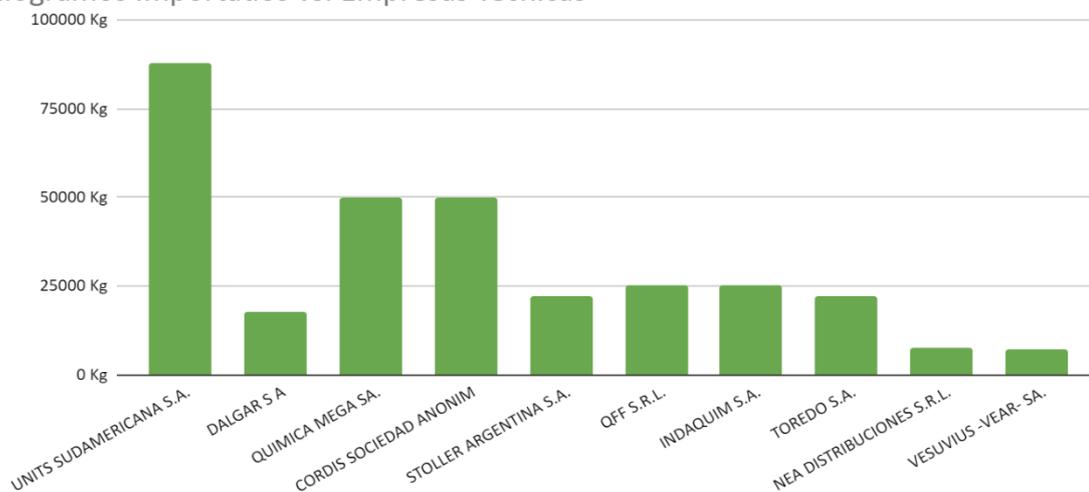


Figura 4 - Fuente: Veritrade

Se puede ver a continuación el listado de empresas consumidoras en el país en función del grado del producto. Gran parte de estas empresas son distribuidoras que abastecen a distintos establecimientos nacionales.

Calidad	EMPRESA
Grado Alimenticio	SERVICIOS Y PRODUCTOS PARA BEBIDAS REFRESCANTES S.R.L.
	ARCOR S A I C
	CORDIS SOCIEDAD ANONIMA
	INTERNATIONAL FLAVORS & FRAGRANCES SACI.
	J.C.TUDELA Y CIA S.R.L. X
	YERUVA S.A.
	SWEET S.A.
Grado Alimenticio y Farmacéutico	CORPORACION LODRA SOCIEDAD DE RESPONSABILIDAD LIMITAD
Grado Alimenticio y Técnico	DALGAR S A
Grado Alimenticio y Farmacéutico	ALPHAQUIMICA SRL
Grado Farmacéutico	GLAXOSMITHKLINE ARGENTINA SA.
	SISTEMAS ANALITICOS S.A. X
Grado Técnico	UNITS SUDAMERICANA S.A.
	QUIMICA MEGA SA.
	CORDIS SOCIEDAD ANONIM
	STOLLER ARGENTINA S.A.
	QFF S.R.L.
	INDAQUIM S.A.
	TOREDO S.A.
	EA DISTRIBUCIONES S.R.L.
VESUVIUS -VEAR- SA.	

Tabla 1 - Fuente: Veritrade

2.2.3. ARGENTINA COMO EXPORTADORA E IMPORTADORA

En primera instancia, la participación será en el mercado interno, considerando la proyección a futuro de exportar.

Como se ha expresado anteriormente, Argentina no es productora del ácido y su importación anual es de aproximadamente 12.000 toneladas, que equivalen a 1.000 toneladas mensuales. Nuestro objetivo, entonces, es cubrir el 35% del mercado, es decir, alcanzar una producción de 350 Tn/mes y destinar el 80% a la industria alimenticia y el 20 % a la farmacéutica. De esta manera, en ambos rubros se sustituye el 44,6 % de las importaciones.

Aproximadamente el 74 % del ácido cítrico que ingresa al país proviene de China, 13 % de Brasil, un 11 % de Colombia y el resto de otros países, como se aprecia en el siguiente gráfico.

Principales Países Proveedores

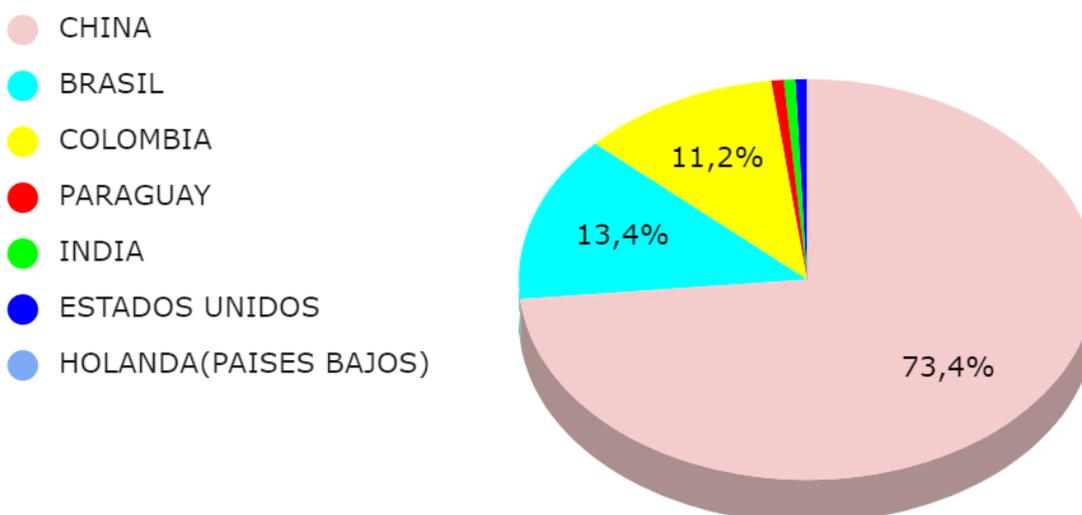


Figura 5 - Fuente: Veritrade

Una vez en el país, el producto se transporta en un 85,6 % por vía acuática y el 14,4 % restante por vía terrestre (camiones). El valor del incoterm CFR (costos de transporte y seguro) se presenta en el siguiente gráfico, discriminando por cada país importador. Del total, de aproximadamente U\$S 847.877 mensuales, el 75,3% corresponde al transporte acuático.

Total U\$S CFR Total frente a País Origen

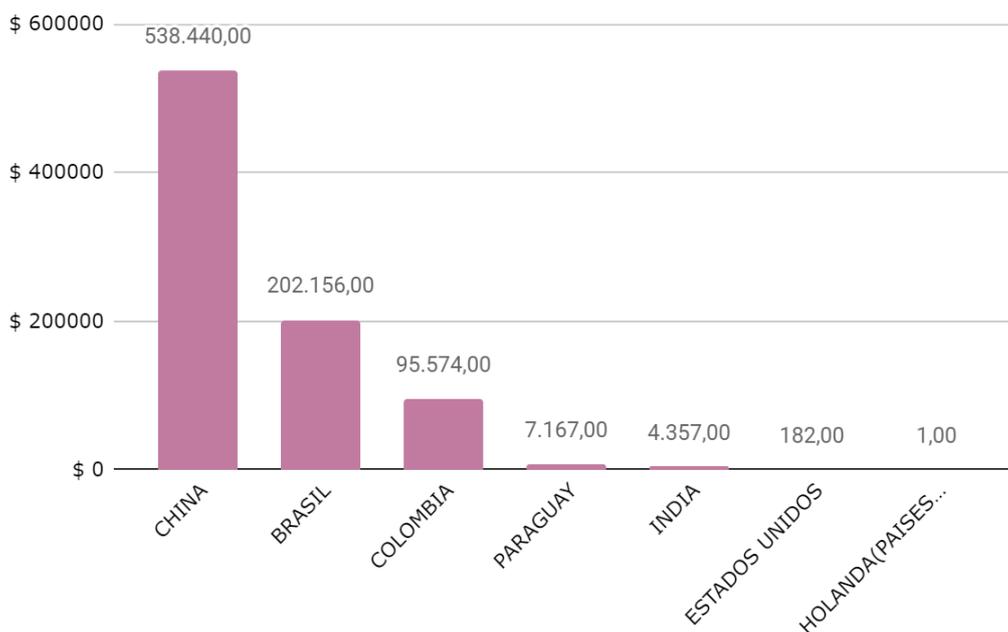


Figura 6 - Fuente: Veritrade

Tomando los datos de distintas fuentes, como Veritrade y Scavage, a través de los años, se puede obtener una tendencia del consumo en toneladas de ácido en el país.

Proyección del consumo en Tn a través de los años

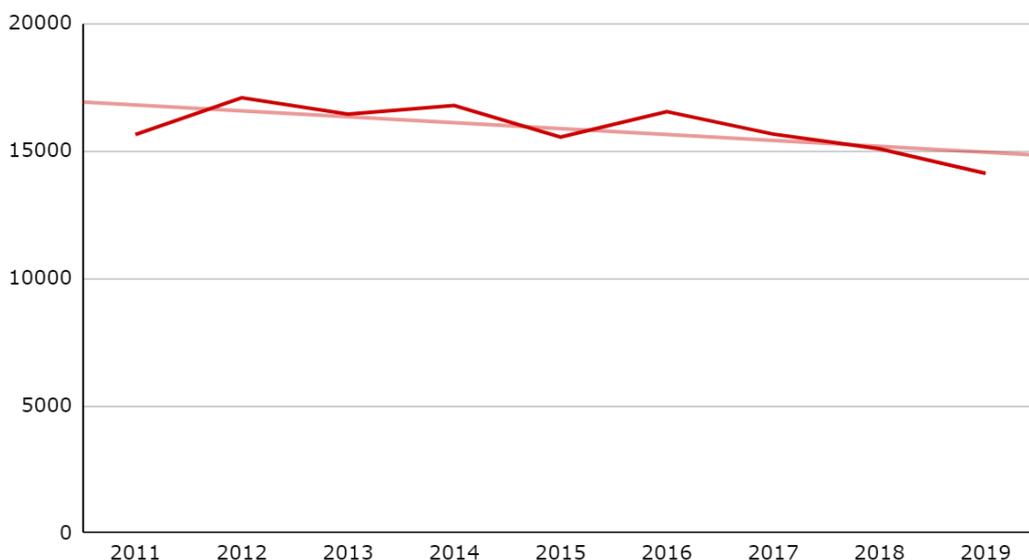


Figura 7 - Fuente: Scavage - Veritrade

La muy leve tendencia a la baja en el consumo se debe a la crisis económica, pero se puede observar que se mantiene relativamente constante.

2.3. MATERIA PRIMA

2.3.1. MELAZA

Para cubrir la parte del mercado que se propone, se necesitan aproximadamente 1.200 Tn de melaza por mes¹.

2.3.1.1. PROVEEDOR DE MELAZA

La melaza será provista por los ingenios argentinos. Nuestro país cuenta con una vasta producción de azúcar de caña y la melaza, que es un subproducto de la misma, estará disponible en gran magnitud, aunque habrá que contemplar que la industria azucarera la utiliza para fabricar otros productos, lo cual se contempla en el siguiente punto. Además, en el próximo capítulo se determinará la ubicación de la potencial planta teniendo en cuenta, principalmente, la ubicación de los proveedores de esta materia prima.

2.3.1.2. MELAZA COMO SUBPRODUCTO DE LA PRODUCCIÓN DE AZÚCAR

La melaza se obtiene luego de un procesamiento primario de la caña de azúcar. Una vez finalizado el período de cosecha de la zafra, la caña es molida hasta obtener el azúcar crudo y sus derivados, la melaza (mieles) y el bagazo (fibra). La melaza se obtiene una vez cocidos y centrifugados los jarabes y tiene distintas aplicaciones dentro de la industria química, una de ellas es la obtención de alcohol, bioetanol y la alimentación de ganado.

¹ Ver balances detallados en el capítulo 6

Si se toma una molienda de 100 toneladas de caña de azúcar, el 16 % es melaza.

2.3.1.3. POTENCIALES EMPRESAS PROVEEDORAS DE MELAZA

En el país hay 22 ingenios que podrían abastecer a la planta. Muchos de ellos forman parte de las mismas empresas y será evaluado en el próximo capítulo cuáles serían los lugares más convenientes para la obtención de nuestra materia prima. A continuación, se detallarán las compañías existentes en cada provincia.

PROVINCIAS				
Tucumán	Jujuy	Salta	Santa Fe	Misiones
EMPRESAS				
Grupo Luque	Ledesma	San Martín del	Las Toscas	San Javier
José Minetti	Ingenio Río Grande	Tabacal	<u>Inaza</u>	
Grupo Colombres	La Esperanza	San Isidro		
Arcor				
Azucarera del Sur				
Compañía Azucarera Los Balcanes				
Cía. Inversora Industrial				
Las Dulces Norte				
Azucarera Argentina				
Ingenio San Juan				

Tabla 2 – Fuente: Ministerio de Hacienda

2.3.1.4. LA MELAZA EN EL MERCADO ARGENTINO

El procesamiento de la caña frente a los años no varía, ya que el consumo se mantiene relativamente constante. El factor que es variable para la misma es la cosecha de la zafra, que se realiza durante el período mayo-octubre.

Producción de caña de azúcar [MM ton] frente a Período de Año

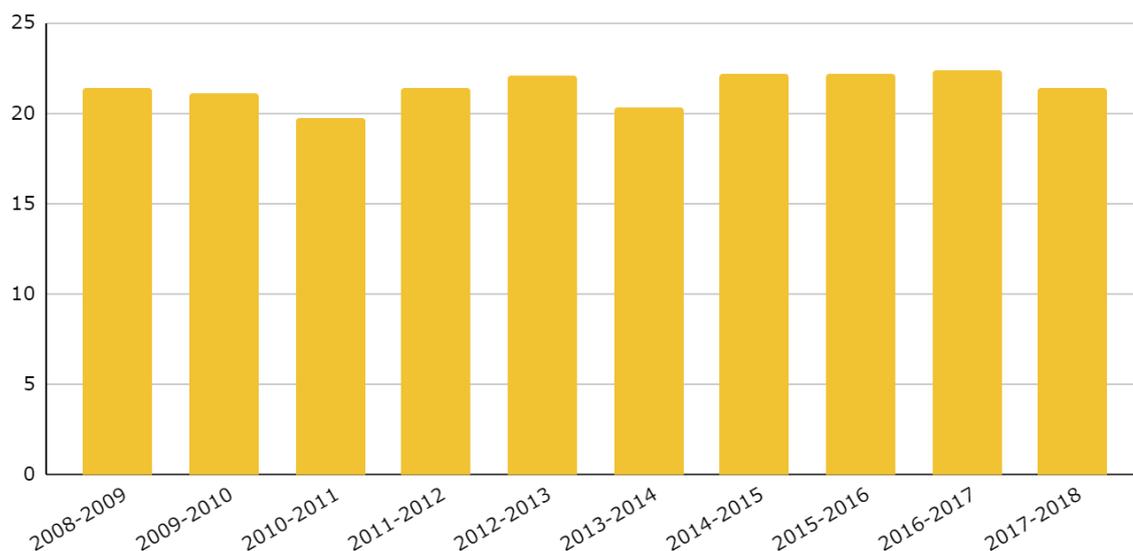


Figura 8 - Fuente: Centro Azucarero Argentino

Al ser la producción de azúcar constante, nos permite un abastecimiento asegurado. También, se pueden observar las exportaciones de melaza, donde una parte podría ser adquirida para nuestro proceso productivo. Recolectando datos de la cantidad de melaza que se exporta de la fuente Scavage, se obtiene el siguiente gráfico:

Cantidad de Toneladas exportadas frente a Año

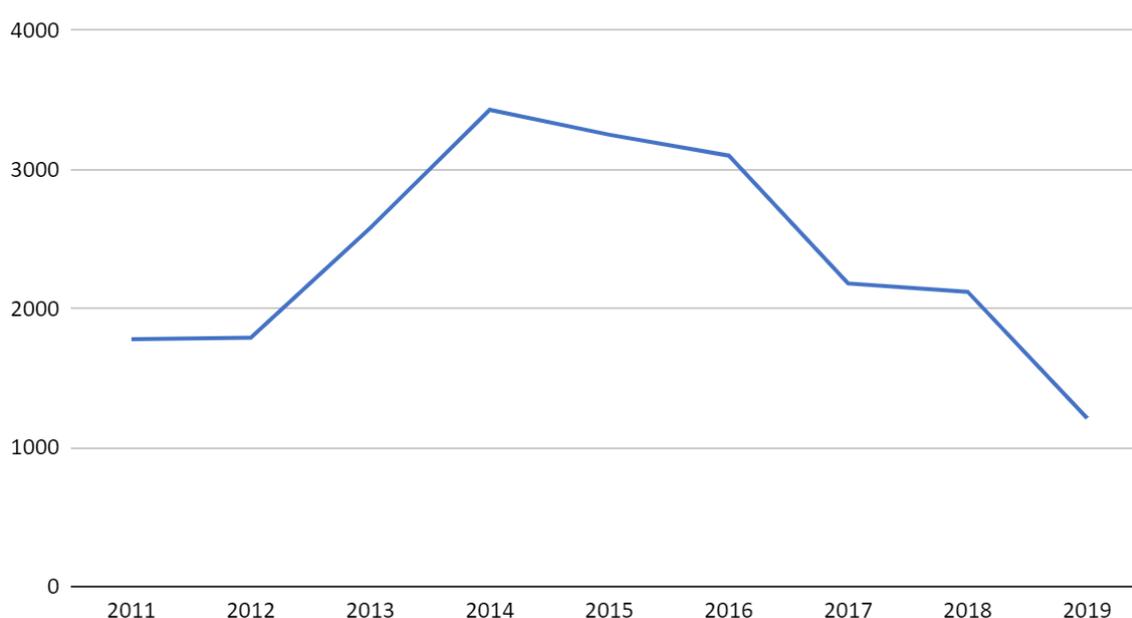


Figura 9 - Fuente: Scavage

2.3.2. ASPERGILLUS NIGER

2.3.2.1. PROVEEDOR DEL HONGO

La cepa necesaria del hongo será provista por el Instituto de Micología y Botánica perteneciente a UBA-CONICET.

El hongo será posteriormente inoculado, como parte del proceso, en etapas previas a su utilización. Esto permite que el precio del mismo en la compra inicial no sea determinante a la hora de realizar el balance económico.

2.4. RESOLUCIONES

Teniendo en cuenta la producción estimada de 350 toneladas por mes de ácido cítrico, la participación en el mercado se distribuye cubriendo:

- Industria alimenticia: 44,6%
- Industria farmacéutica: 44,6%

El 80 % de lo producido se vendería a la primera industria, y el resto a la segunda.

El producto se presentaría como un polvo anhidro en envases de 25 Kg. Los costos hallados en el mercado de las materias primas y los productos terminados a utilizar son los siguientes:

MATERIA PRIMA			PRODUCTO		
Melaza	250	\$/Tn	Ácido Cítrico		
Inóculo	22	\$/cultivo	Gr. Alimenticio	8.000	\$/Tn
Reactivos secundarios	100	\$/Tn (aprox.)	Gr. Farmacéutico	11.000	\$/Tn
			Subproductos	1.000	\$/Tn

Tabla 3 - Estudio de precios en el mercado

2.5. BIBLIOGRAFÍA

Ministerio de Hacienda. (Junio 2018). Informes de cadenas de valor.
Secretaría de Política Económica: Argentina.gob.ar.
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro_cadenas_de_valor_azucar.pdf

De Bernardi, L. A. Perfil de Azúcar. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. magyp.gob.ar.
https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/publicaciones/_archivos/000101_Perfiles/999981_Perfil%20del%20Az%C3%BAcar%202019.pdf

Veritrade. <https://www.veritradecorp.com/es/>

ArQuimi. (Junio 2018). Usos del ácido cítrico en la alimentación.
<https://www.arquimi.com/blog/p13133-usos-del-acido-citrico-en-la-alimentacion.html>

3. UBICACIÓN DE PLANTA

3.1. INTRODUCCIÓN

La localización de la planta requiere de un análisis profundo del entorno y de las condiciones del proceso. Por esta razón, se inicia el estudio de macroubicación definiendo la región del NOA como la más apta en todo el territorio argentino. Seguido, una vez elegida la provincia, se indagará cual es la mejor localidad para emplazar la planta.

3.2. MACROUBICACIÓN

La región del norte de Argentina es la más adecuada para la localización de la planta, ya que allí se encuentran los Ingenios azucareros que podrán proveernos la principal materia prima: melaza de caña de azúcar. Se compararon las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán, que son las que cuentan con mayores volúmenes de cultivo.

3.2.1. INGENIOS

La melaza de caña de azúcar es la materia prima que se requiere en mayores cantidades, por eso, es el ítem al que se le asigna mayor puntaje dentro de la matriz. La cercanía y disponibilidad de materia prima brindará rentabilidad al proceso, dado que los costos de transporte no serán tan elevados. Según lo visto en el "*Capítulo 2: Estudio de Mercado*", de 100 toneladas de caña de azúcar, el 16% es melaza, por eso es importante que se asegure su disponibilidad y seguridad de entrega.

Distribución Territorial de la Producción de Azúcar

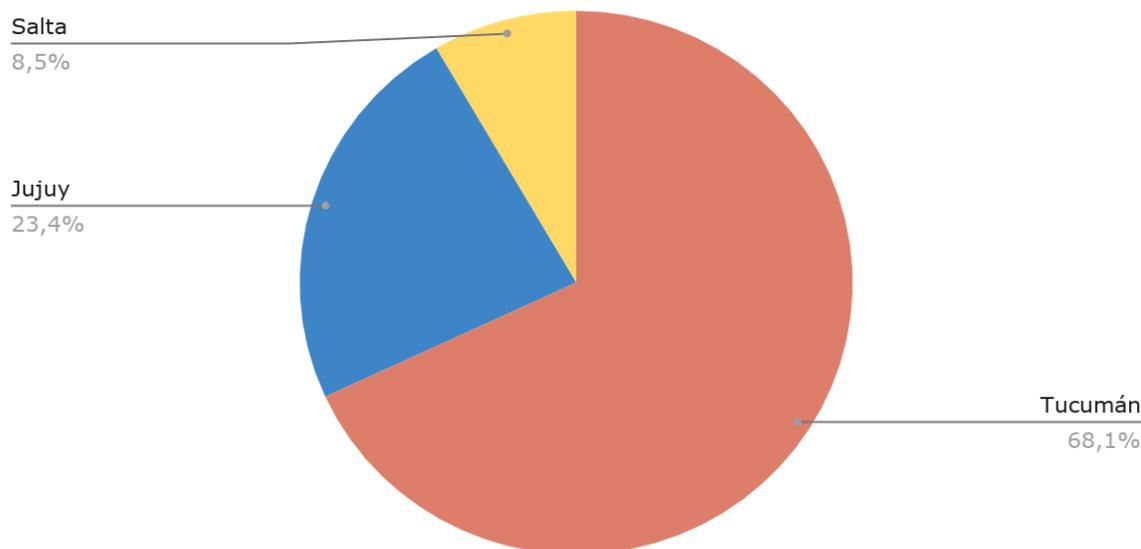


Figura 10 - Fuente: Centro Azucarero Argentino

- Tucumán
Cuenta con 15 ingenios azucareros y amplias zonas de cultivo de zafra. Las mayores empresas de este rubro se encuentran en esta provincia.
- Salta
Cuenta con 2 ingenios, que representan menos del 9% del total de producción de caña de azúcar del país.
- Jujuy
Cuenta con 3 ingenios azucareros que tienen elevados niveles de producción, ya que suman el 23,3% de la producción nacional.

Observando la cantidad de ingenios y teniendo en cuenta la cantidad de caña de azúcar que cada provincia procesa, Tucumán es la que presenta las condiciones más favorables de disponibilidad, seguridad de entrega y la distancia de los ingenios es más cercana a los parques industriales.

3.2.2. ENERGÍA (electricidad y gas)

El proceso requiere grandes cantidades de energía, así como gas para mantener constante la temperatura de los fermentadores.

La región cuenta con una amplia capacidad generadora y distribuidora de energía eléctrica, que incluso supera la demanda, por ende, también exporta hacia la región del NEA y Chile.

Por otro lado, en el NOA se encuentra una cuenca predominantemente gasífera que ha llegado a ocupar el segundo puesto en la producción total del país.

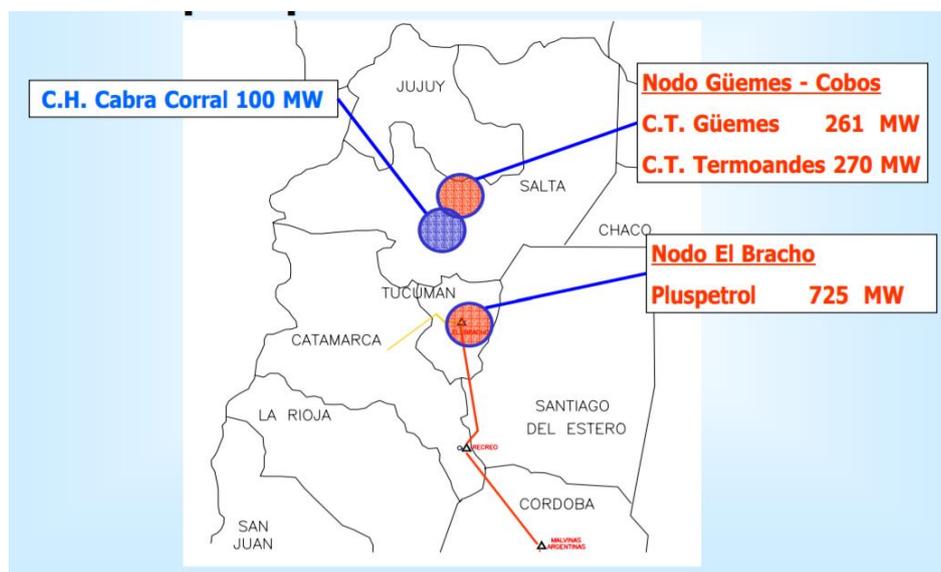


Figura 11 - Fuente: Infraestructura Eléctrica en el NOA

- Tucumán
Hay 3 centrales hidroeléctricas y 7 térmicas. Muchos ingenios producen su propia electricidad usando como combustible bagazo y gas natural, ya que, según la legislación vigente, un autoprodutor se puede convertir en autogenerador y pasa a competir en el Mercado Eléctrico Mayorista.

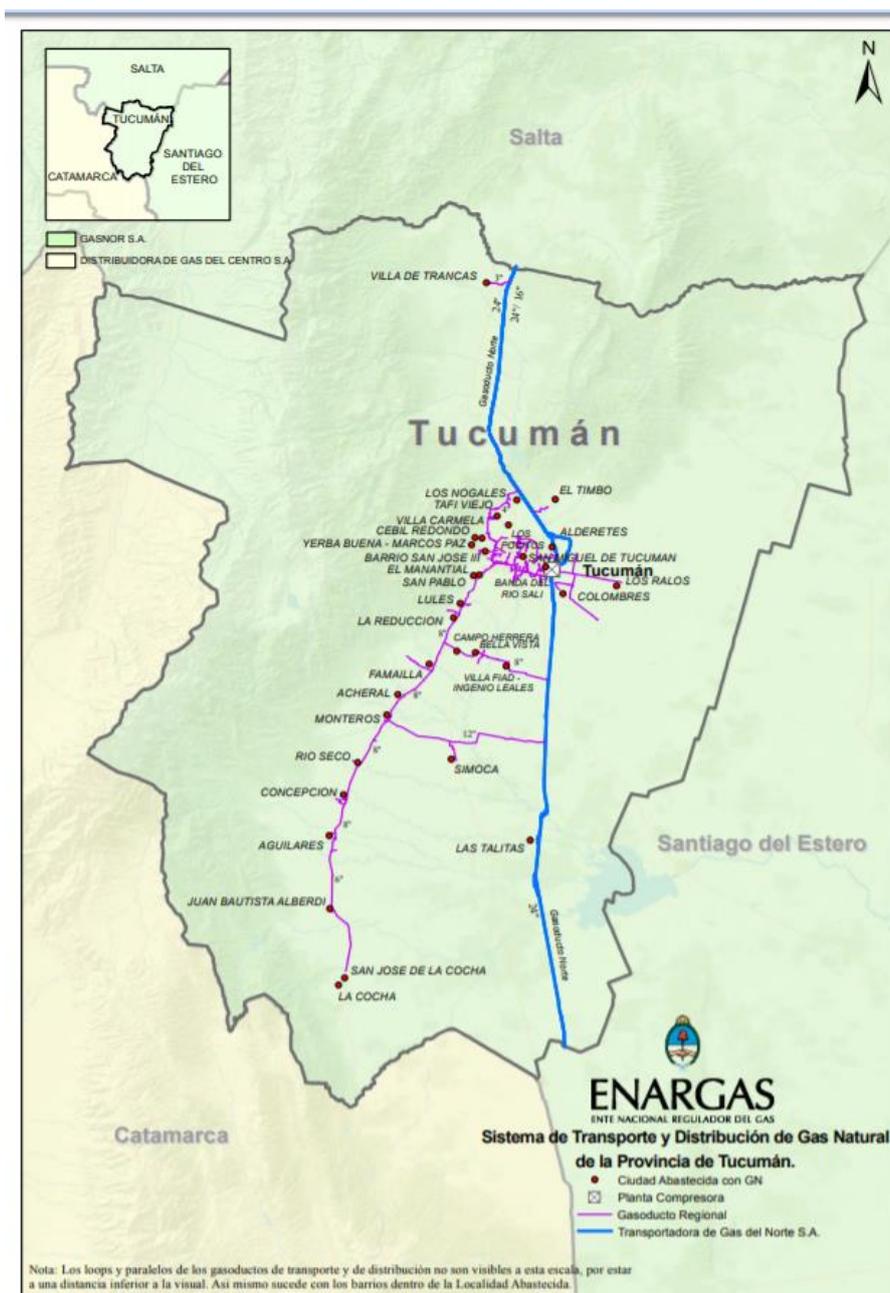


Figura 12 - Fuente: Sistema de Transporte y Distribución de Gas Natural de la Provincia de Tucumán

- Salta
Se ubican varias plantas generadoras y transformadoras que abastecen de energía eléctrica a gran parte de la provincia. Con el Plan Provincial de Energías Renovables se busca aprovechar los altos niveles de radiación que alcanza la región y, en la zona norte, existe un gran potencial de obtención de energía a partir de la biomasa y represas hidroeléctricas.

En Salta es donde se encuentra emplazada la única refinería de la zona norte de Argentina, que recibe petróleo crudo y gas natural provenientes de la cuenca del noroeste y de Bolivia.

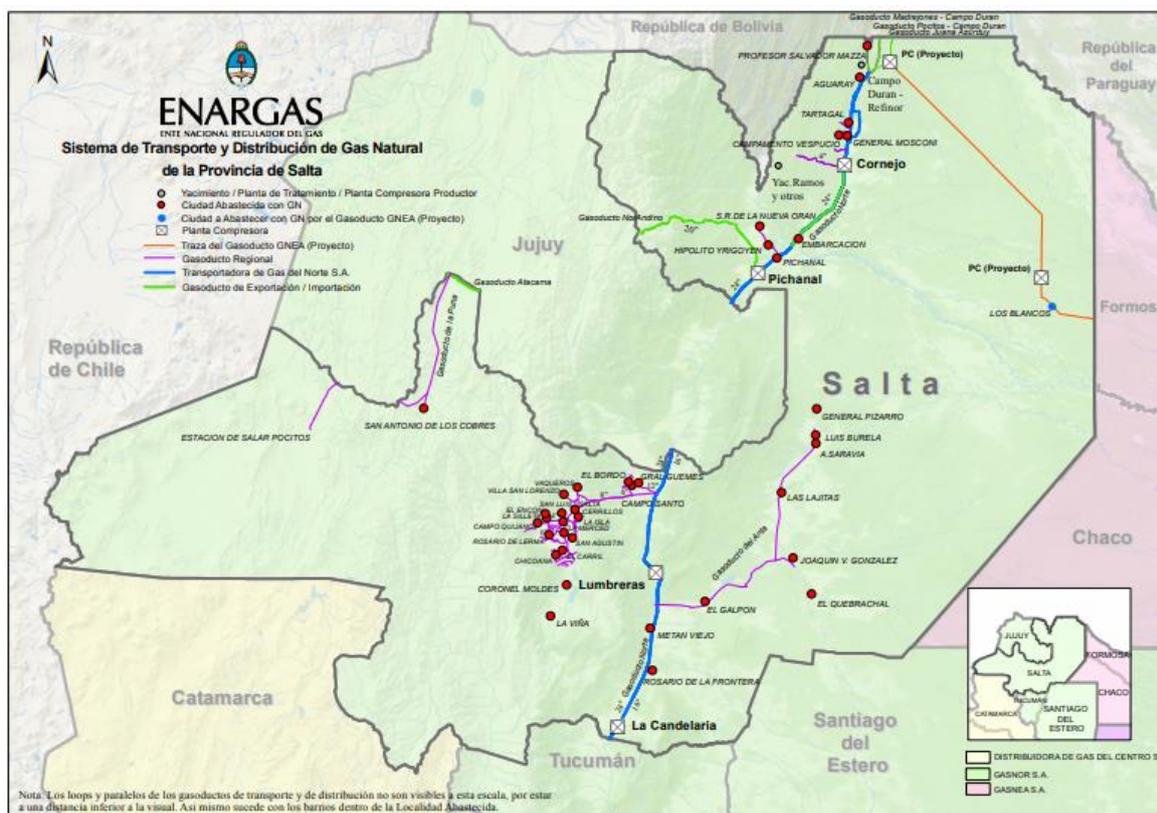


Figura 13 - Fuente: Sistema de Transporte y Distribución de Gas Natural de la Provincia de Salta

- Jujuy
En esta provincia, los sectores privado y público trabajan en conjunto y por eso se ha logrado proveer de electricidad a gran parte de las zonas rurales. Además, es pionera en el uso de energías renovables, principalmente solar.

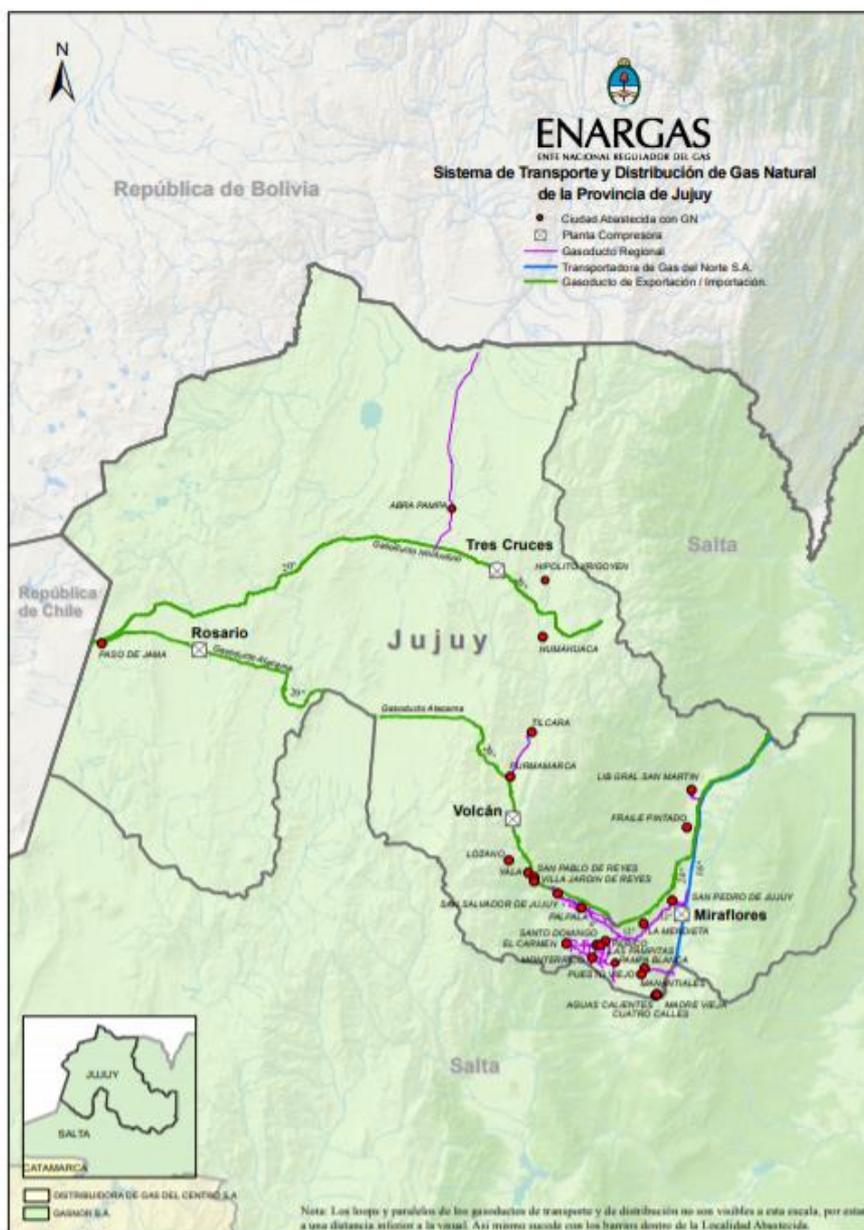


Figura 14 - Fuente: Sistema de Transporte y Distribución de Gas Natural de la Provincia de Jujuy

A continuación, se muestra un cuadro con los costos de la energía eléctrica en las tres provincias para grandes demandas (mayores a 300 KW) de media tensión. También, se tiene en cuenta la tarifa de baja tensión para oficinas y administración.

Energía Eléctrica				
Cargos y Costos		JUJUY	SALTA	TUCUMÁN
Cargo Fijo [\$]		\$7.614,70	\$3.391,90	\$3.551,82
Cargo Variable [\$/KWh]	Baja Tensión	\$2,7843	\$4,3117	\$3,9551
	Media Tensión	\$3,5271	\$5,9312	\$3,5473

Tabla 4 - Fuente: EJESA, EDESA y EDE TSA

El gas es distribuido por una sola empresa, por lo que el cuadro tarifario para cada provincia con sus cargos fijos y variables se observan en la siguiente tabla.

Gas			
Cargos	JUJUY	SALTA	TUCUMÁN
Cargo Fijo [\$]	\$2.316,21	\$2.316,21	\$2.318,51
Cargo Variable [\$/m ³]	\$5,9915	\$8,5355	\$8,9841

Tabla 5 - Fuente: GASNOR

Observando el costo fijo de la electricidad, en Jujuy es el doble de costosa que en las otras dos provincias. Sin embargo, el cargo variable resulta ser el menor. Teniendo en cuenta todos los costos, la provincia más favorecida por tener el precio más económico resulta ser Tucumán.

En cuanto al gas, el cargo fijo de las tres provincias es muy similar pero en lo referido al cargo variable sí hay diferencias: Jujuy es la provincia con el gas más barato, mientras que Tucumán es la que ofrece un servicio de gas más alto por metro cúbico.

3.2.3. AGUA

Según el Sistema Nacional de Información Hídrica, las tres provincias cuentan con varias redes hidrológicas que se muestran en el siguiente mapa.

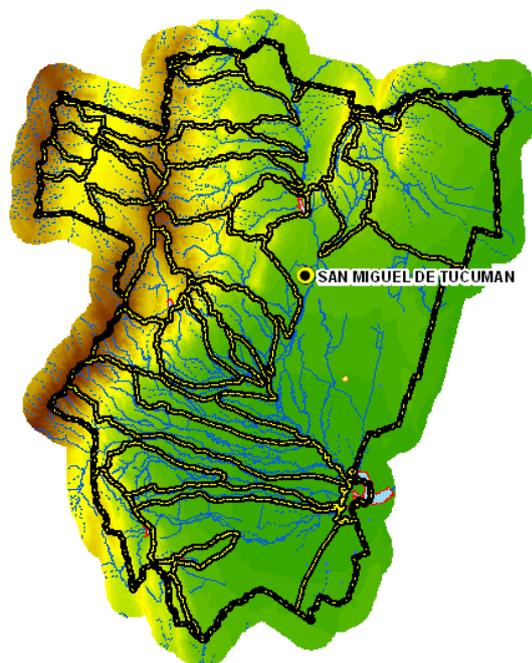


Figura 15 - Fuente: Ministerio de Obras Públicas

Por cada red se puede obtener el caudal medio mensual. Este parámetro tendrá importancia para la elección del tipo de proceso. Por lo tanto, será necesario saber cómo varían los caudales disponibles por mes puesto que las tres provincias tienen períodos de sequía o una reducida existencia del recurso hídrico.

Los datos tomados son ponderaciones de los caudales que pasan en cada estación de medición de los distintos ríos que abastecen a cada provincia.

- Tucumán



TUCUMÁN	
Mes	Valor [m3/seg]
Enero	56,48
Febrero	78,18
Marzo	96,00
Abril	71,24
Mayo	36,20
Junio	20,09
Julio	15,26
Agosto	13,25
Septiembre	9,25
Octubre	10,09
Noviembre	19,65
Diciembre	30,96
Promedio	38,06

Figura 16 - Fuente: Ministerio del Interior

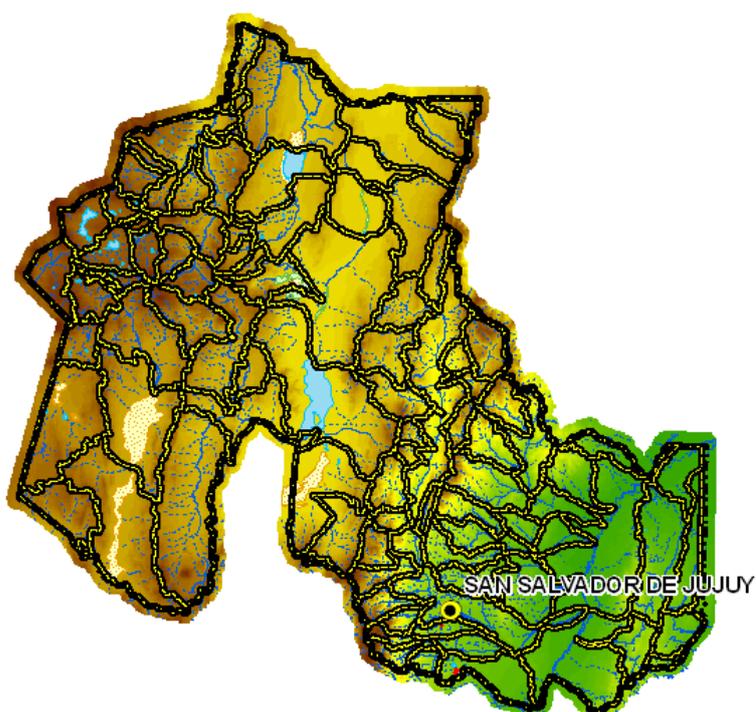
- Salta



SALTA	
Mes	Valor [m3/seg]
Enero	368,43
Febrero	560,44
Marzo	495,25
Abril	270,37
Mayo	133,31
Junio	76,24
Julio	53,05
Agosto	39,36
Septiembre	31,88
Octubre	48,66
Noviembre	88,18
Diciembre	211,37
Promedio	198,04

Figura 17 - Fuente: Ministerio del Interior

- Jujuy



JUJUY	
Mes	Valor [m3/seg]
Enero	66,85
Febrero	110,60
Marzo	86,88
Abril	47,58
Mayo	24,75
Junio	16,55
Julio	13,00
Agosto	10,45
Septiembre	7,50
Octubre	6,48
Noviembre	7,75
Diciembre	20,35
Promedio	34,89

Figura 18 - Fuente: Ministerio del Interior

Disponibilidad de agua por mes por cada provincia

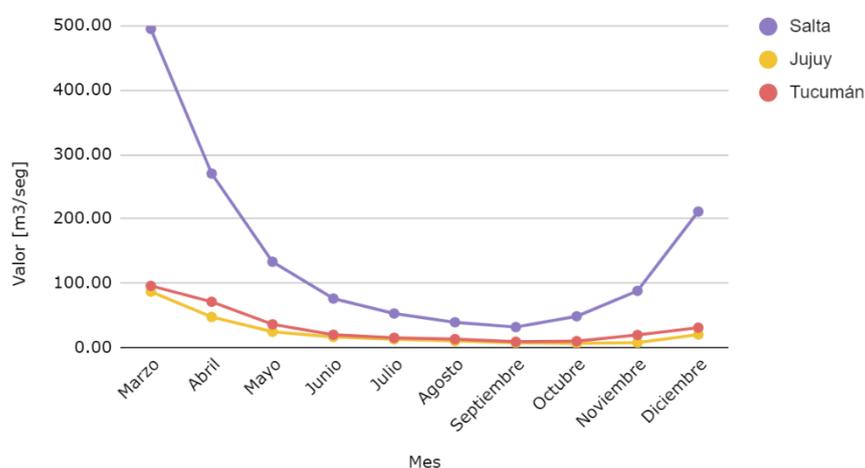


Figura 19 - Fuente: Ministerio del Interior

Se puede observar que la provincia con la mayor disponibilidad de agua es Salta, después se ubica Tucumán y, con poca diferencia, Jujuy en el último puesto.

3.2.4. MERCADO

En la siguiente tabla se expresan los datos del mercado disponible en distintas provincias:

Mercado disponible por provincia

Provincia	%
Buenos Aires	90,69
Mendoza	4,31
Córdoba	3,79
Santa Fe	1,21

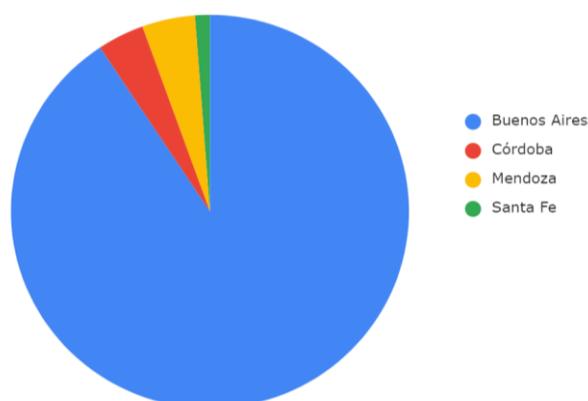


Figura 20 - Fuente: Veritrade

Al analizar los principales consumidores de ácido cítrico en Argentina, encontramos que las provincias con mayor demanda son Buenos Aires, con un total de 13 empresas y Mendoza, Córdoba y Santa Fe con una empresa cada una.

Puede apreciarse que Buenos Aires acapara el 90% del mercado aproximadamente, lo que lo posiciona como principal cliente potencial.

3.2.5. VÍAS DE COMUNICACIÓN

En primer lugar, se analizan las vías férreas que se encuentran en estas provincias y cómo se conectan con otras (buscando vías directas con aquellas provincias donde se encuentran los potenciales clientes).

- Tucumán
 - Distancia San Miguel de Tucumán - Buenos Aires: 1.252 km
 - Tren: Belgrano Cargas
- Salta
 - Distancia Salta Capital - Buenos Aires: 1.462 km
 - Tren: Belgrano Cargas
- Jujuy
 - Distancia San Salvador de Jujuy - Buenos Aires: 1.504 km

Se observa que la menor distancia se presenta en el tramo San Miguel de Tucumán - Buenos Aires. Se toma como referencia a esta última por ser la ubicación que cuenta con la mayor cantidad de potenciales clientes.

Por otro lado, se destaca la ruta nacional número 9, que conecta las tres provincias a evaluar con Buenos Aires, ampliando las posibilidades comerciales, ya que se podría almacenar el producto terminado en otras regiones para una posterior distribución, reduciendo tiempos de entrega y costos.

Los camiones tienen habilitación para circular por la ruta sugerida que tiene peajes en el tramo en común y pueden transportar gran cantidad de peso, pero no se compara con la capacidad de transporte del tren, dado que resultará menos costoso por los volúmenes manejados. Ambos medios de transporte tienen acceso a los límites fronterizos nacionales.

A continuación, se presentan los mapas de ramales del tren de carga.

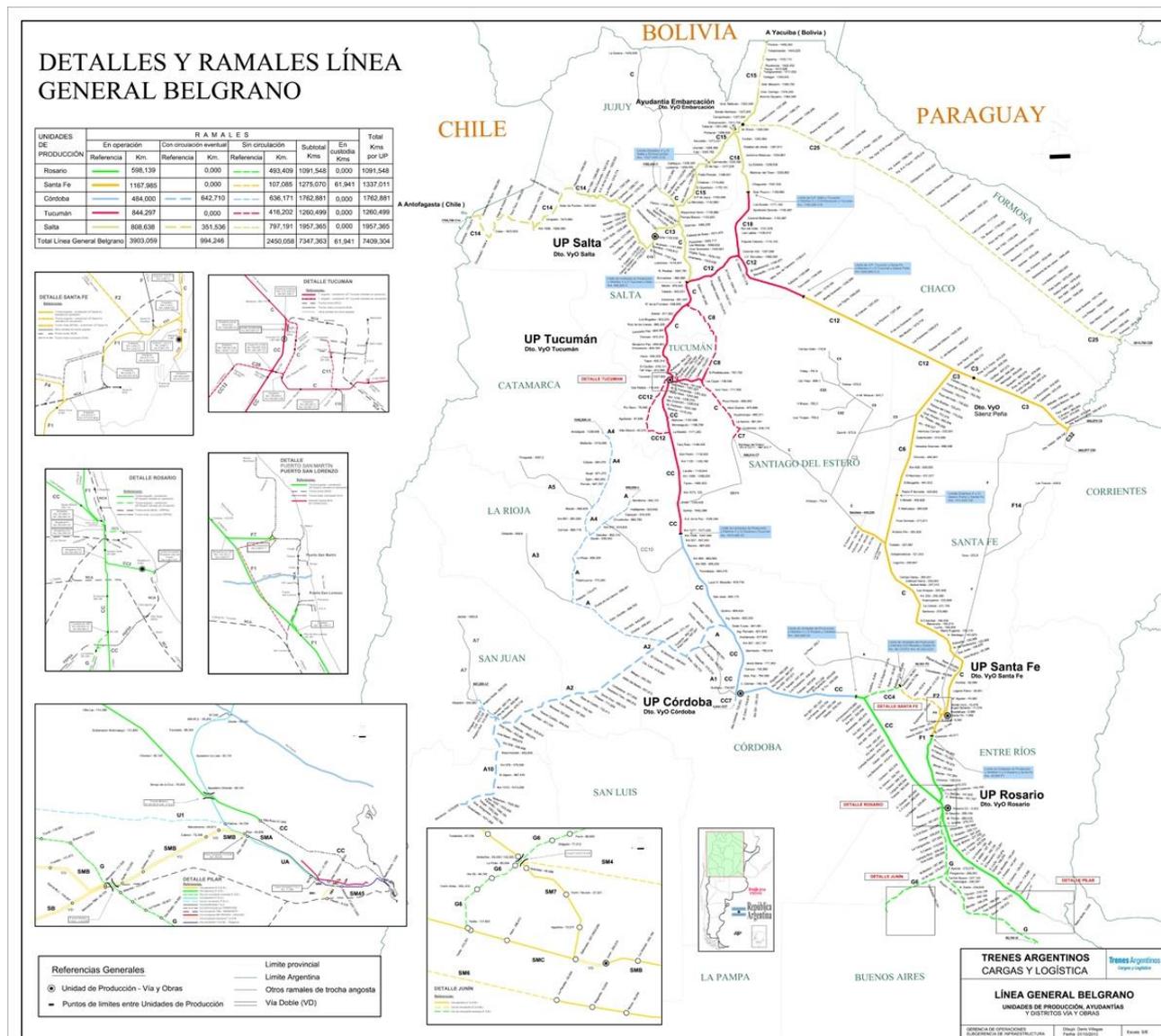


Figura 21 - Fuente: Ministerio de Transporte de la Nación

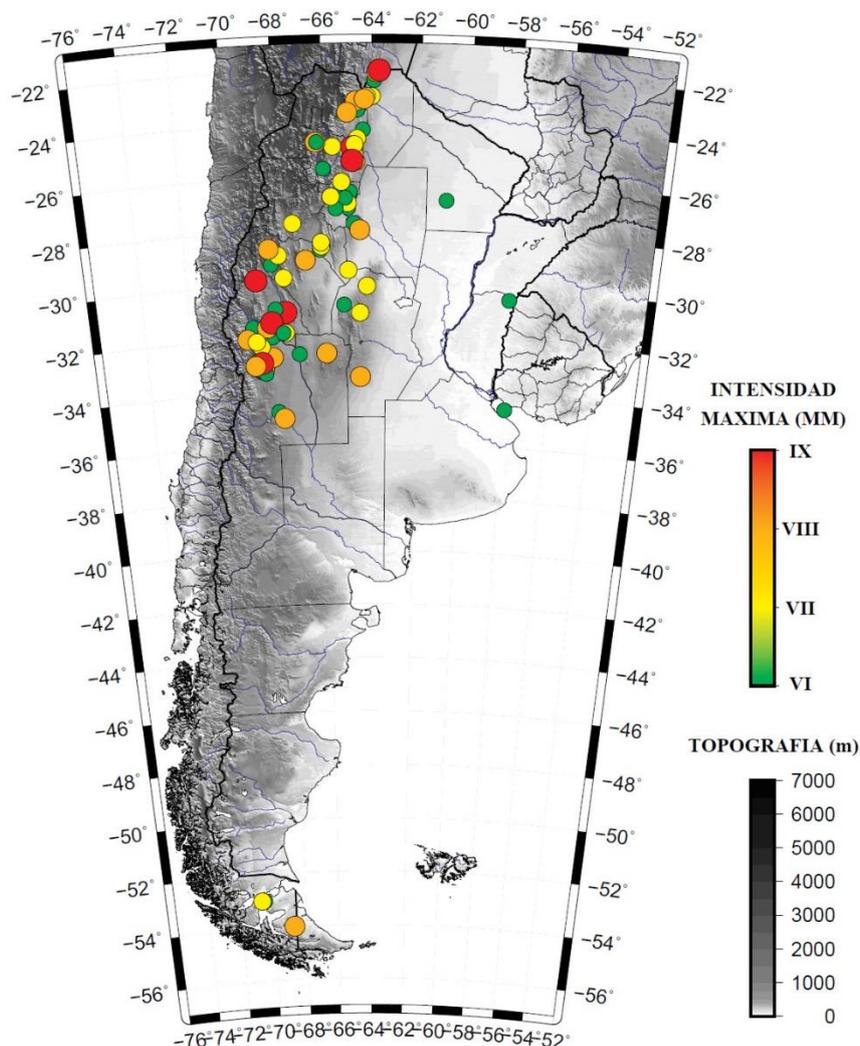


Figura 23 - Fuente: Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES)

Por otro lado, es de suma importancia considerar los rangos de temperaturas y las variaciones de las mismas a lo largo del año, para determinar la carga energética requerida en el acondicionamiento de la planta.

A continuación, se presentan gráficos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional. Para cada provincia analizada, se presenta un gráfico con las temperaturas máximas y mínimas registradas por mes en los últimos 60 años. Asimismo, se dan gráficos de las precipitaciones máximas mensuales y diarias, con datos recolectados a lo largo del mismo período.

- Tucumán

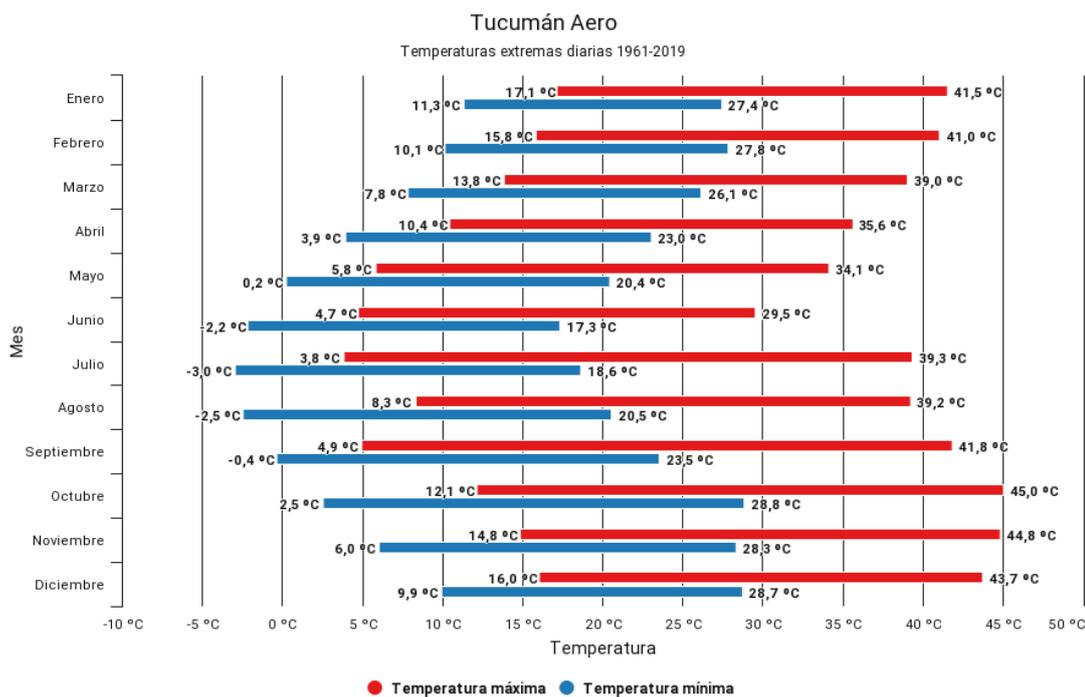


Figura 24 - Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

- Salta

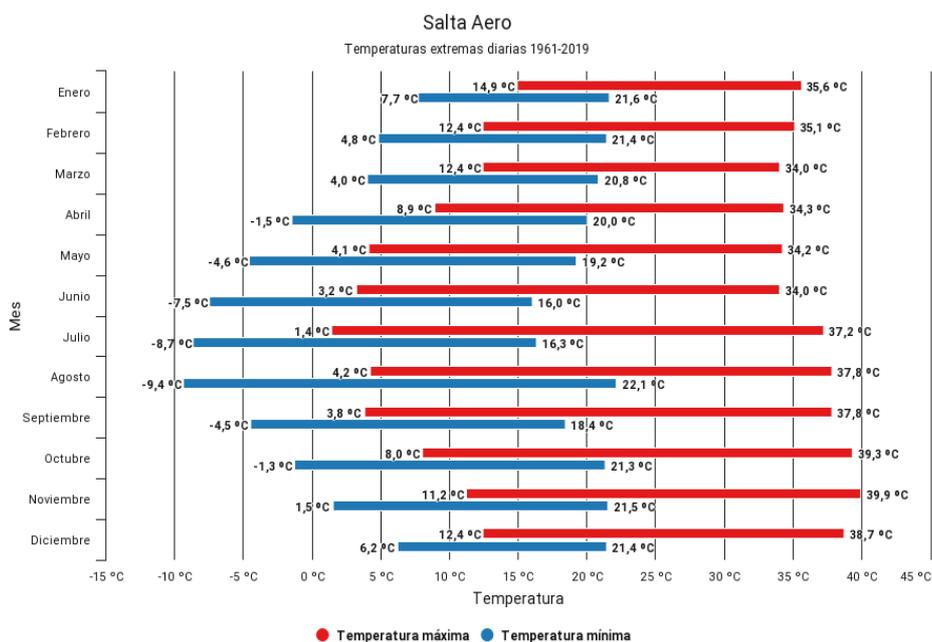


Figura 25 - Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

- Jujuy

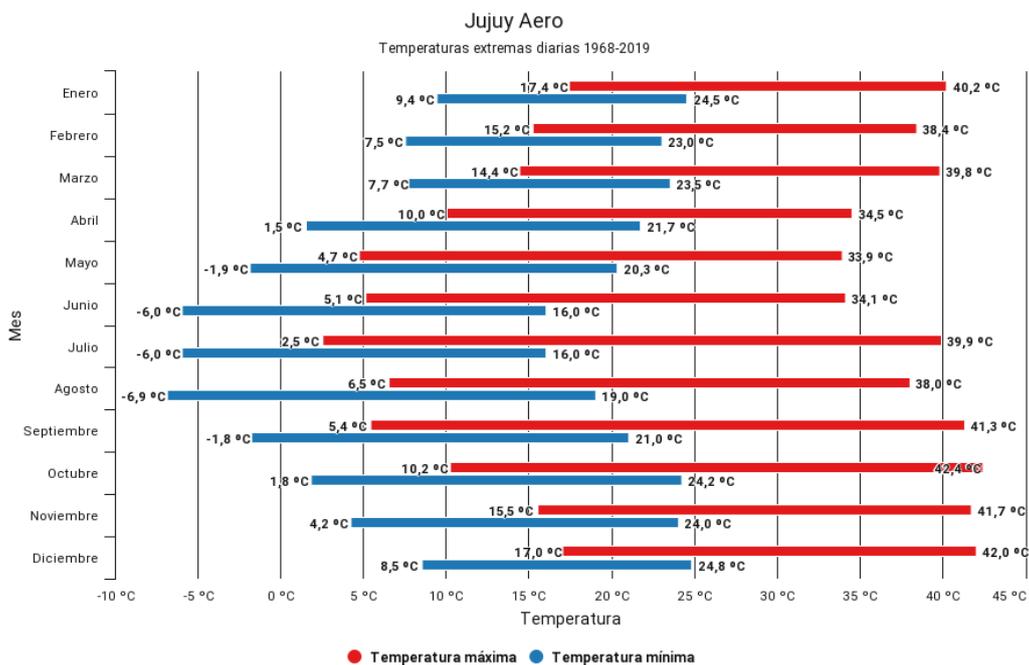


Figura 26 - Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

Precipitaciones por Provincia

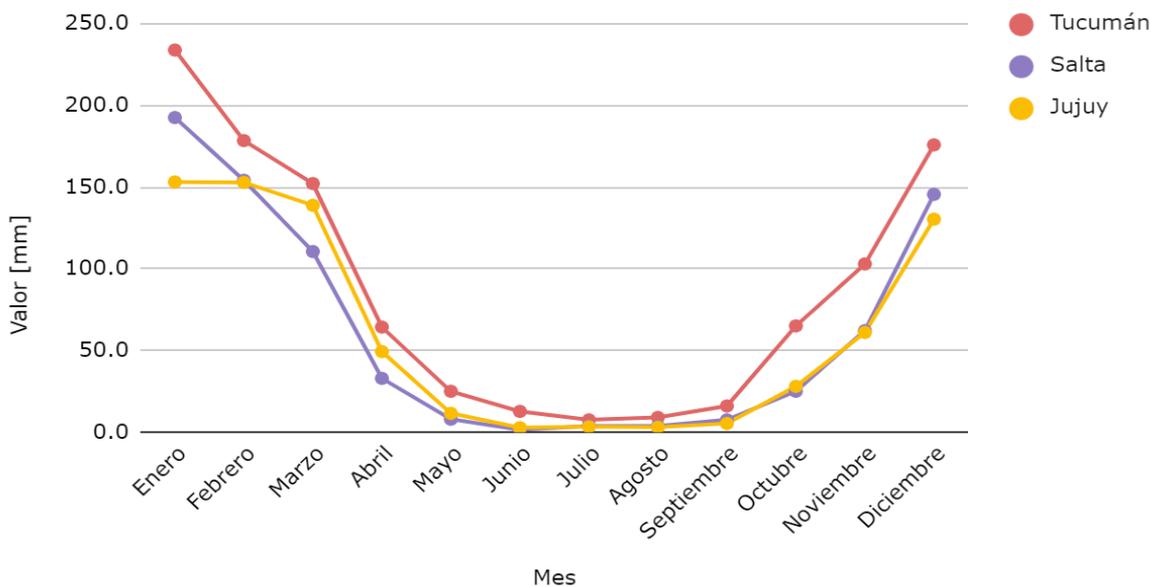


Figura 27 - Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

A razón de que los sismos sean altamente probables en la región del NOA, las construcciones deben ser antisísmicas para resistir posibles temblores que las afecten negativamente. Además, por la similitud que se presenta en las 3 provincias de temperaturas y precipitaciones, consideramos que este punto no precisa especial atención y por ello tiene un puntaje bajo, aunque no podemos ignorarlo completamente.

3.2.7. PARQUES INDUSTRIALES

Un parque industrial puede proveernos de varios servicios, ya sean electricidad, agua, gas y hasta tratamiento de efluentes y/o residuos. Es por ello que se decide construir la planta en uno. Entonces, analizamos la cantidad de parques industriales que se encuentra en cada provincia, además de un estudio muy resumido de las características de los mismos. A continuación, se mencionan los parques industriales inscriptos en el RENPI y los que no de cada provincia:

Provincia	Parque Industrial	Disponibilidad	Servicios				Inscripto en el RENPI
			Luz	Gas	Agua	Adicionales	
JUJUY	Serv. Min. y Log Susques	SI	SI	SI	SI		NO
	Ingeniero Carlos Snopek	SI	SI	NO	SI	C-CP-P	NO
	Alto La Torre ²	-	-	-	-	-	NO
	La Noria	SI	SI	SI	SI	-	NO
	A. A. Serv. y Com. Perico	SI	SI	NO	SI	AP	SI
SALTA	Ciudad de Salta	NO	SI	SI	SI	T-AP-DP-CP-SP-P	SI
	Ciudad de Pichanal	SI	SI	NO	SI	CP	SI
	San Antonio de los Cobres	SI	SI	SI	SI	T-CP	SI
	Gral Mosconi	SI	SI	SI	SI	I-T-DP-CP	SI
	Ciudad de Gral. Güemes	SI	SI	SI	SI	C	SI
TUCUMÁN	Tucumán	SI	SI	SI	SI	CP-AP-SP-P-C	SI
	Kanamico	SI	SI	NO	SI	CP-SP-AP-P	SI
	San Isidro de Lules	SI	SI	NO	SI	-	NO
	Ciudad de Famaillá ³	-	-	-	-	-	-

Tabla 6 - Parques Industriales, Macroubicación

² No se analizará este parque industrial por tener denuncias graves de contaminación.

³ En construcción.

Servicios Adicionales	Símbolo
Internet	I
Telefonía	T
Calles Pavimentadas	CP
Desagüe pluvial	DP
Seguridad Privada	SP
Alumbrado Público	AP
Parquización	P
Cloacas	C

Tabla 7- Servicios en Parques Industriales, Macroubicación

3.2.8. MANO DE OBRA

- Tucumán

TUCUMÁN			
Grupo de edad	Población total	Población de 18 años y más que asiste a un establecimiento de nivel terciario, universitario o post-universitario	
Total	1.448.188	71.606	
0-4	128.755		
5-9	136.079	Asistencia escolar por grupo de edad	
10-14	142.799	Grupo de edad	Porcentaje
15-19	141.215	6-11	99,0%
20-24	124.902	12-14	95,5%
25-29	114.601	15-17	78,3%
30-34	115.812	Población con cobertura de salud	
35-39	90.364	Sí	No
40-44	75.424	63,5%	36,5%
45-49	71.908	Tasa de desocupación	
50-54	71.432	5,0%	
Población en Edad Laboral			55,59%

Tabla 8 - Fuente: INDEC - Censo Nacional de Población 2010 y Ministerio de Hacienda

Las universidades que se encuentran dentro de la provincia son:

- Universidad Nacional de Tucumán
- Universidad San Pablo Tucumán
- Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino
- Universidad Tecnológica Nacional

- Salta

SALTA			
Grupo de edad	Población total	Población de 18 años y más que asiste a un establecimiento de nivel terciario, universitario o post-universitario	
Total	1.214.441	45.982	
0-4	120.847		
5-9	125.218	Asistencia escolar por grupo de edad	
10-14	132.531	Grupo de edad	Porcentaje
15-19	128.957	6-11	98,9%
20-24	101.646	12-14	96,4%
25-29	93.527	15-17	80,6%
30-34	90.116	Población con cobertura de salud	
35-39	76.906	Sí	No
40-44	64.472	52,4%	47,6%
45-49	58.797	Tasa de desocupación	
50-54	52.081	8,9%	
Población en Edad Laboral			56,66%

Tabla 9 - Fuente: INDEC - Censo Nacional de Población 2010 y Ministerio de Hacienda

Se puede acceder a estudios universitarios en los siguientes lugares:

- Universidad Nacional de Salta
- Universidad Católica de Salta

- Jujuy

JUJUY			
Grupo de edad	Población total	Población de 18 años y más que asiste a un establecimiento de nivel terciario, universitario o post-universitario	
Total	673.307	31.477	
0-4	60.753		
5-9	63.982	Asistencia escolar por grupo de edad	
10-14	71.211	Grupo de edad	Porcentaje
15-19	71.211	6-11	99,3%
20-24	54.808	12-14	97,0%
25-29	53.511	15-17	85,8%
30-34	53.776	Población con cobertura de salud	
35-39	45.200	Sí	No
40-44	36.595	54,8%	45,2%
45-49	33.370	Tasa de desocupación	
50-54	30.451	5,6%	
Población en Edad Laboral			57,38%

Tabla 10 - Fuente: INDEC - Censo Nacional de Población 2010 y Ministerio de Hacienda

En esta provincia se ubican las siguientes universidades:

- Universidad Nacional de Jujuy
- Universidad Católica de Santiago del Estero (sede Jujuy)

Dentro del Marco Social, se tiene que tener en cuenta cual es el salario promedio de los empleados del sector privado e industrial. Los datos fueron tomados de las estadísticas realizadas por el Ministerio de Hacienda en el año 2017.

Salario Promedio en el Sector Industrial por Provincia

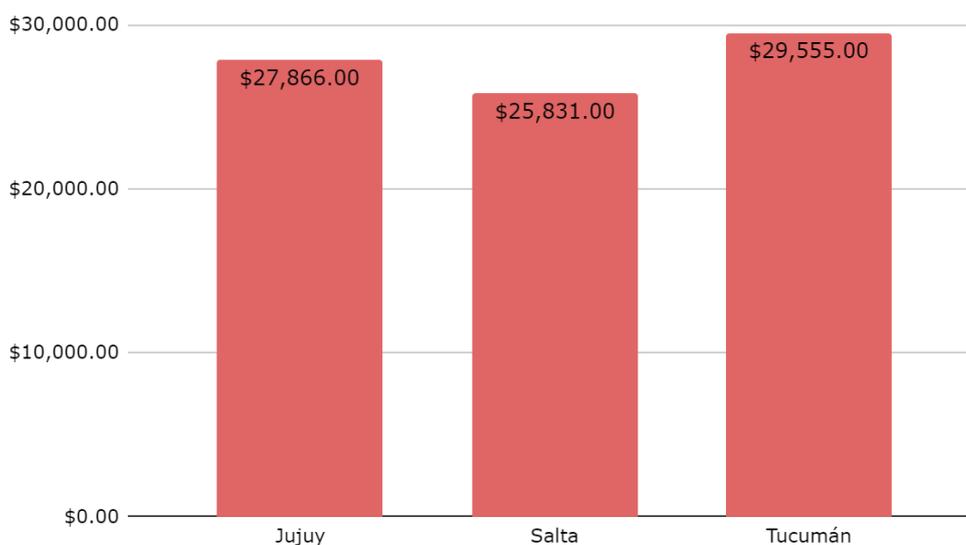


Figura 28 - Fuente: Ministerio de Hacienda

Se observa que la provincia de Tucumán cuenta con la mayor cantidad de Universidades públicas y los estudiantes tienen un nivel superior a la media secundaria. Por otro lado, Salta posee la mayor tasa de desocupación y Jujuy la menor.

Realizando una comparación de los salarios promedios de un trabajador en el sector industrial, se observa que Tucumán es la provincia con el sueldo más alto, mientras que Salta es la provincia con menor paga.

La cantidad de personas en edad laboral no tiene una gran variación entre las tres provincias, se mantiene entre el 55% y 57%.

3.2.9. MARCO LEGAL

Se presentan a continuación las regulaciones más trascendentes en este proyecto de cada provincia:

- Tucumán

La Ley 6699 trata de la Promoción Industrial.

Los beneficios para la radicación de una industria nueva son:

- Exención de impuestos provinciales por 3 años. Si aseguran viviendas para el 50% o más de sus empleados, gozarán de un período adicional de hasta 4 años de beneficios impositivos. Por último, si la empresa contase con una escuela de capacitación

técnica y asistencia médica gratuita para el grupo familiar, la exención se extiende 6 años más.

- Cesión en comodato por tiempo determinado de inmuebles de dominio privado del Estado Provincial.
- Otorgamiento de créditos, garantías o avales.
- Preferencia en la provisión de fuerza motriz y gas por redes.
- Asistencia técnica y científica por parte de los organismos del Estado.
- Preferencia en las licitaciones del Estado Provincial en caso de igualdad de condiciones con otras empresas no comprendidas en la presente.
- Facilidades al empresario, empleados y obreros que posibiliten la capacitación profesional en organismos públicos o privados nacionales o extranjeros.

- Salta

La Ley 6910 derogada por la Ley 8086/2018 trata de la Promoción y Estabilidad Fiscal para la generación de empleo.

Los beneficios para la radicación de una industria nueva son:

- Exención de tributos provinciales por un plazo máximo de hasta 5 años.
- Incentivar el acceso a créditos ante entidades bancarias y financieras, públicas o privadas.
- Otorgamiento de seguridad jurídica concediendo estabilidad fiscal por 10 años.
- Cesión en comodato bienes provinciales por el plazo de 20 años.
- Otorgamiento de certificados de Crédito Fiscal por un monto de hasta el 40% de las inversiones a realizar.
- Dotar de mayor competitividad a la provincia simplificando los trámites de registro para las sociedades que trabajan en la Provincia.

- Jujuy

La Ley 5922 modificada por la Ley 6081 trata un Régimen de Promoción de Inversiones y Empleo, promoviendo la radicación de empresas industriales en la provincia.

Los beneficios para la radicación de una industria nueva son:

- Reducción de la alícuota en un 80% del Impuesto sobre los Ingresos Brutos por hasta 10 años.
- Exención del Impuesto Inmobiliario.
- Reintegro de hasta el 30% del monto de las inversiones realizadas.
- Reintegro de hasta 50% de contribuciones a la seguridad social durante el primer año de contrato por tiempo indeterminado.
- Reintegro del 5% de la tasa de interés por créditos tomados en bancos comerciales.
- Reintegro del 80% de Impuestos a las Ganancias.

Comparando los beneficios ofrecidos por provincia, no se perciben grandes ventajas de una sobre otra. Jujuy, por ejemplo, proporciona interesantes reintegros que podrían reducir algunos costos, pero, por otro lado, en Tucumán se promueven las capacitaciones de la mano de obra, lo cual podría incrementar la productividad y calidad del producto terminado más a largo plazo.

3.2.10. MATRIZ

Ítem	Puntos	Subítem	Subpuntos	Jujuy	Parcial	Salta	Parcial	Tucumán	Parcial
Materia prima	24	Disponibilidad	16	4	64	1	16	10	160
		Seguridad de entrega	8	5	40	2	16	10	80
Subtotal				104		32		240	
Agua	16	Disponibilidad	8	4	32	10	80	4	32
		Accesibilidad	8	5	40	5	40	6	48
Subtotal				72		120		80	
Energía	15	Eléctrica	9	2	18	6	54	8	72
		Gas	6	8	48	4	24	4	24
Subtotal				66		78		96	
Mano de obra	14	Cantidad	5	7	35	7	35	7	35
		Calidad	9	5	45	4	36	6	54
Subtotal				80		71		89	
Vías de comunicación	9	Rutas	4	7	28	7	28	8	32
		Ferrocarril	5	0	0	7	35	7	35
Subtotal				28		63		67	
Mercado	3	Cantidad	3	1	3	1	3	1	3
Subtotal				3		3		3	
Parques industriales	9	Cantidad	9	7	63	7	63	7	63
Subtotal				63		63		63	
Clima	4	Sequías (zafra)	1	2	2	3	3	4	4
		Sismos (estruc edil)	3	3	9	2	6	4	12
Subtotal				11		9		16	
Marco legal	6	Beneficios	1	4	4	7	7	8	8
		Impuestos	2	9	18	8	16	6	12
		Normativa ambiental	3	5	15	5	15	5	15
Subtotal				37		38		35	
TOTAL		100		464		477		689	

Tabla 11 - Matriz de Macroubicación

3.3. MICROUBICACIÓN

Una vez realizado el estudio de la macroubicación, se determinó que la provincia de Tucumán es la elegida para ubicar la planta.

En esta sección se compararán los parques industriales ya mencionados y se decidirá en cual se ubicará la planta. Dos de ellos se encuentran en el departamento de Lules y el otro en la capital de la provincia.

3.3.1. MATERIA PRIMA

La distancia que hay entre los ingenios y la potencial localización de la planta será importante ya que una mayor cercanía indica un menor costo de transporte de la melaza, que es la materia prima principal del proceso. Como ya se ha mencionado previamente, en la provincia de Tucumán se encuentran 15 ingenios, que se pueden apreciar en el siguiente mapa.



Figura 29 - Fuente: RIDES

Como hay más ingenios cercanos a la capital, esta localidad se verá favorecida en este ítem. Aunque, hay que tener en cuenta cuanto procesa cada uno.

Ingenios	Promedio
Aguilares	462.034
Bella Vista	731.360
Concepción	2.715.780
Cruz Alta	648.773
Famaillá	866.511
La Corona	855.832
La Florida	2.045.058
La Providencia	1.338.631
La Trinidad	1.822.438
Leales	1.074.893
Marapa	595.906
Ñuñorco	526.560
San Juan	73.113
Santa Barbara	362.179
Santa Rosa	1.138.518

Tabla 12 - Fuente: Instituto de Promoción del Azúcar y Alcohol Tucumán

Tomando los datos de la zafra en el período 2017-2020 se puede observar que los tres ingenios con mayor producción son Concepción, La Florida y La Trinidad. Los dos primeros se encuentran muy cercanos al Parque Industrial Tucumán, por lo que se ve mucho más favorecida su ubicación que los otros dos parques en estudio en Lules.

3.3.2. TERRENO Y SERVICIOS

TUCUMÁN							
Parque Industrial	Disponibilidad	US\$/m ²	Servicios				Inscrito en el RENPI
			Luz	Gas	Agua	Adicionales	
Tucumán	SI	60	SI	SI	SI	CP-AP-SP-P-C	SI
Kanamico	SI	425	SI	NO	SI	CP-SP-AP-P	SI
San Isidro de Lules	SI	130	SI	NO	SI	-	NO
Ciudad de Famaillá ⁴	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 13 - Terreno y Servicios en Parques Industriales

Servicios Adicionales	Símbolo
Internet	I
Telefonía	T
Calles Pavimentadas	CP
Desagüe pluvial	DP
Seguridad Privada	SP
Alumbrado Público	AP
Parquización	P
Cloacas	C

Tabla 14 - Servicios Adicionales en Parques Industriales

Los parques Kanamico y San Isidro de Lules se encuentran ubicados en el mismo distrito, el primero es privado y el segundo es público; el parque de Tucumán se localiza en la capital de la provincia y es privado. También, se menciona el parque de Ciudad de Famaillá, pero el mismo se encuentra en construcción por lo que queda descartado.

La diferencia de costos por metro cuadrado es importante. El parque más favorecido es el de Tucumán. Asimismo, ofrece los tres servicios esenciales para el proceso, que son luz, gas y agua, además de otros adicionales.

⁴ El parque se encuentra en construcción.

3.3.3. MANO DE OBRA

La mano de obra aprovechable dependerá de la densidad demográfica de cada departamento y las universidades que haya cerca para tener disponibilidad de personal calificado.

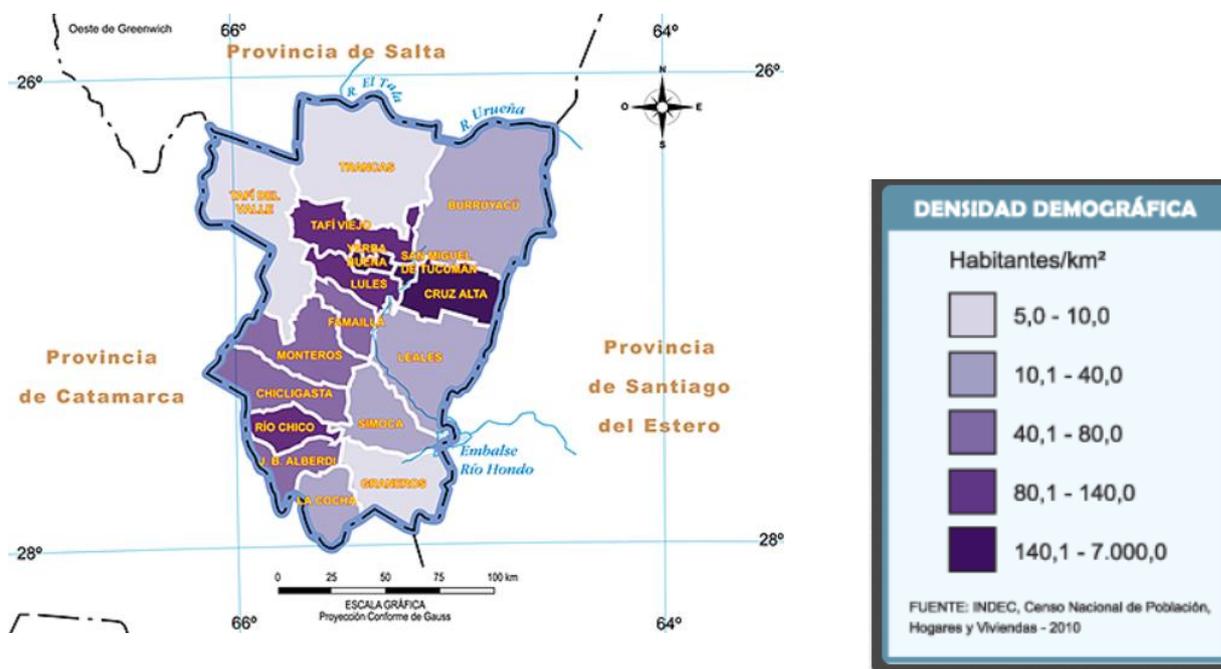


Figura 30 - Fuente: Educ.ar - Ministerio de Educación

San Miguel de Tucumán tiene una densidad mayor que Lules, esto significa que habrá una mayor disponibilidad de mano de obra. También, las universidades se encuentran concentradas en la capital, por lo que el personal más calificado se encontrará allí.

3.3.4. VÍAS DE COMUNICACIÓN

El tren de carga pasa por la provincia de Tucumán. La línea General Belgrano tiene una estación en la capital provincial (Tucumán-Mitre) y otra en la localidad de San Felipe, muy próxima a Lules.

En cuanto a rutas, lógicamente son numerosas las que atraviesan la capital, ya sean nacionales o provinciales. Sin embargo, como Lules no se encuentra tan alejada, también cuenta con varias rutas por las que podrían

circular tanto los empleados de la planta como los camiones que transportan la materia prima o el producto terminado.

- Parque Industrial Tucumán PIT
 - Su dirección exacta es: Autopista Circunvalación, Ruta 9 Km 1.294
 - A 15 minutos del centro en automóvil
 - A 7 minutos del Aeropuerto
 - En los planes de construcción del parque, se proponía una estación para el tren de carga, reduciendo las distancias y los costos y favoreciendo su uso.

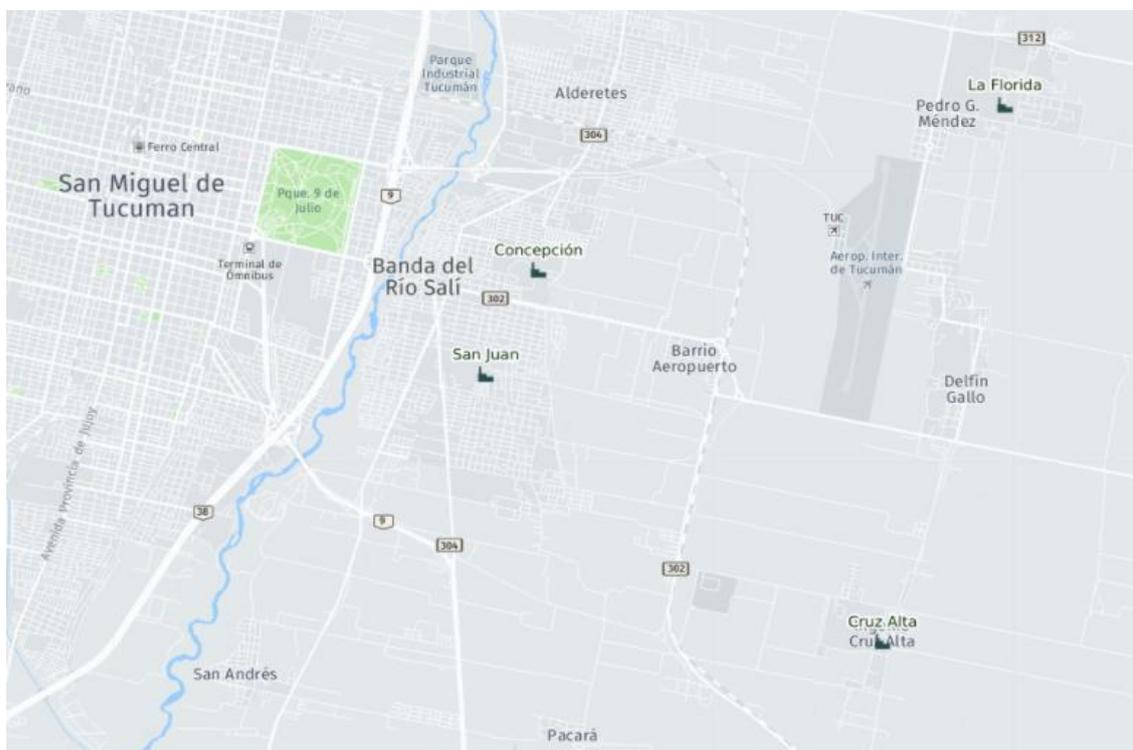


Figura 31 - Fuente: Google Maps

- Kanamico
 - Su dirección exacta es: Alt. Ruta Prov. 301 Km 17,5.
 - A 17 Km de la capital provincial y 3 Km del centro local.
 - A 8 Km de la ruta nacional más próxima (R. N. 38 autopista).
- San Isidro de Lules
 - Su dirección exacta es: Ruta Prov. 301 Km 15.
 - A 18,4 Km de la capital provincial y 3,3 Km del centro local.

3.3.5. MATRIZ

Ítem	Puntos	Subítem	Subpuntos	La Capital	Parcial	Lules	Parcial
Materia prima	25	Disponibilidad	11	7	77	7	77
		Cercanía	14	9	126	7	98
Subtotal				203		175	
Terreno	20	Cantidad de parques	3	6	18	8	24
		Disponibilidad	6	8	48	6	36
		Costo de lote	11	9	99	4	44
Subtotal				165		104	
Servicios	21	Luz	7	10	70	10	70
		Gas	7	10	70	0	0
		Agua	7	10	70	10	70
Subtotal				210		140	
Mano de obra	14	Cantidad	7	9	63	7	49
		Nivel de formación	7	9	63	6	42
Subtotal				126		91	
Vías de comunicación	20	Rutas	8	10	80	8	64
		Vías férreas	12	9	108	5	60
Subtotal				188		124	
TOTAL		100		727		530	

Tabla 15 - Matriz de Microubicación

3.4. CONCLUSIÓN

A partir del resultado de la matriz de ubicación y el análisis que se ha llevado a cabo, hemos seleccionado el Parque Industrial Tucumán para construir la planta.

En el siguiente esquema se puede ver el lote seleccionado, el número 4. Hay una calle que permite acceder a todos los lotes disponibles, por eso y porque la diferencia de tamaños no es tan significativa, hemos seleccionado el más grande.



Figura 32 - Fuente: Google Earth

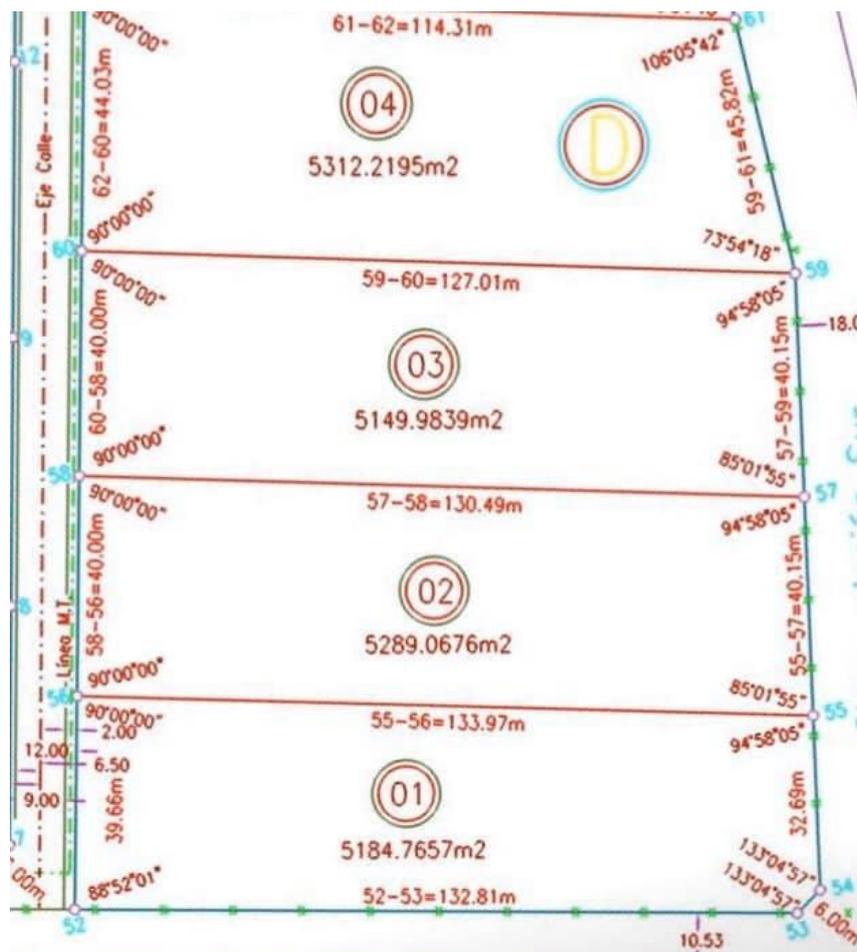


Figura 33 - Fuente: Página oficial de Facebook del parque

Entonces, conociendo la superficie del lote y el costo del terreno, el total sería:

$$\text{Costo del lote} = 60 \frac{\text{US\$}}{\text{m}^2} * 5.312,22 \text{ m}^2 = 318.734 \text{ US\$}$$

4. INVESTIGACIÓN

4.1. INTRODUCCIÓN

Se analizan las patentes más relevantes para este trabajo, comparando las distintas técnicas de cultivo para llevar adelante el proceso. En base a patentes y procesos altamente estudiados y difundidos, se definen las condiciones de las operaciones.⁵

4.2. TÉCNICAS DE CULTIVO

Existen tres formas de obtener ácido cítrico. La más empleada a nivel mundial es la fermentación por vía sumergida, seguida por la fermentación en superficie, ambas en fase líquida. Asimismo, existe un método para obtenerlo en fase sólida, pero no se emplea a gran escala.

A continuación, se describe brevemente cada técnica para comparar ventajas y desventajas y se seleccionará, luego, la más adecuada para nuestros requerimientos.

4.2.1. FERMENTACIÓN EN FASE SÓLIDA

Es un método de producción simple, aunque desarrollado a escala de laboratorio. La principal ventaja que presenta es que no requiere un pretratamiento del sustrato, ya que la presencia de impurezas no afecta el rendimiento. Se puede considerar como una alternativa para la producción de ácido cítrico, pero la velocidad de crecimiento microbiano es baja.

Se lleva a cabo en soportes sólidos, los costos de energía son bajos y requiere poco mantenimiento. El proceso dura aproximadamente 90 horas y se obtiene como producto final citrato de calcio.

⁵ Por motivo del aislamiento social preventivo y obligatorio a causa del coronavirus, no se pudo realizar la verificación práctica en el laboratorio.

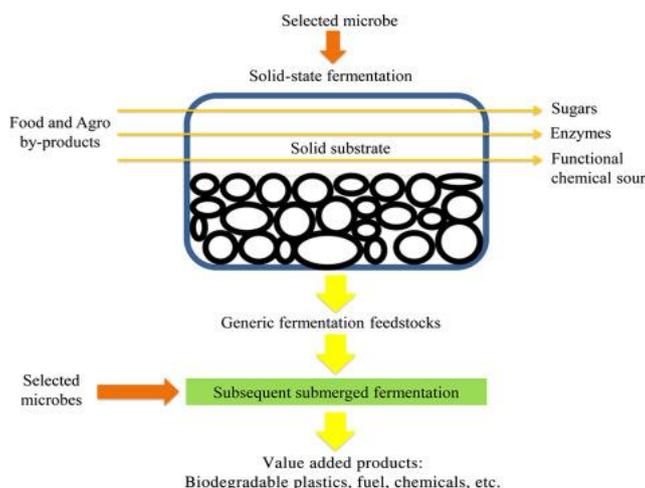


Figura 34 - Fermentación en fase sólida

4.2.2. FERMENTACIÓN EN SUPERFICIE

Fue el primer método empleado para obtener ácido cítrico. Si bien es una técnica más sofisticada, requiere pocos esfuerzos de operación y los costos de instalación y energéticos son bajos. La solución de cultivo se coloca en bandejas poco profundas (capacidad de 50-100 L) y sobre esa superficie crece el organismo. Las bandejas, hechas de aluminio de alta pureza o grados especiales de acero, se apilan unas sobre otras. El producto se extrae por los laterales. También, en estos reactores hay un sistema de aireación que controla la temperatura y la humedad del medio. Es común que en los primeros días de crecimiento haya contaminación con otras especies de hongos (*Penicillium*, por ejemplo) si la esterilización no fue adecuada.

A nivel mundial, este método representa alrededor del 20% de la producción de ácido cítrico. Se pueden obtener concentraciones superiores a 90 g/L de producto final, con una duración de 8 a 10 días, aunque, si se usan otras especies de microorganismos, puede demorarse un mes.

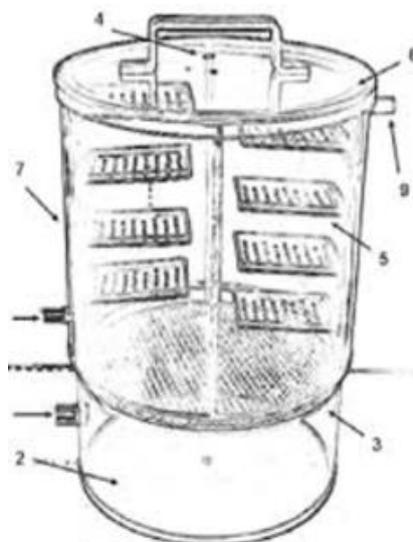


Figura 35 - Fermentación en superficie

4.2.3. FERMENTACIÓN SUMERGIDA

Es el método más utilizado en la actualidad, casi el 80% de la industria lo aplica por tener altos rendimientos y productividad y bajos costos de operación.

Se emplean dos tipos de fermentadores, reactores agitados convencionales (agitación mecánica) y reactores torre (agitados neumáticamente), siendo los últimos los más usados por las ventajas en precio, tamaño y operación. Preferentemente, se usan sistemas de aireación en los reactores para mantener un elevado nivel de oxígeno disuelto. No necesitan soportar altas presiones, pero sí deben esterilizarse. Se puede utilizar una camisa para mantener una temperatura adecuada. Los medios de cultivo empleados pueden variar, cada uno con sus requerimientos específicos de pretratamiento. La inoculación se puede hacer in situ (se agregan surfactantes para asegurar una dispersión pareja) o agregando el hongo pre-cultivado. El proceso puede ser por lotes o continuo, aunque es más común el tipo Batch. Dura entre 5 y 10 días, dependiendo de las condiciones.

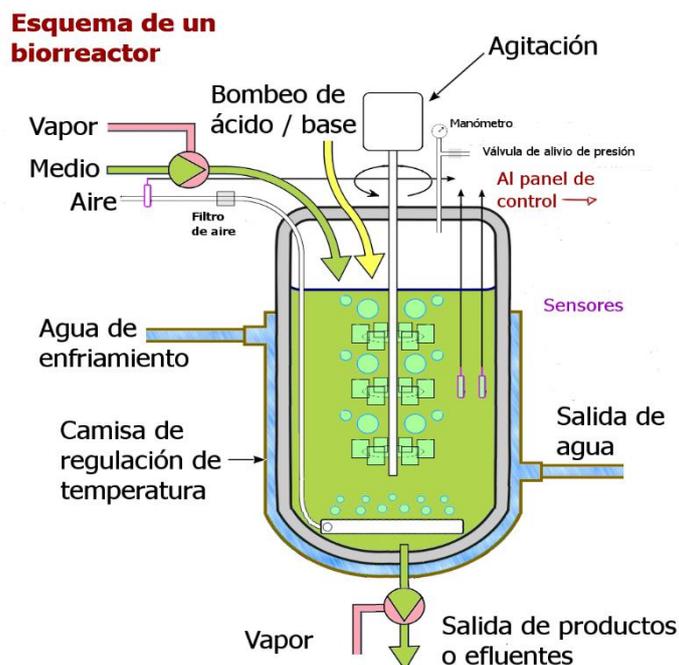


Figura 36 - Fermentación sumergida

4.2.4. SELECCIÓN DEL MÉTODO

Seleccionaremos el método de fermentación líquida sumergida. Como tendremos niveles de producción elevados, este es el más indicado por su rendimiento y productividad. Además, al requerir menos cantidad de mano de obra, se puede prescindir de ciertos puestos que serían indispensables con otra técnica, pero se pueden buscar empleados más calificados para mejorar la calidad en cada etapa. Usaremos reactores tipo torre, ya que, como se necesita un caudal de aire muy grande, se puede aprovechar para agitar y oxigenar simultáneamente el medio.

4.3. PROPIEDADES DE LOS DISTINTOS COMPONENTES

Reactivos		Masa molar [g/mol]	Densidad [Kg/L]	Concentración [Kg/L]		Fracción
Inóculo						0,01
Melaza sin diluir			1,20			
Melaza diluida			1,08			
Sacarosa		342		0,2166		
O ₂		32				
Agua		18	1			
Nutrientes	NH ₄ (NO ₃)	80	2	NH ₄ (NO ₃)	2,5.10 ⁻³	6,66.10 ⁻¹
Densidad	KH ₂ PO ₄	136	2	KH ₂ PO ₄	1,5.10 ⁻⁴	4,00.10 ⁻²
1,7321	FeSO ₄ .7H ₂ O	278	2	FeSO ₄ .7H ₂ O	1,0.10 ⁻⁷	2,67.10 ⁻⁵
Peso Molecular [g/mol] 131,09	MgSO ₄ .7H ₂ O	246,5	1,7	MgSO ₄ .7H ₂ O	1,1.10 ⁻⁶	2,93.10 ⁻¹
	CuSO ₄ .5H ₂ O	249,7	2,3	CuSO ₄ .5H ₂ O	2,4.10 ⁻⁷	6,40.10 ⁻⁵
	ZnCl ₂	136,3	2,9	ZnCl ₂	1,5.10 ⁻⁶	4,00.10 ⁻⁴
Ca(OH) ₂		74	2			0,33
H ₂ SO ₄		98	2			0,5
HCl		36,5	1,2			
NaOH		40	2			
Productos						
Ácido Cítrico		192,124				
CO ₂		44				
CaSO ₄		136	2,32			
Citrato de calcio		498,5				
Biomasa		24,9				

Tabla 16 - Propiedades de los distintos componentes

4.4. BIBLIOGRAFÍA

AKIHIKO S., HIROSHI I., et al. (1991). Citric Acid Production by Surface Culture Using *Aspergillus niger*: Kinetics and Simulation. Journal of fermentation and bioengineering, Vol. 72, No. 1, 15-19.

LLENGUE L. A., MUÑOZ RÍOS M., et al. (2015). Producción de celulasas por *Aspergillus niger* a partir de bagazo de caña de azúcar en biorreactor aireado. Ciencia y Tecnología, Vol. 11, No. 4, 39-49.

NAJAFPOUR G. (2015). Chapter 12 – Production of Citric Acid. Biochemical Engineering and Biotechnology. Segunda edición, 363-373.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444633576000122?via%3Dihub>

VANDENBERGHE L., SOCCOL C., et al. (1999). Microbial Production of Citric Acid. SciELO

<https://www.scielo.br/j/babt/a/X6KhHqWHCkSn3qrjYnLxyZv/?lang=en#:~:text=Citric%20acid%20is%20the%20most,molasses%20and%20starch%20based%20media>.

HEINZLE E., BIWER A. and COONEY C. (2006). Citric Acid – Alternative Process using Starch. Development of Sustainable Bioprocesses, 125-136.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

5.1. OBJETIVOS

Una vez realizada la investigación y análisis de las distintas patentes y seleccionado el método de fermentación sumergida como el más apto, se hace la descripción del proceso considerando las condiciones necesarias para obtener ácido cítrico de grado alimenticio y farmacéutico.

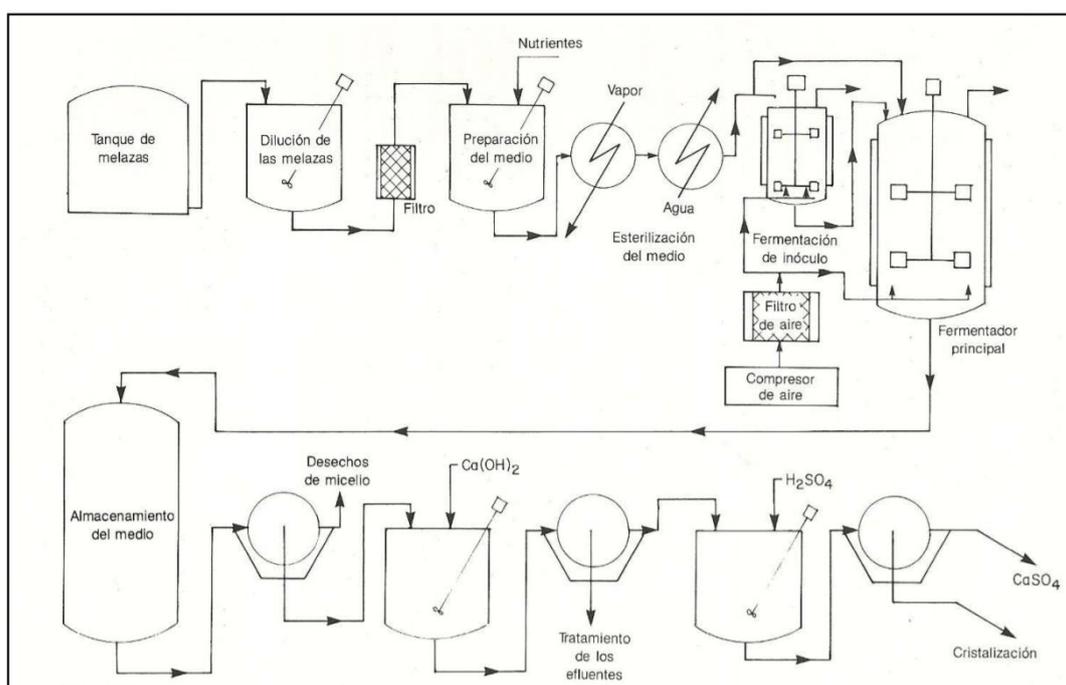


Figura 37 - Proceso de fermentación sumergida de producción de ácido cítrico utilizando melazas.

5.2. PROCESO

Se diferencian cinco etapas principales en el proceso de obtención de ácido cítrico:

- Inicio y pretratamiento: preparación del medio de cultivo y crecimiento del hongo en el laboratorio.
- Fermentación: obtención del ácido cítrico en solución. Requiere especial atención ya que es la macroetapa que mayor influencia tiene en el rendimiento final de todo el proceso. Incluye las operaciones de esterilización, prefermentación y fermentación. (Reacción química)

- Separación: obtención del ácido cítrico aislado. (Reacción química)
- Purificación: extracción de impurezas. Como buscamos un producto apto para las industrias alimenticia y farmacéutica, es muy importante efectuar correctos tratamientos posteriores a su obtención para que sea adecuado para la venta.
- Envasado

A continuación, se detallarán todas las operaciones unitarias que se dan dentro de cada etapa.

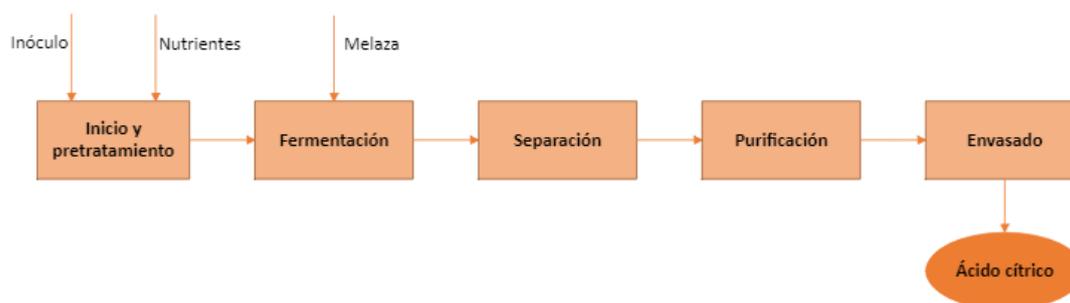


Figura 38 - Proceso global, macroetapas

5.2.1. INICIO Y PRETRATAMIENTO

Para llevar adelante este proceso, es necesario contar con determinadas cantidades del microorganismo y alcanzar cierta calidad del sustrato, eliminando impurezas típicas que podrían afectar el rendimiento final.

En esta sección, se describe en detalle cómo se prepararán el microorganismo y el medio de cultivo, incluyendo otros reactivos además del propio sustrato.

5.2.1.1. PREFERMENTACIÓN DEL INÓCULO

Se han analizado dos posibilidades previamente: comprar regularmente la cepa a un laboratorio externo o comprar una sola vez y cultivarlo dentro de la planta. Finalmente, por razones tanto económicas como de logística, se ha optado por la segunda opción.

5.2.1.2. PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO

- Melaza

La melaza se compra y deposita en tanques de almacenamiento que estén acondicionados a una temperatura de alrededor de 30 - 35 °C para evitar que haya condensados de agua que puedan afectar la calidad de la materia prima mayoritaria.

La misma debe ser de grado alimenticio, para evitar acondicionarla con diversas operaciones unitarias que harían encarecer el proceso por tener equipos exclusivamente para su uso (filtración, intercambio iónico, esterilización, etc.).

La materia prima debe estar libre de material particulado e iones metálicos y, antes de ser esterilizada, se la diluye con agua.

- Reactivos o nutrientes

Los nutrientes utilizados para el medio de cultivo, además de la fuente de carbono que es la melaza, son:

- ❖ $NH_4(NO_3)$ (fuente de amonio)
- ❖ KH_2PO_4 (fuente de potasio)
- ❖ $MgSO_4 * 7H_2O$ (fuente de magnesio)
- ❖ $ZnCl_2$ (fuente de zinc)
- ❖ $FeSO_4 * 7H_2O$
- ❖ $CuSO_4 * 5H_2O$ (fuente de cobre)

5.2.1.3. DILUCIÓN

Esta operación unitaria se realiza para bajar la concentración de la sacarosa que se encuentra en la melaza comprada.

5.2.1.4. ESTERILIZACIÓN

La esterilización se realiza con el fin de eliminar otros microorganismos que compiten con el *A. niger* por el sustrato. Se realiza en un esterilizador UHT que utiliza vapor de agua a una temperatura de 129 °C y el tiempo de duración total es de 15 minutos.

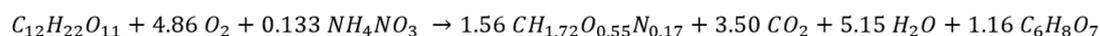
5.2.2. FERMENTACIÓN

En esta parte del proceso se añaden, a través de bombas peristálticas, la melaza, el agua, los nutrientes y, una vez terminado el ingreso de estas materias primas, se introduce el inóculo, teniendo en cuenta que su cantidad debe ser del 1% del volumen efectivo del fermentador.

Se cuenta con distintos fermentadores que operan alternadamente ya que es la etapa más larga del proceso, pues es una fase discontinua. Asimismo, para evitar faltantes de materia prima se lleva a cabo una prefermentación para tener siempre disponibilidad del inóculo y evitar excesivos gastos reposiciones inesperadas.

El microorganismo comienza a crecer en el medio de cultivo una vez inoculado. Para ello, necesita que el fermentador cuente con agitación, aireación y un sistema de refrigeración donde circula agua en un serpentín, pues el proceso es exotérmico y la temperatura debe mantenerse constante.

La reacción que ocurre en el fermentador es la degradación de la glucosa en piruvato vía glucólisis. El piruvato ingresa al ciclo de Krebs y allí ocurrirá la oxidación del Acetil CoA y dará formación al ácido cítrico, que es segregado por el medio. La reacción es:



Reacción 1 - Fermentación del Ácido Cítrico

Se puede observar que hay desprendimiento de gas dióxido de carbono.

5.2.2.1. AGITACIÓN

El equipo debe contar con un agitador. En este caso, se utiliza un agitador neumático que puede ser una columna de burbujeo o Air Lift.

5.2.2.2. AIREACIÓN

Es necesario que haya aireación para mantener las condiciones aerobias. Por eso, se toma aire que procede del ambiente a través de un compresor

y, previo a su inyección en el fermentador, pasa por un equipo para realizar la correspondiente esterilización.

5.2.2.3. CONTROL DE VARIABLES

Como todo proceso, deben controlarse las variables que influyen en el mismo. Las mismas son:

- Temperatura: debe mantenerse en 30 °C aproximadamente (uso de serpentines).
- Control de espuma (a través de detectores e introducción de aceites siliconados y esterilizados).
- Control de pH (mantener esta variable en 6 controlando el pH inicial del sustrato).
- Control de O₂ disuelto.
- Esterilización.

5.2.3. SEPARACIÓN

La separación consta de cinco operaciones unitarias. En esta macroetapa también ocurre una reacción química, pues para separar el Ácido Cítrico de la suspensión fermentada es necesario que se lleve adelante la reacción del ácido para formar citrato de calcio y posteriormente, volver a obtener nuestro producto deseado.

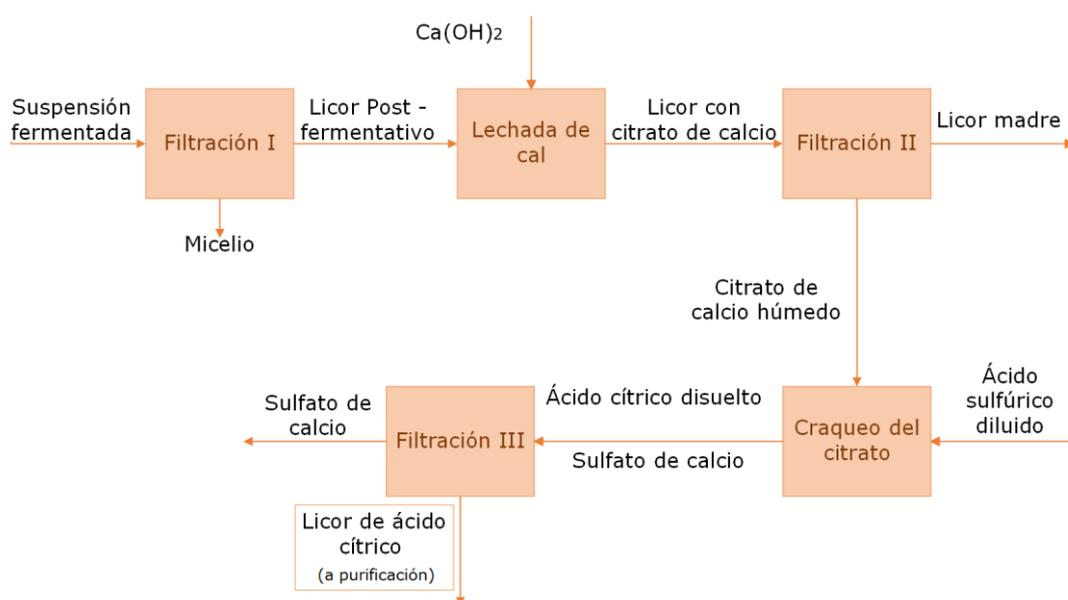


Figura 39 - Etapa de purificación

5.2.3.1. FILTRACIÓN I

En esta primera etapa se remueven los residuos de la suspensión fermentada. Para ello, el licor se separa del micelio (microorganismo muerto) mediante el uso de un filtro rotatorio de vacío con precapa. La biomasa, o el micelio y residuos como células y/o proteínas, quedan retenidos en la torta. Esta última se lava para reducir la pérdida de producto y se envía, por medio de cinta transportadora, hacia un depósito donde será almacenada. El líquido filtrado, compuesto por el licor post-fermentativo sin micelio, se transporta mediante tubería hacia el tanque de lechada.

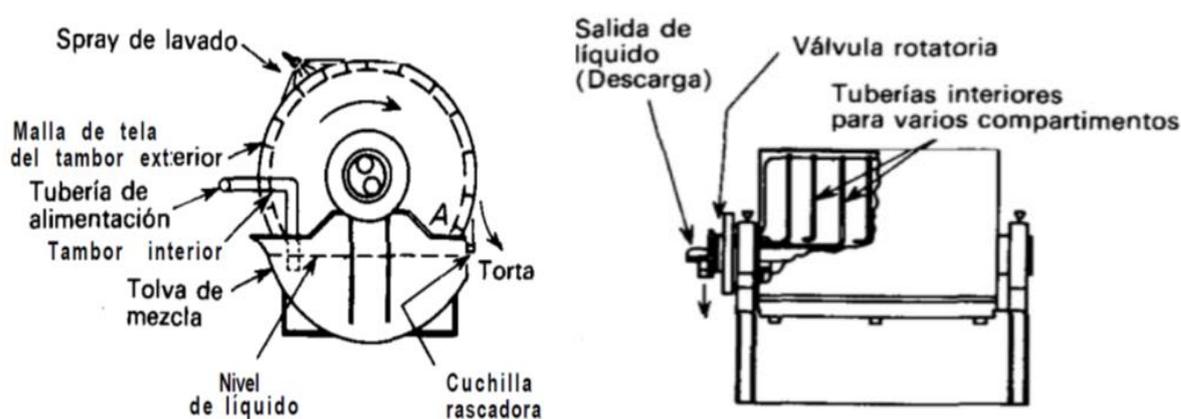


Figura 40 - Filtro Rotatorio de Vacío

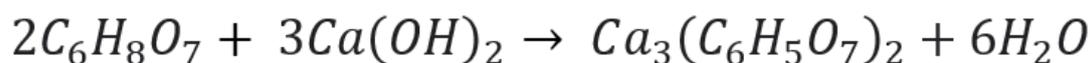
El filtro rotatorio de vacío es un equipo de tipo continuo. Se trata de un cilindro perforado que es envuelto por un medio filtrante; el conjunto gira mientras que las tuberías interiores permanecen fijas. La alimentación ingresa a una cuba donde tiene contacto con parte del aparato donde se aplica vacío para succionar el fluido con los sólidos suspendidos.

5.2.3.2. FORMACIÓN DEL CITRATO DE CALCIO

Para estas tres etapas que comienzan con la formación del citrato de calcio y culminan con su descomposición, se va a utilizar el tanque de lechada

antes mencionado, donde el ácido cítrico impuro ingresa. En el mismo, se añade una solución de hidróxido de calcio, o lo que se llama cal apagada, que, junto al ácido cítrico, reaccionan para formar citrato de calcio sólido, que precipita de la disolución para poder separarse.

El equipo debe tener un agitador y estar encamisado porque una vez finalizada la reacción, la mezcla debe calentarse hasta llegar a una temperatura de aproximadamente 90 °C para favorecer la separación de fase líquida-sólida. La misma tiene la siguiente estequiometría:



Reacción 2 - Formación del Citrato de Calcio

El sólido y el licor pasan a la etapa de separación mediante tubería.

5.2.3.3. FILTRACIÓN II

La separación del citrato de calcio del licor ocurre utilizando un filtro rotatorio de vacío. El primero queda retenido como una torta y pasa a la siguiente etapa mediante cinta transportadora; el segundo (licor post-fermentativo sin ácido cítrico) se dispone y va a almacenaje mediante tubería.

Una vez que finaliza esta etapa, es necesario descomponer el citrato para volver a obtener el ácido cítrico más purificado.

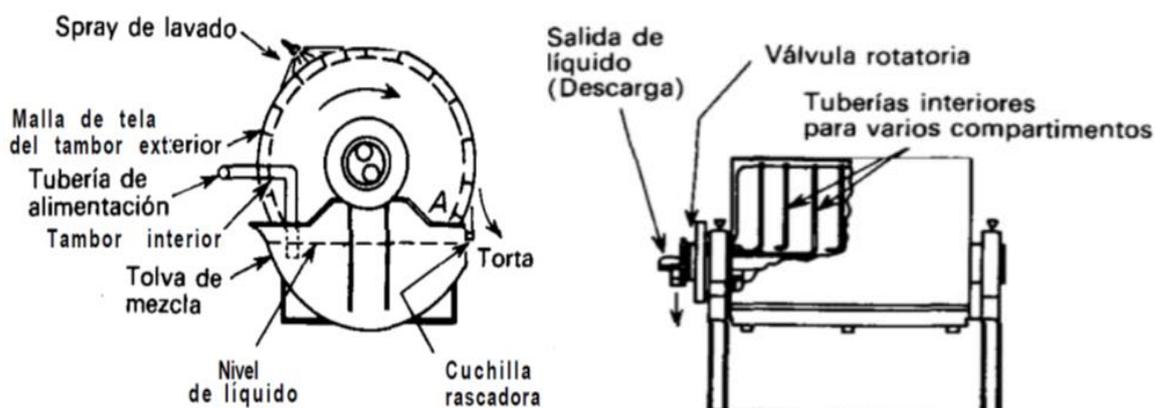
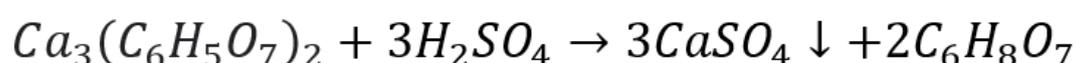


Figura 41 - Filtro Rotatorio de Vacío

5.2.3.4. DESCOMPOSICIÓN DEL CITRATO DE CALCIO

En el reactor con buena agitación ocurre la fase llamada "Craqueo", donde el citrato de calcio se mezcla con una disolución de ácido sulfúrico. Es necesario que el equipo cuente con una camisa de refrigeración, ya que la reacción es exotérmica. Al finalizar la reacción se obtiene sulfato de calcio sólido, que precipita y se separa de la solución de ácido cítrico. El sulfato cálcico se dispone para ser almacenado.

La reacción que ocurre es la siguiente:



Reacción 3 - Descomposición del citrato de calcio

Este proceso de formación, separación y descomposición del citrato de calcio es del tipo discontinuo.

5.2.3.5. FILTRACIÓN III

En esta etapa se utiliza un tambor rotatorio al vacío. El filtrado es el licor con Ácido Cítrico en disolución, que se transporta por tubería hasta la siguiente etapa y lo que queda retenido es el sulfato de calcio como subproducto o efluente e impurezas, que van a disposición, transportado mediante cinta hacia un depósito

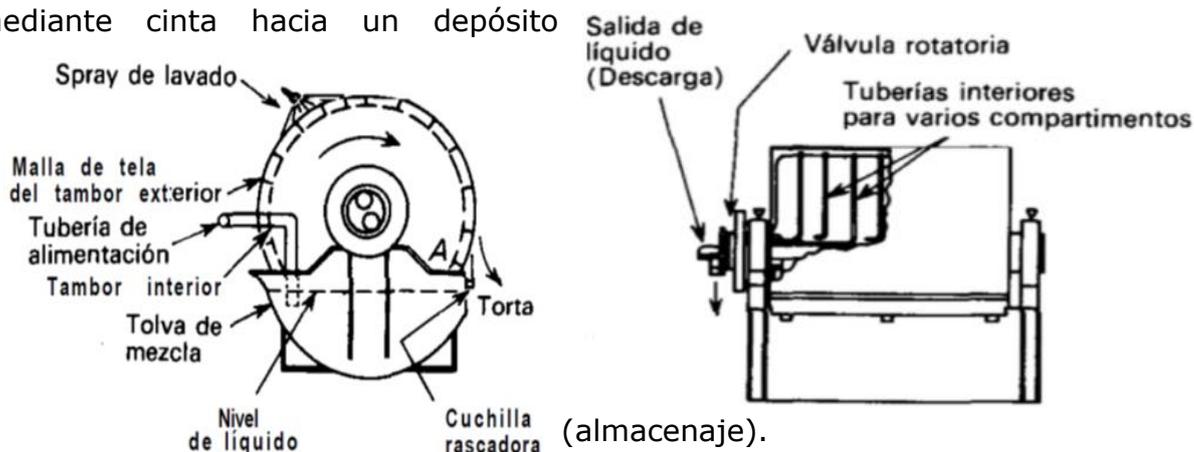


Figura 42 - Filtro Rotatorio de Vacío

5.2.4. PURIFICACIÓN DEL ÁCIDO

La purificación consta de cinco operaciones unitarias. Es la macroetapa donde se busca llegar al producto con el grado deseado, que en este caso es ácido cítrico anhidro de grado alimenticio/farmacéutico.

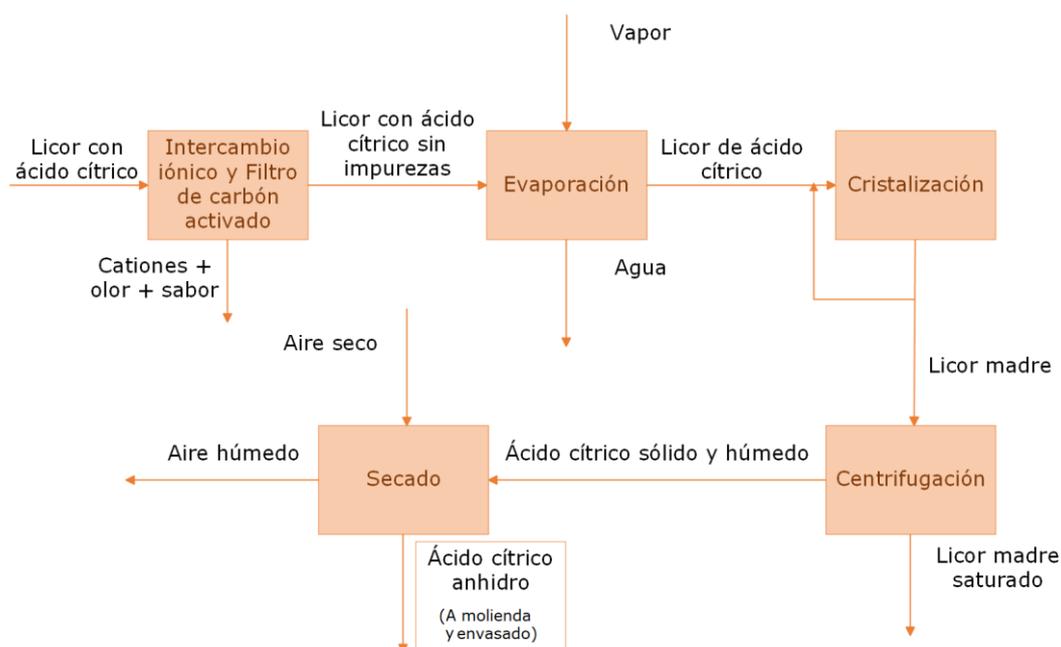


Figura 43 - Proceso de Purificación

5.2.4.1. ELIMINACIÓN DE IMPUREZAS

La eliminación de impurezas se realiza con un sistema combinado de carbón activado e intercambio iónico. El ácido cítrico se transporta a esta etapa mediante tubería y los cationes como el magnesio y potasio que tiene el producto son separados de la corriente principal utilizando resinas de intercambio que, una vez utilizadas, se regeneran con ácido clorhídrico. El tratamiento con carbón activado también se usa para quitar impurezas que no benefician al producto final, tales como coloración, olor, sabor y demás características indeseables.

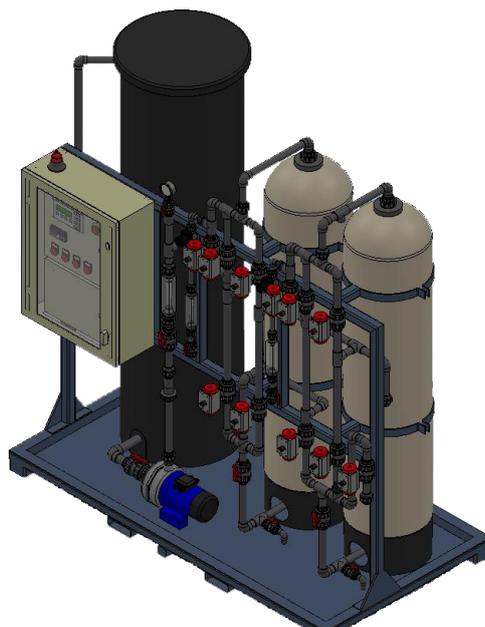


Figura 44 - Equipo de Intercambio Iónico

El equipo de intercambio iónico funciona con columnas que se llenan con resinas para eliminar los iones mencionados anteriormente. Una vez que se saturan, se hace una regeneración con un ácido fuerte como es el clorhídrico.



Figura 45 - Equipo de Carbón Activado

El equipo de carbón activado funciona haciendo pasar la alimentación por el lecho del material y sale libre de impurezas por el centro del mismo. Antes de entrar a la siguiente etapa, es necesario que la corriente principal se mezcle con hidróxido de sodio, ya que se evita la evaporación del ácido clorhídrico que se utiliza para la regeneración de las resinas de intercambio iónico.

5.2.4.2. EVAPORACIÓN

Esta operación se realiza con el fin de concentrar el producto. La disolución de ácido cítrico ingresa a un evaporador de doble efecto de película descendente y sufre la pérdida de agua. El principio de funcionamiento de este equipo se basa en utilizar el calor cedido por el vapor condensante, que tiene contacto con el producto disuelto que atraviesa los tubos de los intercambiadores de calor mientras el vapor transita por el casco o carcasa. Ambos evaporadores se conectan entre sí, y el vapor que sale del primer equipo se utiliza para calentar el segundo equipo.

El líquido una vez concentrado, se transporta por medio de una tubería hacia la siguiente etapa.

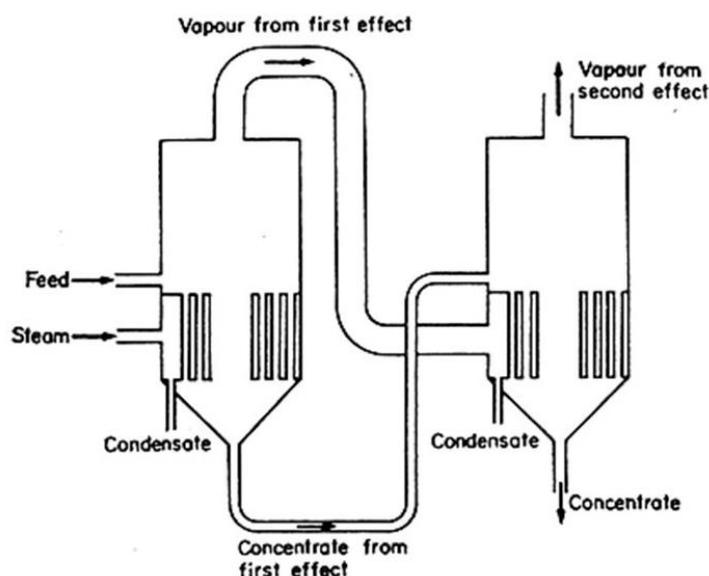


Figura 46 - Evaporador de Doble Efecto

5.2.4.3. CRISTALIZACIÓN

La cristalización se realiza a una temperatura entre 20 y 25 °C. En esa etapa se forma el ácido cítrico monohidratado. Se realiza una sobresaturación al vacío y, por lo tanto, se obtienen los cristales de ácido cítrico más el licor no cristalizado con impurezas.

Para obtener el producto anhidro, es necesario cristalizar el licor en equipos a mayor temperatura.

Esta operación es de ciclos prolongados, y para ello se utiliza un equipo de cristalización de tipo tubo de aspiración-deflector o "Draft Tube Baffle"

(DTB) que permiten procesar grandes caudales y controlar el tamaño de los cristales obtenidos.

Su principio de funcionamiento es mediante la sobresaturación al vacío. En el interior del equipo, la alimentación ingresa y circula a alta velocidad, provocando la formación de cristales sólidos de ácido cítrico que se separan del licor madre. Este último, se expone a una recirculación para que no queden contenidos pequeños cristales que no se separaron. El cristalizador cuenta con una descarga de los cristales de ácido cítrico, que precipitan por gravedad del lecho fluidizado, donde quedan suspendidos hasta tener un tamaño adecuado. La otra descarga es del licor madre, que tiene una derivación para ser reprocesado y así aumentar el rendimiento de recuperación del producto buscado.

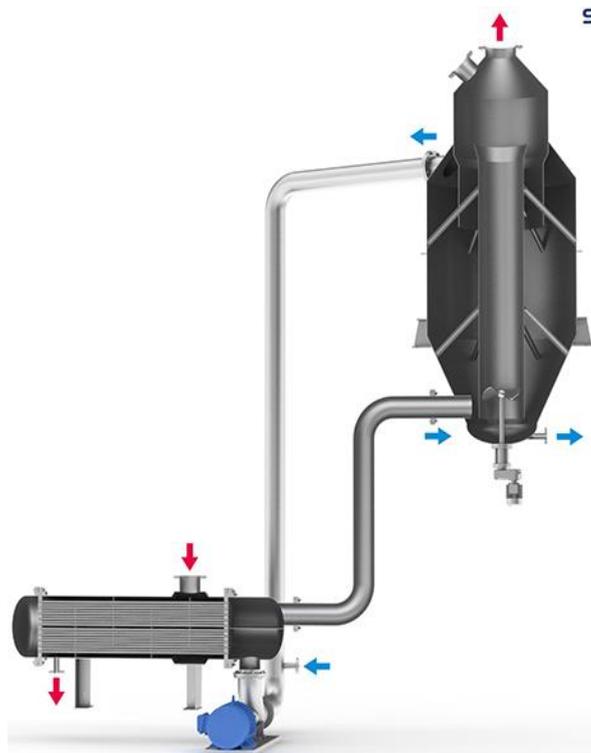
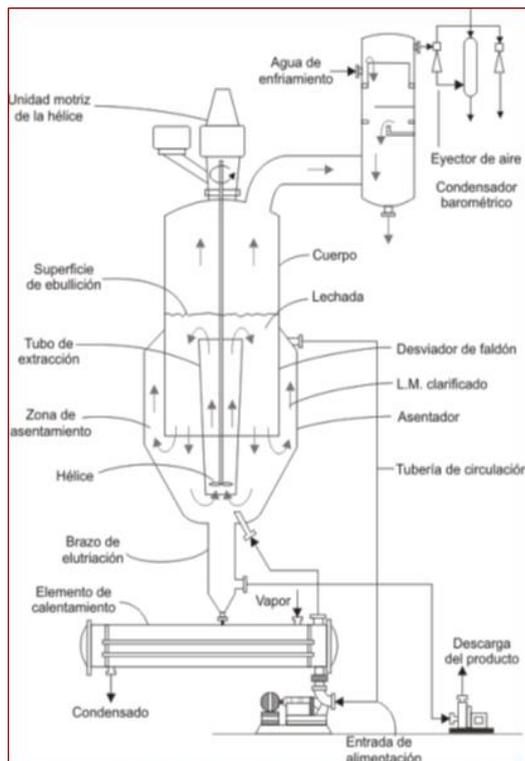


Figura 47 - Cristalizador DTB (Draft-Tube-Baffle)

5.2.4.4. SEPARACIÓN/CENTRIFUGACIÓN

Una vez cristalizado el ácido cítrico, queda una solución bifásica. Se deben separar el licor y las impurezas del producto buscado. Para ello, se utiliza

un equipo centrífugo de canasta continuo. La alimentación ingresa por el centro de la canasta perforada, que gira a alta velocidad y es concéntrica a la carcasa. Al acumularse los sólidos prácticamente secos, se descargan del equipo y son enviados mediante una cinta transportadora cubierta para evitar el contacto del ácido cítrico con el ambiente y que sufra contaminación a la próxima etapa.



Figura 48 - Centrífuga de Canasta Continua

5.2.4.5. SECADO

Los cristales separados necesitan terminar de secarse antes de ser desintegrados y envasados. Es fundamental que la sustancia pase por un equipo que le quite el agua remanente a las partículas. A tal efecto, se hace pasar los sólidos por un secador de lecho fluidizado, donde los sólidos húmedos entran en contacto íntimo mediante la suspensión con una corriente de aire caliente y presurizado. El agua que se evapora sale del equipo por la parte superior y el producto seco por la parte inferior.



Figura 49 - Secador de Lecho Fluidizado

5.2.5. MOLIENDA Y ENVASADO

Luego de las etapas de obtención, separación y purificación del ácido cítrico, el proceso concluye con la molienda de partículas para obtener un material de tamaño homogéneo. El producto se envasa en presentaciones de 25 Kg.

5.2.5.1. MOLIENDA

Esta etapa se realiza buscando obtener un sólido de tamaño uniforme. Para eso, se lleva adelante una desintegración vía seca por impacto y rozamiento. El equipo que cumple con estas características es el molino de bolas de carcasa cónica, que resulta ser muy eficiente. Cuenta con escalones que levantan las bolas y el material para que se produzca la molienda. Este tipo de carcasa permite que solo se pueda descargar el material más fino, que se envía a la siguiente etapa mediante una cinta transportadora cubierta.

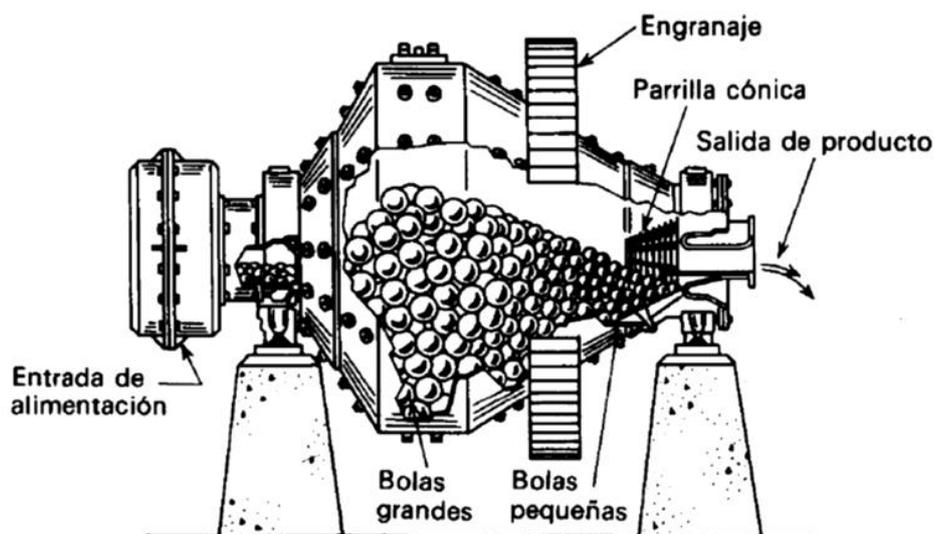


Figura 50 - Molino de bolas

5.2.5.2. ENVASADO

Una vez que se obtuvo un producto homogéneo en tamaño, éste llegará a una envasadora automática de sólidos.

El ácido cítrico anhidro se pesa por un sistema automático, en el equipo se confeccionan los envases de polietileno de tres costuras de distintos largos para facilitar el acceso a la presentación deseada. Además, debe contar con un sistema para extraer el polvo que se produce al envasar y otro sistema para detectar si ingresan cuerpos extraños en los paquetes. Al envoltorio del producto se le debe grabar una etiqueta en la que aparezca la fecha de producción, la de caducidad, el número de lote y el código de producto. Esta información será archivada en la planta para conocer los datos de productos y rastrearlos en caso de haber reclamo de calidad de los mismos. Una vez finalizada la dosificación, se sellan los sacos, que posteriormente se descargan y trasladan por bandas transportadoras hacia los pallets y se colocan mediante transpaletas a la zona de almacenaje para ser vendidos.



Figura 51 - Envasadora Automática de Sólidos

5.3. DIAGRAMAS

Los diagramas globales del proceso que se realizaron en este proyecto son el de bloques y el de equipos.

5.3.1. DIAGRAMA DE BLOQUES

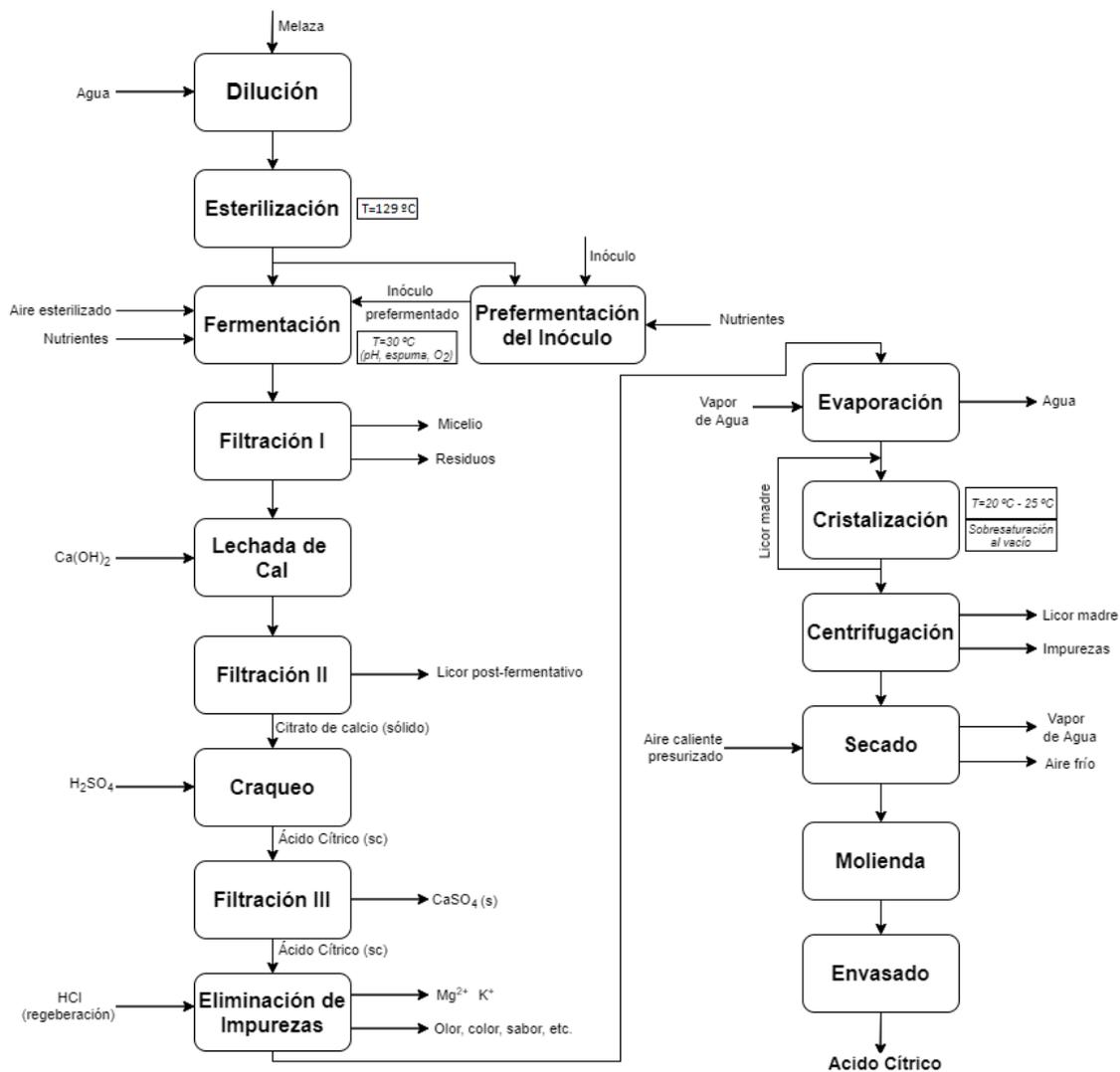


Figura 52 - Diagrama de Bloques

5.3.2. DIAGRAMA DE EQUIPOS

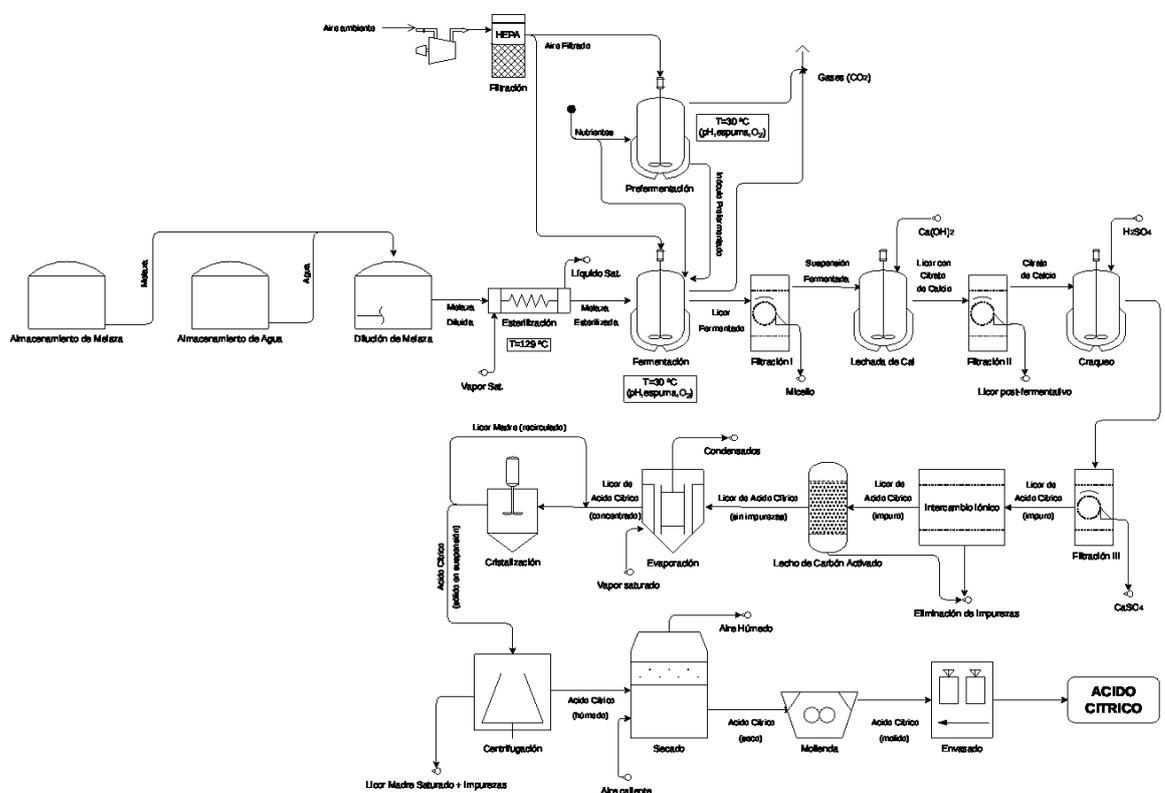


Figura 53 - Diagrama de Flujo

5.4. PRODUCTOS

En el proceso se obtiene ácido cítrico y sulfato de calcio, que se venderá a un costo bajo y sin tratamientos adicionales para aumentar la rentabilidad del trabajo.

5.5. BIBLIOGRAFÍA

HEINZLE E., BIWER A. and COONEY C. (2006). Citric Acid – Alternative Process using Starch. Development of Sustainable Bioprocesses, 125-136.

PEREZ NAVARRO O., LEY CHONG. N., et al. (2016). Oportunidades de producción de ácido cítrico por vía fermentativa a partir de sustratos azucarados en Cuba. Revista Centro Azúcar, Vol. 43, 85-99.

6. BALANCES DE MASA Y ENERGÍA

6.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se desarrollan los balances de materia y energía del proceso. Comienza por definirse un objetivo productivo y el modo más eficiente para alcanzarlo, definiendo la cantidad de equipos necesarios y las horas de trabajo de cada uno.

Se considera que un mes tiene 28 días y el sector productivo trabajará 6 días a la semana las 24 horas del día.

PRODUCCIÓN			350			Tn/mes
Fermentadores			Prefermentadores			
Cantidad de equipos:	6	unidades	Cantidad de equipos:	3	unidades	
Horas operando:	120	h	Horas operando:	60	h	
Días operando:	5		Días operando:	2,5		
Sector productivo			Sector administrativo			
Días de trabajo:	6		Días de trabajo:	5		
Turno:	24	h	Turno:	8 - 17	h	
Jornada de trabajo:	8 + 1	h	Jornada de trabajo:	8 + 1	h	

Como cada ciclo de operación demora 6 días, se define que en el mes habrá 4 ciclos, produciéndose en cada uno un mínimo de 87.5 toneladas de ácido cítrico para cubrir la demanda mensual. En la siguiente tabla se visualiza claramente las horas de trabajo de cada fermentador. Las letras C y D corresponden a carga y descarga.

FERMENTADOR	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
7 h - 16 h	F1 - C	F3 - D	F5 - D	F3 - C	F5 - C	F1 - D
15 h - 24 h	F2 - C	F4 - D	F6 - D	F4 - C	F6 - C	F2 - D
23 h - 8 h		Separación Purificación Envasado	Separación Purificación Envasado			Separación Purificación Envasado

Los ciclos de operación de los prefermentadores se presentan en la siguiente tabla:

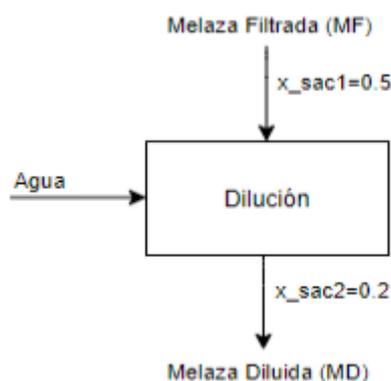
Prefermentador	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
7 h - 16 h	PF1 - C	PF2 - C		PF3 - C		PF4 - C
15 h - 24 h						
23 h - 8 h		PF4 - D	PF1 - D	PF2 - D		PF3 - D

6.2. BALANCES DE MASA Y ENERGÍA

Los balances se realizan en un período de un mes.

Para llevarlos a cabo, se realizaron consideraciones pertinentes con el fin de simplificar los cálculos que se detallan en cada etapa.

6.2.1. DILUCIÓN



6.2.1.1. BALANCE DE MASA

La melaza que se compra ya filtrada viene con una concentración de sacarosa del 50 %, y el objetivo es diluir con agua hasta obtener una concentración del 20 %.

En esta operación se supone un rendimiento del equipo del 100%.

$$MF + Agua = MD$$

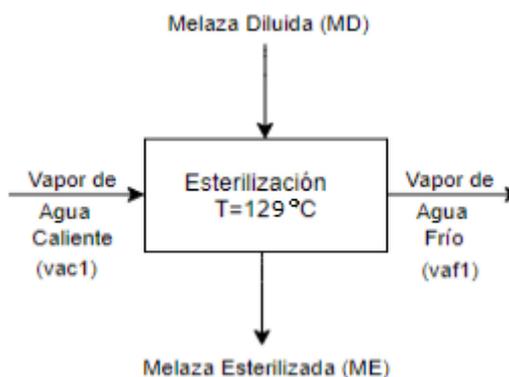
$$MF * x_{sac1} + Agua * 0 = MD * x_{sac2}$$

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
MF (total)	1.181.618	Kg/mes	MD (total)	2.954.046	Kg/mes
MF_f	1.074.198	Kg/mes	MD_f	2.685.496	Kg/mes
MF_pf	107.420	Kg/mes	MD_pf	268.550	Kg/mes
x_sac1	0,50		x_sac2	0,20	
Agua	1.772.428	Kg/mes			

6.2.1.2. BALANCE DE ENERGÍA

Se considera que no hay transferencia de calor en esta etapa.

6.2.2. ESTERILIZACIÓN



6.2.2.1. BALANCE DE MASA

En esta operación se supone un rendimiento del equipo del 100%.

$$MD = ME$$

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
MD (total)	2.954.046	Kg/mes	ME (total)	2.954.046	Kg/mes
MD_f	2.685.496	Kg/mes	ME_f	2.685.496	Kg/mes
MD_pf	268.550	Kg/mes	ME_pf	268.550	Kg/mes
vac1	198.096	Kg/mes	vac1 (salida)	198.096	Kg/mes

6.2.2.2. BALANCE DE ENERGÍA

La melaza que ingresa al equipo, por diseño, se calienta primero con la melaza caliente ya esterilizada por el vapor de agua.

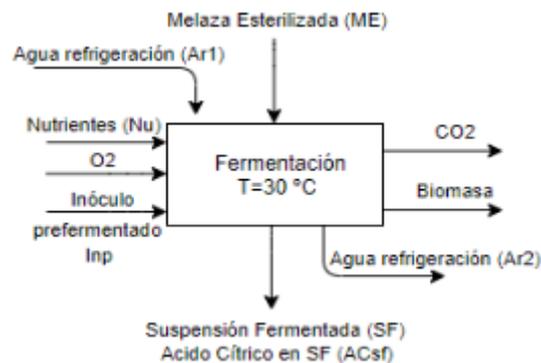
$$MD_{total} * Cp_{MD} * (T_{int_MD} - T_{ent_MD}) = MD_{total} * Cp_{MD} * (T_{sal_ME} - T_{int_MD})$$

$$(-)vac_1 * \lambda_{vac_1} = MD_{total} * Cp_{MD} * (T_{sal_ME} - T_{ent_MD})$$

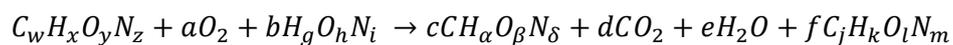
Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
MD (total)	2.954.046	Kg/mes	ME (total)	2.954.046	Kg/mes
T_ent_MD1	30	°C	T_sal_ME	129	°C
T_vac1	135	°C	vac1 (salida)	198.096	Kg/mes
vac1	198.096	Kg/mes	Q_MD1	213.854	MJ/mes
(-Q_vac1)=	427.709	MJ/mes	Q_MD2	213.854	MJ/mes

6.2.3. PREFERMENTACIÓN Y FERMENTACIÓN

El procedimiento de cálculo tanto del balance de masa como el de energía para estas dos operaciones es igual. La única diferencia entre ambas es la cantidad de masa a procesar.



6.2.3.1. REACCIÓN DE FERMENTACIÓN



Balances:

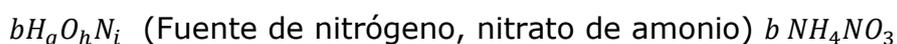
$$C: w = c + d + f \cdot j$$

$$H: x + b \cdot g = c \cdot \alpha + e \cdot 2 + f \cdot k$$

$$O: y + a \cdot 2 + b \cdot h = c \cdot \beta + d \cdot 2 + e + f \cdot l$$

$$N: z + b \cdot i = c \cdot \delta + f \cdot m$$

Teniendo en cuenta que:



$fC_jH_kO_lN_m$ (Producto, ácido cítrico) $f C_6H_8O_7$

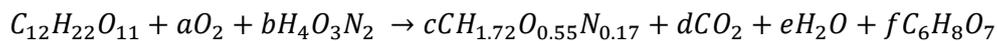
Balances:

$$C: 12 = c + d + f \cdot 6 \quad (1)$$

$$H: 22 + b \cdot 4 = c \cdot 1,72 + e \cdot 2 + f \cdot 8 \quad (2)$$

$$O: 11 + a \cdot 2 + b \cdot 3 = c \cdot 0,55 + d \cdot 2 + e + f \cdot 7 \quad (3)$$

$$N: b \cdot 2 = c \cdot 0,17 \quad (4)$$



Rendimiento de:

- Biomasa respecto del sustrato $Y_{\frac{x}{s}} = 0,123 = c \cdot \left(\frac{PM_{biomasa}}{PM_{sustrato}} \right) \quad (5)$

- Producto respecto del sustrato $Y_{\frac{p}{s}} = 0,65 = f \cdot \left(\frac{PM_{producto}}{PM_{sustrato}} \right) \quad (6)$

$$PM_{biomasa} = 24,9 + cenizas (7,5\%) = \frac{24,9 \frac{g}{mol}}{1 - 0,075} = 26,9 \frac{g}{mol}$$

$$PM_{sustrato} = 342 \frac{g}{mol}$$

$$PM_{producto} = 192,124 \frac{g}{mol}$$

Se despeja c de (5) y se reemplaza en la ecuación (4), despejando b:

$$0,123 = c \cdot \left(\frac{PM_{biomasa}}{PM_{sustrato}} \right) \rightarrow c = 0,123 \cdot \frac{342}{26,9}$$

$$c = 1,56$$

$$b = c \cdot \frac{0,17}{2}$$

$$b = 0,133$$

Se despeja f de (6) y se reemplaza en la ecuación (1), despejando d:

$$0,65 = f \cdot \left(\frac{PM_{producto}}{PM_{sustrato}} \right) \rightarrow f = 0,65 \cdot \frac{342}{192,124}$$

$$f = 1,16$$

$$d = 12 - c - f \cdot 6$$

$$d = 3,50$$

Se despeja e de (2) y se reemplaza en la ecuación (3), despejando a:

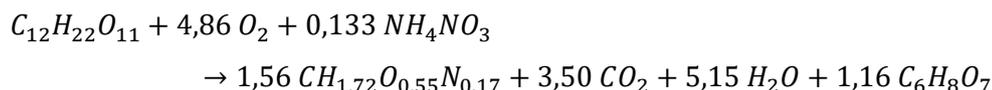
$$22 + b \cdot 4 = c \cdot 1,2 + e \cdot 2 + f \cdot 8 \rightarrow e = \frac{(22 + b \cdot 2 - c \cdot 1,72 - f \cdot 8)}{2}$$

$$e = 5,15$$

$$11 + a \cdot 2 + b \cdot 3 = c \cdot 0,55 + d \cdot 2 + e + f \cdot 7 \rightarrow a = \frac{c \cdot 0,55 + d \cdot 2 + e + f \cdot 7 - 11 - b \cdot 3}{2}$$

$$a = 4,86$$

Por lo tanto, la reacción de fermentación queda:



1 mol de sacarosa:	reaccionan con	4,86	moles O ₂
		0,13	moles Fuente de Nitrógeno
forman		1,56	moles Biomasa
		3,50	moles CO ₂
		5,15	moles H ₂ O
		1,16	moles Acido Cítrico

6.2.3.1. BALANCE DE MASA

Para la prefermentación, el inóculo ocupará el 10% del volumen del reactor.

Para la aireación, se tomará la composición del aire en fracción másica (23,3% O₂ / 76,7% N₂).

- Prefermentación

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
ME_pf	268.550	Kg/mes	SF_pf	235.498	Kg/mes
Nu_pf	2.738	Kg/mes	MR_me1	214.840	Kg/mes
In	24.797	Kg/mes	Inp	24.797	Kg/mes
AE	104.824	Kg/mes	CO2_pf	24.185	Kg/mes
Sac_pf	53.710	Kg/mes	Biomasa_pf	6.100	Kg/mes
Ar2_f	581.831	Kg/mes	Agua_pf	14.558	Kg/mes
			Ar2_c	581.831	Kg/mes

- Fermentación

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
ME_f	2.685.496	Kg/mes	SF	2.704.982	Kg/mes
Nu_f	27.381	Kg/mes	ACsf	350.000	Kg/mes
Inp	24.797	Kg/mes	MR	2.148.397	Kg/mes
AE	1.048.235	Kg/mes	CO2	241.852	Kg/mes
O2	244.239	Kg/mes	Biomasa	61.003	Kg/mes
Sac	537.099	Kg/mes	Agua_ferm	145.582	Kg/mes
Ar1_total	5.818.307	Kg/mes	Ar1_total	5.818.307	Kg/mes

6.2.3.2. BALANCE DE ENERGÍA

La melaza que viene de la etapa de esterilización debe ser enfriada hasta aproximadamente los 30-31 °C, que es la temperatura a la que va a realizarse la fermentación. Además, se le añaden los nutrientes.

La melaza acondicionada a los 30 °C, debe mantenerse a esa temperatura.

$$Q_{Ar1} = (-Q_{ferm})$$

$$Ar_1 \cdot Cp_{Ar1} \cdot (T_{sal_{Ar1}} - T_{ent_{Ar1}}) = ME_f \cdot Cp_{ME-f} \cdot (T_{enfr_{ME-f}} - T_{ent_{ME-f}})$$

Balance global:

$$Q_{ac} = Q_{air} + Q_{sen-f} + Q_p - Q_{ev} - Q_{ferm} - Q_{ag}$$

Se asumen que:

- No hay calor aportado por el aire.
- No hay evaporación $M_v = 0$
- No hay acumulación $Q_{ac} = 0$
- El calor de agitación es aproximadamente el 10% del calor de fermentación. $Q_{ag} = 0,1 \cdot Q_{ferm}$
- El calor perdido (Q_p) es aquel que fluye desde el biorreactor al medio ambiente que está a menor temperatura.

Entonces:

$$Q_{ferm} + Q_{ag} = Q_{sen-f} + Q_p$$

El calor de fermentación es relativo a la cantidad de oxígeno demandada. También, hay que considerar la formación de biomasa.

Según la bibliografía, el autor Cooney et al. (1968) propone una ecuación para saber la cantidad de energía que libera la fermentación.

$$Q_{ferm} \left(\frac{Kcal}{h} \right) = 0,12 \cdot O_2consum - pf \text{ (mmol/h)}$$

El análisis de balance de calor es igual tanto para la fermentación como prefermentación.

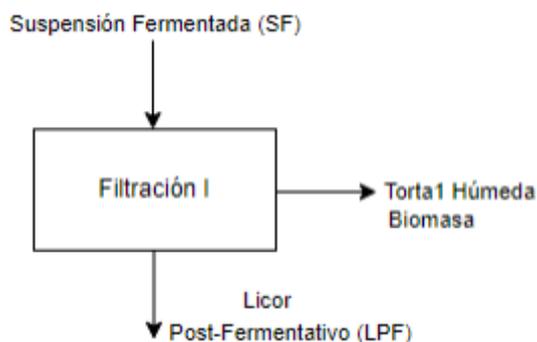
- Prefermentación

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
ME_pf	268.550	Kg/mes			
T_ent_ME_pf	80	°C	T_sal_ME_pf	30	°C
T_e_enfr_Ar2=	5	°C			
T_e_mant_Ar2=	20	°C	T_s_enfr_Ar2=	25	°C
Ar2_total	581.831	Kg/mes	T_s_mant_Ar2=	25	°C
Ar2_enfr	537.501	Kg/mes			
Ar2_mant	44.330	Kg/mes			
Q_sen_pf=	-45.862	MJ/mes	Q_preferm=	382.844	MJ/mes
Q_mant_pferm	-926	MJ/mes	Q_ag_pf=	38.284	MJ/mes
Q_enfr_pferm	-44.935	MJ/mes	Q_p_pf=	375.267	MJ/mes

- Fermentación

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
ME_f	2.685.496	Kg/mes			
T_ent_ME_f=	80	°C	T_sal_ME_f=	30	°C
T_e_enfr_Ar1=	5	°C			
T_e_mant_Ar1=	20	°C	T_s_enfr_Ar1=	25	°C
Ar1_total	5.818.307	Kg/mes	T_s_mant_Ar1=	25	°C
Ar1_enfr=	5.375.008	Kg/mes			
Ar1_mant=	443.300	Kg/mes			
Q_sen_f=	-458.616	MJ/mes	Q_ferm=	3.828.443	MJ/mes
Q_mant_ferm=	-9.265	MJ/mes	Q_ag=	382.844	MJ/mes
Q_enfr_ferm=	-449.351	MJ/mes	Q_p=	3.752.672	MJ/mes

6.2.4. FILTRACIÓN I



6.2.4.1. BALANCE DE MASA

Quedará retenido en la torta la biomasa y se filtrará la suspensión fermentada, denominada licor post-fermentativo.

De la suspensión fermentada el agua de filtrado es 5 %

De la suspensión fermentada el agua de la torta es 3,4 %

Licor post-fermentativo conformado por:

- Ácido cítrico en suspensión
- Agua de fermentación
- Melaza residual

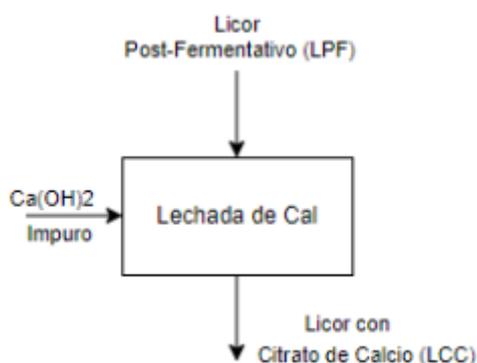
$$(SF + SF_{pf}) = LPF + Ag_{tor1} - Ag_{fil1} + Torta_{Biomasa}$$

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
ACsf	350.000	Kg/mes	Torta1-Biomasa	67.103	Kg/mes
SF + SF_pf	2.940.481	Kg/mes	LPF	2.920.425	Kg/mes
Biomasa + Biomasa_pf	67.103	Kg/mes	ACsf	350.000	Kg/mes
Agua_ferm + Agua_pf	160.140	Kg/mes	Ag_fil1	147.024	Kg/mes
MR + MR_me1	2.363.237	Kg/mes	Ag_tor1	99.976	Kg/mes

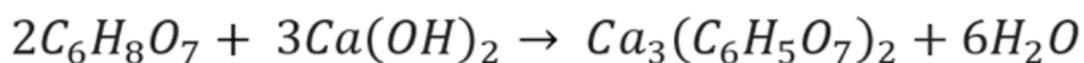
6.2.4.2. BALANCE DE ENERGÍA

Se considera que no hay transferencia de calor en esta etapa.

6.2.5. LECHADA DE CAL



6.2.5.1. REACCIÓN



Suponiendo que la reacción de craqueo tiene un rendimiento del 100%.

2 moles de AC:	reaccionan con	3 moles de hidróxido de calcio
	forman	1 mol de citrato de calcio
		6 moles de agua

6.2.5.2. BALANCE DE MASA

El licor con el citrato de calcio sólido (LCC) se compone del licor post-fermentativo y las impurezas del hidróxido de calcio.

El hidróxido de calcio se añade con una pureza del 33 %.

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
LPF	2.920.425	Kg/mes	LCC	3.533.421	Kg/mes
ACsf	350.000	Kg/mes	CitCa	454.069	Kg/mes
HiCa	202.213	Kg/mes	Ag_l	98.374	Kg/mes
Imp_HiCa	410.554	Kg/mes	Ar2 (fría)	5.311.028	Kg/mes
Ar2 (caliente)	5.311.028	Kg/mes			

6.2.5.3. BALANCE DE ENERGÍA

Para la realización del balance, se utilizaron los datos de entalpía de formación obtenidos de la bibliografía citada.

Los componentes deben calentarse hasta una temperatura de 90 °C, por lo tanto, el sistema de refrigeración deberá calentar. Al ocurrir esto, el citrato de calcio se vuelve más insoluble.

Balance global:

$$Q_{ac} = Q_{sen-citCa} + Q_{ag} + Q_{p-citCa} - Q_{ev} + Q_{rxn1}$$

Se asumen que:

- No hay evaporación $M_v = 0$
- No hay acumulación $Q_{ac} = 0$
- Se desprecia el calor desprendido por la agitación.

Entonces:

$$-Q_{rxn1} = Q_{sen-citCa} + Q_{p-citCa}$$

Donde:

$$Q_{rxn1} = n_{ACsf} \cdot \Delta H_{form1}^{\circ}$$

Y:

$$Q_{sen-citCa} = (-Q_{AR2})$$

$$(-)Ar_2 \cdot Cp_{Ar_2} \cdot (T_{sal_{Ar_2}} - T_{ent_{Ar_2}}) = LCC \cdot Cp_{LCC} \cdot (T_{sal-LCC} - T_{ent-LCC})$$

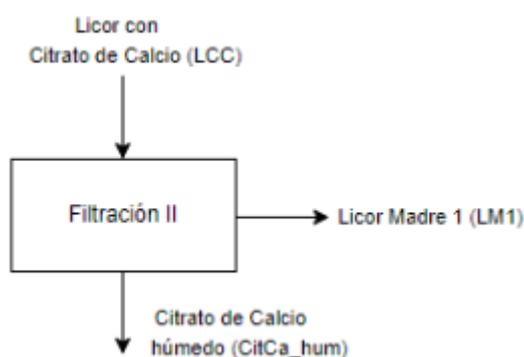
El calor sensible es el calor ganado de lo cedido por el agua para subir la temperatura del citrato a $T = 90^{\circ}\text{C}$.

El agua de refrigeración (Ar_2) es la necesaria para subir la temperatura del citrato a $T = 90^{\circ}\text{C}$.

El calor perdido ($Q_{p-citCa}$) es aquel que fluye desde el reactor al medio ambiente que está a menor temperatura.

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
LPF	2.920.425	Kg/mes	LCC	3.533.421	Kg/mes
ACsf	350.000	Kg/mes	T_sal_LCC=	90	$^{\circ}\text{C}$
T_ent_cal_Ar2=	60	$^{\circ}\text{C}$	T_sal_cal_Ar2=	20	$^{\circ}\text{C}$
Ar2=	5.311.028	Kg/mes			
Q_sen_lechada=	888.004	MJ/mes	Q_rxn1 =	-2.112	MJ/mes
			Q_p_CitCa=	-885.892	MJ/mes

6.2.6. FILTRACIÓN II



6.2.6.1. BALANCE DE MASA

Quedará retenido en la torta el citrato de calcio húmedo por el agua del licor y filtrará el licor madre LM1.

El agua de filtrado de la solución de citrato cálcico es: 8,5 %

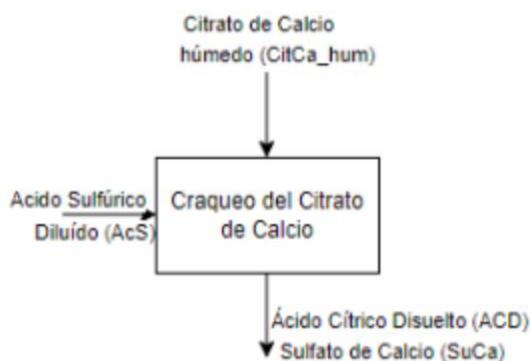
$$LCC = LM_1 + Ag_{fil2}$$

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
LCC	3.533.421	Kg/mes	LM1	3.233.081	Kg/mes
CitCa	454.069	Kg/mes	Ag_fil2	300.341	Kg/mes
			CitCa	454.069	Kg/mes
			CitCa_hum	754.410	Kg/mes

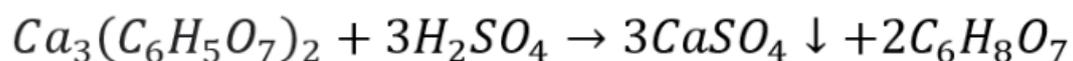
6.2.6.2. BALANCE DE ENERGÍA

Se considera que no hay transferencia de calor en esta etapa.

6.2.7. CRAQUEO



6.2.7.1. REACCIÓN



Suponiendo que la reacción de craqueo tiene un rendimiento del 100%.

1	mol de citrato:	reaccionan con	3	moles de ácido sulfúrico
		forman	3	mol de sulfato de calcio (ppta)
			2	moles de ácido cítrico

6.2.7.2. BALANCE DE MASA

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
CitCa	454.069	Kg/mes	AC_cr	350.000	Kg/mes
AcS	267.796	Kg/mes	ACD	1.260.564	Kg/mes
Ag_AcS	610.223	Kg/mes	SuCa	371.635	Kg/mes
AcS_total	878.019	Kg/mes	Ar3	3.735.313	Kg/mes
Ag_fil2	300.341	Kg/mes			
Ar3	3.735.313	Kg/mes			

6.2.7.3. BALANCE DE ENERGÍA

Para la realización del balance, se utilizaron los datos de entalpía de formación obtenidos de la bibliografía citada.

Los componentes deben calentarse hasta una temperatura de 90 °C, por lo tanto, el sistema de refrigeración deberá calentar. Al ocurrir esto, el citrato de calcio se vuelve más insoluble.

Balance global:

$$Q_{ac} = Q_{sen-craq} (sal - ent) + Q_{lat} + Q_{Ag} + Q_{p-citCa} - Q_{ev} + Q_{rxn2}$$

Se asumen que:

- No hay evaporación $M_v = 0$
- No hay acumulación $Q_{ac} = 0$
- Se desprecia el calor desprendido por la agitación.

Entonces:

$$Q_{sen-craq} (sal) = -Q_{rxn2} + Q_{sen-craq} (ent) - Q_{lat}$$

Donde:

$$Q_{rxn2} = n_{CitCa} \cdot \Delta H_{form2}^{\circ}$$

$$Q_{lat} = m_{agua-total-craq} \cdot \lambda_{vap}$$

Y:

$$Q_{sen-citCa}(ent) = masa_{total} \cdot C_{p_{prom}} \cdot (T_{sal-LCC} - T_{ref})$$

Además, como los componentes deben salir a una temperatura menor que con la que entraron, por lo tanto, el sistema de refrigeración deberá enfriar. Entonces:

$$Q_{sen-craq} = (-Q_{Ar3})$$

$$(-)Ar_3 \cdot Cp_{Ar3} \cdot (T_{sal_{Ar3}} - T_{ent_{Ar3}}) = m_{sal-craq} \cdot Cp_{sal-craq} \cdot (T_{sal-craq} - T_{f-craq})$$

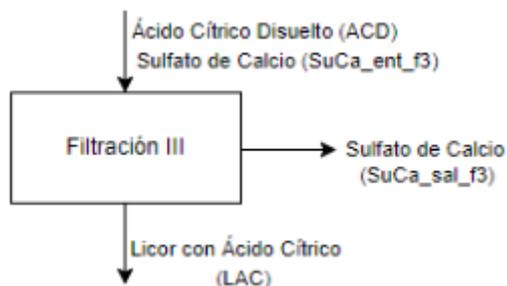
El calor sensible es el calor ganado de lo cedido por el agua para subir la temperatura del citrato a $T = 90$ °C.

El agua de refrigeración (Ar_2) es la necesaria para subir la temperatura del citrato a $T = 90$ °C.

El calor perdido ($Q_{p-citCa}$) es aquel que fluye desde el reactor al medio ambiente que está a menor temperatura.

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
m_craq_tot=	1.632.429	Kg/mes	ACD	1.260.564	Kg/mes
T_ent_craq =	90	°C	T_sal_m_craq=	40	°C
T_ent_cal_Ar3=	20	°C	T_sal_cal_Ar3=	60	°C
Ar3=	3.735.313	Kg/mes			
Q_sen_craq (ent) =	383.039	MJ/mes	Q_rxn2 =	-2.369.902	MJ/mes
			Q_sen_craq (sal) =	695.066	MJ/mes
			Q_lat (vap agua) =	2.057.875	MJ/mes

6.2.8. FILTRACIÓN III



6.2.8.1. BALANCE DE MASA

Quedará retenido en la torta, el sulfato de calcio y filtrará el ácido cítrico diluído (LAC).

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
ACD	1.260.564	Kg/mes	SuCa_sal_f3	371.635	Kg/mes
SuCa_ent_f3	371.635	Kg/mes	LAC	1.260.564	Kg/mes

6.2.8.2. BALANCE DE ENERGÍA

Se considera que no hay transferencia de calor en esta etapa.

6.2.9. ELIMINACIÓN DE IMPUREZAS



6.2.9.1. BALANCE DE MASA

En esta operación, se consideran despreciables las impurezas desechadas (cationes, olor, sabor, etc.).

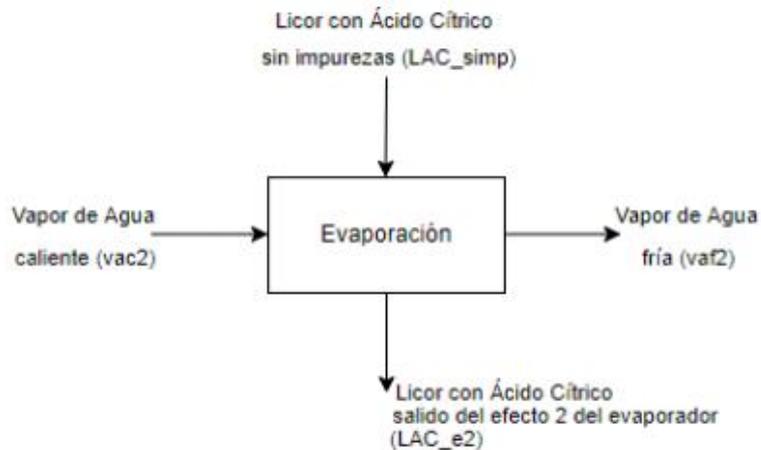
$$LAC = LAC_{simp} + (Cat + imp)$$

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
LAC	1.260.564	Kg/mes	Cat + Imp	Despreciable	
			LAC_simp	1.260.564	Kg/mes

6.2.9.2. BALANCE DE ENERGÍA

Se considera que no hay transferencia de calor en esta etapa.

6.2.10. EVAPORACIÓN



6.2.10.1. BALANCE DE MASA

Balance global:

$$LAC_{simp} = V1_{LAC} + LAC_{e2} + V2_{LAC}$$

Balance global de materia del Ácido cítrico:

$$LAC_{simp} \cdot x_{AC1} = LAC_{e2} \cdot x_{AC3}$$

Balance en el 1º efecto:

$$LAC_{simp} = V1_{LAC} + LAC_{e1}$$

Balance del Ácido cítrico en el 1º efecto:

$$LAC_{simp} \cdot x_{AC1} = LAC_{e1} \cdot x_{AC2}$$

Balance en el 2º efecto:

$$LAC_{e1} = LAC_{e2} + V2_{LAC}$$

Balance del Ácido cítrico en el 2º efecto:

$$LAC_{e1} \cdot x_{AC2} = LAC_{e2} \cdot x_{AC3}$$

Para el balance de masa, se establecen las corrientes de entrada y salida, únicamente. La composición de la mezcla entre los efectos será supuesta para los cálculos en el balance de energía.

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
LAC_simp	1.260.564	Kg/mes	LAC_e2	402.299	Kg/mes
x_AC1	0,278		x_AC3	0,870	
			Vtotal_LAC	858.265	Kg/mes

6.2.10.2. BALANCE DE ENERGÍA

Se plantean los balances de energía en cada efecto y se agrega la tercera ecuación que es la suma de los vapores que se separaron del licor a concentrar.

Primero es necesario hallar las propiedades, tanto del vapor como del licor con ácido cítrico. Para el primer fluido se utiliza la calculadora de la página web TLV⁶, y para el segundo, la base de datos del software HYSYS. La composición de la corriente de entrada al segundo efecto se supone para obtener los valores.

Las propiedades de cada fluido se tabulan a continuación:

⁶ <https://www.tlv.com/global/LA/calculator/steam-table-temperature.html>

Vapor saturado	Temperatura [°C]	Presión [barG]	Calor Latente del Vapor (λ_{vac2}^V) [KJ/Kg]	Entalpía Específica del Vapor Saturado [KJ/Kg]	Entalpía Específica del Agua Saturada [KJ/Kg]
	135	2,12	2.159,1	2.726,87	567,766

Alimentación (Presión P=1,013 bar)			
Fracción másica		Temperatura [°C]	Cp [KJ/(Kg.°C)]
Ácido Cítrico	0,278	40	3,593
Agua	0,722		

Primer efecto (Presión P=0,20 bar)				
Fracción másica		Temperatura [°C]	Calor Latente del Vapor (λ_{V1LAC}^V) [KJ/Kg]	Cp [KJ/(Kg.°C)]
Ácido Cítrico	0,278	61,17	2.354,83	3,585
Agua	0,722			

Segundo efecto (Presión P=0,1 bar)				
Fracción másica		Temperatura [°C]	Calor Latente del Vapor (λ_{V2LAC}^V) [KJ/Kg]	Cp [KJ/(Kg.°C)]
Ácido Cítrico	0,419	47,36	2.388,34	3,279
Agua	0,581			

Balance en el 1º efecto:

$$(1) \quad vac2 \cdot \lambda_{vac2}^V + LAC_{simp} \cdot Cp_{alim} \cdot (T_{ent} - T_{(P=0,2 \text{ bar})}) = V1_{LAC} \cdot \lambda_{V1LAC}^V$$

Balance en el 2º efecto:

$$(2) \quad V1_{LAC} \cdot \lambda_{V1LAC}^V + (LAC_{simp} - V1_{LAC}) \cdot Cp_{(P=0,1 \text{ bar})} \cdot (T_{(P=0,2 \text{ bar})} - T_{(P=0,1 \text{ bar})}) = V2_{LAC} \cdot \lambda_{V2LAC}^V$$

Cantidad total de masa de vapor eliminado:

$$(3) \quad V1_{LAC} + V2_{LAC} = V_{TOTAL} \rightarrow V2_{LAC} = V_{TOTAL} - V1_{LAC}$$

Del balance de masa se sabe que $V_{TOTAL} = 858.265 \frac{Kg}{mes}$

Si se reemplaza (3) en (2):

$$V1_{LAC} \cdot \lambda_{V1_{LAC}}^V + (LAC_{simp} - V1_{LAC}) \cdot Cp_{(P=0,1 bar)} \cdot (T_{(P=0,2 bar)} - T_{(P=0,1 bar)}) \\ = (V_{TOTAL} - V1_{LAC}) \cdot \lambda_{V2_{LAC}}^V$$

Y trabajando en la ecuación:

$$V1_{LAC} \cdot (\lambda_{V1_{LAC}}^V - Cp_{(P=0,1 bar)} \cdot (T_{(P=0,2 bar)} - T_{(P=0,1 bar)}) + \lambda_{V2_{LAC}}^V) \\ = V_{TOTAL} \cdot \lambda_{V2_{LAC}}^V - LAC_{simp} \cdot Cp_{(P=0,1 bar)} \cdot (T_{(P=0,2 bar)} - T_{(P=0,1 bar)})$$

$$V1_{LAC} = \frac{V_{TOTAL} \cdot \lambda_{V2_{LAC}}^V - LAC_{simp} \cdot Cp_{(P=0,1 bar)} \cdot (T_{(P=0,2 bar)} - T_{(P=0,1 bar)})}{(\lambda_{V1_{LAC}}^V - Cp_{(P=0,1 bar)} \cdot (T_{(P=0,2 bar)} - T_{(P=0,1 bar)}) + \lambda_{V2_{LAC}}^V)}$$

Reemplazando por los valores:

$$\left\{ \begin{array}{l} LAC_{simp} = 1.260.564 \text{ Kg/mes} \\ V_{TOTAL} = 858.265 \text{ Kg/mes} \\ \lambda_{V2_{LAC}}^V = 2.388,34 \text{ KJ/Kg} \\ \lambda_{V1_{LAC}}^V = 2.354,83 \text{ KJ/Kg} \\ Cp_{(P=0,1 bar)} = 3,279 \text{ KJ/(Kg} \cdot \text{°C)} \\ T_{(P=0,2 bar)} = 61,17 \text{ °C} \\ T_{(P=0,1 bar)} = 47,36 \text{ °C} \end{array} \right.$$

$$\boxed{V1_{LAC} = 424.179 \text{ Kg/mes}}$$

Resolviendo la ecuación (3):

$$V2_{LAC} = V_{TOTAL} - V1_{LAC}$$

$$\boxed{V2_{LAC} = 434.086 \text{ Kg/mes}}$$

Resolviendo la ecuación (1):

$$vac2 \cdot \lambda_{vac2}^V + LAC_{simp} \cdot Cp_{alim} \cdot (T_{ent} - T_{(P=0,2 bar)}) = V1_{LAC} \cdot \lambda_{V1_{LAC}}^V$$

$$vac2 = \frac{V1_{LAC} \cdot \lambda_{V1_{LAC}}^V - LAC_{simp} \cdot Cp_{alim} \cdot (T_{ent} - T_{(P=0,2 bar)})}{\lambda_{vac2}^V}$$

Reemplazando por los valores:

$$\left\{ \begin{array}{l} LAC_{simp} = 1.260.564 \text{ Kg/mes} \\ V1_{LAC} = 441.760 \text{ Kg/mes} \\ \lambda_{vac2}^V = 2.159,1 \text{ KJ/Kg} \\ \lambda_{V1_{LAC}}^V = 2.354,83 \text{ KJ/Kg} \\ Cp_{alim} = 3,59 \text{ KJ/(Kg} \cdot \text{°C)} \\ T_{ent} = 40 \text{ °C} \\ T_{(P=0,2 \text{ bar})} = 61,17 \text{ °C} \end{array} \right.$$

$$vac2 = 507.042 \text{ Kg/mes}$$

Entonces:

$$Q_{1e} = vac2 \cdot \lambda_{vac2}^V = 507.042 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}} \cdot 2.159,1 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \cdot \frac{1 \text{ MJ}}{1000 \text{ KJ}}$$

$$Q_{1e} = 1.094.754 \frac{\text{MJ}}{\text{mes}}$$

$$Q_{2e} = V1_{LAC} \cdot \lambda_{V1_{LAC}}^V = 424.179 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}} \cdot 2.354,83 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \cdot \frac{1 \text{ MJ}}{1000 \text{ KJ}}$$

$$Q_{2e} = 998.870 \frac{\text{MJ}}{\text{mes}}$$

Cabe indicar que se busca que la corriente del licor con ácido cítrico concentrado tenga una temperatura menor a la de salida del efecto 2, es por ello que se necesita un condensador que intercambie energía para que el fluido esté a 25 °C.

$$Q_{cond} = LAC_{e2} \cdot Cp_{e2-sal} \cdot (T_{P=0,1 \text{ bar}} - T_{sal_{LAC}})$$

Reemplazando por los valores:

$$\left\{ \begin{array}{l} LAC_{e2} = 1.260.564 \text{ Kg/mes} \\ Cp_{e2-sal} = 2,601 \text{ KJ/(Kg} \cdot \text{°C)} \\ T_{(P=0,1 \text{ bar})} = 47,36 \text{ °C} \\ T_{sal_{LAC}} = 25 \text{ °C} \end{array} \right.$$

$$Q_{cond} = -23.397 \frac{\text{MJ}}{\text{mes}} \text{ (cedido por el licor con ácido cítrico concentrado)}$$

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
LAC_simp	1.260.564	Kg/mes	LAC_e2	402.299	Kg/mes
T_ent1=	40	°C	T_sal_e2=	47,36	°C
T_vs_ent_1e=	135	°C	T_sal_LAC =	25	°C
vac2=	507.042	Kg/mes	vaf2	1.365.307	Kg/mes
Q_ev_1e=	1.094.754	MJ/mes	V1_LAC	424.179	Kg/mes
Q_ev_2e=	998.870	MJ/mes	V2_LAC	434.086	Kg/mes

6.2.11. CRISTALIZACIÓN



6.2.11.1. BALANCE DE MASA

Una vez evaporado, el licor con ácido cítrico ingresa al cristalizador, donde el producto buscado cristaliza y queda en la solución con el licor madre (LM2).

Se supone un rendimiento del 100% del equipo.

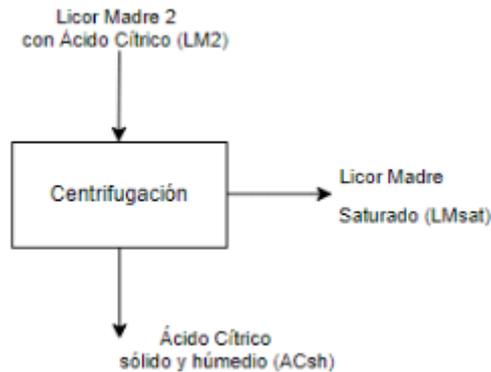
$$LAC_{e2} = LM_2$$

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
LAC_e2	402.299	Kg/mes	ACC	350.000	Kg/mes
LAC_rec	80.460	Kg/mes	LM2 (con AC)	402.299	Kg/mes
x_Recirculación	0,2				

6.2.11.2. BALANCE DE ENERGÍA

Se considera que no hay transferencia de calor en esta etapa.

6.2.12. CENTRIFUGACIÓN



6.2.12.1. BALANCE DE MASA

En esta operación, suponiendo un rendimiento del equipo del 100%, se separa el licor madre saturado (LMsat) de los cristales de ácido cítrico (ACsh).

Por bibliografía, se indica que el ácido cítrico en cristales es higroscópico y tiene una fracción de humedad, x_{AgACs} : 0,05.

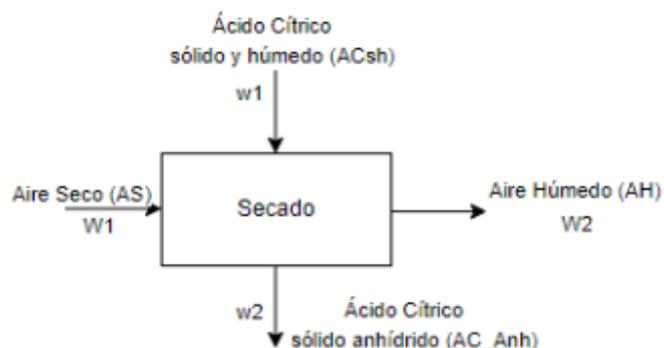
$$LM_2 = LM_{sat} + AC_{sh}$$

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
ACC	350.000	Kg/mes	LMsat	33.878	Kg/mes
LM2 (con AC)	402.299	Kg/mes	ACsh	368.421	Kg/mes

6.2.12.2. BALANCE DE ENERGÍA

Se considera que no hay transferencia de calor en esta etapa.

6.2.13. SECADO



6.2.13.1. BALANCE DE MASA

La masa de ácido cítrico se seca hasta estar anhidro. Los 350 000 Kg/mes tienen una humedad del 5%

Se considera que el equipo es adiabático y se utiliza el diagrama psicrométrico.

$$AS + m_{AgACs} = AH$$

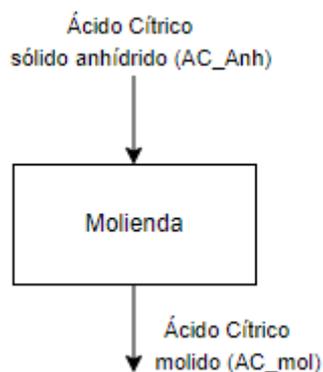
Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
ACsh	368.421	Kg/mes	AC_Anh	350.000	Kg/mes
AS	1.130.126	Kg/mes	AH	1.148.547	Kg/mes
m_AgACs	18.421	Kg/mes			

6.2.13.2. BALANCE DE ENERGÍA

$$AS \cdot H_{AS1} + AC_{sh} \cdot H_{ACsh} = AC_{Anh} \cdot H_{ACAnh} + AH \cdot H_{AS2}$$

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
ACsh	368.421	Kg/mes	AC_Anh	350.000	Kg/mes
m_AgACs	18.421	Kg/mes			
T_ent_Acsh	25	°C	T_sal_AC_Anh	40	°C
T_AS	80	°C	T_sal_AH	40	°C
AS	1.130.126	Kg/mes	AH	1.148.547	Kg/mes
			Q_p_sec=	-4.477	MJ/mes

6.2.14. MOLIENDA



6.2.14.1. BALANCE DE MASA

Se considera un rendimiento del equipo del 100%

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
AC_Anh	368.421	Kg/mes	AC_mol	350.000	Kg/mes

6.2.14.2. BALANCE DE ENERGÍA

Se considera que no hay transferencia de calor en esta etapa.

6.2.15. ENVASADO

Para la venta del producto se decidió ofrecer al mercado presentaciones de 25 Kg.



6.2.15.1. BALANCE DE MASA

Se considera un rendimiento del equipo del 100%. Se arman sacos de 25 Kg para la venta.

Corrientes de Ingreso			Corrientes de Egreso		
AC_mol	368.421	Kg/mes	Sacos	14.000	sacos/mes

6.2.15.2. BALANCE DE ENERGÍA

Se considera que no hay transferencia de calor en esta etapa.

6.3.GLOSARIO

NOMENCLATURA	
MF_f	Melaza filtrada
x_sac1	Fracción de sacarosa en la MF
MF_f	Melaza filtrada para la fermentación
MF_pf	Melaza filtrada para la prefermentación
MF (total)	Melaza total (para pre y fermentación)
MD_f	Melaza diluida para la fermentación
MD_pf	Melaza diluida para la prefermentación
x_sac2	Fracción de sacarosa en la MD
vac1	Vapor de agua caliente en esterilización
ME_f	Melaza esterilizada para la fermentación
ME1	Melaza esterilizada para la prefermentación
Nut	Nutrientes
In	Inóculo
AE	Aire esterilizado
Ar2_f	Agua fría (entrada) de refrigeración para prefermentación
Ar2_c	Agua caliente (salida) de refrigeración para prefermentación
CO ₂ _pf	Dioxido de carbono prefermentación
Biomasa_pf	Biomasa de prefermentación
Agua_pf	Agua de prefermentación
Inp	Inóculo prefermentado
O ₂	Oxígeno necesario para la fermentación
CO ₂	Dióxido de carbono
Ar1_total	Agua fría (entrada) de refrigeración para fermentación
Ar1_total (caliente)	Agua caliente (salida) de refrigeración para fermentación
CO ₂	Dióxido de carbono fermentación
Biomasa	Biomasa de fermentación
Agua_ferm	Agua de fermentación
Acsf	Ácido cítrico en suspensión fermentada
SF	Suspensión fermentada
MR	Melaza residual
Agua_f	Agua a filtrar (formada en la pre y fermentación)
Torta1 - Biomasa	Torta de filtrado 1 (biomasa)
LPF	Licor post-fermentativo
Ag_fil1	Agua filtrada 1
Ag_tor1	Agua retenida por la torta
HiCa	Hidróxido de calcio
Imp_HiCa	Impurezas del hidróxido de calcio
x_Acsf	fracción del ácido cítrico en la suspensión fermentada
LCC	Licor con Citrato de Calcio
CitCa	Citrato de Calcio
Ag_l	Agua formada por la reacción de lechada
LM1	Licor madre 1

Ag_fil2	Agua filtrada 2
CitCa_hum	Citrato de Calcio húmedo con agua filtrada 2
AcS	Ácido sulfúrico
Ag_AcS	Agua del ácido sulfúrico
AC_cr	Ácido cítrico formado de reacción de craqueo
ACD	Ácido cítrico en agua
SuCa	Sulfato de calcio
SuCa_ent_f3/_sal_f3	Sulfato de calcio entrando y saliendo del filtro
LAC	Licor con Ácido Cítrico
Cat + Imp	Cationes + Impurezas
LAC_simp	Licor con Ácido Cítrico sin impurezas
x_AC1	Fracción de ácido cítrico en el licor
vac2	vapor de agua caliente en evaporación
vaf2	vapor de agua fría en evaporación
LAC_e2	Licor con ácido cítrico salido del efecto 2 del evaporador
LAC_rec	Licor con Ácido Cítrico recirculado
x_Recirculación	fracción de LAC recirculado
ACC	Ácido Cítrico Cristalizado
LM2 (con AC)	Licor madre 2 con los cristales de Ácido Cítrico
LMsat	Licor madre saturado
ACsh	Ácido Cítrico (sólidos húmedos)
AS	Aire seco
m_AgACs	Agua en los sólidos de Ácido Cítrico
AC_Anh	Ácido Cítrico anhidro
AH	Aire húmedo
AC_mol	Ácido Cítrico molido

6.4. BIBLIOGRAFÍA

Luciana P. S. Vandenberghe, Carlos R. Soccol, Ashok Pandey and Jean-Michel Lebeault.. *"Microbial Production of Citric Acid"*.

Wolfgang H., Laboratory for Waste Management, et. al., *"Chemical Thermodynamics of Compounds and Complexes of U, Np, Pu, Am, Tc, Se, Ni and Zr with selectec organic ligands"*, Pub: Elsevier, Año: 2005

Calor específico del agua entre 0 °C y 100 °C - www.vaxasoftware.com

Calculadora: Tabla de Vapor Saturado por Temperatura o presión

<https://www.tlv.com/global/LA/calculator/steam-table-temperature.html>

Entalpías normales o estándar de formación, $\Delta H_o f$, en kJ/mol

<https://www.quimitube.com/wp-content/uploads/2013/04/Tabla-entalpias-estandar-formacion-compuestos-organicos-e-inorganicos.pdf>

Entalpías estándar de formación de algunos nitratos metálicos y combustibles

https://www.researchgate.net/figure/Standard-Enthalpies-of-Formation-for-Some-Metal-Nitrates-and-Fuels_tbl1_307969993

7. DISEÑO DE EQUIPOS

7.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realiza el diseño de tres equipos necesarios para el desarrollo del proceso productivo. Los elegidos son:

- Esterilizador
- Fermentador
- Evaporador

También, se dimensionan los tanques de almacenamiento y se selecciona por catálogo el resto de los equipos necesarios.

Para los equipos principales, el material de construcción debe ser acero inoxidable, ya que el proceso debe garantizar la seguridad del producto, eliminando cualquier riesgo de contaminación física, química y microbiológica.

Para los tanques de almacenamiento, se seleccionan materiales que cumplan con los requisitos de los componentes a depositar.

7.2. DISEÑO DEL ESTERILIZADOR

Dado que en el presente trabajo se diseña un proceso biotecnológico cuyo producto final pertenece a las industrias alimenticia y farmacéutica, es imprescindible contar con un excelente sistema de esterilización.

Además, como se ha mencionado en capítulos anteriores, las etapas de pre y fermentación son las que más influencia tienen en el rendimiento final del proceso, por lo cual son las que requieren mayores cuidados. Al trabajar en un medio propicio para el crecimiento de microorganismos patógenos y/o contaminantes, es menester mantener perfectamente esterilizadas estas etapas, cuidando a la vez el crecimiento del *Aspergillus niger*.

7.2.1. DESARROLLO

Se emplea un sistema continuo de esterilización, que reduce las probabilidades de daño al medio y al microorganismo mientras que alcanza altos niveles de eficiencia, comparado con un equipo de tipo discontinuo. Además, las cantidades de vapor necesarias y su temperatura de ingreso son menores, ya que el líquido entrante se pre-calienta con el líquido saliente (esterilizado) antes de pasar por el intercambiador de calor, como se puede apreciar en el siguiente diagrama:

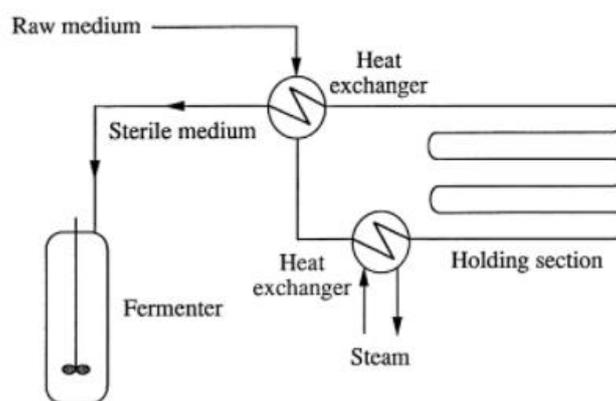


Figura 54 - Fuente: Pauline M. Doran, Bioprocess Engineering Principles, Second Edition

En primer lugar, se fijan ciertos parámetros, basados en la disponibilidad del mercado local y en la bibliografía. Se define, entonces, que la longitud de los tubos L será de 48 m y la velocidad lineal de flujo v es de 720 m/h. Por otro lado, el objetivo de la esterilización es eliminar la mayor cantidad de microorganismos contaminantes, pero se selecciona uno en particular como referencia para obtener los valores cinéticos de su deceso por ser el más dañino y difícil de eliminar. Se trata de *Aerothermófilos*, microorganismos que resisten a altas temperaturas y cuyos valores para la constante de Arrhenius y energía de activación para la muerte de las células se presentan más adelante.

El objetivo del diseño es encontrar una combinación de valores de velocidad de flujo, diámetro y largo de tubería para alcanzar un número de Reynolds superior a $2 \cdot 10^4$.

Para comenzar, se proponen temperaturas para calcular k_d , la constante específica de muerte del microorganismo que se desea eliminar:

$$k_d = A \cdot e^{-\frac{E_d}{R \cdot T}}$$

Donde:

- $E_d = 67.700 \text{ cal/mol}$
- $A = 5,7 \cdot 10^{39} 1/h$
- $R = 1,987 \text{ cal/(K} \cdot \text{mol)}$

De esta manera, se obtiene que $T = 129 \text{ }^\circ\text{C}$ y $k_d = 914,17 1/h$.

Con este dato se define el caudal másico y las temperaturas de entrada y salida del vapor, empezando por definir a qué temperatura ingresa la melaza contaminada mediante un balance. La energía térmica que recibe esta corriente es la misma, con el signo cambiado, que la entregada por la corriente de melaza esterilizada. Así, se obtiene que la melaza ingresa al esterilizador a una temperatura de $79,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Definimos, a su vez, que la temperatura de ingreso del vapor saturado al equipo es de $135 \text{ }^\circ\text{C}$. Con ello se determina que el caudal necesario de vapor será de $3,06 \text{ Kg/h}$.

Por otro lado, se puede calcular:

$$Da = \frac{k_d \cdot L}{v} \rightarrow Da = 60,94$$

Se trata de un adimensional, un número de Damköhler.

Además, de bibliografía se define la relación entre la cantidad de microorganismos presentes en el medio antes (1) y después de pasar por el proceso de esterilización (2):

$$\frac{N_2}{N_1} = 10^{-17}$$

Conociendo este dato y el calculado previamente, se obtiene el tiempo que debería permanecer dentro del equipo la melaza contaminada para alcanzar la temperatura de esterilización propuesta y que resulte eficiente el proceso:

$$t = \frac{\ln\left(\frac{N_1}{N_2}\right)}{k_d} \rightarrow t \approx 3 \text{ min}$$

Con estos datos se ingresa al gráfico y se obtiene el número de Peclet $Pe = 70$. Es un número bajo, que representa una gran dispersión axial. Esto provoca menos eficiencia de esterilizado. Sin embargo, se encuentra dentro de los rangos más comunes, según la bibliografía⁷.

⁷ Valores deseados entre 20 y 200.

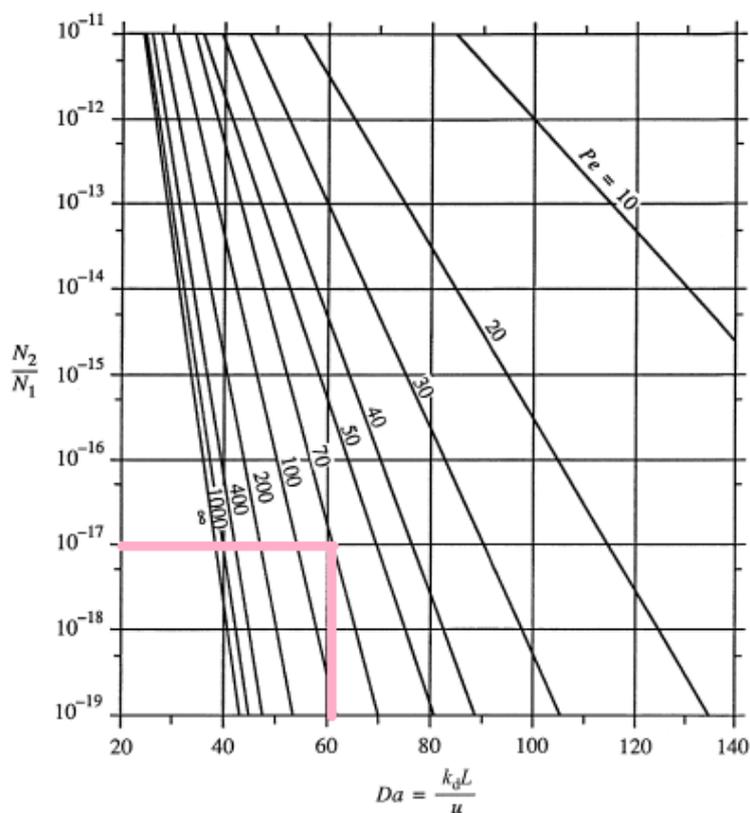


Figura 55 - Fuente: Pauline M. Doran, Bioprocess Engineering Principles, Second Edition

Por ende:

$$Pe = \frac{v \cdot L}{Dz} \rightarrow Dz = \frac{v \cdot L}{Pe} \rightarrow Dz = 493,71 \frac{m^2}{h}$$

Siendo Dz el coeficiente de dispersión axial.

Como anteriormente se definió un valor para la velocidad lineal del flujo y el caudal es conocido, se puede calcular un diámetro para la tubería:

$$v = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot v}} \rightarrow D = 0,1 m$$

$$Di = 4 in$$

Con todos estos datos, puedo ingresar al siguiente gráfico experimental y obtener el valor del Reynolds:

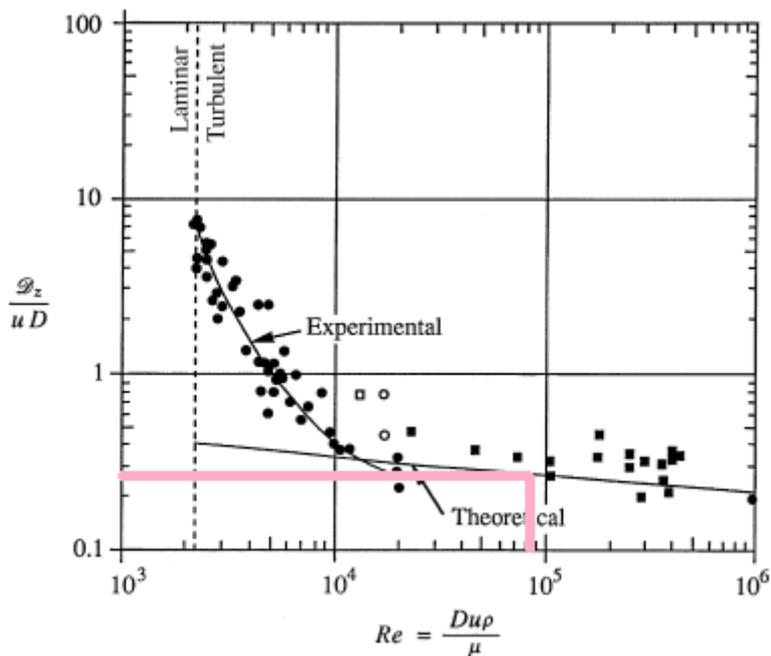


Figura 56 - Fuente: Pauline M. Doran, Bioprocess Engineering Principles, Second Edition

Se obtiene que $Re = 85.000$, por lo que se considera que el esterilizador diseñado es adecuado para los requerimientos del proceso.

7.2.2. HOJA DE ESPECIFICACIONES

EQUIPO: Esterilizador				
Cliente			Obra núm.:	
Dirección			Solicitud de Cotización Num:	
Localización de la planta:		Parque Ind. de Tucumán	Fecha:	
Cantidad de equipos:		1	Tag:	
Dimensiones del equipo				
Dimensiones totales (ext.):	4,5 m x 1,9 m x 1,88 m	Tiempo de operación total	15	min
Material de construcción:	Acero Inoxidable (304)	Tiempo en "holding section"	3	min
Dimensiones de la tubería				
Diámetro interno: 4"	Espesor: 0,237"	Largo de tubería	48	m
Sistema de calefacción				
Circulación	Por carcasa	Cantidad de fluido	412,7	Kg/h
Fluido de calefacción	Vapor de agua saturado	Temperatura	135	°C
Dimensiones de carcasa: 3,375 m x 0,70 m x 0,95 m		Espesor de chapa:	3/4	pulg
Otras especificaciones				
Flujo de melaza a procesar:	6.154,26	Kg/h	Temperatura final	129 °C
Potencia	12	KW	Sistema de control de temperatura (melaza)	



Figura 57 - Fuente: Equipo esterilizador, marca Shanghai Changlong

7.3. DISEÑO DEL FERMENTADOR

La fermentación, como se ha mencionado previamente, es la operación unitaria más importante del proceso y, por ende, la que más influencia tiene en el rendimiento final. Hay dos factores primordiales dentro de este diseño: el sistema de aireación y el de refrigeración. Es imprescindible la presencia constante y elevada de oxígeno para que el microorganismo pueda producir el ácido cítrico y también, para que ello ocurra, debe darse un ambiente propicio para su desarrollo, lo cual se consigue con una temperatura de alrededor de 30 °C.

Resulta menester, por el tipo de proceso y el producto buscado, realizar una limpieza de los fermentadores (y prefermentadores) cada vez que se finaliza un batch. La operación será tercerizada, una vez por semana habrá un servicio de limpieza CIP en cada tanque, empleando alternadamente soluciones de ácido fosfórico e hidróxido de sodio. Asimismo, cuando sea necesario, se sumará un servicio de limpieza mecánica con cepillos y detergentes adecuados.

7.3.1. DESARROLLO

Se define que tanto los fermentadores como los prefermentadores estarán ubicados en una zona apartada dentro de la planta y se construirán con acero inoxidable.

En este caso, se diseña el fermentador, que es 10 veces más grande que el prefermentador.

Es necesario dimensionar el tanque, diseñar el sistema de refrigeración y de agitación y aireación para definir las características del equipo. Retomando lo abordado en el "*Capítulo 5: Descripción de proceso*", se eligió el agitador Air Lift, que genera el movimiento del fluido mientras se incorpora el aire. Se tiene en cuenta el requerimiento de esterilizar todos los componentes que ingresan al equipo.

Al ser una fermentación aerobia, se produce dióxido de carbono, que es liberado al medio ambiente a través de un venteo (válvula de alivio)

colocado en el reactor para mantener la presión normal.⁸ La misma se acciona cuando la presión supera los 50 psi y la boca de descarga tiene que ser de ¼".

7.3.1.1. DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE

El dimensionamiento del tanque indica cuales son los espesores de las chapas con los que se debe construir, realizando una discriminación entre cuerpo, techo y fondo del mismo. Además, deben considerarse los espesores mínimos de chapa necesarios para su construcción, el material con su especificación, grado y esfuerzo mínimo de tensión.

Las normas con que se rigen los depósitos son las API.

Espesores mínimos para tanques de acero considerando estabilidad elástica:

TANQUE DE ACERO		TANQUE DE ALUMINIO	
D	t	D	t
< 50'	3/16"	< 20'	3/16"
50' a 120'	1/4"	20' a 120'	1/4"
> 120' a 200'	5/16"	> 120' a 200'	5/16"
> 200'	3/8"		

Tabla 177 - Fuente: Cátedra de Mecánica-Eléctrica-Industrial, UTN FRA

Para comenzar el dimensionamiento del tanque es necesario conocer el volumen de melaza necesario para la operación. Del "Capítulo 6: Balances de masa y energía", se utilizan los datos de masa de melaza diluida ($ME_f = 2.685.496 \text{ Kg/mes}$) y su densidad ($d_{\text{melaza diluida}} = 1,083 \text{ Kg/L}$), y por lo tanto, el volumen de melaza necesario para la fermentación es:

$$V_{ferm} = \frac{ME_f}{d_{\text{melaza diluida}}} = \frac{2.685.496 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}}}{1,083 \frac{\text{Kg}}{\text{L}} \cdot 1.000 \frac{\text{L}}{\text{m}^3}}$$

$$V_{ferm} = 2.480 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

⁸ Válvulas de alivio de presión, marca Parr.

Durante un mes, se harán 4 ciclos de fermentación, quedando un volumen por ciclo igualado a:

$$V_{ferm} = 620 \frac{m^3}{ciclo}$$

Por catálogo se consiguen biorreactores de volumen $V = 120 m^3$. Entonces, la cantidad de fermentadores necesaria es:

$$\frac{V_{ferm}}{V} = \frac{620 \frac{m^3}{ciclo}}{120 m^3} = 5,2 \text{ (redondeando)} = 6$$

Para el tanque cilíndrico de $V = 120 m^3$ se utiliza una relación diámetro altura de $H = 2,5 \cdot D$. Además, sabiendo que un tanque cilíndrico tiene un volumen $V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H$:

$$D = \sqrt[3]{\frac{V \cdot 4}{\pi \cdot 2,5}} = \sqrt[3]{\frac{120 m^3 \cdot 4}{\pi \cdot 2,5}} = 3,94 m$$

Expresado en pie:

$$D = 3,94 m \cdot 3.281 \frac{pie}{m} = 12,92 pie$$

De esta manera, la altura queda:

$$H = 2,5 \cdot D = 9,85 m$$

Cambiando las unidades:

$$H = 9,85 m \cdot 3.281 \frac{pie}{m} = 32,31 pie$$

- Esfuerzos permisibles para el tanque de acero.
 - Acero de especificación: A-240 M
 - Esfuerzo mínimo de tensión $S_r = 75.000$ psi

PROPIEDADES MECÁNICAS: (SEGÚN ASTM A240, A666)

Tipo	Límite elástico 0,2 % compensación (KSI)	Resistencia a la tracción (KSI)	% de elongación (longitud de calibre de 2")
Recocido 304	30 min.	75 mín.	40 min.

Tabla 18 - Fuente: NKS-ASTM

➤ Consideraciones

- Tensión de cálculo S con coeficiente de seguridad 3

$$S = \frac{S_r}{3} = \frac{75.000 \text{ psi}}{3} = 25.000 \text{ psi}$$

➤ Cálculo de espesor de las virolas (cuerpo del tanque)

Como la densidad del fluido es mayor que la del agua y la densidad relativa a esta última es mayor a 1, la ecuación utilizada es:

$$t_{\text{virola}} = [2,6 \cdot D \cdot (H - 1 \text{ pie}) \cdot G / (2 \cdot E \cdot S)] + C$$

Donde:

- t_{virola} = espesor de diseño del cuerpo en pulgadas
- D = diámetro nominal del tanque en pie
- H = altura desde el fondo hasta la parte más alta del tanque en pie
- G = peso específico del líquido relativo al agua, adimensional
- E =
eficiencia de soldadura, adimensional (dep. del tipo de sold. y radiografiado)
- S = tensión admisible del material a la temperatura de trabajo en psi
- C = tolerancia de corrosión en pulgadas

Para el caso del tanque de fermentación se considera que:

- $D = 12,92 \text{ pie}$
- $H = 32,31 \text{ pie}$
- $G = 1,085$
- $E = 0,85$
- $S = 25.000 \text{ psi}$

- $C = 0,20 \text{ in}^9$

$$t_{virola} = \left[2,6 \cdot 12,92 \text{ pie} \cdot (32,31 \text{ pie} - 1 \text{ pie}) \cdot \frac{1,085}{2 \cdot 0,85 \text{ in} \cdot 25.000 \text{ psi}} \right] + 0,20$$

$$t_{virola} = 0,23 \text{ in}$$

Se elige un espesor de chapa de 1/4"

- Cálculo de espesor del techo tipo domo
 - Espesor de plancha entre 3/16" y 1/2" excluyendo la tolerancia por corrosión.
 - Requisitos a cumplir:

$$\text{Radio mínimo} = 0,8 \cdot D = Rr_{\min}$$

$$\text{Radio máximo} = 1,2 \cdot D = Rr_{\max}$$

La ecuación para hallar el espesor del techo es:

$$t_{techo} = \left(\frac{Rr}{200} \right) + C \cdot A \geq 3/16"$$

Donde:

- t_{techo} = espesor mínimo en pulgadas
- D = diámetro del tanque en pie
- Rr = radio del techo en pie
- C = tolerancia de corrosión en pulgadas
- $A = D \cdot R/1500$ = área en pulg^2

Para el caso del tanque de fermentación se considera que:

- $D = 12,92 \text{ pie}$
- $Rr_{\min} = 10,34 \text{ pie}$
- $Rr_{\max} = 15,51 \text{ pie}$
- $C = 0,20 \text{ in}$
- $A_{\min} = \frac{(12,92 \text{ pie} \cdot 10,34 \text{ pie})}{1500} = 0,089 \text{ in}^2$
- $A_{\max} = \frac{(12,92 \text{ pie} \cdot 15,51 \text{ pie})}{1500} = 0,134 \text{ in}^2$

⁹ "...los aceros inoxidables se oxidan, pero en vez de óxido común, lo que se forma en la superficie es una tenue película de óxido de cromo muy densa que constituye una coraza contra los ataques de la corrosión. Si se elimina esta película de óxido de cromo que recubre los aceros inoxidables, se vuelve a formar inmediatamente al combinarse el cromo con el oxígeno de la atmósfera ambiente." Acerind, Inoxidable Punto Com S.A.

$$t_{techo-Rrmin} = \left(\frac{10,34}{200}\right) + 0,20 \cdot 0,089 = 0,070 \text{ in}$$

$$t_{techo-Rrmax} = \left(\frac{15,51}{200}\right) + 0,20 \cdot 0,134 = 0,104 \text{ in}$$

Se elige un espesor de chapa de 1/4"

Se selecciona un espesor de chapa del techo mayor al que podría adecuarse (3/16") para evitar un incremento en los costos de fabricación de los tanques.

➤ Cálculo de espesor del fondo

Según la norma indicada en la bibliografía, teniendo en cuenta los problemas de soldadura y corrosión, el espesor mínimo nominal de las planchas para construir el fondo del tanque debe ser de 1/4".

7.3.1.2. SISTEMA DE AGITACIÓN Y AIREACIÓN

En el balance de masa se definió cuál es el caudal de aire necesario para esta operación, que expresado en m³/h equivale a 2.035,3. Sin embargo, el equipo seleccionado aportará al menos un 20% más de aire del requerido para asegurar que la presión siempre cumpla con las exigencias del proceso.

El filtro que se coloca en la entrada del aire tiene una constante de 9,8¹⁰ y se propone reducir la cantidad de microorganismos en el orden de 10⁵. Empleando la siguiente ecuación se calcula la longitud mínima de filtro:

$$\ln\left(\frac{N_0}{N_s}\right) = K \cdot L \rightarrow L = \frac{\ln(10^5)}{9,8} \rightarrow L = 1,17m$$

Se emplearán dos filtros de 1,2 metros para asegurar un buen resultado, incluso si uno de ellos no pudiera funcionar.

Para el ingreso del aire al fermentador, se utiliza un agitador tipo Air Lift que lo incorpora a medida que agita la mezcla.

Para el diseño del equipo, se selecciona por catálogo un agitador de este tipo, teniendo en cuenta las dimensiones del equipo.

¹⁰ De bibliografía.

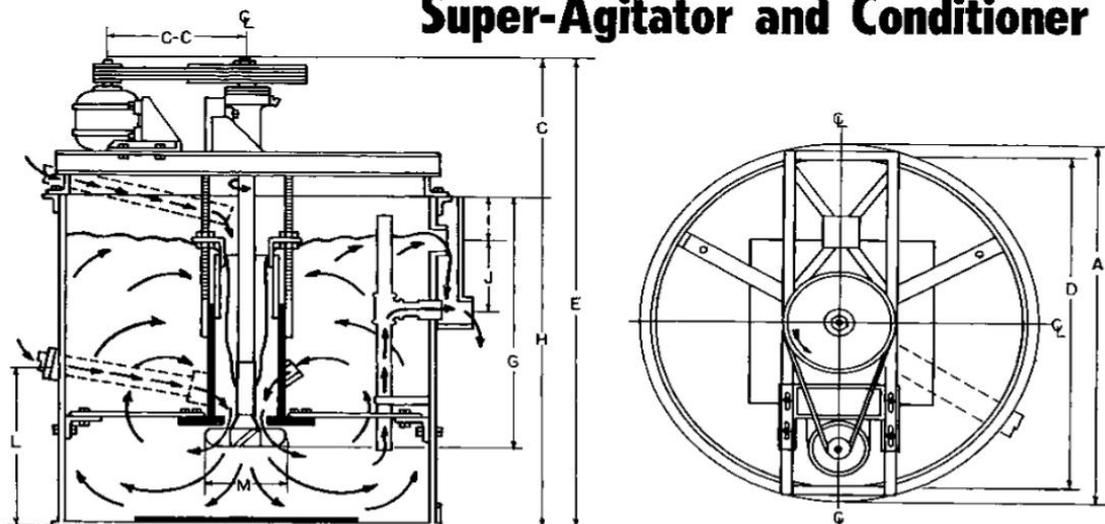
Diseño del agitador Air lift	
V_tanque	4.237,8 pie ³
D	12,92 pie
H	32,31 pie

Machine Size*	Tank Capacity Cubic Feet		Overall*** Dimensions		Moto H.P.	Approx. Ship. Wt., Lbs.			
	**Wood	Steel	Dia.	Ht.		—Tank—		-Mechanism-	
						Wood	Steel	Belt	Motor
3 x3'	14.4	21.2	3'4"	4'11"	1	190	190	475	500
4'x4'	38.1	50.3	4'4"	6'2"	1½	330	425	680	700
5'x5'	78.8	98.1	5'5"	7'3"	2	520	670	750	800
6'x6'	141.4	169.6	6'6"	8'3"	3	760	950	950	1000
7'x7'	230.6	269.4	7'6"	9'6"	3	1030	1360	1200	1250
8'x8'	351.1	402.2	8'6"	10'9"	5	1400	1790	1350	1400
10'x10'	704.0	785.4	10'7"	12'9"	5	3300	3584	1750	1850
12'x12'	1241.0	1357.2	12'7"	16'0"	7½	4700	6100	2450	2600
14'x14'	1996.0	2155.2	14'8"	18'6"	7½	6500	7800	2850	3050
16'x16'	2906.0	3216.9	16'8"	20'8"	10	8570	14320	3500	3700
18'x18'	4233.0	4580.5	18'10"	22'8"	10	11243	17660	4350	4750
20'x20'	5853.0	6283.2	20'10"	25'0"	15	14245	23400	5100	5475

*Machines 14 x14' and larger built with air-lifts.
 **Tanks 10'x10' and larger with 3" staves.
 ***For V-belt driven agitator with steel tanks.

Figura 54 - Fuente: 991 Metallurgist

Super-Agitator and Conditioner



Super-Agitator and Conditioner

www.911metallurgist.com

SPECIFICATIONS

Size DxH	A	C	C-C	E	G	I	J	L	M	Feed Pipe
3'x 3'	3'- 4 $\frac{1}{8}$ "	1'-10 $\frac{1}{2}$ "	1'-10"	4'-10 $\frac{1}{2}$ "	2'- 3"	5"	8"	1'-8"	1'-0"	3"
4'x 4'	4'- 4 $\frac{1}{4}$ "	2'- 1 $\frac{3}{4}$ "	1'- 7"	6'- 1 $\frac{3}{4}$ "	2'-10"	6"	10"	2'-1 $\frac{1}{2}$ "	1'-0"	3"
5'x 5'	5'- 5 $\frac{1}{4}$ "	2'- 2 $\frac{1}{2}$ "	1'-10"	7'- 2 $\frac{1}{2}$ "	3'- 8"	8"	1'- 0"	2'-6 $\frac{1}{10}$ "	1'-3"	4"
6'x 6'	6'- 6 $\frac{1}{4}$ "	2'- 2 $\frac{1}{2}$ "	1'-10"	8'- 2 $\frac{1}{2}$ "	4'- 6"	9"	1'- 2"	2'-8 $\frac{7}{8}$ "	1'-3"	4"
7'x 7'	7'- 6 $\frac{1}{4}$ "	2'- 5 $\frac{1}{2}$ "	2'-11"	9'- 5 $\frac{1}{2}$ "	5'- 3"	9"	1'- 3"	3'-1"	1'-6"	5"
8'x 8'	8'- 6 $\frac{1}{4}$ "	2'- 9"	2'-11"	10'- 9"	6'- 0"	9"	1'- 3"	3'-4 $\frac{3}{4}$ "	1'-6"	5"
10'x10'	10'- 7 $\frac{3}{8}$ "	2'- 9"	2'-11"	12'- 9"	7'- 6"	9"	1'- 4"	4'- $\frac{1}{2}$ "	2'-0"	6"
12'x12'	12'- 7 $\frac{3}{8}$ "	4'- 0"	4'- 0"	16'- 0"	9'- 0"	9"	1'- 4"	4'-7"	2'-6"	6"
14'x14'	14'- 8"	4'- 6"	4'- 8"	18'- 6"	10'- 6"	11"	1'- 7"	5'-3"	3'-0"	6"
16'x16'	16'- 8"	4'- 8"	4'- 1"	20'- 8"	12'- 0"	11"	1'-10"	6'-1"	3'-5"	8"
18'x18'	18'-10"	4'- 8"	4'- 6"	22'- 8"	13'- 0"	11"	2'- 1"	7'-5"	3'-6"	8"
20'x20'	20'-10"	5'- 0"	4'- 6"	25'- 0"	15'- 0"	11"	2'- 4"	8'-2"	3'-6"	10"

Figura 55 - Fuente: 991 Metallurgist

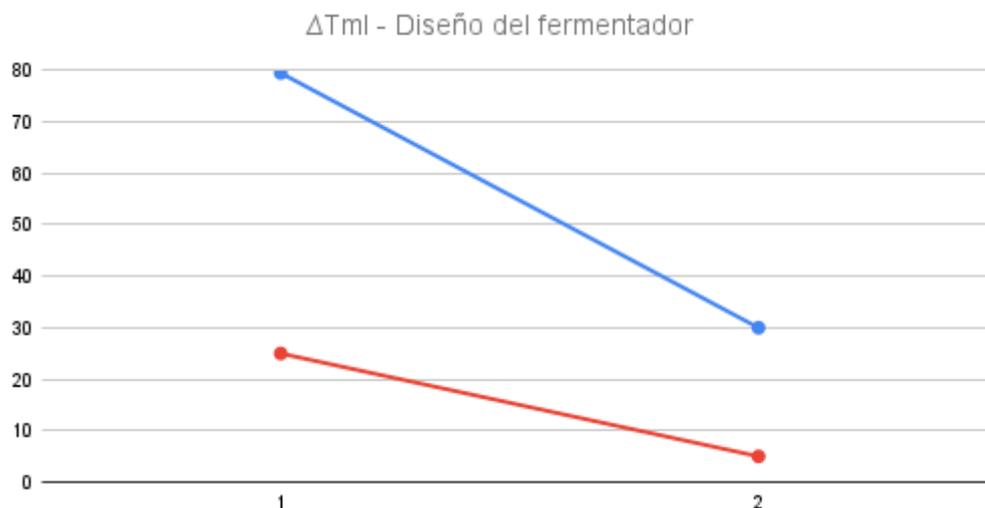
Teniendo en cuenta el diámetro del equipo, se determina que el tamaño de la máquina adecuado es 10'x10'. Se trata de un tamaño indicado para un volumen de tanque inferior al diseñado y, por ende, su potencia no sería suficiente para garantizar un correcto mezclado del medio. Sin embargo, al emplearse el sistema Air Lift, diseñado con un caudal de aire superior al necesario, se considera que el propio ingreso de aire al sistema genera cierta turbulencia que compensaría esa pequeña diferencia de potencia.

7.3.1.3. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El principal objetivo del sistema de refrigeración es acondicionar la melaza para la fermentación. Como antes de ingresar al reactor es sometida a un proceso de esterilización a altas temperaturas, es preciso disminuir el valor de este parámetro para que el hongo se pueda incorporar y así comenzar la reacción.

Se selecciona como sistema un serpentín interno, cuyo intercambio de energía térmica es mayor que el de una camisa o un sistema externo. Sin embargo, presenta la desventaja de sufrir incrustaciones, que deberán ser removidas regularmente. El líquido refrigerante será agua, que no presenta grandes riesgos de contaminación para el medio ambiente o peligros para las personas.

La melaza proviene de la etapa de esterilización a 79,5 °C, y su temperatura deberá bajar hasta los 30 °C. Para ello, como se mencionó anteriormente, se utiliza agua para refrigerar, que ingresa a 5 °C y sale a 25 °C. De esta manera, no sólo se logra descender la temperatura de la melaza hasta la temperatura requerida por el proceso, sino que luego se mantiene acondicionada (a 30 °C) gracias a la circulación de agua por el serpentín. Su diferencia de temperatura media logarítmica es:



$$\Delta T_{ml} = (\Delta T_1 - \Delta T_2) / \ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)$$

$$\Delta T_{ml} = 37,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Por teoría¹¹, se sabe que el valor de coeficiente pelicular de la melaza es:

$$h_{mc} = 928,9 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$$

Se toma este valor como si fuera el de todo el fluido a enfriar en el fermentador.

Para el caso del agua, se toma la correlación de Furman¹²:

$$h_{i\text{agua}} = 1423 \cdot (1 + 0,0146 \cdot T_{\text{agua}}) \cdot \left(\frac{v^{0,8}}{D^{0,2}}\right) \text{ en } \left[\frac{J}{m^2 \cdot s \cdot K}\right]$$

Los límites de aplicación de esta fórmula son:

- $0,3 \frac{m}{s} < v < 3 \frac{m}{s}$, donde $v = 1,97 \frac{m}{s}$
- $5 ^\circ C < t < 95 ^\circ C$, donde $t = T_{\text{agua}} = 15 ^\circ C$
- $0,01 m < D_i < 0,05 m$, donde $D_i = 3/4" = 0,019 m$

Donde Tagua es el valor promedio (15 °C):

$$h_{\text{agua}} = 6.585,8 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Para los cálculos del coeficiente total de transferencia, se tuvieron en cuenta las resistencias por ensuciamiento exterior, de la melaza¹³, e interior, del agua.

$$R_{\text{ensuc}} = 0,0002 (m^2 \cdot K)/W \quad R_{\text{agua}} = 0,0001 (m^2 \cdot K)/W$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{mc}} + \frac{1}{h_{\text{agua}}} + R_{\text{ensuc}} + R_{\text{agua}}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{928,9 \frac{W}{m^2 \cdot K}} + \frac{1}{6.585,8 \frac{W}{m^2 \cdot K}} + 0,0002 \frac{m^2 \cdot K}{W} + 0,0001 \frac{m^2 \cdot K}{W} = 0,0015 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$U = 654,3 \frac{W}{m^2 \cdot K} = 654,3 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Con el valor del coeficiente total de transferencia, la energía térmica transferida en el total de equipos (6) que se calculó en el "Capítulo 6: Balances de masa y energía" y la diferencia media logarítmica de

¹¹ James C. P. Chen, Chung Chi Chou, "Cane Sugar Handbook: A Manual for Cane Sugar Manufacturers and Their Chemists"

¹² Cátedra de Tecnología de la Energía Térmica, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda.

¹³ Revista Centro Azúcar, Determinación de los coeficientes de transferencia de calor en calentadores de jugo de caña. Vol 46, Enero-Marzo, 2019. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v46n1/2223-4861-caz-46-01-64.pdf>

temperatura, se calcula el área requerida para cada uno de los 6 serpentines:

$$A_{req} = \frac{Q_{sen-f 1}}{U \cdot \Delta T_{ml}}$$

Donde:

$$Q_{sen-f} = 955 \frac{MJ}{h} (Q \text{ sensible total e}$$

/ enfriamiento de melaza a 31°C y mantenimiento a 30 °C)

$$Q_{sen-f 1} = 955 \frac{MJ}{h} \cdot 1 \times 10^6 \frac{J}{MJ} \cdot \frac{1 h}{3600 s} \cdot \frac{1}{6}$$

$$Q_{sen-f 1} = 44.234 \frac{J}{s} (\text{energía transferida en c/ fermentador})$$

$$\Delta T_{ml} = 37,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$A_{req} = \frac{44.234 W}{654,3 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 37,9 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$A_{req} = 1,79 \text{ m}^2$$

Diseño del serpentín¹⁴	
A_req (en cada uno de los 6 fermentadores)	1,79 m²
Diámetro y longitud del serpentín	
Flujo de agua (Ar1_total) (dividido para los 6 fermentadores) ¹⁵	2.020 Kg/h
Velocidad (v)	1,97 m/s
Volumen específico del agua (v_esp)	0,001 m ³ /Kg
Caudal volumétrico del agua (Caud_Ar1)	0,00056 m ³ /s
Área seccional del serpentín requerido	0,00029 m ²
Diámetro del serpentín requerido (D_serp)	0,019 m
	0,75 pulg
Se tomar un serpentín de 3/4 " de diámetro interno	
Dimensiones:	
Diámetro interior del serpentín (NPS20) (di)	0,75 pulg
	0,019 m
Diámetro exterior del serpentín (de = 1,05 pulg)	0,027 m
Diámetro de hélice (Dh)	3,6 m
Paso ($p = 1,5 \cdot d_e$)	0,04001 m

¹⁴ Diseño de un intercambiador de calor de serpentín para el enfriamiento de acetona.
<https://www.camjol.info/index.php/NEXO/article/view/7988/7857>

¹⁵ Se calculó en el "Capítulo 6: Balances de masa y energía".

$\frac{L_{serp}}{N} = \sqrt{\frac{\pi \cdot D_h^2}{2} + p^2}$		$N = \frac{A}{\pi \cdot d_e \cdot L_{serp} / N}$	
Longitud del serpentín (Lserp)		Número vueltas teóricas (N) 4,7	
Número de vueltas reales del serpentín (n)		5	
Altura del serpentín (H_serp)		0,33	m

7.3.2. HOJA DE ESPECIFICACIONES

EQUIPO: Fermentador					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. de Tucumán		Fecha	
Cantidad de equipos:		6		Tag:	
Dimensiones del tanque					
Volumen:	120	m ³	Espesores de chapa	Cuerpo	1/4"
Diámetro:	3,94	m		Techo	1/4"
Altura:	9,85	m		Fondo	1/4"
Fluido almacenado	Medio de cultivo + Inóculo		Material de construcción:	Acero Inox (304)	
Cantidad total:	671.374	Kg/ciclo	Temperatura	30	°C
Tiempo de operación		120	h	Potencia requerida	210 KW
Sistema de refrigeración					
Tipo de sistema		Serpentín	Cantidad de fluido	1454577	Kg/ciclo
Fluido refrigerante		Agua	Temperatura media	15	°C
Dimensiones del serpentín (SCH-80)					
Diámetro interior		3/4"	Número de vueltas	5	
Diámetro exterior		1,05"	Altura del serpentín	0,33	m
Sistema de agitación y aireación					
Tipo de sistema:		Agitación tipo air lift	Válvula de alivio:	0	psi máx.
Fluido:		Aire	Caudal:	262.059	Kg/ciclo
Potencia del agitador:	5	HP	Válvula de alivio (1/4")	Activa P>50 psi	



Figura 56 - Fuente: Fermentador industrial, marca Cetotec

7.4. DISEÑO DEL EVAPORADOR

La etapa de evaporación es la segunda del bloque de purificado. La razón de la selección de este equipo para diseñar se debe a que existe una amplia variedad de los mismos en el mercado y así podremos reducir la búsqueda en pos de satisfacer las necesidades del proceso lo más óptimamente posible.

7.4.1. DESARROLLO

Se diseña el sistema de evaporadores de doble efecto de película descendente con convección forzada de tubos largos. El objetivo es que la corriente de salida tenga una concentración de 0,87% p/p, partiendo de una corriente de ingreso con una concentración de 0,278% p/p.

Los servicios necesarios para realizar esta operación son:

- Vapor de agua saturado
- Energía eléctrica
- Condensador de vapores y para el licor

El diagrama de funcionamiento es el siguiente:

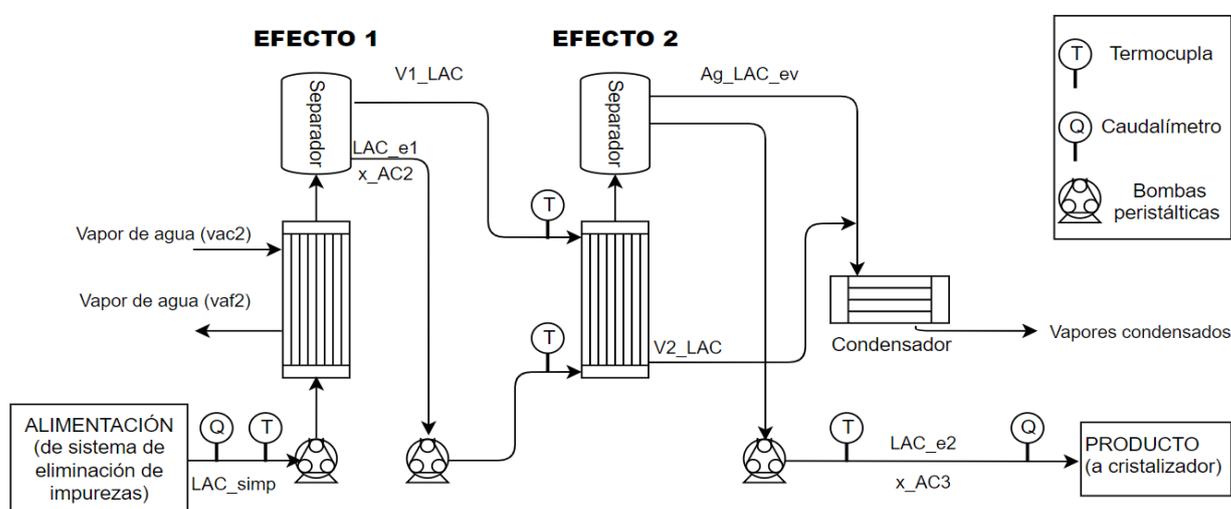


Figura 57 - Diagrama de evaporador de doble efecto. Fuente: elaboración propia

Retomando el balance de energía de esta operación del "Capítulo 6: Balances de masa y energía" con las condiciones de proceso que se utilizaron, se procede a determinar los coeficientes peliculares del licor de ácido cítrico en los dos efectos con una correlación cuando la convección es forzada para equipos de intercambio. Para el caso del vapor de agua se toma un valor de coeficiente pelicular teórico.

La correlación utilizada es la de Kandlikar (1989) para condiciones de flujo saturado:

$$h = h_l \cdot [C_1 \cdot Co^{C_2} \cdot (25 \cdot Fr_{le})^{C_3} + C_3 \cdot Bo^{C_4} \cdot F_K]$$

Donde:

$$\text{Número de Convección } Co = \left(\frac{1-x}{x}\right)^{0,8} \cdot \left(\frac{\rho_v}{\rho_l}\right)^{0,5}$$

$$\text{Número de Ebullición } Bo = \frac{q''}{G \cdot h_{fg}}$$

$$\text{Número de Froude } Fr_{le} = \frac{G^2}{\rho_l^2 \cdot g \cdot d_i}$$

Para hallar el coeficiente pelicular de la fase líquida h_l , se utiliza la correlación:

$$h_l = 0,023 \cdot \left(\frac{k_l}{d_i}\right) \cdot \left(\frac{G \cdot (1-x) \cdot d_i}{\mu_l}\right)^{0,8} \cdot Pr_l^{0,4}$$

$$\text{Prandtl } Pr = \frac{C_{p_l} \cdot \mu_l}{k_l}$$

$$\text{Reynolds } Re = \frac{G \cdot (1-x) \cdot d_i}{\mu_l}$$

Las constantes C_1 a C_5 están tabuladas y el factor F_K depende del fluido en la superficie. En este caso, se considera $F_K = 1$.

	$Co < 0,65$ (Región convectiva)	$Co \geq 0,65$ (Región de ebullición nucleada)
C_1	1,1360	0,6683
C_2	-0,9	-0,2
C_3	667,2	1058,0
C_4	0,7	0,7
C_5	0,3	0,3

Primero, es necesario hallar las propiedades del licor con ácido cítrico. Para ello, se utiliza el simulador de procesos químicos Aspen HYSYS para obtener los datos tabulados a continuación. Las condiciones de operación son las utilizadas en el "Capítulo 6: Balances de masa y energía".

	PRIMER EFECTO (P = 0,2 bar)	SEGUNDO EFECTO (P = 0,1 bar)
Temperatura	T _{e1} = 61,17 °C	T _{e2} = 47,36 °C
Fracción de AC	x _{e1} = 0,278	x _{e2} = 0,419
Conductividad térmica del líquido	k(l)= 0,512 W/(m·K)	k(l)= 0,435 W/(m·K)
Calor específico del líquido	C _p = 3,585 J/(Kg·K)	C _p = 3,279 J/(Kg·K)
Densidad del líquido	ρ(l)= 1.077,7 Kg/m ³	ρ(l)= 1.137,1 Kg/m ³
Viscosidad del líquido	μ ¹⁶ = 0,649 Pa.s	μ= 1,508 Pa.s
Fracción del vapor	x _{v_e1} = 0,336	x _{v_e2} = 0,519
Densidad del vapor	ρ(l)= 0,13 Kg/m ³	ρ(l)= 0,07 Kg/m ³

Se selecciona la dimensión de la tubería ¾" de arreglo en cuadro de 1".

Diámetro exterior De =	0,01905	m
Espesor e (BWG 16) =	0,001651	m
Diámetro interior di =	0,01575	m
Área (por tubo) =	7,126·10 ⁻⁵	m ²
<i>El evaporador constará de un haz de 45 tubos para cada efecto</i>		
Área total del flujo =	0,0032	m ²
Vel 1 =	0,0773 m/s	Vel 2 = 0,0732 m/s
Vel másica G1=	227,50 Kg/(m ² .s)	Vel másica G2= 150,95 Kg/(m ² .s)

	PRIMER EFECTO	SEGUNDO EFECTO
Reynolds (Re)	3,6649	0,7581
Nusselt (Un)	11,7574	10,6230
Prandtl (Pr)	4,5425	11,3637
Froude (Fr)	0,2888	0,1142
Convección (Co)	0,0189	0,0074
Ebullición (Bo)	0,4022	0,5531

$$Co < 0,65$$

(Región convectiva)

C ₁	1,1360
C ₂	-0,9
C ₃	667,2
C ₄	0,7
C ₅	0,3

¹⁶ La viscosidad se calculó en base a un paper. (Kharat, S.J.: Density, viscosity, conductivity, ultrasonic velocity and refractive index studies of aqueous solutions of citric acid at different temperatures, International Journal of Applied Chemistry, 2008, 4 (3), 223-235)

$$h_l = 0,023 \cdot \left(\frac{k_l}{d_i}\right) \cdot (Re)^{0,8} \cdot Pr_l^{0,4}$$

$$h = h_l \cdot [C_1 \cdot Co^{C_2} \cdot (25 \cdot Fr_{le})^{C_5} + C_3 \cdot Bo^{C_4} \cdot F_K]$$

Queda el coeficiente pelicular bifásico:

PRIMER EFECTO	SEGUNDO EFECTO
$h_{AC-1e} = 1.648,40 \frac{W}{m^2 \cdot K}$	$h_{AC-2e} = 767,21 \frac{W}{m^2 \cdot K}$

Utilizando la ecuación de transferencia de calor para cada efecto:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Donde:

- Q = calor transferido en el evaporador
- U = coeficiente global de transferencia de calor
- A = área de transferencia
- ΔT =
diferencia de temperatura entre la pared exterior de los tubos y el licor

Primero se calcula el coeficiente global de transferencia de calor:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{LAC}} + \frac{1}{h_{vapH_2O}} + R_{ensuc} + \frac{e}{k_{cond}}$$

Para calcular el coeficiente global, se consideran las resistencias por ensuciamiento y por conducción.

De la teoría se halla el valor del coeficiente pelicular del vapor de agua¹⁷:

$$h_{vap-agua} = 6.000 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

El coeficiente de ensuciamiento del vapor¹⁸:

$$R_{ensuc} = 0,0005 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Y el valor de conductividad¹⁹ térmica del acero inoxidable tipo 304:

¹⁷ Transferencia de Calor del Vapor. <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/steam-heating-mechanism.html>

¹⁸ Intercambiadores de Calor. <https://es.slideshare.net/holivero1/intercambiadores-de-calor-32331592>

¹⁹ ¿Cuáles son las propiedades térmicas del acero inoxidable austenítico? Definición. <https://material-properties.org/es/cuales-son-las-propiedades-termicas-del-acero-inoxidable-austenitico-definicion/>

$$k_{cond_{ac-inox}} = 20 \frac{W}{m \cdot K}$$

PRIMER EFECTO	SEGUNDO EFECTO
$U_{1e} = 737,54 \frac{W}{m^2 \cdot K} = 759,68 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$	$U_{2e} = 487,18 \frac{W}{m^2 \cdot K} = 487,18 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

Con el valor del coeficiente total de transferencia, la energía térmica transferida que se calculó en el "Capítulo 6: Balances de masa y energía" y la diferencia de temperatura en cada efecto, se calcula el área de transferencia.

PRIMER EFECTO	SEGUNDO EFECTO
$Q_{1e} = 633.538 \frac{J}{s}$	$Q_{2e} = 578.050 \frac{J}{s}$
$\Delta T_{1e} = (135 - 61,17) ^\circ C$	$\Delta T_{2e} = (61,17 - 47,36) ^\circ C$
$A_1 = \frac{Q_{1e}}{U_{1e} \cdot \Delta T_{1e}} = \frac{633.538 W}{737,54 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \cdot 73,83 ^\circ C}$	$A_2 = \frac{Q_{2e}}{U_{2e} \cdot \Delta T_{2e}} = \frac{578.050 W}{487,18 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \cdot 13,81 ^\circ C}$
$A_1 = 11,63 m^2$	$A_2 = 85,92 m^2$

Como las áreas son distintas, se debe iterar el caudal de vapor y las temperaturas hasta hallar las condiciones más óptimas para que los efectos sean iguales.

Iterando se llega a la conclusión de que el primer efecto debe operar a una presión $P=0,849$ bar y no a $P=0,20$ bar (la temperatura es de $95,11$ °C y no $61,17$ °C) como se había supuesto como condición de proceso en el balance de energía. Por lo tanto, los caudales quedan:

$$V_{1LAC} = 411.557 \text{ Kg/mes}$$

$$V_{2LAC} = 446.708 \text{ Kg/mes}$$

$$vac2 = 548.178 \text{ Kg/mes}$$

$$Q_{1e} = vac2 \cdot \lambda_{vac2}^V = 684.936 \text{ W}$$

$$Q_{2e} = V_{1LAC} \cdot \lambda_{V_{1LAC}}^V = 540.481 \text{ W}$$

PRIMER EFECTO	SEGUNDO EFECTO
$Q_{1e} = 684.936 \frac{J}{s}$	$Q_{2e} = 540.481 \frac{J}{s}$
$\Delta T_{1e} = (135 - 95,11) ^\circ C$	$\Delta T_{2e} = (95,11 - 47,36) ^\circ C$
$A_1 = \frac{Q_{1e}}{U_{1e} \cdot \Delta T_{1e}} = \frac{684.936 W}{737,54 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \cdot 39,89 ^\circ C}$	$A_2 = \frac{Q_{2e}}{U_{2e} \cdot \Delta T_{2e}} = \frac{540.481 W}{487,18 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \cdot 47,75 ^\circ C}$
$A_1 = 23,28 m^2$	$A_2 = 23,23 m^2$

Una vez obtenida la igualdad de las áreas requeridas para los efectos, se calcula el largo de tubos necesario. Para ello, se utiliza la fórmula $A = N_t \cdot L_{tubos} \cdot \pi \cdot d_i$.

El largo de tubos queda, por lo tanto, $L_{tubos} = 8,65 m$ y $8,63 m$.

El evaporador de cada efecto será de película descendente con haces de 45 tubos cada uno y un largo de los mismo de 8,64 m aproximadamente.

Además, se calcula el área necesaria para enfriar el licor con ácido cítrico hasta los 25 °C.

Se toma un coeficiente global de transferencia U de bibliografía²⁰, en este caso, el promedio $U_{cond} = 212,5 \frac{W}{m^2 \cdot K}$.

²⁰ Tabla 4: Coeficientes típicos de transferencia global de calor en intercambiadores tubulares.

Dimensionamiento de intercambiadores de calor tubulares

Fluido caliente	Fluido frío	U (W/m² k)
Agua	Agua	1300 – 2500
Amoníaco	Agua	1000 – 2500
Gas	Agua	10 – 250
Gas	Gas	10 - 60
Gas	Orgánico liviano	20 – 100
Gas	Orgánico pesado	20 – 60
Orgánico liviano (< 0,5 cP)	Gas	20 – 100
Orgánico pesado (> 1 cP)	Gas	20 - 60
Agua	Aire comprimido	50 – 70
Agua	Aceite lubricante	110 – 340
Orgánico liviano	Agua	370 – 750
Orgánico mediano (0,5 – 1 cP)	Agua	240 – 650
Orgánico pesado	Aceite lubricante	25 – 400
Vapor	Agua	2200 – 3500
Vapor	Amoníaco	1000 – 3400
Agua	Amoníaco (condensación)	850 – 1500
Agua	Freón-13 (ebullición)	280 – 1000
Vapor	Gases	25 – 240
Vapor	Orgánicos livianos	490 – 1000
Vapor	Orgánicos medianos	250 – 500
Vapor	Orgánicos pesados	30 – 300
Orgánicos livianos	Orgánicos livianos	200 – 350
Orgánicos medianos	Orgánicos medianos	100 – 300
Orgánicos pesados	Orgánicos pesados	50 – 200
Orgánicos livianos	Orgánicos pesados	50 – 200
Orgánicos pesados	Orgánicos livianos	150 – 300
Petróleo	Gasóleo	130 – 320
Vapor (Evaporador)	Agua	1500 – 6000
Vapor (Evaporador)	Otros fluidos	300 – 2000
Evaporador de refrigeración		300 – 1000
Vapor (Condensador)	Agua	1000 – 4000
Vapor (Condensador)	Otros fluidos	300 – 1000

Figura 58 - Coeficientes típicos de transferencia global de calor de intercambiadores tubulares.

Con el valor del coeficiente total de transferencia, la energía térmica transferida que se calculó en el “Capítulo 6: Balances de masa y energía” y la diferencia de temperatura, se halla el área requerida en el condensador.

CONDENSADOR
$Q_{cond} = -13.534 \frac{J}{s}$
$\Delta T_{cond} = (25 - 47,36) ^\circ C$
$A_{COND} = \frac{Q_{cond}}{U_{cond} \cdot \Delta T_{cond}} = \frac{-13.534 W}{212,5 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \cdot (25 - 47,36) ^\circ C}$
$A_{COND} = 2,85 m^2$

7.4.2. HOJA DE ESPECIFICACIONES

EQUIPO: Evaporador de Película Descendente con Convección Forzada					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. de Tucumán	Fecha:		
Cantidad de equipos:		1	Tag:		
Dimensiones del equipo					
Dimensiones totales (HxWxL)		11 m x 2 m x 4,5 m	Material de construcción:		Acero Inox. (304)
Efectos					
Diámetro ext. de tubos: 0,75"		Espesor: 0,065" (BWG 16)		Cantidad de efectos: 2	
Diámetro coraza Dc =		0,254	m	Espesor de chapa: 1/4"	
Nº tubos en c/efecto: 45		Arreglo en cuadro de 1"		Área de transferencia 1	
				23,28	m ²
Largo de tubos:		8,64	m	Área de transferencia 2	
				23,23	m ²
Sistema de calefacción					
Circulación		Por carcasa		Cantidad de fluido	
				1.142,1	Kg/h
Fluido de calefacción		Vapor de agua saturado		Presión de entrada	
				0,849	bar
Otras especificaciones					
Condensador para el licor concentrado (A_cond=2,85 m ²)			Temperatura inicial		40 °C
Fluido a circular:		Licor con ácido cítrico		Cantidad total:	
				2.626,2	Kg/h
Potencia (instalada)		50	KW	Temperatura final	
				25	°C



Figura 59 - Fuente: Evaporador de doble efecto, marca Chengdong

7.5. SELECCIÓN DE EQUIPOS

El proyecto busca satisfacer necesidades del mercado alimenticio y farmacéutico, es por ello que los equipos seleccionados deben cumplir con elevados estándares de calidad. Todos son de acero inoxidable u otros materiales aptos para el tipo de producto que se busca obtener. En algunos casos se han elegido modelos de catálogos recomendados específicamente para productos de los rubros a los cuales pertenece el producto buscado.

7.5.1. PREFERMENTADOR

EQUIPO		PREFERMENTADOR	
Caudal de proceso		Temperatura [°C]	
Medio de cultivo + inóculo	835 Kg/h	30	
Número de equipos:		3	

7.5.1.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

EQUIPO: Prefermentador					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de equipos:		3		Tag:	
Dimensiones del equipo					
Diámetro	1,76	m	Altura	3,52	m
Material de construcción:	Acero Inoxidable (304)		Volumen del tanque	12	m ³
Otras especificaciones					
Área de calentamiento	4,5	m ²	Potencia requerida	45	KW



Figura 60 - Fuente: Fermentador de 12 m3, marca TIANTAI

7.5.2. FILTRO DE TAMBOR ROTATORIO AL VACÍO

EQUIPO				FILTRO ROTATORIO AL VACÍO	
Caudal de proceso			Temperatura [°C]		
Filtro 1	6.126,0	Kg/h	30		
Filtro 2	7.782,6	Kg/h	90		
Filtro 3	2.626	Kg/h	40		
Número de equipos:			3		

7.5.2.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

EQUIPO: Filtro rotatorio al vacío 1					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de equipos:		1		Tag:	
Dimensiones del equipo					
Dimensiones totales		5,5 m x 2,9 m x 2,6 m			
Volumen del tanque		6,7	m ³	Material de construcción:	Acero Inoxidable (304)
Otras especificaciones					
Potencia (funcionamiento)		20,5	KW	Potencia instalada	21 KW

Fuente: Filtro rotatorio al vacío, marca Tonicin

EQUIPO: Filtro rotatorio al vacío 2					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de equipos:		1		Tag:	
Dimensiones del equipo					
Dimensiones totales		6 m x 2,9 m x 2,6 m			
Volumen del tanque		8	m ³	Material de construcción:	Acero Inoxidable (304)
Otras especificaciones					
Potencia (funcionamiento)		32	KW	Potencia instalada	33 KW

Fuente: Filtro rotatorio al vacío, marca Tonicin

EQUIPO: Filtro rotatorio al vacío 3				
Cliente			Obra núm.:	
Dirección			Solicitud de Cotización Num:	
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:
Cantidad de equipos:		1		Tag:
Dimensiones del equipo				
Dimensiones totales		3,6 m x 2,8 m x 2,6 m		
Volumen del tanque	2,2	m ³	Material de construcción:	Acero Inoxidable (304)
Otras especificaciones				
Potencia (funcionamiento)	12,5	KW	Potencia instalada	13 KW



Fi Figura 61 - Fuente: Filtro rotatorio al vacío, marca Toncini

7.5.3. TANQUE AGITADO DE LECHADA DE CAL

EQUIPO					TANQUE AGITADO DE LECHADA DE CAL				
					Caudal de proceso		Temperatura [°C]		
Fluido de reacción		7.360,8	Kg/h				30 - 90		
Agua de refrigeración		15.581	Kg/h				50 - 20		
Número de equipos:					2				

7.5.3.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

EQUIPO: Tanque agitado de lechada de cal					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de equipos:		2		Tag:	
Dimensiones del equipo					
Diámetro x alto	1,6 x 2	m	Altura total	3,8	m
Material de construcción:		Acero Inoxidable (304)			
Otras especificaciones					
Volumen de trabajo	4.000	L	Tipo de refrigeración	camisa	
Velocidad de mezcla	35-150	rpm	Potencia (motor)	2,2	KW



Figura 62- Fuente: Reactor encamisado con agitación, marca KQ

7.5.4. TANQUE AGITADO DE CRAQUEO

EQUIPO		TANQUE AGITADO DE CRAQUEO			
Caudal de proceso			Temperatura [°C]		
Fluido de reacción	3.401	Kg/h	90 - 40		
Agua de refrigeración	7.782	Kg/h	20 - 60		
Número de equipos:		1			

7.5.4.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

EQUIPO: Tanque agitado de craqueo					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de equipos:		1		Tag:	
Dimensiones del equipo					
Diámetro x alto	1,6 x 2	m	Altura total	3,8	m
Material de construcción:		Acero Inoxidable (304)			
Otras especificaciones					
Volumen de trabajo	4.000	L	Tipo de refrigeración	Camisa	
Velocidad de mezcla	35-150	rpm	Potencia (motor)	2,2	KW



Figura 63- Fuente: Reactor encamisado con agitación, marca KQ

7.5.5. INTERCAMBIADOR DE IONES

EQUIPO	SISTEMA DE ELIMINACIÓN DE IMPUREZAS				
	Caudal de proceso			Temperatura [°C]	
LAC	2.626	Kg/h	40		
Número de equipos:	1				

7.5.5.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

EQUIPO: Intercambiador de iones					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de equipos:		1		Tag:	
Dimensiones del equipo					
Dimensiones totales		1,15 m x 1,15 m x 1,9 m			
Material de construcción:		Acero Inoxidable (304)			
Otras especificaciones					
Presión de trabajo	10,5	bar	Temperatura de trabajo	1 - 49	°C



Figura 64 - Fuente: Intercambiador de iones, marca Canature Huayu & OEM

7.5.6. FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO

EQUIPO	SISTEMA DE ELIMINACIÓN DE IMPUREZAS			
	Caudal de proceso			Temperatura [°C]
LAC	2.626	Kg/h		40
Número de equipos:	1			

7.5.6.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

EQUIPO: Filtro industrial de carbón activado					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de equipos:		1		Tag:	
Dimensiones del equipo					
Dimensiones totales		0,5 m x 0,312 m x 1,1 m			
Material de construcción:		Acero Inoxidable (304)			
Otras especificaciones					
Potencia (motor)	65	W	Área de filtrado	0,25	m ²



Figura 65 - Fuente: Filtro de carbón activado, marca SHUOBAO

7.5.7. CRISTALIZADOR DTB

EQUIPO		CRISTALIZADOR DTB	
Caudal de proceso		Temperatura [°C]	
LAC_e2	838,1 Kg/h	25	
Número de equipos:		1	

7.5.7.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

EQUIPO: Cristalizador DTB					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de equipos:		1		Tag:	
Dimensiones del equipo					
Diámetro	1,1	m	Alto	2	m
Material de construcción:		Acero Inoxidable (304)			
Otras especificaciones					
Velocidad de rotación	60-120	rpm	Potencia (motor)	4	KW



Figura 66 - Fuente: Cristalizador DTB, marca NJJR

7.5.8. CENTRÍFUGA DE CANASTA

EQUIPO		CENTRÍFUGA DE CANASTA			
Caudal de proceso			Temperatura [°C]		
LM2	838,1	Kg/h	25		
Número de equipos:			1		

7.5.8.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

EQUIPO: Centrífuga de canasta					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de equipos:		1		Tag:	
Dimensiones del equipo					
Diámetro	1.6	m	Alto	0,8	m
Dimensiones totales	3,1 m x 4 m x 1,6 m		Material de construcción:	Acero Inoxidable (304)	
Otras especificaciones					
Velocidad de rotación	850	rpm	Área de filtrado	4	m ²
Potencia (motor)	37	KW	Máx. capacidad de carga	1000	Kg



Figura 67 - Fuente: Centrífuga de canasta de descarga continua, marca Zonelink

7.5.9. CINTA TRANSPORTADORA

La cinta transportadora tiene la función de trasladar sólidos de un lugar a otro. En el proceso, se utiliza para mover el ácido cítrico de un equipo a otro durante la etapa de separación del citrato de calcio (Filtro II - Craqueo) y de purificación (Centrífuga - Secador; Secador - Molino; Molino - Envasadora). La cinta debe ser cerrada para evitar que los sólidos entren

en contacto con la humedad ambiente, dado que el ácido cítrico es higroscópico.

Como el producto es ácido, se debe tener en cuenta que el material de la cubierta debe ser capaz de resistir en caso de ataque químico.

Equipo				CINTA TRANSPORTADORA	
Caudal de proceso			Equipo		
Citrato de calcio	1.607,5	Kg/h	Filtro II a Craqueo		
Ácido cítrico húmedo	767,6	Kg/h	Centrífuga a Secado		
Ácido cítrico anhidro	729,2	Kg/h	Secado a Molienda		
Ácido cítrico molido	729,2	Kg/h	Molienda a Envasado		
Número de Equipos:			4		

7.5.9.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

Equipo: Cinta transportadora					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de Equipos:		4		Tag:	
Dimensiones del Equipo					
Dimensiones totales		0,8 m x 4,5 m			
Material de construcción:		Acero Inoxidable (304)	Material de la cubierta	Caucho	
Otras especificaciones					
Potencia (motor)	5	KW	Velocidad	34	rpm



Figura 68 - Fuente: Cinta transportadora cerrada, marca Ruili

7.5.10. SECADOR DE LECHO FLUIDIZADO

EQUIPO				SECADOR DE LECHO FLUIDIZADO	
Caudal de proceso			Temperatura [°C]		
ACsh	767,5	Kg/h	25 - 40		
m_AgACs	38,4	Kg/h	25 - 80		
AS	2.354,4	Kg/h	80 - 40		
Número de equipos:		4			

7.5.10.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

EQUIPO: Secador de lecho fluidizado					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de equipos:		4		Tag:	
Dimensiones del equipo					
Dimensiones totales	4,4 m x 4 m x 2,1 m		Material de construcción:	Acero Inoxidable (304)	
Otras especificaciones					
Potencia	30	KW	Capacidad de procesado	200	Kg



Figura 69 - Fuente: Máquina secadora de cama fluidizada, marca Telang

7.5.11. MOLINO DE BOLAS

EQUIPO		MOLINO DE BOLAS	
Caudal de proceso		Temperatura [°C]	
AC_anh	729,2 Kg/h	40	
Número de equipos:		1	

7.5.11.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

EQUIPO: Molino de bolas					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de equipos:		1		Tag:	
Dimensiones del equipo					
Dimensiones totales	1,8 m x 1 m x 1,1 m		Material de construcción:	Acero Inoxidable (304)	
Peso del equipo	3,4	Tn	Peso de bolas (máximo)	1,8	Tn
Otras especificaciones					
Velocidad de rotación	37	rpm	Tam. de partícula (carga)	<5/8	in
Potencia (motor)	15	KW	Tam. de partícula (desc.)	20 - 200	mesh



Figura 70 - Fuente: Molino de bolas, marca Zoneding

7.5.12. ENVASADORA

EQUIPO		ENVASADORA	
Caudal de proceso		Temperatura [°C]	
AC_mol	729,2 Kg/h	40	
Número de equipos:		1	

7.5.12.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

EQUIPO: Envasadora					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de equipos:		1		Tag:	
Dimensiones del equipo					
Dimensiones totales	3 m x 1,05 m x 2,8 m	Material de construcción:	Acero Inox. (304)		
Otras especificaciones					
Potencia	2,2	KW	Capacidad de embalaje (< 25 Kg)	< 100	bolsa/h



Figura 71 - Fuente: Máquina de embalaje de bolsas vertical, marca IPROCMSA

7.6. DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Los dimensionamientos de tanques se hicieron para almacenar:

- Melaza y melaza diluida
- Agua de dilución de melaza y ácido sulfúrico
- Agua de refrigeración del Fermentador, Prefermentador, Tanque de Craqueo
- Efluente 1: biomasa + agua (etapa de filtración I)
- Efluente 2: licor madre + agua (etapa de filtración II)

- Efluente 3: sulfato de calcio (etapa de filtración III)
- Efluente 4: Licor madre saturado (etapa de centrifugado)
- Ácido Sulfúrico al 98 % y al 30,5 %

El procedimiento en los cálculos es igual que el utilizado para dimensionar los fermentadores. Entonces, la cantidad de tanques, capacidades, materiales de construcción y sus espesores necesarios para la construcción se detallan en las siguientes tablas.

Almacenamiento	Volumen a procesar		Tanque				
			Volumen [m ³]	Cant	Dimensiones D; H [m; m]		Material
Melaza comprada	246	m ³ /ciclo	150	2	4,57	9,14	Acero ASTM A240 (Recocido 304)
Melaza diluida	682	m ³ /ciclo		5			
Agua de refrigeración del Fermentador, Prefermentador, Tanque de Craqueo, Dilución de Ácido Sulfúrico	426	m ³ /día	150	3	3,99	11,98	Plástico reforzado con fibra de vidrio tipo E(PRFV)
Agua de refrigeración de Tanque de Lechada	266	m ³ /día		2	3,99	11,98	
Agua de Dilución de Melaza	89	m ³ /día		1	3,99	11,98	
Efluente 1 (Biomasa + Agua)	57,1	m ³ /ciclo	60	1	3,37	6,74	Acero ASTM A240 (Recocido 304)
Efluente 2 y 4 (Licor madre + Agua)	961,7	m ³ /ciclo	200	5	3,49	6,98	
Efluente 3 (Sulfato de Calcio)	40,0	m ³ /ciclo	45	1	3,06	6,12	Acero ASTM A36M revestido de PVC
Ácido Sulfúrico al 98%	37,3	m ³ /ciclo	40	1	2,94	5,88	Hierro fundido (ASTM A48 Gr20)
Ácido Sulfúrico al 30,5%	175,4	m ³ /ciclo	180	1	4,86	9,71	Hierro fundido (ASTM A48 Gr20) revestido polietileno

Almacenamiento	Espesores		
	Virolas	Techo Domo	Fondo
	$t_{virola} = \frac{2,6 \cdot D \cdot (H - 1 \text{ pie}) \cdot G}{E \cdot S} + C$	$t_{techo} = \frac{Rr}{200} + C \cdot A$	(*) ²¹
Melaza comprada	1/4"	3/16"	1/4"
Melaza diluida			
Agua de refrigeración del Fermentador, Prefermentador, Tanque de Craqueo, Dilución de Ácido Sulfúrico	1/4"	3/16"	1/4"
Agua de refrigeración de Tanque de Lechada	1/4"	3/16"	1/4"
Agua de Dilución de Melaza	1/4"	3/16"	1/4"
Efluente 1 (Biomasa + Agua)	1/4"	3/16"	1/4"
Efluente 2 y 4 (Licor madre + Agua)	1/4"	3/16"	1/4"
Efluente 3 (Sulfato de Calcio)	1/4"	3/16"	1/4"
Ácido Sulfúrico al 98%	3/8"	3/16"	1/4"
Ácido Sulfúrico al 30,5%	3/8"	3/16"	1/4"

- En las uniones soldadas de los tanques se realiza un radiografiado con una eficiencia de soldadura de $E = 0,85$.
- El espesor por corrosión es $C = 0,20$ para todos los tanques excepto para los que almacenan ácido sulfúrico concentrado y diluido, que tienen un espesor adicional por corrosión de $C = 0,25$.
- Para los tanques de almacenamiento se utilizará una losa de cimentación de hormigón sin anillo perimetral. La base debe estar nivelada con una tolerancia de $\pm 3\text{mm}$ (1/8") en cualquier circunferencia de 3 metros, y dentro de $\pm 13\text{mm}$ (1/2") en el total de la circunferencia.

²¹ El espesor mínimo del fondo teniendo en cuenta problemas como soldadura, reducción de espesor y corrosión, se sugiere que sea para tanques menores a 200 pies un espesor de 1/4" (según bibliografía utilizada).

Excepto para los tanques de agua de refrigeración que sí contarán con un anillo de base con pendiente de tolerancia $\pm 3\text{mm}$ ($1/8''$) en cualquier circunferencia de 9 metros, y dentro de $\pm 6\text{mm}$ ($1/2''$) en el total de la circunferencia.

- Los tanques de almacenamiento de la melaza comprada, diluida y agua para su dilución deben tener un calentador eléctrico de inmersión²² para mantener la temperatura deseada ($T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$). Asimismo, el tanque de agua de refrigeración de Tanque de Lechada también debe contar con el mismo sistema para mantener un agua a ($T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$). Todos los depósitos tienen que tener un sistema que asegure la recirculación del líquido a almacenar para tener una temperatura homogénea en todo el tanque.
- Los tanques de almacenamiento de agua se van a ir cargando cada día.

7.7. DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

7.7.1. INTRODUCCIÓN

El control automático de procesos se aplica con el objetivo de mantener una o más variables en un valor deseado, además de asegurar que no superen un valor crítico que pueda ser perjudicial para el proceso productivo.

Las variables más comunes para su control son la temperatura, presión, caudal, nivel en tanques, etc. En el caso de este proceso productivo, la variable más crítica a controlar es la temperatura que en ciertos casos no puede ser muy elevada porque podría arruinar toda una operación (fermentación) y en otros debe ser alta para que un proceso resulte efectivo (esterilización). Es por ello que se diseña un sistema de control automático para regular la temperatura y mantenerla estable.

²² Calentador Eléctrico de Inmersión Unitario, marca Chromalox

7.7.2. SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE LAZO CERRADO

Los sistemas de control automático de lazo cerrado son aquellos en los cuales se modifica la señal de entrada para compararla con la señal de salida. La existencia de una diferencia (sumador " Σ ") entre la señal de entrada y salida se la define como perturbación.

Los sistemas se componen de varios elementos:

- la variable a controlar
- el controlador (lee la señal "e" comparando "r" con "b")
- un set-point o punto de referencia (es la señal "r")
- medidor o sensor (da una señal "b")
- elemento final de control o válvula con actuador neumático

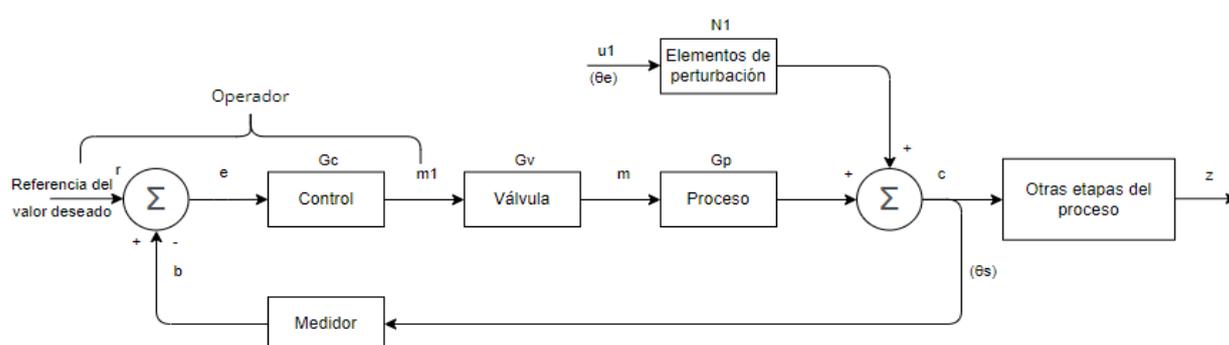


Figura 72 - Fuente: Cátedra de Control Automático de Procesos - UTN FRA

7.7.3. CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA

El set-point o punto de referencia está indicado en cada operación. Para la esterilización, la temperatura óptima de trabajo es de 129 °C. Es por ello que el controlador será el dispositivo que se encargue de que la variable se mantenga estable y el sensor será un termómetro de platino.

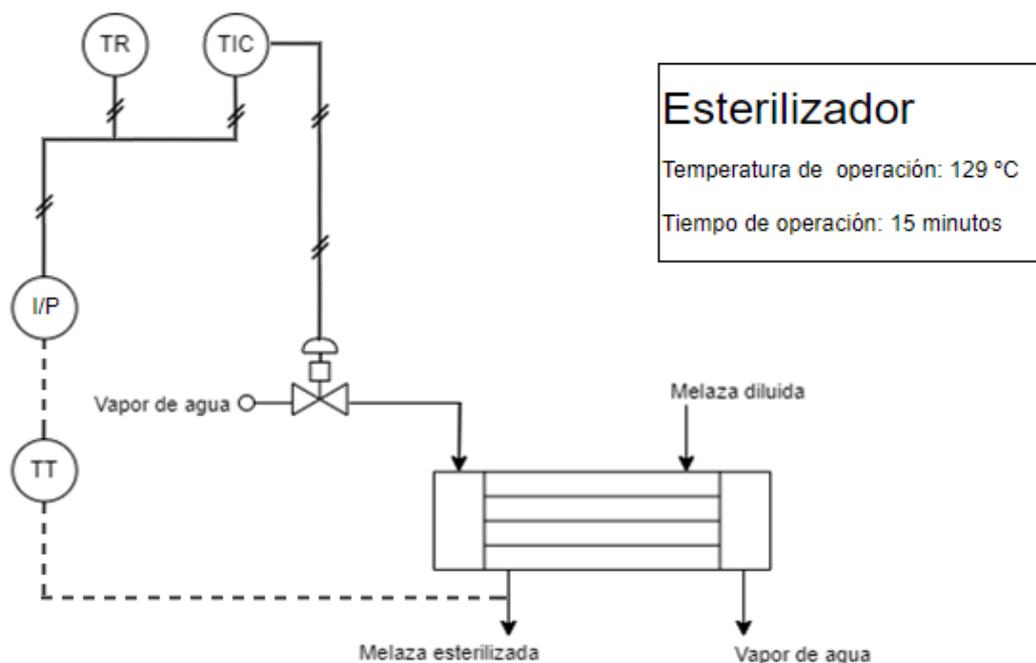


Figura 73 - Esquema de sistema de control automático. Fuente: elaboración propia

En base a los datos obtenidos del "Capítulo 6: Balances de masa y energía", las condiciones de operación son:

Temperatura	T_vac1	135	°C
Energía térmica intercambiada	Q_est	427.709	MJ/h
Caudal de vapor	vac1	412,7	Kg/h

Tabla 19 - Fuente: Capítulo 6 - "Balances de masa y energía".

La temperatura es controlada en caso de que haya alguna perturbación. La medición se realiza con las termorresistencias (RTD) indicadas para industrias farmacéuticas y alimenticias, que tienen sonda de acero inoxidable. La respuesta de estos elementos primarios es una señal eléctrica que va al transmisor. Este instrumento la capta, convierte (de señal eléctrica) y transmite en forma de señal neumática.

El receptor recibe la señal del transmisor y su función es registrarla. En simultáneo, el controlador también recibe la misma señal y compara la variable controlada con el valor seteado (deseado). En caso de haber una variación o perturbación, se realiza una acción correctiva, que se envía en forma de señal neumática hasta el elemento final de control y ejecuta la acción correctiva, abriendo o cerrando esta última en función del caudal de vapor de agua necesario.

7.7.4. ELEMENTOS DE CONTROL

Los elementos de control fueron mencionados en el punto anterior. A continuación, se va a explicar brevemente cada uno y cuál es su principio de funcionamiento.

7.7.4.1. TRANSMISOR DE TEMPERATURA

Los transmisores de temperatura captan la variable a través del sensor o elemento primario y la convierten en forma de señal electrónica (o neumática, según lo que requiera la industria).

Su principio de funcionamiento se basa en la variación de la resistencia, que es directamente proporcional al cambio de temperatura. La resistencia de referencia es la de platino, y la ecuación que describe este principio es:

$$R_T = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot T)$$

Donde,

- R_T = resistencia en Ohms a la temperatura T
- R_0 = resistencia en Ohms a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- α = coeficiente térmico de resistencia en $^{\circ}\text{C}^{-1}$
- T = temperatura del conductor en $^{\circ}\text{C}$

Para el proceso de obtención del ácido cítrico se recomienda utilizar un sensor que tenga una termorresistencia de platino encapsulada en una terminal de acero inoxidable, como el ofrecido por el proveedor Jumo que se muestra a continuación:



Figura 74 - Fuente: Sonda de temperatura RTD, marca Jumo (Modelo base: 90281)

7.7.4.2. CONVERTIDOR DE SEÑAL

Los convertidores de señal son los instrumentos utilizados para transformar la señal eléctrica recibida del transmisor de temperatura en una señal neumática.

En este caso, se selecciona un instrumento que se pueda utilizar en campo, como el de la marca Samson:



Figura 75 - Fuente: Convertidor electroneumático I/P, marca Samson (Tipo 6111)

7.7.4.3. RECEPTOR DE SEÑAL

Los receptores son los instrumentos capaces de recibir las señales que provienen del convertidor - transmisor y registrarlas.

Nuevamente, se elige un instrumento que se puede utilizar en campo, como el de la marca Johnson Controls.



Figura 76 - Fuente: Receptor - Controlador neumático, marca Johnson Controls (Serie T-5800)

7.7.4.4. CONTROLADOR

Los controladores comparan la variable temperatura con el valor seteado (temperatura de salida de la melaza esterilizada = 129 °C). En caso de haber un desvío, lo corrigen en la válvula.

Para este sistema se puede utilizar el controlador de la marca Novus que presenta una fácil y rápida lectura.



Figura 77 - Fuente: Controlador de Temperatura PID, marca Novus (Serie N1030)

7.7.4.5. VÁLVULA DE CONTROL CON ACTUADOR NEUMÁTICO

Los elementos finales de control reciben la señal del controlador que provoca una acción en el mismo. Para el caso de este proceso, se utilizará una válvula globo.

Las razones por las cuales se selecciona este tipo de válvula son:

- Tiene una buena capacidad de regulación o "rangeabilidad".
- Opera a altos caudales y/o diferencias de presión.
- Tiene una estructura interna que disminuye el riesgo de cavitación.



Figura 78 - Fuente: Válvula de control de globo con actuador neumático, marca RTK Regeltechnik Kornwestheim (Serie PV 6271)

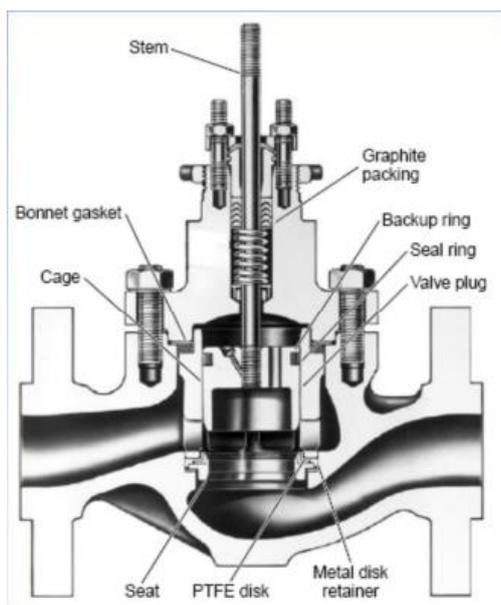


Figura 79 - Fuente: Válvula globo tipo Guía Cage (jaula). Cátedra de Control Automático de Procesos (UTN - FRA)

7.7.5. SELECCIÓN DE LA VÁLVULA DE CONTROL

Para seleccionar la válvula a utilizar, es necesario contar con diversos datos como los requerimientos del proceso (presión, temperatura), caudales (mínimos, operativos y máximos), propiedades físicas del fluido, dimensiones, etc.

Según lo visto en la cátedra de "Control Automático de Procesos" de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda, el cálculo de la válvula de control se realiza bajo norma ISA-75.01.01.

7.7.5.1. DIMENSIONAMIENTO DE LA VÁLVULA

El fluido a utilizar es el vapor de agua saturado, y sus propiedades son:

Temperatura	T_vac1	135	°C
Presión del vapor (rel)	P_vac1	313,3	KPa
Volumen específico vapor	v_esp	0,5818	m ³ /Kg
Caudal de vapor	vac1	412,7	Kg/h

Se selecciona un diámetro de:

$$D = 4''$$

Teniendo los datos de volumen específico y el caudal del vapor, y el valor del diámetro, se calcula la velocidad.

Por lo tanto, la velocidad del fluido queda $v = 8,227$ m/s

Para el diseño de la válvula, se requiere la capacidad (Cv). Esta se define como el caudal de agua que atraviesa la válvula completamente abierta a 60 °F y con una diferencia de presión de 1 psi. Para vapores o gases, la fórmula para calcularlo es:

$$C_v = 0.25 \cdot Q_s \cdot \sqrt{\frac{T}{\Delta P \cdot P_2}}$$

Donde:

- C_v = capacidad de la válvula en el proceso
- Q_s = Caudal de vapor en Kg/h
- T = temperatura en Kelvin (135 °C + 273,15)
- ΔP = pérdida de carga generada en la válvula en KPa
- P_2 = presión absoluta a la salida de la válvula en kPa = 313,3 KPa
- Para calcular la capacidad, es necesario determinar la pérdida de carga en la válvula. Para ello, se utiliza la siguiente fórmula:

$$h_i = K_i \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

- h_i = pérdida local de carga hidráulica en m. c. a.
- K_i = factor que depende del accidente u obstrucción en el flujo
- v =
velocidad media del tramo de tubería agua debajo de la obstrucción en m/s
- g = gravedad en m/s^2

Por tabla se halla que el valor de "Ki" para una válvula de globo abierta es 10.

$$h_i = 34,53 \text{ m. c. a.}$$

Sabiendo que 1 KPa = 0,1 m.c.a,

$$h_i = 345,3 \text{ KPa}$$

Retomando la ecuación de capacidad Cv:

$$C_v = 0,25 \cdot Q_s \cdot \sqrt{\frac{T}{\Delta P \cdot P_2}} = 0,25 \cdot 412,7 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot \sqrt{\frac{408,15 \text{ K}}{345,3 \text{ KPa} \cdot 313,3 \text{ KPa}}}$$

$$C_v = 6,34$$

Valor correspondiente a la válvula totalmente abierta.

Por último, se selecciona la válvula de control neumática tipo *DESIGN GX CONTROL VALVE AND ACTUATOR SYSTEM* (W8486-3/IL) de la marca Fisher - Emerson.



Figura 80 - Fuente: Válvula de control neumática, marca Fisher - Emerson (Serie Fisher GX, modelo W8486-3/IL26000)

7.8. BIBLIOGRAFÍA

DORAN P. M., *Bioprocess Engineering Principles*, Academy Press, (2013), Segunda Edición.

CAO E., *Transferencia de calor en ingeniería de procesos*, Nueva Librería, (2008), Cuarta Edición.

Equipos: Plataforma de venta de equipos Alibaba

Clasificación de instrumentos industriales.

SMITH C. A. y CORRIPIO A. B., *Control automático de procesos*, Limusa, (2001), Segunda Edición.

Cátedra de Control Automático de Procesos, Universidad Tecnológica
Nacional, Facultad Regional Avellaneda.

8. SERVICIOS AUXILIARES

8.1. INTRODUCCIÓN

A lo largo del presente capítulo, se muestran los equipos seleccionados para brindar los servicios auxiliares requeridos por el proceso. Para cada servicio, se detallan tanto el componente a utilizar, su principio de funcionamiento y el lugar de participación dentro del proceso global, justificando en cada caso la elección.

8.2. CALDERA DE VAPOR

El vapor de agua es necesario en distintas operaciones del proceso para que haya una transferencia de calor. Como se mencionó en los capítulos anteriores, es preciso contar con grandes cantidades de vapor caliente para las operaciones de esterilización y evaporación. Para ambas operaciones se requiere un vapor saturado a 135 °C (esterilizador 412,7 Kg/h y evaporador 1.142,1 Kg/h).

Este tipo de equipos presenta las siguientes ventajas:

- Calidad de vapor estable.
- Capacidad de producción alta para tener siempre vapor disponible.

Equipo		CALDERA DE VAPOR	
Caudal de proceso		Temperatura [°C]	
Vapor total	1.554,8 Kg/h	135	
Número de Equipos:	1		

8.2.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

Equipo: Caldera de vapor					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán	Fecha:		
Cantidad de Equipos:		1	Tag:		
Especificaciones del equipo					
Dimensiones totales		4,11 m x 1,95 m x 2,2 m	Caudal: 2000 Kg/h		
Material de construcción:		Acero	Aislación:	Silicato de aluminio	
Otras especificaciones					
Combustible		Gasoil, fuel-oil, gas	Consumo de Gasoil	132,2	Kg/h
Emisión de Nox (máxima)		30 mg/m ³	Consumo de gas natural	165	Nm ³ /h
Temperatura (máxima)		194 °C	Eficiencia térmica	92	%



Figura 81 - Fuente: Caldera de vapor, marca Yuanda Boiler

8.3. FILTRO DE AIRE

El filtro de aire fue dimensionado en el "Capítulo 7: Diseño de equipos" ya que, para las etapas de fermentación y prefermentación, es necesario que el aire se encuentre limpio. Se requiere un componente de un largo de 1,2 m.

El equipo a utilizar es un filtro compacto que limpia el aire de entrada a los fermentadores y prefermentadores. El fluido pasa por un papel de fibra de vidrio, donde quedan retenidas las sustancias potencialmente peligrosas para el proceso de fermentación.

Se utilizan estos tipos de filtros porque son los indicados para las industrias farmacéutica y alimenticia. Además, presentan las siguientes ventajas:

- Baja pérdida de carga.
- Bajo consumo de energía.
- Anticorrosivos.

Equipo				FILTRO DE AIRE	
Caudal de proceso			Temperatura [°C]		
AE (f+pf)	2.882,6	Kg/h	25		
Número de Equipos:	4				

8.3.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

Equipo: Filtro de aire					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de Equipos:		4		Tag:	
Especificaciones del equipo					
Dimensiones totales	0,61 m x 0,61 m x 0,292 m		Marco:	Polietileno	
Elemento filtrante:	Papel de fibra de vidrio		Separadores:	Cordones de cola termoplast.	
Otras especificaciones					
Volumen del tanque	6,7	m ³	Placa de filtro	120	
Superficie filtrante	40	m ²	Caudal nominal	3200	m ³ /h



Figura 82 - Fuente: Filtro de aire Hepa de alta capacidad, marca Venfilter

8.4. COMPRESOR DE AIRE

El compresor se utiliza para obtener una gran cantidad de aire, necesaria para las etapas de prefermentación y fermentación. El equipo toma aire del ambiente y lo ofrece exento de aceite. El fluido, posteriormente, pasa por un filtro para entrar a las etapas principales.

Al seleccionar un equipo con una capacidad bastante mayor que la utilizada en el proceso, se asegura que en la planta haya un servicio de aire comprimido para satisfacer todos los requerimientos.

Se selecciona el compresor de aire del tipo turbosoplante por las siguientes ventajas:

- Aire exento de aceite, apto para la industria alimenticia y la farmacéutica.
- Satisface la necesidad de demanda de aire variable.

Equipo				COMPRESOR DE AIRE	
Caudal de proceso			Temperatura [°C]		
AE (f+pf)	2.882,6	Kg/h	25		
Número de Equipos:	1				

8.4.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

Equipo: Compresor de aire					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de Equipos:		1		Tag:	
Especificaciones del equipo					
Dimensiones totales	1,15 m x 0,75 m x 1,18 m		Material de construcción:	Fundición de acero	
Otras especificaciones					
Presión de trabajo	12,5	bar	Capacidad máxima	6.000	m ³ /h
Potencia (motor)	15	KW	Nivel sonoro	65	dB



Figura 83 - Fuente: Compresor eléctrico de aire exento de aceite, marca Langair

8.5. GENERADOR DE AIRE CALIENTE

El generador de aire caliente se utiliza para alimentar el secador de lecho fluidizado en la última macro etapa del proceso. El aire se calienta hasta la temperatura deseada para ingresar en el equipo principal y eliminar el agua contenida en el ácido cítrico.

Se selecciona el generador de aire por las siguientes ventajas:

- No es necesario una cámara de combustión, y por lo tanto, hay bajas emisiones de NOx y CO.
- Bajo mantenimiento y alta eficiencia en el consumo de gas.

Equipo		GENERADOR DE AIRE CALIENTE	
Caudal de proceso		Temperatura [°C]	
AS	2.354,4 Kg/h	80	
Número de Equipos:	1		

8.5.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

Equipo: Generador de aire caliente			
Cliente		Obra núm.:	
Dirección		Solicitud de Cotización Num:	
Localización de la planta Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de Equipos: 1		Tag:	
Especificaciones del equipo			
Dimensiones interiores	2 m x 1 m x 1 m	Material de construcción:	Acero inoxidable
Otras especificaciones			
Potencia	1.000	KW	Diámetro de salida DN 600



Figura 84 - Fuente: Calentador eléctrico de conducto de aire, marca DM

8.6. GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El generador de energía eléctrica funciona con gas como combustible. Se utiliza con el fin de reemplazar la energía eléctrica provista por el suministro en caso de falla o corte.

Se indica utilizar este equipo en caso de emergencia para abastecer el consumo de los fermentadores y prefermentadores, buscando evitar fallas en estas operaciones porque son las más duraderas (120 horas). Como se detalló en el capítulo anterior ("*Capítulo 7: Diseño de equipos*"), el requerimiento de potencia para los fermentadores es de 210 KW cada uno (6 en total) y para los prefermentadores es de 45 KW cada uno (3 en total). Realizando la suma, la potencia requerida total es de 1.395 KW.

Resulta conveniente elegir un equipo que tenga una potencia mayor a la mencionada en caso de ser necesario suplir energía al área administrativa y a los laboratorios también.

Además, su selección se da por las siguientes ventajas:

- Bajo consumo de combustible.
- Gran reserva de energía.
- Sin grandes exigencias de mantenimiento.

Equipo	GENERADOR de ENERGÍA ELÉCTRICA	
	Potencia requerida	
Fermentación	1.394	KW
Número de Equipos:	1	

8.6.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

Equipo: Generador de energía eléctrica					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de Equipos:		1		Tag:	
Especificaciones del equipo					
Dimensiones totales	6,63 m x 2,78 m x 3,36 m	Material de construcción:	Fundición de acero		
Otras especificaciones					
Velocidad nominal	1.800	rpm	Combustible	Diesel	
Potencia	1.600	KW	Consumo de combustible	422	L/KWh



Figura 85 - Fuente: Generador de energía eléctrica, marca Rayming

8.7. BOMBA PERISTÁLTICA

La función que cumplen las bombas peristálticas en el proceso es la de permitir la carga y descarga de los tanques, tanto los de almacenamiento como los de los equipos principales.

Equipo BOMBA PERISTÁLTICA			
Caudal de proceso			Equipo
Melaza	2,1	m ³ /h	Tanque de Melaza
Agua de dilución	3,7	m ³ /h	Tanque de Agua
Melaza diluida	5,7	m ³ /h	Tanque de Melaza
Suspensión preferm.	0,46	m ³ /h	Prefermentador
Suspensión ferm.	5,64	m ³ /h	Fermentador
Licor post-ferm.	5,65	m ³ /h	Lechada de cal
Citrato cálcico húmedo	0,99	m ³ /h	Craqueo
Número de Equipos:	7		

8.7.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

Equipo: Bomba peristáltica para el tanque de melaza					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de Equipos:		1		Tag:	
Especificaciones del equipo					
Dimensiones totales	0,77 m x 0,59 m x 0,62 m		Material de construcción:	Acero inoxidable	
Otras especificaciones					
Capacidad de salida	2,1	m ³ /h	Presión	1	MPa
Potencia (motor)	2,2	KW	Velocidad de rotación	50	rpm

Fuente: Bomba peristáltica industrial, marca Huayun

Equipo: Bomba para el tanque de agua, melaza diluida, de lechada y fermentador					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán	Fecha:		
Cantidad de Equipos:		4	Tag:		
Especificaciones del equipo					
Dimensiones totales	0,84 m x 0,73 m x 0,725 m	Material de construcción:	Acero inoxidable		
Otras especificaciones					
Capacidad de salida	6	m ³ /h	Presión	1	MPa
Potencia (motor)	4	KW	Velocidad de rotación	50	rpm

Fuente: Bomba peristáltica industrial, marca Huayun

Equipo: Bomba peristáltica para el tanque de prefermentación					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán	Fecha:		
Cantidad de Equipos:		1	Tag:		
Especificaciones del equipo					
Dimensiones totales	0,725 m x 0,47 m x 0,44 m	Material de construcción:	Acero inoxidable		
Otras especificaciones					
Capacidad de salida	0,5	m ³ /h	Presión	1	MPa
Potencia (motor)	1,1	KW	Velocidad de rotación	35	rpm

Fuente: Bomba peristáltica industrial, marca Huayun

Equipo: Bomba peristáltica para el tanque de craqueo					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán	Fecha:		
Cantidad de Equipos:		1	Tag:		
Especificaciones del equipo					
Dimensiones totales	0,68 m x 0,535 m x 0,554 m	Material de construcción:	Acero inoxidable		
Otras especificaciones					
Capacidad de salida	1	m ³ /h	Presión	1	MPa
Potencia (motor)	1,5	KW	Velocidad de rotación	43	rpm



Figura 86 - Fuente: Bomba peristáltica industrial, marca Huayun

8.8. BOMBA DE LÓBULOS

La bomba de lóbulos es similar a la bomba de engranajes pero tiene terminaciones curvadas, permitiendo la circulación de líquidos con sólidos suspendidos.

Se ubican a la salida de los efluentes, permitiendo la carga de los tanques que los almacenan. Para el caso de los efluentes (2 y 4) que provienen del filtro II y el cristalizador se debe colocar un equipo para que cargue los tanques.

Las ventajas de estos equipos son:

- Sufren menos erosión
- Construidos en acero inoxidable
- Operan a bajas presiones
- De uso común en las industrias alimenticia y farmacéutica

Equipo BOMBA DE LÓBULOS			
Caudal de proceso			Operación
Efluente 1	0,5	m ³ /h	Tanque de Efluente
Efluente 2 y 4	8,6	m ³ /h	Tanque de Efluente
Efluente 3	0,4	m ³ /h	Tanque de Efluente
Número de Equipos:	4		

8.8.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

Equipo: Bomba de lóbulos de tanque de efluente 1 y del efluente 3					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán	Fecha:		
Cantidad de Equipos:		2	Tag:		
Especificaciones del equipo					
Dimensiones totales	0,265 m x 0,16 m x 0,116 m	Brida de ent. y sal	15	mm	
Material de construcción:	Acero inoxidable	Lóbulos de puntas redondeadas			
Otras especificaciones					
Flujo	0,5	m ³ /h	Presión de succión	-0,08	MPa
Potencia (func.)	0,6	KW	Desplazamiento	0,027	L/r

Fuente: Bomba de lóbulos, marca Bohai

Equipo: Bomba de lóbulos de tanque de efluentes 2 y 4					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán	Fecha:		
Cantidad de Equipos:		2	Tag:		
Dimensiones del Equipo					
Dimensiones totales	0,323 m x 0,174 m x 0,195 m	Brida de ent. y sal	50	mm	
Material de construcción:	Acero inoxidable	Lóbulos de puntas redondeadas			
Otras especificaciones					
Flujo	10	m ³ /h	Presión de succión	-0,08	MPa
Potencia (func.)	3	KW	Desplazamiento	0,57	L/r

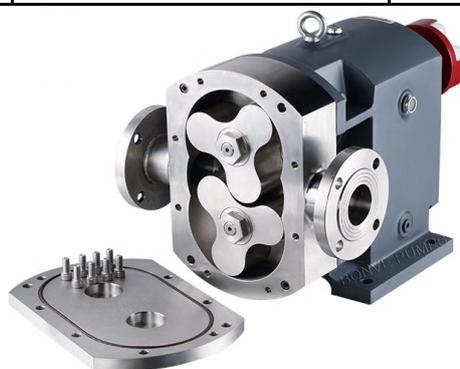


Figura 87 - Fuente: Bomba de lóbulos, marca Bohai

8.9. BOMBA CENTRÍFUGA PARA EL AGUA DE REFRIGERACIÓN

La bomba centrífuga sirve para transferir el agua de refrigeración hacia todos los equipos principales que la requieran (fermentador, prefermentador, tanques de lechada y craqueo). Se utilizan estas bombas porque la potencia necesaria para su funcionamiento es baja y permiten operar con grandes caudales. Se debe tener en cuenta que también se precisan bombas para la carga de los tanques de almacenamiento. Es por eso, que se considera una bomba para realizar el llenado de los depósitos.

Equipo		BOMBA CENTRÍFUGA	
Caudal de proceso		Operación	
Agua refrig (pf + f + Craq) y Dil Ac. Sulfurico	17,8 m ³ /h	Refrigeración y Dilución	
Agua refrig (lech.)	14,8 m ³ /h	Refrigeración	
Agua dilución (melaza)	3,7 m ³ /h	Dilución de melaza	
Agua TOTAL	36,3 m ³ /h	Carga de tanques	
Número de Equipos:		4	

8.9.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

Equipo: Bomba centrífuga para el agua de refrigeración de todos los tanques					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de Equipos:		2		Tag:	
Dimensiones del Equipo					
Dimensiones totales	0,995 m x 0,385 m x 0,352 m		Brida de entrada y salida	65/50	mm
Material de construcción:	Acero inoxidable		Bomba manual de una sola etapa		
Otras especificaciones					
Flujo	25	m ³ /h	Eficiencia	62	%
Potencia (func.)	3	KW	Velocidad	2.900	rpm

Fuente: Bomba centrífuga, marca Teflow Pump

Equipo: Bomba centrífuga para el agua de dilución (melaza)					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de Equipos:		1		Tag:	
Especificaciones del equipo					
Dimensiones totales	1,025 m x 0,692 m x 0,3852 m		Brida de ent. y sal.	40/32	mm
Material de construcción:	Acero inoxidable		Bomba manual de una sola etapa		
Otras especificaciones					
Flujo	6,3	m ³ /h	Eficiencia	47	%
Potencia (func.)	2,2	KW	Velocidad	2.900	rpm

Fuente: Bomba centrífuga, marca Teflow Pump

Equipo: Bomba centrífuga para la carga de agua de refrigeración y dilución de tanques					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de Equipos:		1		Tag:	
Especificaciones del equipo					
Dimensiones totales	1,095 m x 0,42 m x 0,392 m		Brida de ent. y sal.	80/65	mm
Mat. de construcción:	Acero inoxidable		Bomba manual de una sola etapa		
Otras especificaciones					
Flujo	50	m ³ /h	Eficiencia	69	%
Potencia (func.)	5,5	kW	Velocidad	2.900	rpm



Figura 88 - Fuente: Bomba centrífuga, marca Teflow Pump

8.10. BOMBA CENTRÍFUGA PARA EL ÁCIDO SULFÚRICO

La bomba centrífuga sirve para transferir el ácido sulfúrico de su tanque de almacenamiento hasta el tanque agitado, donde se realiza la etapa de craqueo. Se utilizan este tipo de bombas porque está permitido en las industrias alimenticia y farmacéutica. Asimismo, la potencia necesaria para su funcionamiento es baja.

Equipo				BOMBA CENTRÍFUGA	
Caudal de proceso			Operación		
AcS al 98%	37,3	m ³ /h	Dilución		
AcS al 30,5%	175,4	m ³ /h	Craqueo		
Número de Equipos:	2				

8.10.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

Equipo: Bomba centrífuga para el ácido sulfúrico al 98%					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de Equipos:		1		Tag:	
Especificaciones del equipo					
Dimensiones totales	1,095 m x 0,42 m x 0,392 m		Brida de ent. y sal.	80/65	mm
Mat. de construcción:	Acero inoxidable		Bomba manual de una sola etapa		
Otras especificaciones					
Flujo	50	m ³ /h	Eficiencia	69	%
Potencia (func.)	5,5	KW	Velocidad	2.900	rpm

Fuente: Bomba centrífuga, marca Teflow Pump

Equipo: Bomba centrífuga para el ácido sulfúrico al 30,5%				
Cliente		Obra núm.:		
Dirección		Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta Parque Ind. Tucumán		Fecha:		
Cantidad de Equipos: 1		Tag:		
Especificaciones del equipo				
Dimensiones totales	0,143 m x 0,54 m x 0,705 m	Brida de ent. y sal.	150/125	mm
Mat. de construcción:	Acero inoxidable	Bomba manual de una sola etapa		
Otras especificaciones				
Flujo	200	m ³ /h	Eficiencia	77 %
Potencia (func.)	18,5	KW	Velocidad	1.450 rpm

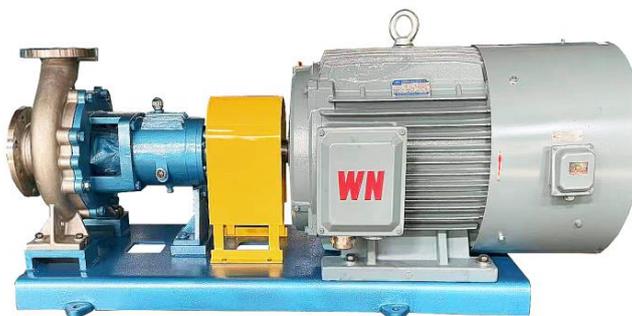


Figura 89 - Fuente: Bomba centrífuga, marca Teflow Pump

8.11. CHILLER

El chiller se utiliza para el agua que enfría la melaza de los prefermentadores y fermentadores y permite mantener la reacción a 30 °C.

La ventaja que proporciona este servicio es que se puede enfriar el agua a la temperatura requerida y conservarla durante toda la operación. El refrigerante utilizado es uno de tipo freón.

Equipo		CHILLER	
Caudal de proceso		Equipo	
Agua enfr (PF + F)	12.318	Kg/h	Preferm. + Ferm.
Número de Equipos:	1		

8.11.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

Equipo: Chiller					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de Equipos:		1		Tag:	
Especificaciones del equipo					
Dimensiones totales	1,75 m x 1,41 m x 0,68 m	Material de construcción:	Acero inoxidable		
Otras especificaciones					
Capacidad del tanque	180	L	Rango de operación (°C)	5 - 35	
Tamaño de tubería	1 ½	pulg	Potencia	44,1	KW



Figura 90 - Fuente: Chiller, marca AOSUA

8.12. CONDENSADOR

El condensador se utiliza para enfriar el licor con ácido concentrado que sale del evaporador hasta 25 °C.

La ventaja que proporciona este servicio es que se puede enfriar el licor posterior a la etapa de evaporación para que en las siguientes operaciones se opere a una temperatura menor. El refrigerante utilizado es uno de tipo aceite lubricante.

Equipo	CONDENSADOR
Caudal de proceso	Equipo

LAC_e2	838,12	Kg/h	Evaporador
Número de Equipos:	1		

8.12.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

Equipo: Chiller					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de Equipos:		1		Tag:	
Especificaciones del equipo					
Dimensiones totales	0,23 m x 0,58 m x 0,30 m	Material de construcción:	Acero inoxidable		
Otras especificaciones					
Área de intercambio	0,5-5	m ²	Tam. Brida (ent. y sal.)	40	mm



Figura 91 - Condensador, marca Pikes

8.13. VÁLVULAS

Las válvulas que se seleccionan para el proceso deben tener un diámetro de 6", porque las tuberías principales se diseñaron con esas dimensiones.

8.13.1. VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN

La válvula reductora de presión es la indicada para hacer que el vapor de agua saturado que ingresa al evaporador lo haga a una presión menor. Se la coloca antes del ingreso al evaporador y posterior a la caldera de vapor. Su finalidad es mejorar el intercambio de energía entre el vapor caliente y saturado y el licor con ácido cítrico, al que se le busca eliminar el agua.

Equipo				VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN	
Caudal de proceso			Temperatura [°C]		
Vapor - Evaporador	2.662,4	m ³ /h	100		
Número de Equipos:	1				

8.13.1.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

Equipo: Válvula reductora de presión					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de Equipos:		1		Tag:	
Especificaciones del equipo					
Diámetro	2 pulg	Material del cuerpo	Hierro fundido		
Otras especificaciones					
Presión de trabajo			1 - 1,6 Mpa		



Figura 92 - Fuente: Válvula reductora de presión, marca Bermad

8.13.2. VÁLVULA ESFÉRICA DE ACERO INOXIDABLE

Las válvulas se utilizan para regular la presión y el caudal de paso del fluido en una tubería. Para el proceso, éstas se colocan a la salida de los tanques y equipos.

En el proceso principal se precisan 21 válvulas y para los tanques de almacenamiento de materias primas y efluentes, 19 válvulas.

Su uso es indispensable en caso de que haya algún desperfecto en los equipos y sea necesario cerrar la misma.

Como el proceso es biotecnológico, las mismas tienen que ser de acero inoxidable para asegurar la no contaminación.

8.13.2.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

Equipo: Válvula esférica de acero inoxidable				
Cliente			Obra núm.:	
Dirección			Solicitud de Cotización Num:	
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán	Fecha:	
Cantidad de Equipos:		40	Tag:	
Especificaciones del equipo				
Diámetro	6 pulg			
Otras especificaciones				
Temp. de operación	-29 a 150	°C	Presión de operación	Baja
Material del cuerpo	Acero inoxidable		Funcionamiento	Manual



Figura 93 - Fuente: Válvula esférica, marca XT

8.13.3. VÁLVULA DE TRES VÍAS

La válvula de tres vías se utiliza para separar el caudal de flujo que sale del equipo. En este caso, se encuentra ubicada en la etapa de "Cristalización".

La finalidad de este tipo de válvulas es recircular parte del licor madre y, así, aumentar la eficiencia del proceso.

Equipo VÁLVULA DE TRES VÍAS			
Caudal de proceso			Equipo
Licor con AC (de evap)	838	Kg/h	Cristalizador
Número de Equipos:	1		

8.13.3.1. HOJA DE ESPECIFICACIONES

Equipo: Válvula de tres vías			
Cliente		Obra núm.:	
Dirección		Solicitud de Cotización Num:	
Localización de la planta		Fecha:	
Parque Ind. Tucumán			
Cantidad de Equipos:		Tag:	
1			
Especificaciones del equipo			
Diámetro	6 pulg		
Otras especificaciones			
Material del cuerpo	Acero inoxidable	Potencia	Neumática



Figura 94 - Fuente: Válvula de tres vías, marca Zili

8.14. BIBLIOGRAFÍA

Equipos: Plataforma de venta de equipos Alibaba.

9. LAYOUT

9.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se crea la identidad de la empresa, definiendo su estructura orgánica y legal. Asimismo, se diagrama la distribución física por sectores de la planta, en función de aumentar la efectividad del proceso.

9.2. DEFINICIONES

- Organización: dos o más personas que trabajan en forma estructurada para alcanzar un objetivo específico o un conjunto de objetivos.
- Administración: planear, organizar, liderar y controlar el trabajo, utilizando los recursos disponibles para alcanzar los objetivos.
- Operaciones: establecer estrategias para producir bienes o servicios, atendiendo las necesidades de comercialización o I+D.
- Tipos de empresa por su rubro:
 - Primarias: se dedican a obtener los recursos naturales.
 - Industriales: producen bienes semielaborados o terminados, transformando los recursos naturales.
 - Comerciales: distribuyen los productos manufacturados o en el mercado.
 - Servicios: ofrecen productos intangibles.
- Tipos de empresa por su tamaño y capital, obtenido de la Secretaría PyME (SEPYME), del Ministerio de Industria y el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación:

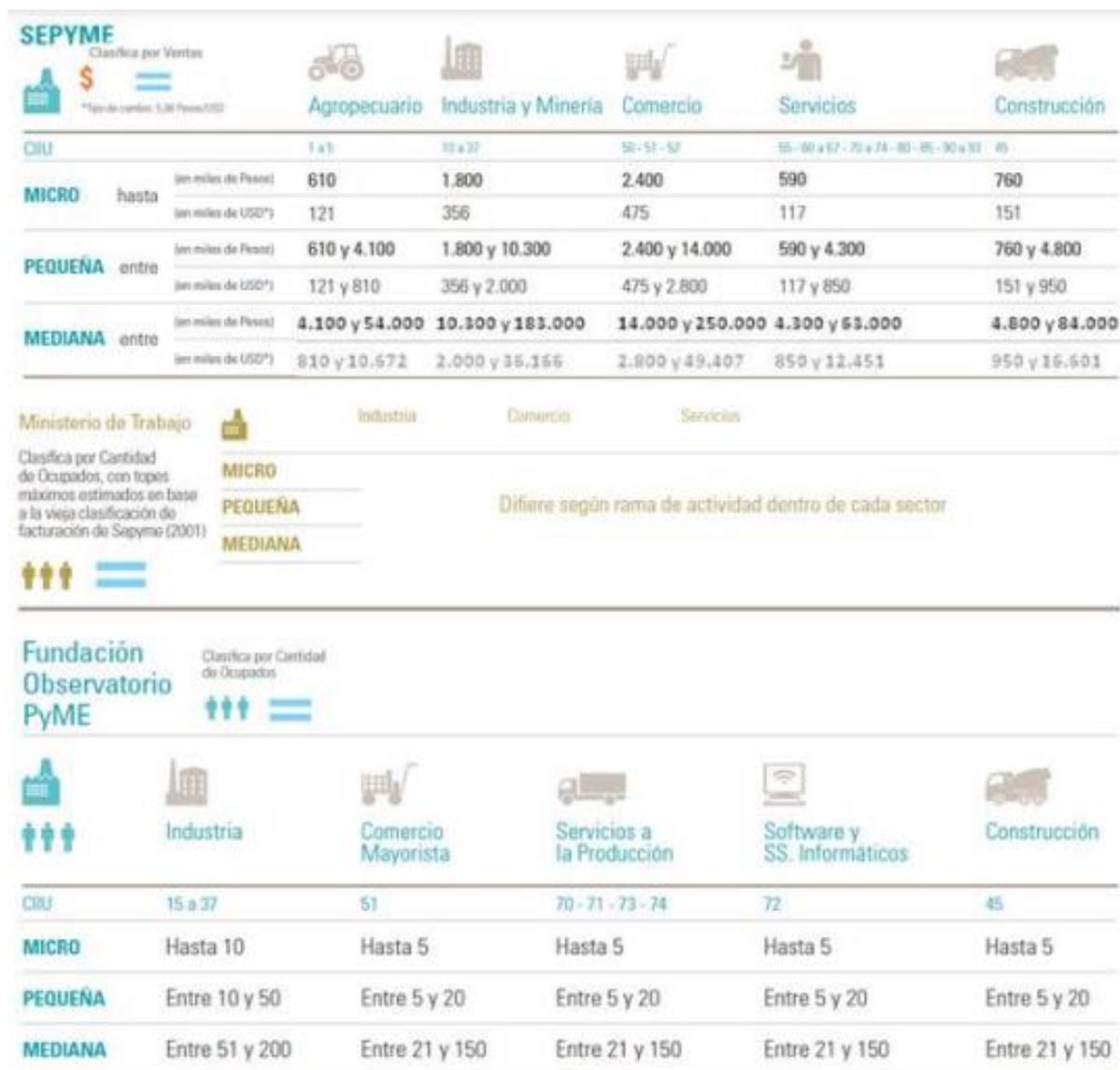


Figura 95 - Secretaría de la Pequeña y Mediana Empresa y los Emprendedores

- Tipos de empresa por origen del capital:
 - Públicas: el capital proviene mayoritariamente del Estado.
 - Privadas: el capital proviene de inversionistas particulares (accionistas y socios).
 - Mixtas: el capital se reparte 50-50 % entre privados y el Estado.
- Tipos de sociedades:
 - Anónima: permite que los socios no aparezcan vinculados a determinados negocios y el capital se divide en acciones.
 - Responsabilidad limitada: la responsabilidad de cada socio se delimita por el capital que haya aportado.

9.3. ESTRUCTURA ORGÁNICA Y LEGAL DE LA EMPRESA

9.3.1. LA EMPRESA

Se constituye la empresa AMOCA S. A. que adopta la identidad como sociedad mercantil del tipo Sociedad Anónima. El Capital proviene de inversionistas, fijando un plazo máximo de 10 años para la devolución de la deuda. Los directores serán los socios fundadores y dos personas electas democráticamente de entre quienes aportan el capital, cuyos cargos tendrán una duración de 3 años.

9.3.2. ESTRUCTURA ORGÁNICA

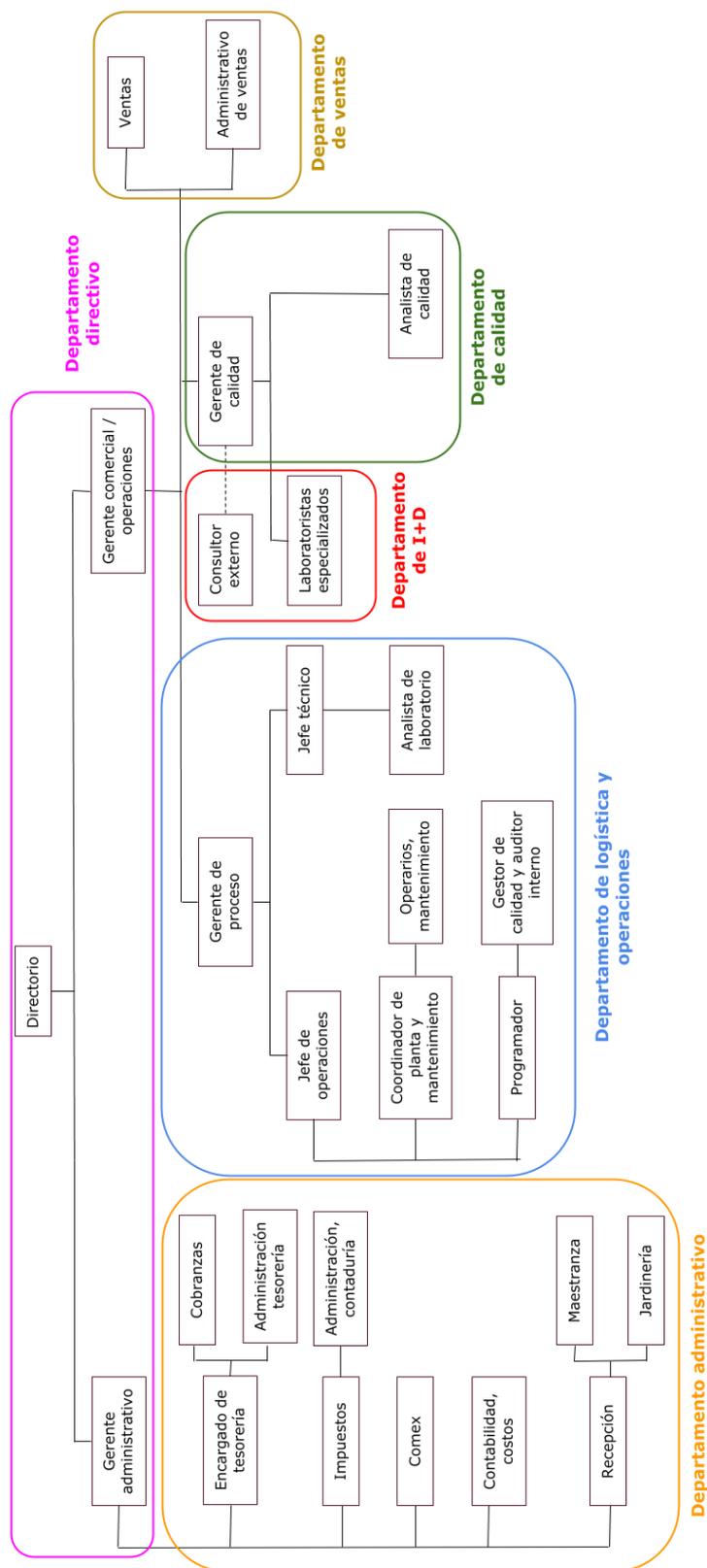


Figura 96 - Estructura orgánica de Amoca

9.3.3. PERFILES DE PUESTOS

• **Departamento directivo y departamento de ventas:**

Puesto	Reporta a	Supervisa a	Cant.	Responsabilidades	Se relaciona con	Competencias
Directorio	,	Gerentes	5	Monitoreo del comportamiento de los gerentes que llevan adelante el negocio. Máximos responsables en la gestión empresarial.	<i>Interno:</i> toda la empresa <i>Externo:</i> organismos públicos y privados	<i>Nivel de estudios:</i> universitario comp. <i>Habilidades:</i> liderazgo, toma de decisiones, buen manejo de sist. informáticos, conocimientos de inglés avanzados, conocimientos de administración. <i>Experiencia:</i> N/A.
Gerente administrativo	Directorio	Sector administrativo	1	Delineación y supervisión de procedimientos admin. y sist. de costos. Cumplimiento de obligaciones impositivas, legales y societarias. Confección de Estados Contables. Supervisión de créditos, cobranzas y pagos. Proyección de las necesidades de financiamiento. Actualización cte. de la info. para calificaciones crediticias en el sistema bancario.	<i>Interno:</i> toda la empresa <i>Externo:</i> clientes, proveedores, bancos y organismos públicos y privados	<i>Nivel de estudios:</i> graduado de administración, contaduría o afín. <i>Habilidades:</i> capacidad de liderazgo y toma de decisiones, buen manejo de sistemas informáticos, conocimientos de inglés avanzados. <i>Experiencia:</i> 5 años.

Gerente Comercial / Operaciones	Directorio	Logística, depto. Técnico, depto. de calidad y ventas	1	Interpretación de información de los departamentos a su cargo, toma de decisiones estratégicas e implementar un plan de acción acorde a las necesidades de la empresa. Supervisión del personal.	<i>Interno:</i> toda la empresa <i>Externo:</i> clientes, proveedores y asesores	<i>Nivel de estudios:</i> graduado de ingeniería química, industrial o similar. <i>Habilidades:</i> capacidad de liderazgo y toma de decisiones, buen manejo de sistemas informáticos y conocimientos de inglés avanzados. <i>Experiencia:</i> 5 años.
Ventas	Gerente comercial / operaciones	-	2	Visitas a clientes, desarrollo de nuevos clientes, carga de notas de pedido en el sistema, identificación de los requisitos de los clientes y legales aplicables, participación en la gestión de los reclamos de clientes.	<i>Interno:</i> toda la empresa <i>Externo:</i> clientes	<i>Nivel de estudios:</i> secundario completo, deseables estudiantes de carreras afines al rubro. <i>Habilidades:</i> excelente comunicación, buen manejo de sistemas informáticos y conocimientos de inglés intermedios. <i>Experiencia:</i> no requerida.
Administrativo de ventas	Gerente comercial / operaciones	-	1	Atención y toma de pedidos de clientes, coordinación de entregas, carga de Notas de Pedido en el sistema, realización de tareas administrativas del sector, participación en la gestión de reclamos de clientes.	<i>Interno:</i> toda la empresa <i>Externo:</i> clientes y proveedores	<i>Nivel de estudios:</i> secundario completo. <i>Habilidades:</i> buen manejo de sistemas informáticos. <i>Experiencia:</i> deseable menor a 1 año.

Tabla 18 - Perfiles de puesto: departamento directivo y departamento de ventas

• **Departamento de I+D y departamento de calidad:**

Puesto	Reporta a	Supervisa a	Cant.	Responsabilidades	Se relaciona con	Competencias
Gerente de calidad	Gerente Comercial / operaciones	Departamento de calidad y departamento de I+D	1	Establecimiento de especificaciones para materias primas, productos intermedios y/o productos para garantizar la efectividad en cada etapa, siguiendo las exigencias del mercado.	<p><i>Interno:</i> toda la empresa</p> <p><i>Externo:</i> clientes, proveedores y asesores</p>	<p><i>Nivel de estudios:</i> ingeniero químico, biotecnólogo o afín.</p> <p><i>Habilidades:</i> liderazgo, responsabilidad, buen manejo de sistemas informáticos y conocimientos de inglés avanzado.</p> <p><i>Experiencia:</i> 5 años.</p>
Consultor externo	Gerente Comercial / operaciones	Gerente de calidad	1	Seguimiento del proceso y asesoramiento y proposición de nuevas rutas y mejoras continuas, enfocadas en el uso del producto y/o de las materias primas.	<p><i>Interno:</i> gerente de calidad, depto. de calidad y depto. de I+D</p>	<p><i>Nivel de estudios:</i> posgrado o especialización en biotecnología o afines. <i>Habilidades:</i> . <i>Experiencia:</i> más de 5 años en rubros similares.</p>
Departamento de I+D	Gerente de calidad	Departamento técnico y logística	3	Diseño y control de sistemas de bioseguridad y de todos los sistemas de esterilización del proceso. Desarrollos e investigaciones de nuevas posibilidades de producción.	<p><i>Interno:</i> toda la empresa</p> <p><i>Externo:</i> clientes y proveedores</p>	<p><i>Nivel de estudios:</i> ingenieros químicos y/o bioingenieros y/o licenciados en química y/o biotecnólogos. <i>Habilidades:</i> . <i>Experiencia:</i> mayor a 2 años.</p>

Analista de calidad	Gerente de calidad		1	Control de calidad de productos, tanto principal como secundarios.	<p><i>Interno:</i> toda la empresa</p> <p><i>Externo:</i> clientes</p>	<p><i>Nivel de estudios:</i> estudiante de biotecnología, bioquímica, ingeniería química, licenciatura en química o carreras afines. <i>Habilidades:</i> buen manejo de equipos, material de vidrio y material estéril. <i>Experiencia:</i> menor a 1 año.</p>
---------------------	--------------------	--	---	--	--	--

Tabla 19 - Perfiles de puesto: departamento de I+D y departamento de calidad

• **Departamento de logística y operaciones:**

Puesto	Reporta a	Supervisa a	Cant.	Responsabilidades	Se relaciona con	Competencias
Gerente de proceso	Gerente Comercial / operaciones	Logística y Depto. técnico	1	<p>Coordinación de las tareas de los departamentos de proceso y logística. Coordinación de la mejora continua. Encargado de asegurar la efectividad del proceso.</p>	<p><i>Interno:</i> toda la empresa</p> <p><i>Externo:</i> clientes, proveedores y asesores</p>	<p><i>Nivel de estudios:</i> ingeniero industrial o químico. <i>Habilidades:</i> liderazgo, organización, buen manejo de sistemas informáticos y conocimientos de inglés avanzado. <i>Experiencia:</i> 5 años.</p>
Jefe de operaciones	Gerente de proceso	Coordinación de planta, operarios	1	<p>Coordinación de las tareas del sector y planificación de la producción diaria. Control de todas las operaciones del proceso.</p>	<p><i>Interno:</i> toda la empresa</p> <p><i>Externo:</i> clientes y proveedores</p>	<p><i>Nivel de estudios:</i> estudiante o graduado de ingeniería industrial. <i>Habilidades:</i> buen manejo de sistemas informáticos y conocimientos de inglés intermedios. <i>Experiencia:</i> 2 años.</p>

Coordinador de planta / mantenim.	Jefe de operaciones	Operarios y mantenimiento	2	Coordinación de las tareas diarias de los operarios. Diseño del programa de actividades y planificación de la producción diaria.	<i>Interno:</i> toda la empresa <i>Externo:</i> clientes y proveedores	<i>Nivel de estudios:</i> estudiante o graduado de ing. industrial. <i>Habilidades:</i> buen manejo de sistemas informáticos y conocimientos de inglés intermedio. <i>Experiencia:</i> menor a 1 año.
Operarios, mantenim.	Coord. de planta / mantenim.	-	5	Puesta en marcha de equipos, control durante el proceso en caso de accidentes. Transporte de cepas desde el lab. hasta la planta. Mantenimiento constante en sectores. Manejo de vehículos (traslado de materias primas y/o productos).	<i>Interno:</i> dirección, logística y departamento técnico	<i>Nivel de estudios:</i> secundario completo. <i>Habilidades:</i> proactivo, fuerza física, manejo de vehículos de carga y descarga. <i>Experiencia:</i> menor a 1 año.
Programador	Jefe de operaciones	Gestión de calidad	1	Diseño de sistemas de control y coordinación de fechas de entrega y recepción con clientes y proveedores.	<i>Interno:</i> logística y departamento técnico <i>Externo:</i> clientes y proveedores	<i>Nivel de estudios:</i> est. de logística o carreras afines. <i>Habilidades:</i> buen manejo de sistemas informáticos y conocimientos de inglés avanzado. <i>Experiencia:</i> menor a 1 año.
Gestor de calidad y auditor interno	Program.	-	1	Realización de las auditorías internas de calidad, redacción de los informes de auditoría interna	<i>Interno:</i> toda la empresa <i>Externo:</i> auditores	<i>Nivel de estudios:</i> secundario técnico completo. <i>Habilidades:</i> buen manejo de sist. informáticos, conocimientos de gestión de archivos (ej. normativas). <i>Experiencia:</i> 1 año.

Jefe técnico	Gerente de proceso	Analista de laboratorio	1	Seguimiento y control del proceso, enfocado en las etapas previas y de fermentación, que es donde reside la mayor importancia para obtener buenos rendimientos. Control y asignación de tareas al analista de laboratorio.	<i>Interno:</i> toda la empresa <i>Externo:</i> clientes, proveedores y asesores	<i>Nivel de estudios:</i> estudiante o graduado de ingeniería química. <i>Habilidades:</i> buen manejo de sistemas informáticos y conocimientos de inglés avanzado. <i>Experiencia:</i> 2 años.
Analista de laboratorio	Jefe técnico	-	1	Mantenimiento en condiciones de esterilización el laboratorio, cultivo de cepas de <i>Aspergillus niger</i> y control de la reproducción de las mismas para asegurar un stock suficiente para abastecer el proceso. Preparación de las cepas que se vayan a utilizar para su transporte hacia el sector de producción.	<i>Interno:</i> depto. técnico, logística, depto. de I+D y depto. de calidad <i>Externo:</i> clientes	<i>Nivel de estudios:</i> secundario completo con orientación química y/o estudiante de biotecnología, ingeniería química o carreras afines. <i>Habilidades:</i> manejo de material de vidrio y material estéril. <i>Experiencia:</i> menor a 1 año.

Tabla 20 - Perfiles de puesto: departamento de logística y operaciones

• **Departamento administrativo:**

Puesto	Reporta a	Supervisa a	Cant.	Responsabilidades	Se relaciona con	Competencias
Impuestos	Gerente admin.	Administración y contaduría	1	Armado de balances, conciliación de cuentas y reportes a Gerencia. Liq. de impuestos nac., prov. y municipales. Análisis y actualización cte. de normativa	<i>Interno:</i> toda la empresa <i>Externo:</i> organismos fiscales, asesores contables e impositivos	<i>Nivel de estudios:</i> recibido o estudiante avanzado de contaduría. <i>Habilidades:</i> manejo de sistemas informáticos,

				impositiva. Contactos con Fiscos, Asesores Contables e Impositivos.		conocimientos de inglés avanzado. <i>Experiencia:</i> 1 o 2 años en puestos similares.
Admin., contaduría	Impuestos	,	2	Tareas administrativo-contables, consistentes en la recopilación, análisis y procesamiento de la información referente a proveedores, bancos, organismos públicos y privados, cuentas contables e impositivas. Administración de archivos transitorios y definitivos. Gestión y seguimiento de trámites ante organismos públicos y privados.	<i>Interno:</i> toda la empresa <i>Externo:</i> proveedores, bancos y organismos públicos	<i>Nivel de estudios:</i> recibidos y/o estudiantes avanzados de administración o contaduría o carreras afines. <i>Habilidades:</i> manejo de sistemas informáticos, conocimientos de inglés intermedios. <i>Experiencia:</i> no requerida.
Contabilidad, costos	Gerente admin.	,	2	Registro, análisis y control de movimientos internos de valores ocasionados por la actividad productiva (costos de producción, distribución, administración y financiamiento).	<i>Interno:</i> toda la empresa <i>Externo:</i> clientes y proveedores	<i>Nivel de estudios:</i> secundario completo con orientación en economía y/o cursando una carrera con orientación económica. <i>Habilidades:</i> buen manejo de sistemas informáticos, conocimientos de inglés intermedios. <i>Experiencia:</i> 1 año.

Comex	Gerente admin.	.	1	Análisis del mercado local e internacional con motivo de identificar el rol de la empresa allí. Pago de impuestos por comercio exterior y otros servicios afines. Coordinación de cargas de importación y exportación y los respectivos pagos.	<i>Interno:</i> toda la empresa <i>Externo:</i> clientes	<i>Nivel de estudios:</i> recibido o estudiante avanzado de comercio exterior o carreras afines. <i>Habilidades:</i> excelente manejo del idioma inglés y se valoran otros idiomas. <i>Experiencia:</i> 1 año.
Recepción	Gerente admin.	Maestranza y jardinería	1	Atención del público, registro del ingreso de personas al edificio, recepción y envío de correspondencia, atención al conmutador telefónico, recepción y realización de llamados a solicitud, envío y recepción de fax.	<i>Interno:</i> toda la empresa <i>Externo:</i> proveedores, clientes, organismos públicos y privados	<i>Nivel de estudios:</i> secundario completo. <i>Habilidades:</i> conocimientos de inglés intermedios. <i>Experiencia:</i> menos de 1 año.
Maestranza	Recepción	.	3	Tareas de limpieza y orden, reposición de artículos de higiene y limpieza. Ingreso a la empresa y colocación de código de alarma. Control del almacén (artículos de limpieza e higiene). Colaboración con recepción en caso de visitas (servir infusiones).	<i>Interno:</i> toda la empresa	<i>Nivel de estudios:</i> secundario completo. <i>Habilidades:</i> proactividad. <i>Experiencia:</i> 2 años en rubros similares.

Jardinería	Recepción	.	1	Mantenimiento constante del jardín. Limpieza del terreno, cultivo y cuidado de flores y plantas decorativas. Cortado de pasto. Control de plagas.	<i>Interno:</i> toda la empresa	<i>Nivel de estudios:</i> secundario completo, preferentemente con orientación agropecuaria. <i>Habilidades:</i> conocimientos de jardinería. <i>Experiencia:</i> 1 año.
Encargado de tesorería	Gerente admin.	Administración y cobranzas	1	Aplicación de políticas de créditos y cobranzas, investigación y contratación de informes para créditos, análisis de riesgo crediticio, determinación de límites de crédito, nivel de exposición máximo. Apertura y actualización de ctas. corrientes de clientes, legajo crediticio e impositivo. Autorización de entregas de material, control de exposición crediticia y riesgo de incobrabilidad.	<i>Interno:</i> toda la empresa <i>Externo:</i> bancos, clientes, organismos públicos y privados	<i>Nivel de estudios:</i> contador o licenciado en administración. <i>Habilidades:</i> buen manejo de sistemas informáticos, conocimientos de inglés avanzado. <i>Experiencia:</i> 1 o 2 años en puestos similares.
Admin., tesorería	Encargado de tesorería	.	2	Gestión de trámites ante org. públicos y privados. Admin. de archivos transitorios y definitivos. Tareas administrativas contables del sector tesorería.	<i>Interno:</i> toda la empresa <i>Externo:</i> bancos, clientes, organismos públicos y privados	<i>Nivel de estudios:</i> secundario completo. <i>Habilidades:</i> conocimientos de inglés intermedios. <i>Experiencia:</i> 1 año.

Cobranzas	Encargado de tesorería	1	2	<p>Control de conciliaciones bancarias, seguimiento y control de cobranzas. Análisis de márgenes de ventas diarias de todos los escenarios. Elaboración de informes mensuales de ventas con indicadores y análisis de cuentas por cobrar.</p>	<p><i>Interno:</i> toda la empresa <i>Externo:</i> bancos, clientes</p>	<p><i>Nivel de estudios:</i> secundario completo. <i>Habilidades:</i> conocimientos de inglés intermedios. <i>Experiencia:</i> 1 año.</p>
-----------	------------------------	---	---	---	---	---

Tabla 21 - Perfiles de puesto: departamento administrativo

9.3.4. DIAGRAMA DE OPERACIONES

Se detallan en la tabla los turnos y cómo estarán cubiertos según las demandas del proceso. En las jornadas completas se establece una hora extra de almuerzo y descanso. En caso de licencias o vacaciones, todos los puestos pueden ser cubiertos por trabajadores que desarrollen tareas similares. En el caso particular de los operarios, los turnos son rotativos, por lo que si se ausentara uno de ellos, la prioridad es el primer turno (de 8 a.m. a 18 p.m.), por lo que habría un sólo operario en el segundo para cubrir también el puesto vacante del tercer turno.

El departamento de I+D no requiere reemplazos por tiempos menores a 30 días, siempre y cuando al menos uno de los empleados esté disponible. En el departamento técnico, en caso de ausencia del analista, será el jefe quien deba reemplazarlo hasta su regreso, aunque en ausencia del jefe el reemplazo será el Gerente de proceso.

En el departamento de logística y operaciones, se requiere al menos la presencia de un empleado (en tiempos menores a 30 días) entre el jefe y los coordinadores de proceso.

Puesto	Turno mañana								Turno tarde								Turno noche							
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5
Gerente de proceso		1	1	1	1	1	1	1	1	1														
Jefe de operaciones			1	1	1	1	1	1	1	1														
Coordinador de planta / mantenimiento 1											1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Coordinador de planta / mantenimiento 2	1	1	1																1	1	1	1	1	1
Operarios / mantenimiento 1			1	1	1	1	1	1	1	1	1													
Operarios / mantenimiento 2			1	1	1	1	1	1	1	1	1													
Operarios / mantenimiento 3											1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Operarios / mantenimiento 4											1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Operarios / mantenimiento 5	1	1	1																1	1	1	1	1	1
Programador											1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Gestor de calidad / Auditor interno			1	1	1	1	1	1	1	1	1													
Jefe técnico			1	1	1	1	1	1	1	1	1													
Analista de laboratorio	1	1	1																1	1	1	1	1	1
Gerente de calidad			1	1	1	1	1	1	1	1	1													
Depto de I+D 1			1	1	1	1	1	1	1	1	1													
Depto de I+D 2				1	1	1	1	1	1	1	1	1												

9.4. TERRENO

Como se explicó en el capítulo de ubicación de planta, se ha decidido instalar la empresa en San Miguel de Tucumán, Provincia de Tucumán, en un predio dentro del Parque Industrial Tucumán. Se eligió el lote 04 dentro de los disponibles y se puede visualizar en la siguiente figura.

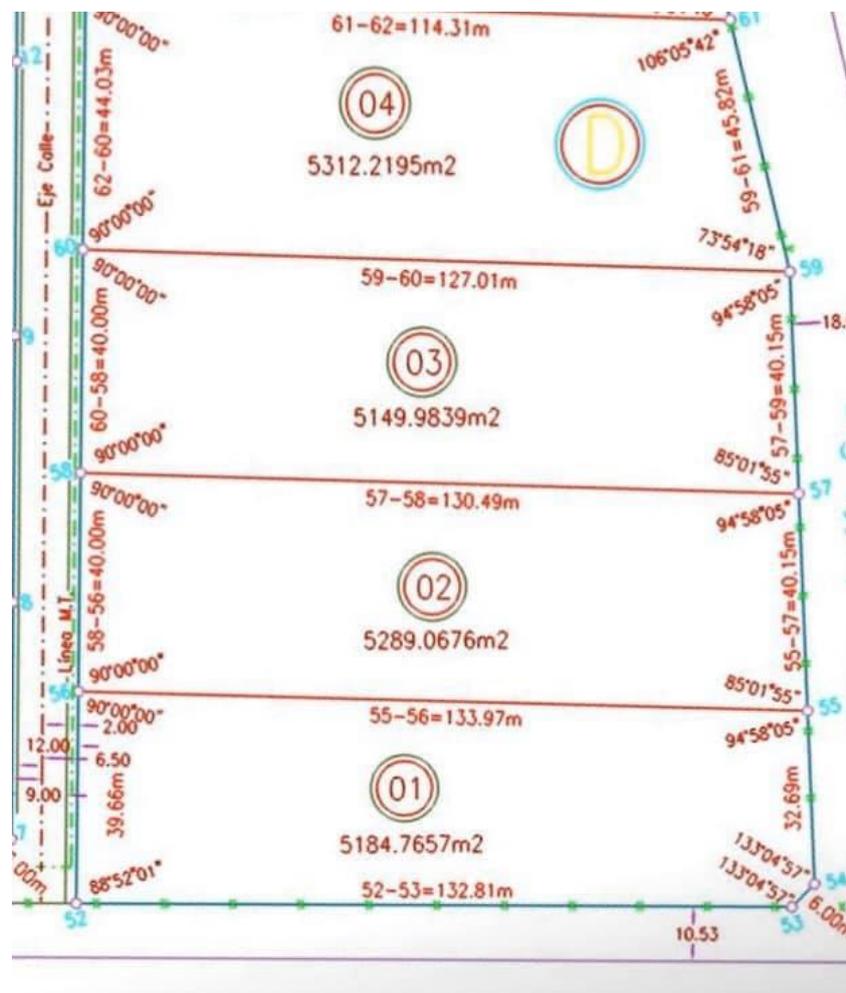


Figura 97 - Fuente: Página oficial de Facebook del parque

El terreno tiene forma de trapecio y sus medidas son 114,31 m y 127,01 m de largo y 44,03 m de ancho, teniendo una superficie total de 5312,215 m² totales. El mismo tiene calles de acceso tanto por derecha como por izquierda.

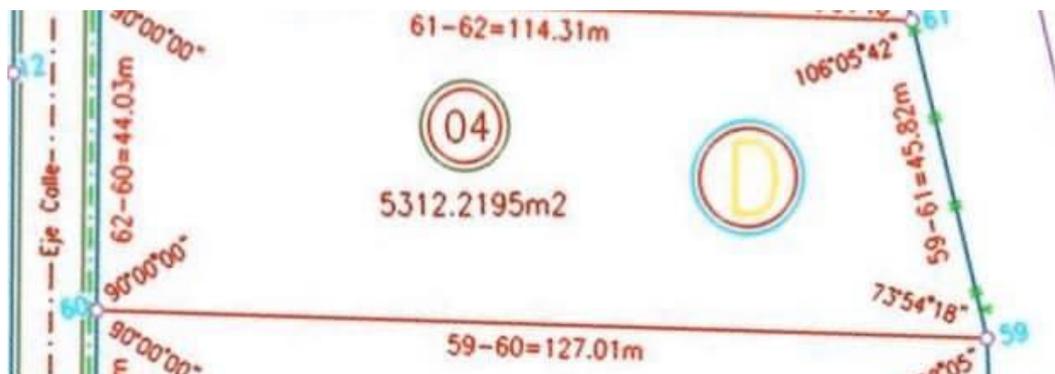


Figura 98 - Fuente: Página oficial de Facebook del parque

9.5. LAYOUT DE LA PLANTA

9.5.1. FLUJO DE PROCESO

A continuación, se describe la disposición de los equipos en el espacio dentro de las distintas áreas, conectándose de acuerdo al procedimiento productivo descrito en capítulos anteriores. En la figura 101 se puede ver la dirección del proceso en la planta (Flechas verdes).

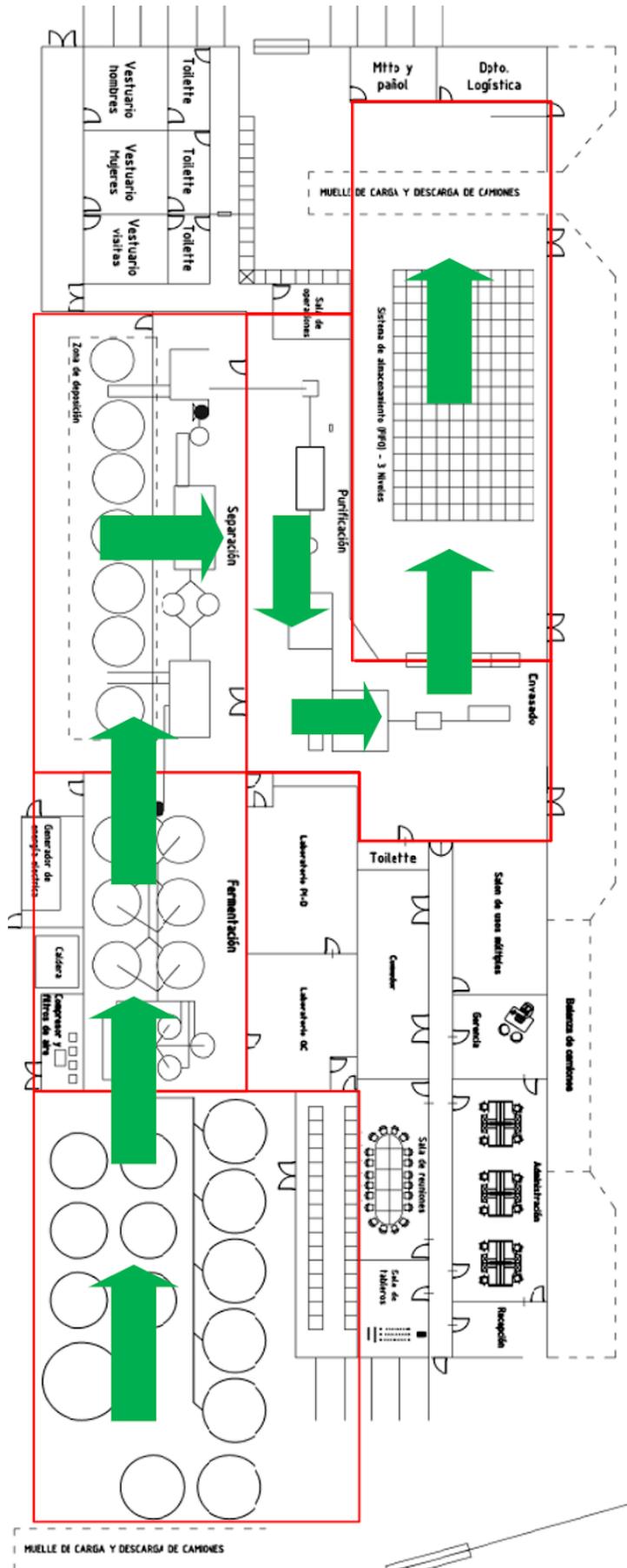


Figura 99 - Flujo del proceso

9.5.2. CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

Se muestra en el layout los equipos involucrados en el proceso y su correspondiente codificación:

Código	Equipo
TAMd-1	Tanque de almacenamiento de melaza diluida 1
TAMd-2	Tanque de almacenamiento de melaza diluida 2
TAMd-3	Tanque de almacenamiento de melaza diluida 3
TAMd-4	Tanque de almacenamiento de melaza diluida 4
TAMd-5	Tanque de almacenamiento de melaza diluida 5
TAM-1	Tanque de almacenamiento de melaza sin diluir 1
TAM-2	Tanque de almacenamiento de melaza sin diluir 2
TAA-1	Tanque de almacenamiento de agua 1
TAA-2	Tanque de almacenamiento de agua 2
TAA-3	Tanque de almacenamiento de agua 3
TAA-4	Tanque de almacenamiento de agua 4
TAA-5	Tanque de almacenamiento de agua 5
TAA-6	Tanque de almacenamiento de agua 6
PF-1	Prefermentador 1
PF-2	Prefermentador 2
PF-3	Prefermentador 3
Est-1	Esterilizador
Fer-1	Fermentador 1
Fer-2	Fermentador 2
Fer-3	Fermentador 3
Fer-4	Fermentador 4
Fer-5	Fermentador 5
Fer-6	Fermentador 6

Fil-1	Filtro rotatorio 1
Fil-2	Filtro rotatorio 2
Fil-3	Filtro rotatorio 3
TALC-1	Tanque agitado de lechada de Cal 1
TALC-2	Tanque agitado de lechada de Cal 2
TACr-1	Tanque agitado de Craqueo
CT-1	Cinta transportadora 1
CT-2	Cinta transportadora 2
CT-3	Cinta transportadora 3
TAEf1-1	Tanque de almacenamiento para el Efluente 1
TAEf24-1	Tanque de almacenamiento para los Efluentes 2 y 4 1
TAEf24-2	Tanque de almacenamiento para los Efluentes 2 y 4 2
TAEf24-3	Tanque de almacenamiento para los Efluentes 2 y 4 3
TAEf24-4	Tanque de almacenamiento para los Efluentes 2 y 4 4
TAEf24-5	Tanque de almacenamiento para los Efluentes 2 y 4 5
TAEf3-1	Tanque de almacenamiento para el Efluente 3
Int-1	Intercambiador de iones
Ev-1	Evaporador
Cr-1	Cristalizador
Cen-1	Centrífuga
Sec-1	Secadora
Cond-1	Condensador
MB-1	Molino de Bolas
Env-1	Envasadora
GAC-1	Generador de Aire Caliente

Tabla 23 - Codificación de equipos

9.5.3. PROCESO

9.5.3.1. ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

El almacenamiento de materias primas es un depósito al aire libre y cuenta con los tanques de almacenamiento de la melaza sin diluir, los cuales son cargados directamente desde el camión del proveedor. También, cuenta con tanques de almacenamiento de agua para el proceso, tanques de almacenamiento de agua para abastecer la red de hidrantes y tanques de melaza diluida. Además, hay un depósito cerrado donde se almacenan el resto de los materiales necesarios para el proceso. Se muestra este sector en la Figura 102.

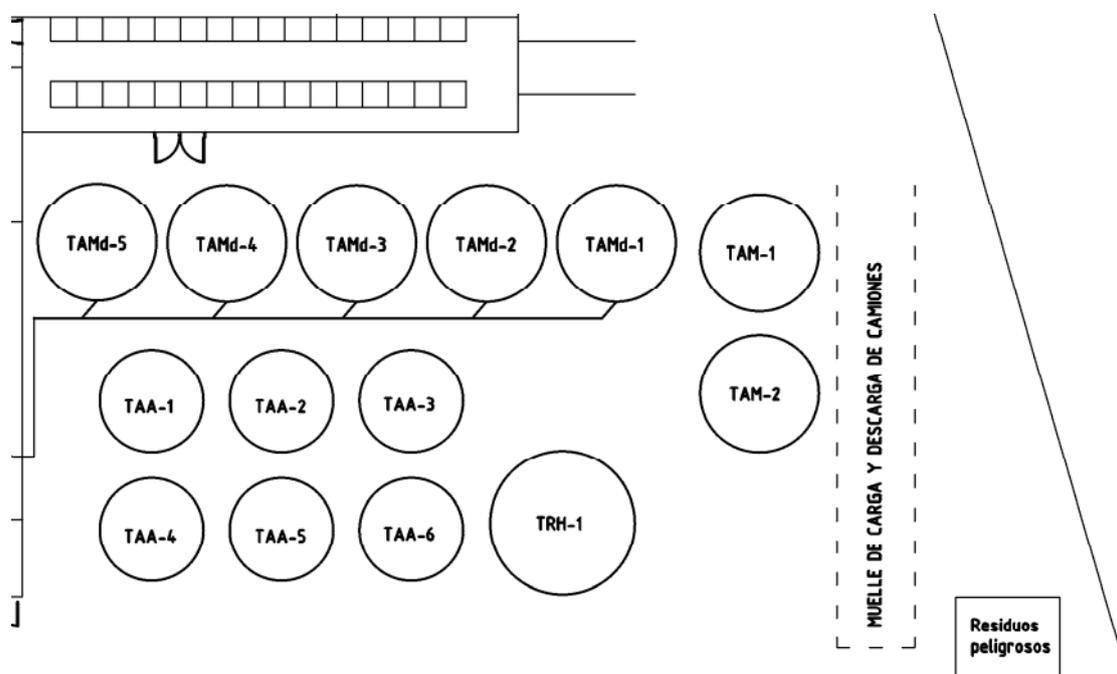


Figura 100 - Almacenamiento de Materias Primas

9.5.3.2. INICIO, PRETRATAMIENTO Y FERMENTACIÓN

Una vez la melaza está diluida pasa al esterilizador, que alimenta a los fermentadores y prefermentadores. Se muestra este sector en la Figura 103.

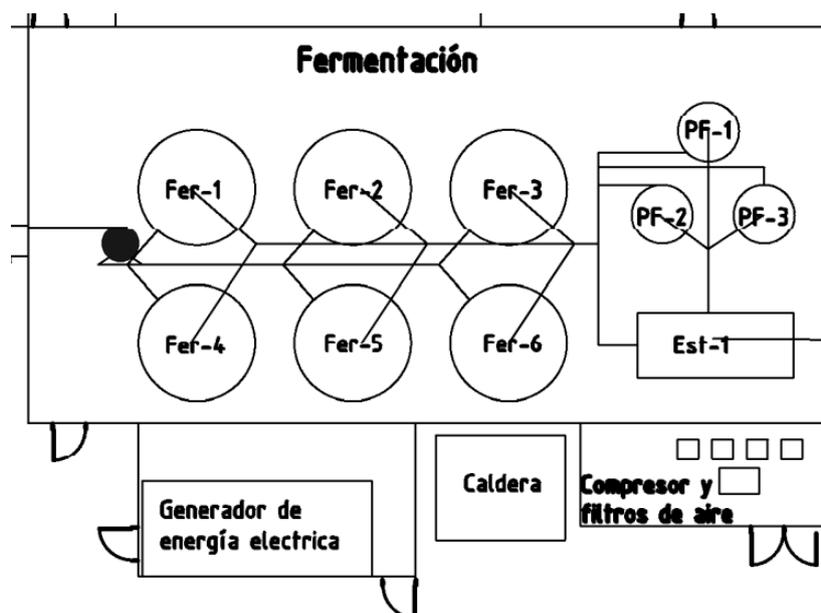


Figura 101 - Inicio, pretratamiento y fermentación

9.5.3.3. SEPARACIÓN

Al pasar a la etapa de separación, el fermento primero atraviesa un filtro, luego se dirige a los tanques agitados de lechada de cal, continuando su trayecto hacia un segundo filtro. De allí, el sólido es transportado al tanque agitado de Craqueo, para finalizar su recorrido hacia un tercer filtro y pasa a la etapa de purificación. Además, el sector de separación cuenta con una zona de deposición al aire libre, donde se almacenan en tanques los efluentes de la planta, cuyo tratamiento posterior se terceriza. Se muestra este sector en la Figura 104.

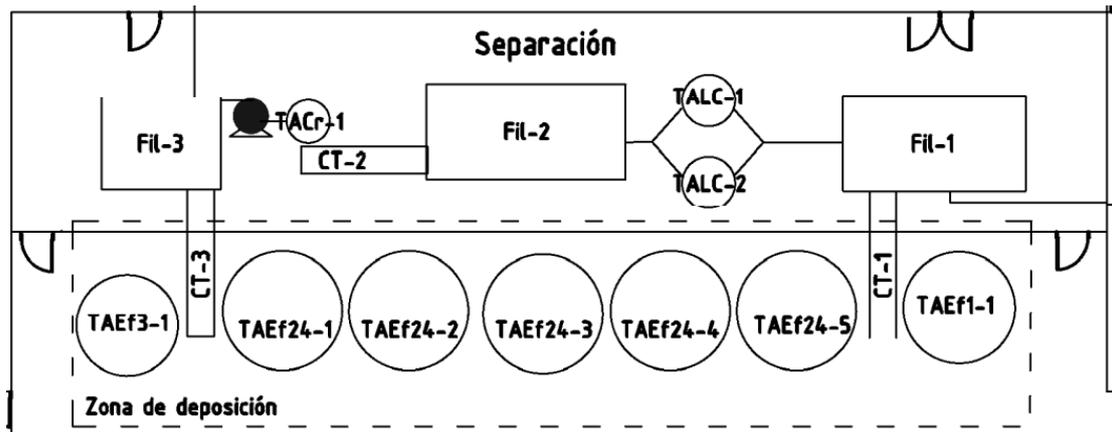


Figura 102 – Separación

9.5.3.4. PURIFICACIÓN Y ENVASADO

En el sector de purificación y envasado nos encontramos con 7 operaciones unitarias. En este sector de la planta se encuentra la Sala de operaciones. Se muestra este sector en la Figura 105.

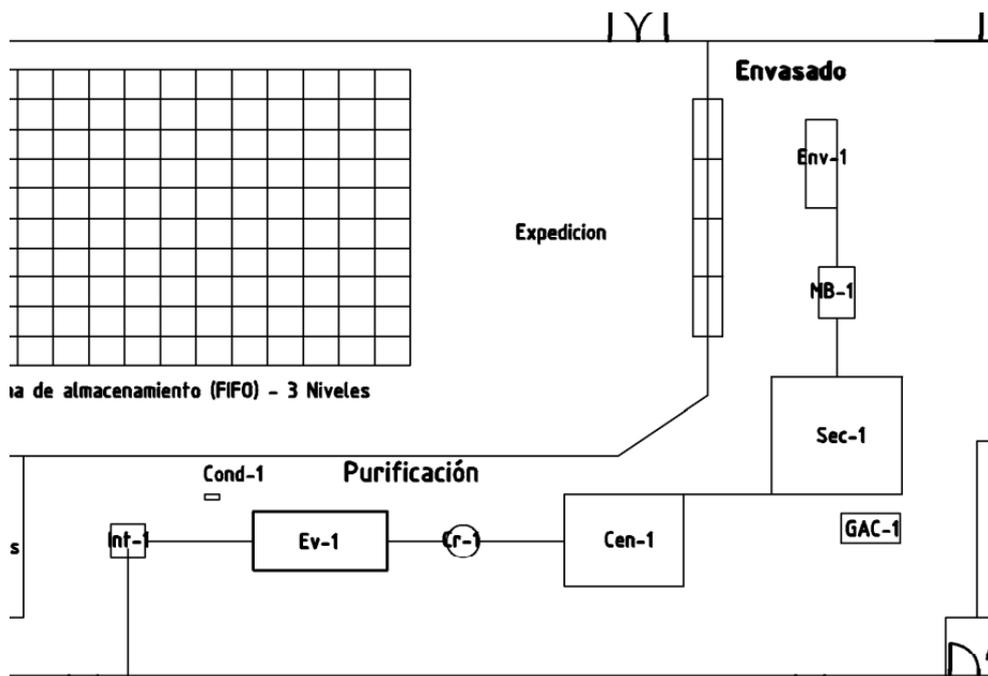


Figura 103 - Purificación y envasado

9.5.3.5. DEPÓSITO DE PRODUCTO TERMINADO

Se accede al sector a través de un portón de 4 hojas. En el depósito para el producto terminado, decidimos utilizar un sistema de almacenamiento FIFO (First In, First Out). Se contempló un sobredimensionamiento del 20% (10% por previsión de fallas de aprovisionamiento (proveedores) y

10% por futuras expansiones). El giro de los autoelevadores se encuentra asegurado, ya que se cuentan con pasillos de un mínimo de 3 m de ancho. Por una cuestión de optimización de tareas, dentro del espacio fueron ubicados el área de mantenimiento y el departamento de logística. Se muestra este sector en la Figura 106.

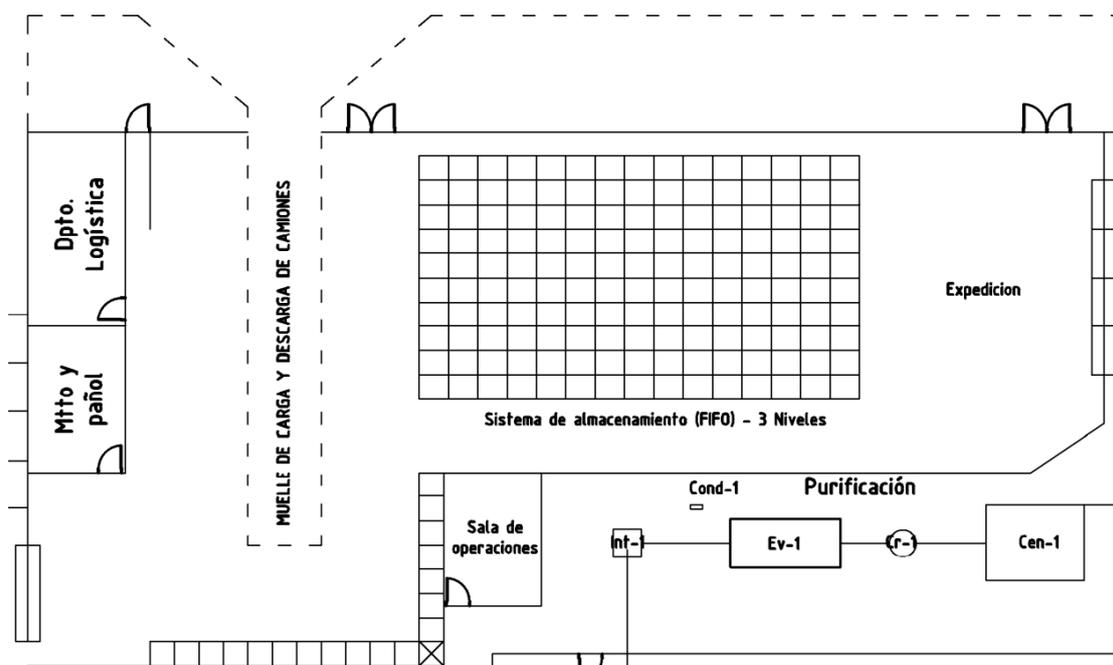


Figura 104 - Depósito de producto terminado

9.6. RESIDUOS PELIGROSOS

Los residuos peligrosos se disponen en una caseta ubicada en el extremo inferior derecho del terreno.

9.7. RUTA VEHICULAR

La planta cuenta con tres ingresos, cada uno con un portón del ancho suficiente para asegurar el ingreso de camiones. Los ingresos se encuentran al norte de la planta, uno al oeste (Figura 107) y otro al este (Figura 108). En la Figura 109 se muestran con flechas azules los sentidos de circulación.

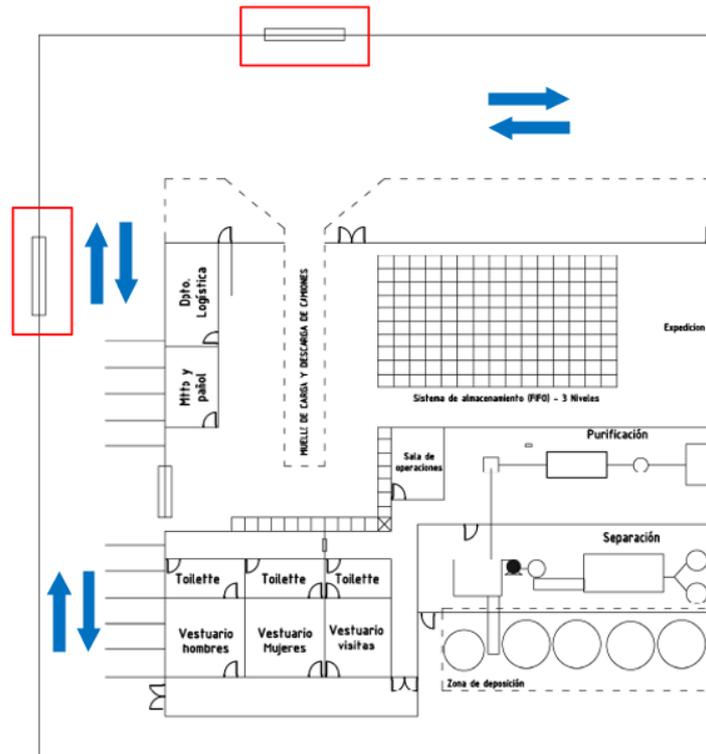


Figura 105 - Acceso lateral izquierdo y acceso superior

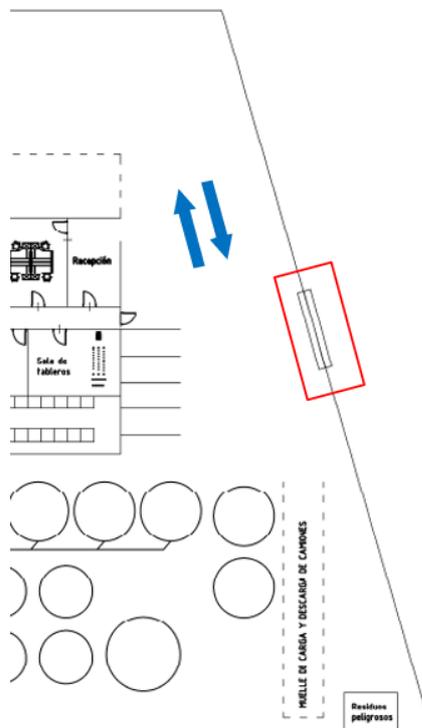


Figura 106 - Acceso lateral derecho

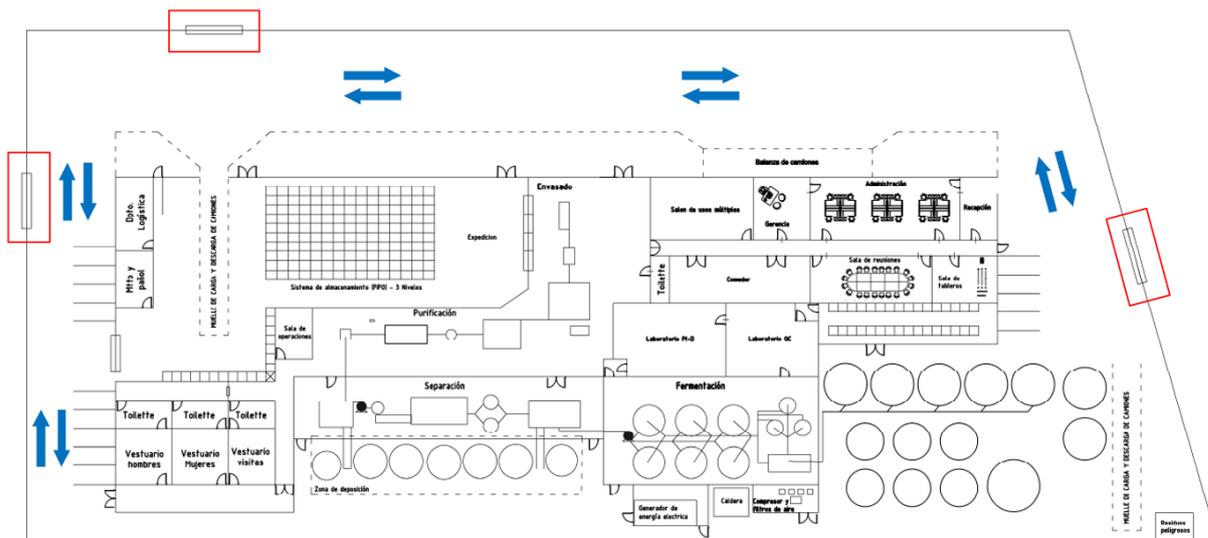


Figura 107 - Accesos al terreno

9.8. OFICINAS

En la zona de oficinas se encuentra la recepción, administración, gerencia, un salón de usos múltiples, el comedor y la sala de reuniones.

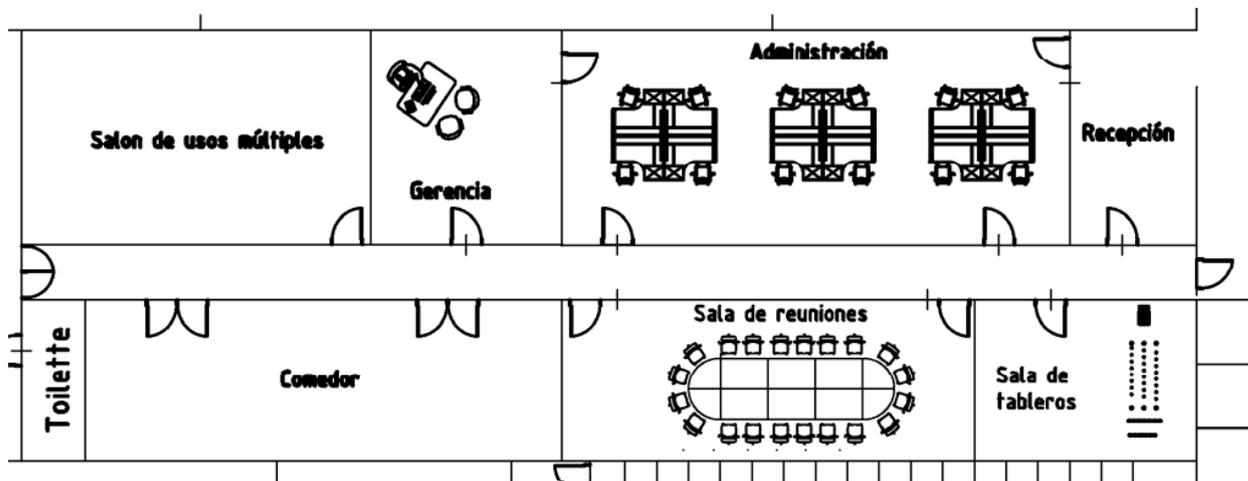


Figura 108 - Oficinas

9.9. SALAS DE TABLEROS Y DE GRUPOS ELECTRÓGENOS

En la sala de tableros se encuentran las llaves que controlan y administran el suministro de energía eléctrica en la planta. En la sala de grupos electrógenos se ubica el generador de energía eléctrica para abastecer a los equipos que la requieren de manera esencial (siendo la operación de fermentación la prioritaria por ser la más duradera).

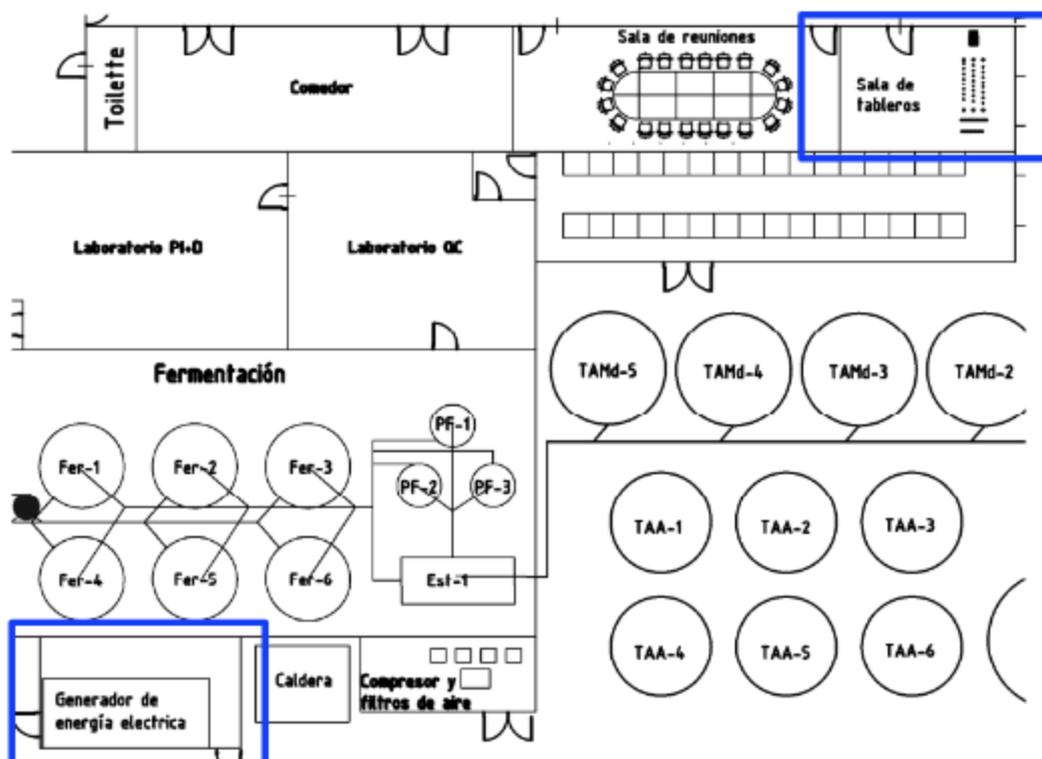


Figura 109 - Salas de tableros y de grupos electrógenos

9.10. BIBLIOGRAFÍA

Secretaría de la Pequeña y Mediana Empresa y los Emprendedores
<https://www.argentina.gob.ar/produccion/organigrama/SEPyME-Emprendedores>

HARRIS, P. y AMBROSE G., Bases del diseño Layout, (2013), Ed. Parramón, 2da edición.

RODOLFO ENRIQUE SILVERA ESCUDERO, Micrologística. Cómo optimizar los procesos logísticos internos, (2017), Bogotá, Ecoe Ediciones, 1ra edición.

10. SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL

10.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se procede a confeccionar la política de calidad de la empresa, junto con los objetivos y aplicaciones necesarios para el sistema de gestión de la calidad.

10.2. OBJETIVO

Implementar y mantener un Sistema de Gestión Integrado, asumiendo el compromiso con los clientes, el medio ambiente y la seguridad de los trabajadores.

10.3. ALCANCE

En el presente documento se mencionan y describen las políticas de la empresa y su relación directa con la gestión de Recursos necesarios dentro de la misma. Para esto, se involucra a cada departamento y área afectada al alcance de objetivos y metas de Calidad (según norma ISO 9001:2015), a las destinadas a garantizar la protección del medio ambiente (ISO 14001) y las dirigidas promover y mantener la seguridad en el trabajo (ISO 45001).

10.4. ABREVIATURAS Y DEFINICIONES

10.4.1. ABREVIATURAS

- **ISO:** International Standardization Organization
- **S.G.I.:** Sistema de Gestión Integral
- **SySO:** Seguridad y Salud Ocupacional

10.4.2. DEFINICIONES

- **Acción correctiva:** acción para eliminar la causa de una no conformidad y evitar que se repita.
- **Alta dirección:** Se refiere a la persona o personas que gobiernan al más alto nivel una organización.
- **Ambiente de trabajo:** Conjunto de condiciones laborales bajo las que se desempeñan las actividades objetivo de la organización. Se incluyen factores físicos, ambientales o de cualquier otro tipo que puedan afectar al producto o servicio final que la empresa ofrece a sus clientes.
- **Aspecto ambiental:** elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o puede interactuar con el medio ambiente.
- **Auditoría:** Proceso por el que se obtienen evidencias y se evalúan objetivamente, por un tercero, para indicar el grado en el que se están cumpliendo los criterios de auditoría.
- **Ciclo de vida:** etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema de producto (o servicio), desde la adquisición de materia prima o su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final.
- **Cliente:** Parte interesada que recibe el producto o servicio de una organización.
- **Competencia:** capacidad de aplicar conocimientos y habilidades con el fin de lograr los resultados previstos.
- **Condición ambiental:** estado o característica del medio ambiente, determinado en un punto específico en el tiempo.
- **Conformidad:** cumplimiento de un requisito.
- **Contratar externamente:** establecer un acuerdo mediante el cual una organización externa realiza parte de una función o proceso de otra organización.
- **Desempeño:** resultado medible.
- **Desempeño ambiental:** desempeño relacionado con la gestión de aspectos ambientales.
- **Eficacia:** grado en el que se realizan las actividades planificadas y se logran los resultados proyectados.

- **Evidencia objetiva:** pruebas que ponen de manifiesto la existencia o veracidad de cualquier asunto.
- **Gerente:** Persona que ejerce la autoridad, toma responsabilidades, lanza decisiones y cumple funciones directivas en nombre de la organización.
- **Impacto ambiental:** cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización.
- **Indicador:** representación medible de la condición o el estado de las operaciones, la gestión, o las condiciones.
- **Información documentada:** información que una organización tiene que controlar y mantener y el medio que la contiene.
- **Infraestructura:** conjunto de instalaciones, equipos y servicios necesarios para el normal desarrollo de una organización.
- **Mejora continua:** instrumento para contribuir a la capacidad de lograr los objetivos de la organización.
- **Medición:** proceso para determinar un valor.
- **Medio ambiente:** entorno en el cual una organización opera, incluidos el aire, el agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones.
- **No conformidad:** incumplimiento de un requisito.
- **Objetivo:** resultado a lograr.
- **Objetivo ambiental:** objetivo establecido por la organización, coherente con su política ambiental.
- **Organización:** persona o grupo de personas que tienen sus propias funciones y responsabilidades, autoridades y relaciones para el logro de sus objetivos
- **Parte interesada:** persona u organización que puede afectar, verse afectada, o percibirse como afectada por una decisión o actividad.
- **Política ambiental:** intenciones y dirección de una organización, relacionadas con el desempeño ambiental, como las expresa formalmente su alta dirección.
- **Prevención de la contaminación:** utilización de procesos, prácticas, técnicas, materiales, productos, servicios o energía para evitar,

reducir o controlar (en forma separada o en combinación) la generación, emisión o descarga de cualquier tipo de contaminante o residuo, con el fin de reducir impactos ambientales adversos.

- **Producto:** resultado de un proceso dado en la organización.
- **Proceso:** conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan, que transforman las entradas en salidas.
- **Requisito:** necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.
- **Requisitos legales y otros requisitos:** requisitos legales que una organización debe cumplir y otros requisitos que una organización decide cumplir.
- **Revisión:** actividad que garantiza la conveniencia, adecuación y eficacia de la cuestión objeto de revisión, para lograr los objetivos establecidos.
- **Riesgo:** efecto de la incertidumbre.
- **Riesgo aceptable:** es aquel que se ha conseguido reducir o mitigar de tal forma que pueda ser tolerado por la empresa teniendo en cuenta los requisitos legales de cada país y la política de seguridad y salud en el trabajo.
- **Riesgos y oportunidades:** efectos potenciales adversos (amenazas) y efectos potenciales beneficiosos (oportunidades).
- **Seguimiento:** determinación del estado de un sistema, un proceso o una actividad, supervisar u observar de forma crítica.
- **Sistema de gestión:** conjunto de elementos de una organización interrelacionados o que interactúan para establecer políticas y objetivos y procesos para el logro de estos objetivos
- **Sistema de gestión ambiental:** parte del sistema de gestión usada para gestionar aspectos ambientales, cumplir los requisitos legales y otros requisitos y abordar los riesgos y oportunidades.

10.5.SISTEMA INTEGRADO ISO 9001 - ISO 14001 - ISO 45001

Dentro de los principales objetivos del sistema de gestión integrado se encuentran:

- Identificar, controlar y disminuir los efectos ambientales y los peligros o riesgos de todas las actividades desarrolladas por la empresa.
- Asegurar la participación de todos los empleados para una mejora continua del desempeño ambiental y de seguridad, a través de capacitaciones.
- Implementar operaciones de manera consistente con la política de la empresa MACS (medio ambiente, calidad y seguridad), así como con las metas y objetivos relacionados.

La ISO 9.001 es una norma reconocida internacionalmente que se enfoca en los elementos de gestión de calidad que debe tener una empresa, para tener un sistema efectivo que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios. Este estándar enfatiza la satisfacción del cliente y la capacidad de proporcionar productos y/o servicios que cumplan con los requisitos internos y externos de una organización.

El objetivo de la norma ISO 14.001 es establecer un Sistema de Gestión Ambiental para que las empresas puedan demostrar que son responsables y comprometidas con la protección del medio ambiente. La norma ayuda a gestionar e identificar los riesgos ambientales que pueden surgir dentro de la empresa durante la implementación de sus operaciones. Tiene en cuenta tanto la prevención de riesgos como la protección del medioambiente, siguiendo la normativa legal vigente.

El propósito de la norma ISO 45.001 (Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo) es proporcionar a la organización información de alto nivel sobre los problemas críticos que pueden afectar a la organización, tanto positiva como negativamente y cómo gestiona sus responsabilidades de salud y seguridad en el lugar de trabajo para los empleados de la organización.

10.6.IMPLEMENTACIÓN CONJUNTA

10.6.1. VENTAJAS

La implementación de estos tres sistemas de gestión (de calidad, ambiental y de seguridad y salud en el trabajo) produce importantes beneficios económicos y sinérgicos, entre los cuales podemos destacar:

- Crear mayor eficiencia en tiempo, gasto financiero y calidad de procesos y productos.
- Reducir significativa de estructura y costos.
- Unificar controles y operaciones que incumben a distintas unidades.
- Elevar la moral de los empleados al tener roles claramente definidos y comprender cómo sus roles afectan la calidad y el éxito del negocio.
- Aportar reconocimiento internacional y mejorar la imagen de la empresa en la sociedad.

10.6.2. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SGI

El inicio e implementación de un Sistema Integrado de Gestión implica avanzar sobre una serie de pasos sucesivos hasta alcanzar un estado completamente operativo.

- **Primer paso - Fase de diseño y desarrollo del sistema**

Incluye ajustes relacionados con documentos a los controles de gestión y controles operativos. Aquí debemos determinar cómo el sistema puede gestionar aspectos operativos.

- **Segundo paso - Fase de implantación**

Incluye divulgar las operaciones del sistema a todos los niveles de la empresa, al personal de apoyo y a cualquier otra parte involucrada en la operación. No es necesario que todos los empleados tengan un conocimiento exhaustivo del sistema de gestión, pero sí deben tener un conocimiento completo de todo lo relacionado con el sistema que afecta sus funciones dentro de la organización. Una vez que el sistema es

manejado y comprendido dentro de la empresa, se avanza a la fase operativa.

- **Tercer paso - Fase operativa**

Esta etapa se desarrolla una vez que el sistema integrado se utiliza con naturalidad en todos los niveles de la empresa. Aquí comienza la retroalimentación que, utilizada junto a la experiencia de la organización, hace posible la detección de oportunidades de mejora continua.

- **Cuarto paso - Certificación del SGI**

Se debe optar por elegir un organismo acreditador. En esta instancia, la dirección de la empresa presenta las evidencias al auditor.

10.7.PRINCIPALES ELEMENTOS DEL SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

10.7.1. DOCUMENTACIÓN

10.7.1.1. POLÍTICA CORPORATIVA

La política corporativa es un documento elaborado por los más altos niveles de una organización. En él, se establecen pautas de conducta para asegurar que la organización operará sin daños innecesarios o significativos al medio ambiente y al cuidado de la vida de todos los trabajadores y demás de la organización.

Esta es una especie de manifiesto institucional que debe incluir el compromiso de la empresa de cumplir con todas las leyes y reglamentos aplicables a la operación, una resolución a favor de la protección del medio ambiente, la salud y el trabajo seguro para los empleados y terceros de la empresa. Es el documento de compromiso más importante de los gerentes en todos los niveles de la organización.

La empresa tiene como política corporativa *"Comercializar y fabricar productos químicos para las industrias alimenticias y farmacéuticas, satisfaciendo las necesidades y expectativas de nuestros clientes, teniendo un claro compromiso por la Seguridad, la Salud y el Cuidado del Medio Ambiente. Mantener y mejorar la eficacia del SGI fomentando la*

formación, sensibilización y comunicación con nuestros empleados, como así también con los clientes y proveedores."

10.7.1.2. PROCEDIMIENTOS Y PROTOCOLOS

Para el control de las acciones y asegurar que el personal de la organización utilice los mismos procedimientos y protocolos de trabajo, es indispensable la utilización de documentación que guíe el accionar ante escenarios rutinarios y posibles eventos extraordinarios. Dichos documentos tendrán un formato estandarizado y detallarán:

- Objetivo
- Alcance
- Referencias
- Definiciones
- Responsabilidades
- Metodología
- Registros
- Documentos relacionados
- Periodo de validez
- Revisión

10.7.1.3. REGISTROS

Los registros se elaborarán en cada área o sector que tenga incidencia, dependiendo de su tipo. Los mismos pueden surgir por condiciones operativas normales, anormales o de emergencia y, a su vez, corresponder a actividades presentes, como consecuencia de actividades pasadas o planificadas para actividades futuras.

La identificación y evaluación debe contar con personal debidamente capacitado en los temas que involucran, tales como medioambiente y seguridad.

Para garantizar la transparencia y el uso adecuado del SGI, la totalidad de los registros deben demostrar la trazabilidad en todas las áreas involucradas de nuestra empresa.

- **Aspectos e impactos**

La norma 14.001 exige el registro de los aspectos y/o impactos, donde se identifican y evalúan los elementos relacionados a la operación que pudiesen ocasionar un impacto ambiental significativo.

- **Peligros y riesgos**

Por su parte, la ISO 45.001 exige el registro de los peligros y riesgos, donde se identifican y evalúan los factores que pudieran incurrir en riesgos del personal o las operaciones que se llevan a cabo.

- **Registros legales**

Para garantizar que se practica el compromiso de cumplir con la legislación, asumido en la política corporativa, se debe crear un registro de legislación mediante un equipo interdisciplinario compuesto por abogados calificados y responsables de la operación, en función de tener una correlación entre la norma, ley o regulación y la operación de la empresa.

- **Registro de accidentes**

La normativa exige que cada empresa cuente con un método o procedimiento que asegure el registro, análisis y recomendación de acciones correctivas para todos los accidentes, tanto ambientales como personales. Es importante que exista el registro y que se demuestre que se están tomando medidas correctivas para resolver el incidente y evitar que vuelva a ocurrir.

- **Registro de no conformidades/acciones correctivas**

Representan cualquier desvío con respecto a los acuerdos, leyes, regulaciones y procedimientos contemplados en el SGI. Estas desviaciones deben ser registradas y solucionadas mediante el análisis de las mismas y la propuesta de acciones correctivas correspondientes.

10.7.2. PLANIFICACIÓN

Para lograr el cumplimiento de la política, se deben establecer programas de gestión integrados, que demuestren su adherencia a los fines que persiguen los principios estipulados por la política misma. Estos programas se fundamentan en tres actividades necesarias, que se explican a continuación.

10.7.2.1. OBJETIVOS Y METAS

Una vez evaluados los aspectos/impactos, peligros/riesgos y requisitos normativos, tendremos una idea de las posibles consecuencias de la operación sobre el medio ambiente, la salud y la seguridad humana.

El objetivo final es identificar factores que minimicen los impactos y riesgos antes mencionados. Para lograr esta reducción, se pueden tomar tres acciones:

1. Control: se aplica cuando el potencial impacto o riesgo puede mitigarse siguiendo un procedimiento operativo, es decir, una medida de control.
2. Mejora: cuando el potencial impacto o riesgo puede corregirse mediante el cambio de algún elemento de la operación, eliminando o reduciendo el aspecto o peligro.
3. Investigación: si el potencial riesgo o impacto no puede ser controlado o mejorado, puede ser objeto de una investigación que permita encontrar la medida de mitigación apropiada.

Estos puntos están incluidos en el Programa de Gestión Integrada, que contiene elementos que conducen a minimizar los impactos y riesgos asociados a la mejora continua. En este programa, se establecen las metas a alcanzar en el contexto general y las metas correspondientes a cada objetivo, así como las actividades involucradas, quién es el responsable de su cumplimiento y la fecha de finalización.

10.7.3. AUDITORÍAS

Además de la auditoría requerida para ser certificado por una autoridad, es indispensable realizar auditorías internas. Estas tienen el propósito de evaluar el sistema y son las que ponen el sistema en la dirección de la mejora continua.

10.7.4. REVISIÓN GENERAL

La norma requiere que la dirección de la empresa realice una revisión anual para evaluar la eficacia del sistema de gestión con la estructura actual. A partir de ahí, se puede considerar la posibilidad de modificar políticas, objetivos u otros elementos del SGI.

10.8. BIBLIOGRAFÍA

- **ISO 9001:2015**, Sistemas de gestión de la calidad.
- **ISO 9001:1994**, Quality systems: Model for quality assurance in design, development, production, installation and servicing.
- **ISO 14001:2007**, Sistemas de gestión ambiental.
- **ISO 45001**, Sistemas de gestión de la salud y la seguridad en el trabajo.

11. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

11.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta un estudio detallado de las consecuencias medioambientales que podrían generarse debido al emplazamiento de la Planta de Producción de Ácido Cítrico, analizando, a su vez, el estado del arte para poder comparar y obtener conclusiones acertadas.

Finalmente, con toda la información se realiza una matriz de impacto ambiental. En ella, se divide el proyecto en tres etapas: construcción, operación y cierre, expresando en cada una la magnitud de los impactos ambientales. Se emplea un sistema de colores y tonalidades para clasificarlos:

- Impactos positivos: verde
- Impactos negativos: amarillo, naranja o rojo

11.2. OBJETIVOS DE LA EIA

Se llevarán adelante un estudio y, posteriormente, una evaluación de impacto ambiental. En el primer caso, el objetivo es predecir, identificar, ponderar y corregir las consecuencias y efectos ambientales que este proyecto tiene sobre la calidad de vida y el entorno. Se trata de un estudio técnico administrativo, mientras que la evaluación la debe aprobar el Estado. Esta, por su parte, tiene por objetivo identificar, predecir e interpretar los impactos ambientales del proyecto.

Con todo, se podrá, además, diseñar un plan de gestión de riesgos que sea abarcativo, representativo y eficiente.

11.3. MARCO LEGAL

Se presentan a continuación las normas y normativas vigentes, tanto nacionales como de la provincia donde se ubicará la planta, Tucumán.

Norma	Aplic.	Art.	Descripción
Constitucionales	Nacional	41	Preservación del ambiente y derecho a un ambiente sano.
		124	Creaciones de regiones para el desarrollo económico y social y establecer órganos con facultades para el cumplimiento de sus fines.
	Provincial	41	Preservación del medio ambiente. Toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente sano y equilibrado.

Norma	Régimen	Nº	Descripción
Leyes Nacionales	Nacional	24.051	Consideraciones sobre los Residuos Peligrosos
		26.334	Promoción de la Producción de bioetanol
		20.284	Calidad del aire, concentración de contaminantes
		26.093	Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentable de Biocombustibles
Provincia de Tucumán	Ley	6.605	Modif. por Ley 6943. Reglamenta la Ley Nac. 24051 de Residuos Peligrosos
		8.177	Regulación integral de los RSU
		7.460	Regulación especial a Ingenios Azucareros
		6.836	Regulación de Fuentes Móviles
		6.292	Recursos Naturales Renovables y Áreas Naturales Protegidas
		6.290	Conservación del suelo agrícola
		8.761	Responsabilidad Social y Ambiental. Medio ambiente, educación ambiental, responsabilidades especiales, Derecho ambiental, Derecho civil
		7.247	Servicio de Información del estado del ambiente dado por el Centro de Información Ambiental Pública
		7.139	Modificada por la Ley 7140. Código de Aguas de la provincia
		6.253	EIA. Normas generales y metodología de aplicación para la defensa, conservación y mejoramiento del Ambiente.
	Decreto	2204/91	Reglamentario de la ley 6253
		32/07	Prohibición del traslado de residuos en vehículos no autorizados
		480/03	Reglamentario de la ley 7139
		1610/07	Reglamentario de la ley 7460
		4050/07	Reglamentario de la ley 6290

Resolución	196/10	Uso obligatorio de los Manifiestos de Transporte de Residuos Peligrosos, Certificado de Tratamiento, Certificado de Almacenamiento Temporal, y Certificado de Disposición Final según el caso.
	1265/03	Registro y descarga de efluentes
	349/13	Medidas necesarias para la recuperación total de agua residual del lavado de caña de azúcar
	294/89	Regularización de las emisiones de Fuentes Fija
	25/04	Aprueba acciones del procedimiento de EIA

Tabla 24 - Marco legal

11.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Se evalúa la posibilidad de construir una planta de producción de ácido cítrico en el Parque Industrial Tucumán.

Para evaluar y estudiar los impactos de este proyecto, se lo divide en 3 etapas: construcción, operación y cierre.

11.4.1. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

El terreno se presenta deforestado y nivelado, por lo cual esta etapa consta de:

- Excavaciones para la cimentación de la planta
- Fundaciones resistentes a sismos, ya que sostendrán todo el peso de la construcción
- Movimiento de materiales de construcción
- Uso de maquinaria pesada

El ruido de obra genera contaminación sonora. Para mitigar este impacto, se plantarán dos filas de árboles, primero de ciprés de la especie *Cupressus sempervirens horizontalis*, que por su tipo de hoja y forma ayudan a bloquear el sonido y luego de *Thuya occidentalis*, para cubrir la parte inferior y aportar una imagen más amena.



Figura 110 - Especie Cupressus sempervirens horizontalis

Como en toda operación, habrá residuos. En este caso la mayor parte será sólida, aunque también se considera que habrá residuos líquidos.

El informe Symonds se emplea como referencia, ya que se basa en los Residuos de Construcción y Demolición "RCD" generados en Europa. Concluye que los materiales empleados en la etapa de construcción y sus cantidades porcentuales son:

Material	% en volumen
Arcilla	6
Arena	60
Caliza (para producir cemento)	6
Grava	14
Madera	2
Metal	4
Petróleo (plásticos)	3
Piedra natural	4
Yeso	1
TOTAL	100

Tabla 25 - Informe Symonds, residuos de construcción y demolición

A su vez, los residuos se clasifican en cuatro categorías:

- Categoría I: RCD que contienen sustancias peligrosas (basado en la Lista Europea de Residuos aprobada por Orden MAM/304/2002).
- Categoría II: residuos inertes de construcción y demolición sucios que no presentan una buena valorización al presentarse como mezcla heterogénea de residuos inertes.
- Categoría III: residuos inertes limpios. Es aquel seleccionado en origen y entregado en forma separada, que corresponda a alguno de los siguientes grupos:
 - Hormigones, morteros, piedras y áridos naturales mezclados.
 - Ladrillos, azulejos y otros cerámicos.
- Categoría IV: residuos inertes adecuados para usarse en obras de restauración, acondicionamiento y relleno o construcción en sí, debiendo responder a alguna de las siguientes características:
 - Rechazo inerte derivado de procesos de reciclado de RCD que sean aptos para su uso en restauración, acondicionamiento y relleno, más allá de la normativa local.
 - Aquellos declarados adecuados para restauración, acondicionamiento y relleno por una resolución del órgano competente en materia ambiental o de minas, cuando corresponda.

De la misma fuente, se obtiene también información sobre los residuos generados:

Material	% en volumen
Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	54
Hormigón	12
Piedra	5
Arena, grava y otros áridos	4
Madera	4
Vidrio	0.5
Plásticos	1.5
Metales	2.5
Asfalto	5
Yeso	0.2
Papel	0.3
Basura	7
Otros	4

Tabla 26 - Informe Symonds, residuos generados

11.4.2. ETAPA DE OPERACIÓN

El proceso consta de 5 macroetapas:

- *Inicio y pretratamiento*: preparación del medio de cultivo y crecimiento del hongo en laboratorio. Se usarán cepas de *Aspergillus niger*, la fuente de carbono será la melaza de la caña de azúcar y se agregan aditivos, contenidos en el Agar Czapek-Dox. La melaza será de grado alimenticio y se diluirá con agua.
- *Fermentación*: obtención del citrato. Se lleva a cabo en un biorreactor con aireación y un encamisado para mantener la temperatura en 30 °C aproximadamente.
- *Separación*: obtención del ácido cítrico. Consta de cinco operaciones unitarias.

En esta etapa se emplean cal y ácido sulfúrico y se obtiene como subproducto el yeso, que se almacena en planta para ser comercializado como subproducto.

- *Purificación*: extracción de impurezas. Se emplean carbón activado y resinas de intercambio iónico, que se recuperan con HCl. Sigue una etapa de evaporación y secado, donde se liberan vapores a temperaturas superiores a las del medio ambiente y agua.
- *Envasado*

Al final del proceso, se obtienen el ácido cítrico anhidro y otros subproductos:

- Sulfato de calcio ($CaSO_4$)
- Cationes, como magnesio o potasio
- Licor madre (de la etapa de cristalización y de centrifugación)
- Licor con impurezas (de la separación del citrato cálcico)
- Micelio

11.4.2.1. HONGO ASPERGILLUS NIGER

En la fábrica habrá grandes cantidades del hongo, tanto en el laboratorio como en la planta. Se trata de un patógeno oportunista que puede producir micotoxinas, que son metabolitos secundarios que produce y secreta el hongo durante la degradación de materia orgánica. Se hospeda en humanos, bovinos, equinos, aves y cetáceos, además se ve favorecido su desarrollo en suelos o vegetales en descomposición. Tiene alta resistencia térmica, puede vivir entre los 12 y los 57 grados Celsius y sus esporas resisten temperaturas aún mayores (70 °C).

Este hongo causa infecciones locales y superficiales como otomicosis (oído), onicomosis (piel y uñas) y queratitis (ojos), siendo su vía de entrada principal al organismo la respiratoria. También puede producir efectos alérgicos, como ser el asma o la rinitis, hasta enfermedades pulmonares. Si se da una ingesta por vía oral, puede producir intoxicaciones.

Asimismo, hay actividades laborales que presentan riesgos extras, dado que favorecen el desarrollo de las cepas, tales como las textiles,

ganaderas, actividades en contacto con la tierra, alimenticias, de bebidas, construcción, aguas.

11.4.3. ETAPA DE CIERRE

En esta fase, se llevan adelante el desmantelamiento y el transporte de maquinarias, equipos y la propia estructura de la planta. Incluso, se realiza la remediación del terreno, lo cual resulta un impacto positivo ya que devuelve la zona a su estado original e incluso podría mejorar sus condiciones.

Los residuos que se generan son del tipo de los descritos en la etapa de construcción.

11.5. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE EMPLAZAMIENTO

11.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

Se concluyó, en el Capítulo 3, que lo mejor es construir la planta en el Parque Industrial Tucumán, el cual se encuentra en la capital provincial. Si bien no está tan alejado de la zona más densamente poblada, al estar dentro de un Parque Industrial no provocará modificaciones notorias de ninguna índole en el entorno.

Se define que el área de influencia de los impactos es de 1 km a la redonda del terreno.

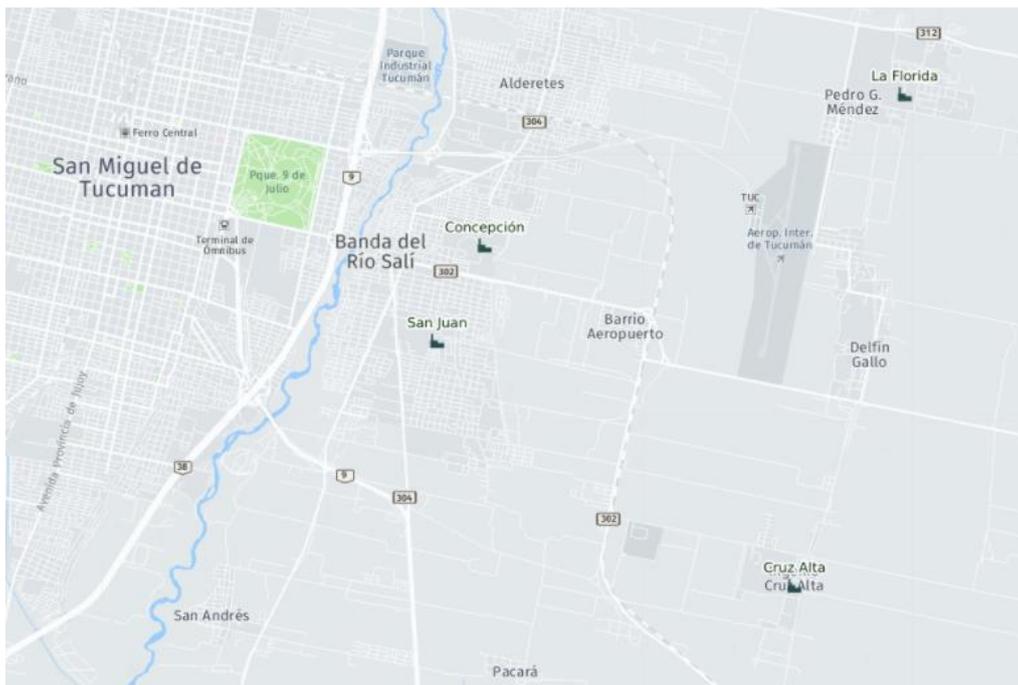


Figura 111 - Ingenios en Tucumán



Figura 112 - Lotes disponibles en el PIT

11.5.2. INDUSTRIAS RADICADAS EN EL PARQUE INDUSTRIAL TUCUMÁN

Se enumeran a continuación los rubros de las empresas establecidas en el parque:

- Plásticos

- Metalmecánico
- Materiales no refractarios
- Packing
- Citrícola
- Reciclado
- Textil
- Maderera y aserradero
- Transporte de cargas logísticas
- Bebidas
- Alimenticio
- Químico
- Material eléctrico y electrónico
- Materiales para la construcción

11.5.3. CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

La Provincia de Tucumán presenta una amplitud térmica destacable, pero no resulta pertinente para éste análisis ya que las temperaturas requeridas por el proceso no son extremas.

En cambio, la disponibilidad de agua sí resulta más pertinente, ya que se precisan grandes cantidades. En algunas épocas del año, las precipitaciones son muy bajas y también se reduce la disponibilidad de aguas subterráneas.

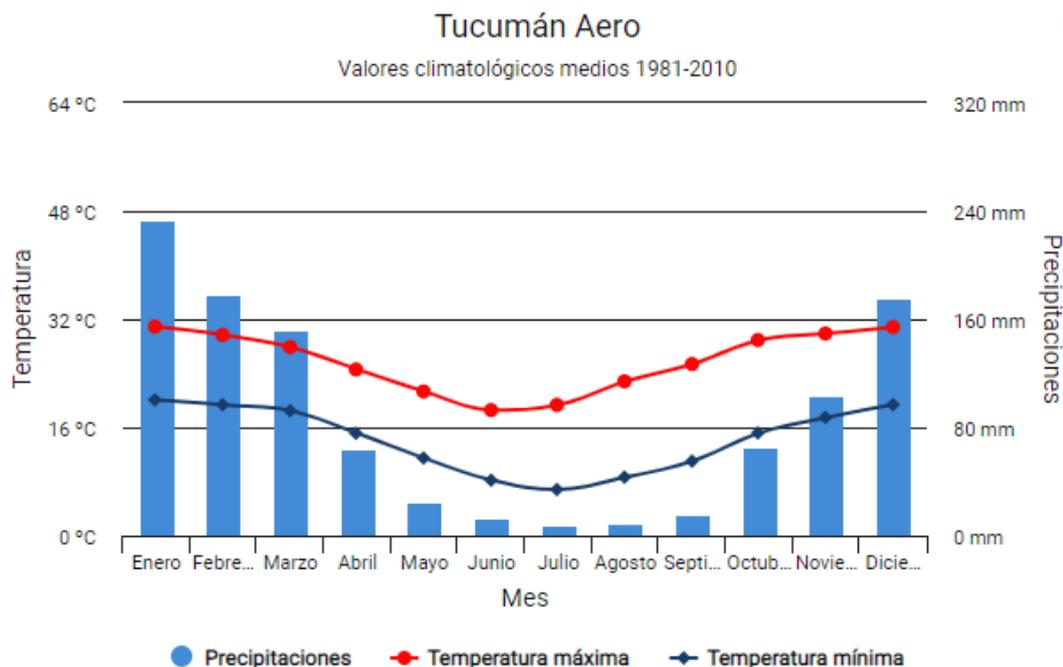


Figura 113 - Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

Los aspectos ambientales inertes que se pueden ver más perjudicados por este proyecto son la atmósfera, el suelo y el agua principalmente por la emisión de CO₂. En cuanto a los aspectos bióticos, si bien en la región hay fauna y flora protegida (incluso considerada patrimonio por su antigüedad), el hecho de ubicar la planta dentro de un Parque Industrial habilita a compartir responsabilidades.

Los mayores riesgos externos que se presentan son los sismos, mientras que internamente destacan los accidentes por mal manejo de reactivos y la errónea disposición final de los efluentes.

Disponibilidad de agua

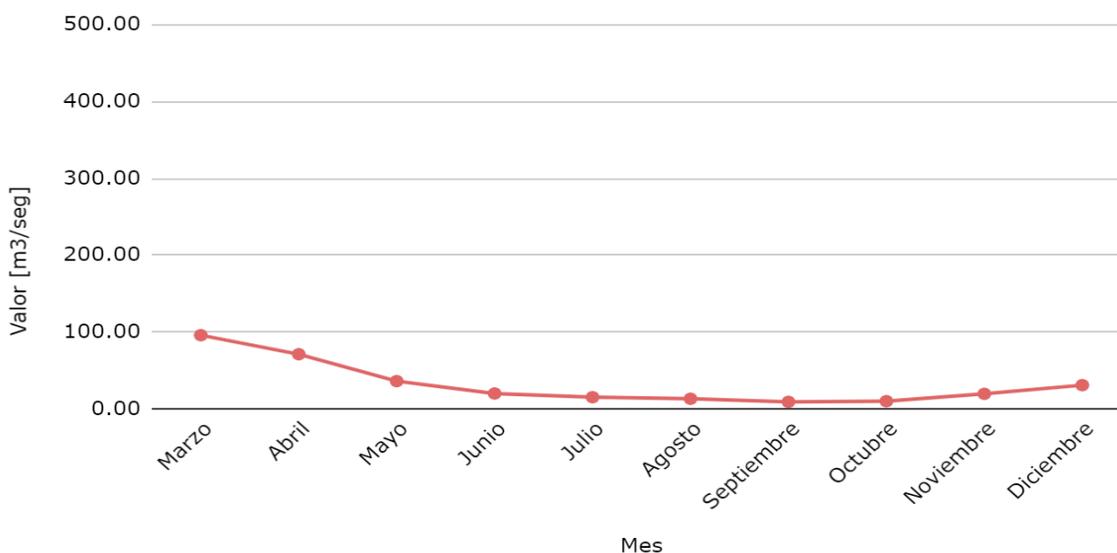


Figura 114 - Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

Con el fin de estimar la calidad del agua de la zona, se muestra a continuación un análisis físico-químico tomado del Sistema Nacional de Información Hídrica. Las aguas tanto superficiales como subterráneas se encuentran monitoreadas por la Secretaría de Estado de Medio Ambiente de Tucumán.

Fecha:	09/11/2018			
Laboratorio:	Red Hidrológica Nacional			
Observaciones:				
Medida	Op	Valor	Unidad	Método
Conductividad Eléctrica	a 25°C	1.040	uS/cm	
pH		8,34	UpH	
Temperatura		21,1	°C	
Potencial Redox		262,5	mV	
Oxígeno disuelto		9,7	mg/L	
N-NO3		0,5	mg/L	
N-NO2		<0,02	mg/L	
Turbidez		6,6	NTU	
Sólidos disueltos		624	mg/L	
Nitrógeno de Amoníaco		0,09	mg/L	
Fósforo-Ortofosfato		1	mg/L	
Nitrógeno Total		0,5	mg/L	

Tabla 27 - Secretaría de Estado de Medio Ambiente de Tucumán

11.5.4. ASPECTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y CULTURALES

Dado que el Parque Industrial se sitúa en la capital provincial, allí se encuentran las Universidades y centros de estudios superiores, además de la mayor cantidad de población. La apertura de la planta generará numerosos puestos de trabajo para gente calificada y aumentará la economía regional.

ASPECTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y CULTURALES		JUSTIFICACIÓN
<i>Social</i>	Laboral	Nuevos puestos de trabajo
	Cultural	Necesidad de un nivel educativo calificado
Infraestructura		Desarrollo de vías de comunicación
Económico		Aumento de ingresos y productividad en la localidad

Tabla 28 - Aspectos sociales, económicos y culturales

11.6. GESTIÓN DE RIESGOS

Se presenta en principio un resumen de los aspectos ambientales y cómo podrían verse afectados por el proyecto. Luego, se enumeran los riesgos, puntuando su severidad y ocurrencia para conocer el índice de riesgo que representa cada uno. Asimismo, se proponen acciones de control para mitigar lo más posible las consecuencias negativas.

ASPECTOS AMBIENTALES		JUSTIFICACIÓN
<i>Inertes</i>	Atmósfera	Emisión de vapor a temperaturas superiores que la atmosférica Emisión de CO ₂
	Suelo	Riesgos de derrames de materias primas y/o productos de síntesis
	Agua	
		Consumo de agua para intercambios de calor
<i>Bióticos</i>	Flora	Deforestación para la construcción de la planta y caminos
	Fauna	Desplazamiento de especies
Paisaje		Interrumpido no sólo por la construcción, sino también por los gases emitidos, además de una contaminación sonora

Tabla 29 - Aspectos ambientales

Los significados de los valores de los índices de riesgo se presentan en la siguiente tabla.

Severidad \ Probabilidad		Insignificante	Menor	Moderado	Mayor	Importante
		1	2	3	4	5
Muy frecuente	5	5	10	15	20	25
Frecuente	4	4	8	12	16	20
Probable	3	3	6	9	12	15
Poco probable	2	2	4	6	8	10
Improbable	1	1	2	3	4	5

Tabla 30 - Valores de índices de riesgo

RIESGO	SEVERIDAD	OCURRENCIA	INDICE DE RIESGO	ACCIONES DE CONTROL
Incendio	5	1	5	Capacitaciones, evitar sobrecargas eléctricas, detectores de humo
Derrame	4	2	8	Controles automáticos de nivel, presión, etc.
Accidente por manipulación de reactivos	5	2	10	Capacitación y controles de calidad
Contaminación sonora por el uso de maquinaria pesada	2	4	8	Utilización de herramientas y sistemas neumáticos, incorporación de amortiguadores a equipos
Residuos sólidos	3	2	6	Control de la carga de la materia prima en los vehículos de transporte
Contaminación por derrames y emisiones durante la logística	2	4	8	Monitoreo de los gases de combustión en planta y logística
Errónea disposición final de efluentes líquidos	5	2	10	Uso de recipientes específicos para cada efluente líquido y su control de concentración
Sismos	4	4	16	Fundaciones antisísmicas

Tabla 31 - Riesgos valorados y sus acciones

Se puede percibir que el principal riesgo externo que puede afectar a la planta es la ocurrencia de sismos, dado que Tucumán es una de las provincias que mayor actividad tectónica presenta en el territorio argentino. Es por ello que todas las construcciones serán diseñadas adecuadamente, con fundaciones antisísmicas.

Además, dentro de los riesgos internos, se destacan los índices elevados de la errónea disposición de efluentes, sobre todo por los ácidos fuertes que se emplean para las etapas de separación y purificación. También es riesgosa una mala disposición final del micelio, que, si es excesiva la cantidad, podría desencadenar en una contaminación biológica. Como se ha mencionado, en el parque hay radicadas empresas cuyos rubros se pueden ver fuertemente afectados por la presencia de *Aspergillus Níger*, por lo que resulta menester tomar medidas preventivas y de cuidado, como ser la instalación de filtros en la ventilación y el uso de bateas de seguridad en los tanques de ácidos.

11.7. MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL

Se plantea la matriz de impacto ambiental para cada etapa: construcción, operación y cierre.

La escala cromática de impactos es:

-  Altamente positivo
-  Medianamente positivo
-  Levemente positivo
-  Altamente negativo
-  Medianamente negativo
-  Levemente negativo

Además, se diferencian los impactos negativos en:

- R: reversibles
- I: irreversibles

Como ya se había analizado en el punto 11.5, los impactos ambientales tienden a ser negativos en su mayoría, aunque reversibles salvo algunas excepciones. Por otro lado, los impactos del proyecto sobre la sociedad y la economía presentan una tendencia positiva sobre la región.

Efectos sobre el Medio Ambiente	ETAPA DE CONSTRUCCIÓN						ETAPA DE OPERACIÓN										ETAPA DE CIERRE											
	Uso de Maquinaria	Mov. Tierra-Excavaciones	Desmorte y tala	Efluentes Líquidos	Residuos Sólidos	Mano de Obra	Construcciones	Almacenamiento	Dilución	Esterilización	Fermentación	Filtraciones	Lechada y craqueo	Eliminación de impurezas	Evaporación	Separación	Secado	Molienda	Envasado	Efluentes Líquidos	Desmant. Equipos	Transporte Vehicular	Residuos Sólidos	Mano de Obra	Uso de Maquinarias	Remediación		
ASPECTOS AMBIENTALES	Atmósfera	Calidad del Aire	R	R	R	R	R																					
		Humos	R																									
		Ruido	R	R																								
	Inertes	Vibraciones	R	R																								
		Contaminación	R	R																								
	Agua	R	R																									
	Bióticos	Subterránea o Red	R																									
		Flora	R	R																								
	Paisaje	Fauna	R	R																								
		Desplazamiento	R	R																								
ASPECTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y CULTURALES	Social	Generación de empleo	R	R																								
		Capacitación	R																									
	Cultural	Calidad de vida	R																									
		Educación	R																									
	Infraestructura	Relaciones sociales	R																									
		Transporte	R																									
	Económico	Ingresos localidad	R																									
		Inversiones	R																									
	Desarrollo industrial	R																										

Tabla 32 - Matriz de impacto ambiental

11.8.PLAN DE MANEJO DE CONTINGENCIAS

Se desarrollan los procedimientos para reducir los impactos negativos de los accidentes que podrían tener lugar en la empresa, ya sea que afecten al medio ambiente y/o a las personas de o ajenas al proyecto. Asimismo, se calculan las dimensiones de las bateas de seguridad de los tanques que las requieran.

Los impactos negativos más perjudiciales se deducen a partir de la matriz de impacto y la de riesgos, enumerados a continuación y sobre los cuales se basan los procedimientos:

- Derrame de efluentes líquidos
- Dispersión de cepas y/o micelios

11.8.1.IDENTIFICACIÓN DE AUTORIDADES

Se presenta una lista con los teléfonos de autoridades regionales en caso de emergencias:

- Dependencias Bomberos: *100 / 423-3553
- Policía: *101 / 432-3491
- Emergencia Médica: *107 / 421-6307
- Emergencia Ambiental: *105 / 421-7464
- Defensa Civil: *103 / 421-8507
- Secretaría de Seguridad: 422-2466

Dentro de la empresa, se designa un grupo director de emergencias, cuyos integrantes son:

- **Director de emergencias:** será el encargado de dirigir las tareas de extinción, contención, evacuación y primeros auxilios. Dirigirá todas las operaciones hasta la llegada de la asistencia externa. También será quien coordine el regreso a la planta de forma ordenada cuando la emergencia concluya.
- **Jefe de seguridad:** será el encargado de abrir los portones y accesos, una vez que el Director de Emergencias ordene la evacuación. Es quien realiza los llamados de emergencia, ofreciendo la mayor cantidad de datos posibles (lugar, dirección, tipo de emergencia, si se está evacuando, si hay víctimas, productos que están interviniendo en el

siniestro, números telefónicos). Luego debe dar aviso al Director de que realizó los llamados y prohibirá el ingreso de toda persona ajena a los sistemas de emergencia.

- **Jefe técnico:** cuando el siniestro está confirmado, se encarga de realizar las maniobras necesarias para interrumpir los suministros de gas, electricidad y cualquier otro fluido combustible; luego colaborará con la brigada de emergencias.
- **Suplente grupo director:** será quien reemplace a cualquiera de los 3 anteriores que se encuentre ausente.

11.8.2. MEDIDAS GENERALES DE PREVENCIÓN

Eventualmente se llevarán adelante capacitaciones y simulacros ante emergencias, para que todo el personal pueda actuar rápida y ordenadamente si ocurre un accidente.

Las medidas generales para la prevención de riesgos son:

- Identificación y reconocimiento de los riesgos significativos para la salud, seguridad y medio ambiente, detallados en el punto 11.6. Gestión de riesgos.
- Diseño e implementación de acciones para reducir al mínimo posible los riesgos.
- Revisión y control de la efectividad del plan de contingencias.
- Diseño de un Plan de Evacuación adecuado, indicando claramente las vías de salida y puntos de encuentro seguros.
- Instalación de un sistema de alarmas para dar aviso de accidente en todos los sectores.
- Entrenamiento del personal, contemplando las siguientes acciones:
 - Establecimiento de procedimientos de reporte y notificación.
 - Provisión y mantenimiento de equipos, elementos de seguridad personal, sistemas de seguridad.
 - Identificación de sitios de riesgo, señalándolos adecuadamente con luminaria y/o alarmas.
 - Registro de todos los procedimientos.
 - Normalización de las operaciones.

- Mantenimiento periódico de todos los equipos e instalaciones, a modo de prevenir principalmente sobrecargas eléctricas.
- Instalación de detectores de humo y alarma contra incendios.

11.8.3. MEDIDAS ESPECÍFICAS DE PREVENCIÓN

Se enumeran las medidas de prevención por equipo y/o acción.

11.8.3.1. TANQUES DE ALMACENAMIENTO

De materia prima y subproducto

- El depósito se señalizará con carteles de seguridad según corresponda, indicando que sólo puede ingresar el personal autorizado y con sus respectivos elementos de protección personal.
- A distancias regulares y en zonas fácilmente accesibles habrá extintores tipo ABC. Su mantenimiento se realizará periódicamente. También habrá extintores pequeños y livianos que sean cómodos de manejar para cualquier persona.
- Habrá sistemas de ventilación natural en todo el sector, cuyos filtros serán limpiados y/o reemplazados regularmente, a modo de prevenir la propagación accidental del hongo.
- El tanque debe estar limpio, desinfectado y esterilizado para conservar el subproducto con valor comercial, por lo que se implementan sistemas de limpieza in situ con detergentes y esterilización cada vez que se vacía y antes de rellenarlo. De esta manera no solo se protege el producto sino que se eliminan microorganismos que podrían ser peligrosos tanto para el personal como otras industrias y el medio ambiente.

De reactivos

- Los tanques que contengan reactivos incompatibles se almacenarán en sectores bien distanciados para prevenir reacciones violentas si hubiera derrames.

- Todos los tanques y el espacio tendrán letreros que indiquen precauciones y sólo se permitirá el ingreso de personal autorizado.
- A distancias regulares y en zonas fácilmente accesibles habrá extintores tipo ABC. Su mantenimiento se realizará periódicamente. También habrá extintores pequeños y livianos que sean cómodos de manejar para cualquier persona.
- Por precaución, se harán mediciones de la concentración de vapores en aire.
- Los tanques tendrán un sistema de contención secundaria para prevenir derrames y que envuelve al contenedor primario en caso de que falle y cause filtraciones, sobre todo en el caso del ácido sulfúrico.
- Los tanques de ácido serán de acero (sulfúrico).
- Todos los tanques serán instalados en una pileta de contención.
- Se instalarán detectores de humo y gases, tanto para prevenir incendios como para controlar el exceso de concentración de gases desprendidos sobre todo de los ácidos.

11.8.3.2. BATEAS DE SEGURIDAD

Como los tanques de almacenamiento pueden tener pérdidas por fugas o algún otro desperfecto, es necesario instalar un anillo o batea de contención que impida el escape de fluidos. En esta planta se instalarán en los tanques de ácido sulfúrico y efluentes. El objetivo del diseño es que las bateas puedan contener hasta un 110% del volumen de los tanques.

De esta manera, se plantean los cálculos para las bateas rectangulares:

- Para el tanque del efluente 1:

$$h_{tanque} = 6,74 \text{ m y } r_{tanque} = 1,685 \text{ m}$$

$$V_{tanque} = \pi \cdot r_{tanque}^2 \cdot h_{tanque}$$

$$V_{tanque} = 60,11 \text{ m}^3$$

$$V_{batea} = 1,10 \cdot V_{tanque}$$

$$V_{batea} = 1,10 \cdot 60,11 \text{ m}^3$$

$$V_{batea} = 66,13 \text{ m}^3$$

Entonces se calcula una batea de 4,5 m de largo x 4,5 m de ancho x 3,3 m de alto, teniendo un volumen de $66,83 \text{ m}^3$.

- Para el tanque del efluente 2:

$$h_{tanque} = 6,98 \text{ m y } r_{tanque} = 3,49 \text{ m}$$

$$V_{tanque} = \pi \cdot r_{tanque}^2 \cdot h_{tanque}$$

$$V_{tanque} = 66,77 \text{ m}^3$$

$$V_{batea} = 1,10 \cdot V_{tanque} = 1,10 \cdot 66,77 \text{ m}^3$$

$$V_{batea} = 73,44 \text{ m}^3$$

Entonces se calcula una batea de 5 m de largo x 5 m de ancho x 3 m de alto, teniendo un volumen de 75 m^3 .

- Para el tanque del efluente 3:

$$h_{tanque} = 6,12 \text{ m y } r_{tanque} = 3,06 \text{ m}$$

$$V_{tanque} = \pi \cdot r_{tanque}^2 \cdot h_{tanque}$$

$$V_{tanque} = 45,00 \text{ m}^3$$

$$V_{batea} = 1,10 \cdot V_{tanque} = 1,10 \cdot 45,00 \text{ m}^3$$

$$V_{batea} = 49,51 \text{ m}^3$$

Entonces se calcula una batea de 4 m de largo x 4 m de ancho x 3,10 m de alto, teniendo un volumen de $49,6 \text{ m}^3$.

- Para el tanque de acdio sulfúrico al 98%:

$$h_{tanque} = 5,88 \text{ m y } r_{tanque} = 2,94 \text{ m}$$

$$V_{tanque} = \pi \cdot r_{tanque}^2 \cdot h_{tanque}$$

$$V_{tanque} = 39,92 \text{ m}^3$$

$$V_{batea} = 1,10 \cdot V_{tanque} = 1,10 \cdot 39,92 \text{ m}^3$$

$$V_{batea} = 43,91 \text{ m}^3$$

Entonces se calcula una batea de 4,5 m de largo x 4,5 m de ancho x 2,2 m de alto, teniendo un volumen de 44,55 m³.

- Para el tanque de ácido sulfúrico al 35%:

$$h_{tanque} = 5,88 \text{ m y } r_{tanque} = 2,94 \text{ m}$$

$$V_{tanque} = \pi \cdot r_{tanque}^2 \cdot h_{tanque}$$

$$V_{tanque} = 39,92 \text{ m}^3$$

$$V_{batea} = 1,10 \cdot V_{tanque} = 1,10 \cdot 39,92 \text{ m}^3$$

$$V_{batea} = 43,91 \text{ m}^3$$

Entonces se calcula una batea de 4,5 m de largo x 4,5 m de ancho x 2,2 m de alto, teniendo un volumen de 44,55 m³.

11.8.3.3. MANEJO Y OPERACIÓN DE EQUIPOS

- Un encargado de mantenimiento realizará controles diarios y los arreglos que considere pertinentes lo antes posible, no se podrán utilizar equipos que no se encuentren en perfectas condiciones.
- Cada empleado será entrenado en su tarea, para poder realizarla correcta y seguramente, incluyendo la manipulación de herramientas, equipo pesado y vehículos.
- Los operarios que conduzcan equipos deberán tener su licencia de conducir en regla, de clase E.
- Está terminantemente prohibido no usar los elementos de protección personal brindados por la empresa al ingresar a un área riesgosa, como ser el laboratorio o la planta.

11.8.3.4.FERMENTADOR

- Tanto los fermentadores como los prefermentadores estarán en una región aislada dentro de la planta, ya que son los equipos que precisan mayor cuidado de la contaminación.
- Se dispondrá de un sistema de control de temperatura y presión a modo no sólo de controlar el proceso sino de prevenir accidentes.
- También habrá un sistema de detectores de gases, por el gran desprendimiento de CO₂ que habrá durante la reacción además del vapor generado por el sistema de calefacción.
- Habrá controles de fuga diarios, principalmente para reducir el riesgo de difusión de cepas del hongo.

11.8.3.5.TODAS LAS ÁREAS

- Dar a conocer a todo el personal los procedimientos de notificación de contingencias y las primeras acciones antes accidentes.
- Mantener actualizada y disponible la lista de contactos de emergencia.
- Señalizar con mapas y letreros las salidas de emergencia y puntos de encuentro más cercanos.

11.8.3.6.MATERIAL MÍNIMO REQUERIDO PARA EL CONTROL DE CONTINGENCIAS

- Se instalará en un lugar de fácil acceso un Centro de Respuesta ante Emergencias, el cual contendrá un kit por cada operario como mínimo, formados por:
 - Bolsas plásticas resistentes para almacenar todos los residuos
 - Sacos de material absorbente
 - Extintores ABC con mecanismos de transporte en condiciones
 - Herramientas tales como palas, picos, rastrillos, etc.
 - Baldes
 - Paños o trapos absorbentes
 - Elementos de protección personal, como guantes y gafas

11.8.4. RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS

La persona que detecte una emergencia se encargará de dar aviso a viva voz mientras activa el sistema de alarmas (o lo activa quien se encuentre más cerca), para que le llegue el aviso al Director de Emergencias. Éste se dirigirá inmediatamente al lugar del siniestro y, en función del mismo, ordenará al Jefe de Seguridad las llamadas de emergencias y el corte de suministros al Jefe Técnico. El Director de Emergencias es quien determina si es necesaria una evacuación total de la planta y, en tal caso, dará la orden a los Responsables de evacuación, que lo llevarán adelante en forma ordenada y tranquila.

11.8.4.1. RESPUESTA ANTE DERRAMES DE LÍQUIDOS INFLAMABLES Y/O RESIDUOS ESPECIALES

En primer lugar, se dará parte inmediata al Director de Emergencia y al responsable del sector, que coordinará con su personal y con la brigada de emergencia las medidas de recolección necesarias. Las medidas generales a seguir son:

1. Establecer el producto, origen, ubicación, volumen de derrame y la cantidad de mano de obra necesaria para las operaciones. Ver la o las hojas de seguridad pertinentes.
2. Limitar el acceso de equipo y personal no autorizado.
3. Realizar una barrera con el material absorbente disponible y recolectar con dicho material todo el líquido derramado. Disponer como residuo especial.

Para actuar ante esta emergencia tener en cuenta los siguientes elementos de protección personal:

- *Protección respiratoria*: semimáscara con filtro para vapores
- *Protección de ojos*: antiparras de seguridad
- *Protección de manos*: guantes de látex natural mezclado con neopreno
- *Protección del cuerpo*: mameluco de Tyvek

- *Protección de pies*: calzado de seguridad

11.9. BIBLIOGRAFÍA

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, Ministerio de Trabajo y Economía Social, octubre de 2021.

<https://www.insst.es/documents/94886/353749/Ficha+Aspergillus+spp.pdf/fc87d0c4-023a-4dda-95dc-cd26d346e1f2?version=1.0&t=1528734451245>

12. SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

12.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo, basado en la Ley de Seguridad e Higiene en el trabajo, se diseñan los sistemas de rociadores e hidrantes y se definen las cantidades, el tipo y la ubicación de los matafuegos por sector. También, se analizan los requerimientos en cuanto a la iluminación por sector y cuáles son los elementos de protección personal necesarios en la planta y los laboratorios.

La finalidad del capítulo es diseñar los sistemas de prevención de riesgos y accidentes para el personal y cualquier persona que ingrese a la planta, diseñando un sistema seguro para ellos siguiendo la normativa vigente.

12.2. MARCO LEGAL

La normativa que rige el presente capítulo es la Ley 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo. Asimismo, se tienen en cuenta las regulaciones establecidas por la SRT (Superintendencia de Riesgos del Trabajo):

- Decreto Nacional 351/1979 - Reglamentario de la Ley 19.587 y todos sus anexos
- Resolución 295/2003 - Del Ministerio de Trabajo, por sustitución de anexos Acorde a ergonomía y levantamiento de cargas y contaminación del ambiente laboral
- Ley 24.557 - Riesgos del Trabajo
- Decreto 353/11 - Fórmula de categorización y rangos de categorías
- Ley 11.720 - De Residuos Especiales de la Provincia de Buenos Aires
- Ley 24.051, Anexo I - Categorías de Residuos Peligrosos sometidas a control (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación)

12.3. ESTUDIO DE CARGA DE FUEGO

12.3.1. DEFINICIONES Y ESPECIFICACIONES

- **Carga de fuego:** es la masa de madera por unidad de superficie, expresada en Kg/m^2 , capaz de desarrollar una cantidad de calor equivalente a la de los materiales contenidos en el sector que se esté evaluando. Para los cálculos, se considera que la madera tiene un poder calorífico inferior a $18,41 \text{ MJ/Kg}$ ($4,18 \text{ MJ} = 1 \text{ Mcal/Kg}$). Se define que un kilogramo de madera de pino seco posee un poder calorífico aproximado de $4,4 \text{ Mcal}$.

La norma IRAM 3.528/81, clasifica a los sectores de incendio por su peligrosidad de la siguiente manera:

Peligrosidad del Sector de Incendio	Carga de fuego
Alta	Superior a 120 Kg/m^2
Media	Entre 60 y 120 Kg/m^2
Baja	Menor a 60 Kg/m^2
Menor	Menor a 20 Kg/m^2

Tabla 33 - Peligrosidad de sectores de incendio

- **Muro cortafuego:** se construye con materiales cuyas resistencias al fuego sean similares a lo exigido en el sector que divide. Asimismo, debe cumplir con los requisitos de resistencia a la rotura por compresión y al impacto. En el último piso del edificio, el muro cortafuego rebasa en $0,5$ metros, por lo menos, la cubierta de techo más alto que requiera dicha condición. Las aberturas de comunicación incluidas en este tipo de muro se deben obturar con puertas dobles de seguridad contra incendio con cierre automático.
- **Resistencia al fuego:** es una propiedad que determina el tiempo que demora (en minutos) un elemento de construcción en perder su capacidad de resistencia al fuego durante un incendio. Según su

combustión se puede clasificar a los materiales de construcción de la siguiente manera:

Actividad predominante	Riesgo 1	Riesgo 2	Riesgo 3	Riesgo 4	Riesgo 5	Riesgo 6	Riesgo 7
Comercial Industrial Depósito	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Residencial Administrativo	NP	NP	R3	R4	-	-	-

Referencias:

- Riesgo 1: Explosivo (sólo se considera como fuente de ignición)
- Riesgo 2: Inflamable
- Riesgo 3: Muy combustible
- Riesgo 4: Combustible
- Riesgo 5: Poco combustible
- Riesgo 6: Incombustible
- Riesgo 7: Refractarios
- NP: No permitido

12.3.2. CÁLCULOS

Se presentan a continuación los cálculos de la carga de fuego de cada sector.

12.3.2.1. SECTOR ADMINISTRACIÓN

El edificio se construye con paredes de mampostería y bloques de 20 cm.

Máxima cantidad de materiales presentes y su equivalencia en madera				
Productos	Masa [Kg]	Poder calorífico [KJ/Kg]	Totales [KJ]	Equivalente en madera [Kg]
Muebles de oficina	1.500	18.392	27.588.000	15.000
Papel / cartón	600	16.720	10.032.000	5.455
Varios	500	33.440	16.720.000	9.091
TOTAL			29.545	

La superficie aproximada del sector de fuego, obtenida del "Capítulo 9: Layout", es de 493 m². Entonces, la cantidad de madera por superficie es:

$$Madera = \frac{29.545 \text{ Kg}}{493 \text{ m}^2} = 60 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Siguiendo la clasificación expresada en la tabla 35, se define que el sector administrativo es de peligrosidad media.

12.3.2.2. SECTOR PRODUCCIÓN Y DEPÓSITO

Es un edificio con paredes de 20 cm de bloques de cemento de hasta 2 metros de altura y chapa hasta el techo, siendo éste de chapa a dos aguas.

Máxima cantidad de materiales presentes y su equivalencia en madera				
Productos	Masa [Kg]	Poder calorífico [KJ/Kg]	Totales [KJ]	Equivalente en madera [Kg]
Muebles de oficina	800	18.392	14.713.600	8.000
Papel / cartón	500	16.720	8.360.000	4.545,45
Madera	3.000	1.839,2	5.517.600	3.000
Plásticos	3.000	44.000	1,32 · 10 ⁸	71.770,33
Varios	2.000	33.440	66.880.000	36.363,64
TOTAL			23.245.145	

La superficie aproximada del sector de fuego, obtenida del "Capítulo 9: Layout", es de 3.226,14 m². Entonces, la cantidad de madera por superficie es:

$$Madera = \frac{123.679,4 \text{ Kg}}{3.226,14 \text{ m}^2} = 38,34 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Siguiendo la clasificación expresada en la tabla 1, se define que el sector administrativo es de peligrosidad baja.

12.3.2.3.SECTOR LABORATORIOS

Las paredes son de mampostería con bloques de 20 cm.

Máxima cantidad de materiales presentes y su equivalencia en madera				
Productos	Masa [Kg]	Poder calorífico [KJ/Kg]	Totales [KJ]	Equivalente en madera [Kg]
Muebles de oficina	800	18.392	14.713.600	8.000
Papel / cartón	500	16.720	8360.000	4.545,45
Varios	1.500	33.440	50.160.000	27.272,73
TOTAL				39.818

La superficie aproximada del sector de fuego, obtenida del "Capítulo 9: Layout", es de 176 m². Entonces, la cantidad de madera por superficie es:

$$Madera = \frac{39.818 \text{ Kg}}{176 \text{ m}^2} = 226,24 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Siguiendo la clasificación expresada en la tabla 1, se define que el sector administrativo es de peligrosidad alta.

12.4. MATAFUEGOS

Como medida mínima de prevención, debe haber un extintor cada 200 m², siendo la máxima distancia a recorrer hasta el extintor de 20 m para fuegos clase A y 15 m para fuegos clase B.

Clase de fuego	Incluye
A	Papel, cartón, madera y textiles
B	Combustibles líquidos y gaseosos
C	Equipos con energía eléctrica
D	Para polvos metálicos de aluminio o magnesio
K	Aceite vegetal, grasas

Tabla 34 - Clases de fuego

Las clases de extintores son:

- A: Agua presurizada
- BC: anhídrido carbónico
- ABC: polvo químico
- K: solución de acetato de potasio
- D: polvo seco (de grafito)
- Inergen

12.4.1. SECTOR ADMINISTRACIÓN

Siguiendo la normativa vigente y teniendo en cuenta los cálculos de la carga de fuego, se determina que son necesarios al menos 6 extintores de 5 Kg cada uno para tipos de fuego ABC, es decir, de polvo químico. También se recomienda al menos uno de Inergen.

12.4.2. SECTOR PRODUCCIÓN Y DEPÓSITO

Siguiendo la normativa vigente y teniendo en cuenta los cálculos de la carga de fuego, se determina que son necesarios al menos 30 extintores de 10 Kg cada uno para tipos de fuego ABC, es decir, de polvo químico y al menos 4 de 3,5 Kg de polvo seco, para fuego de clase D.

12.4.3. SECTOR LABORATORIOS

Siguiendo la normativa vigente y teniendo en cuenta los cálculos de la carga de fuego, se determina que son necesarios al menos 3 extintores de 5 Kg cada uno para tipos de fuego ABC, es decir, de polvo químico.

12.5. RED DE HIDRANTES

Se propone la implementación de una red de hidrantes que cubra la totalidad de la superficie ocupada por la planta, alcanzando cada sector de la misma. Se realizan los cálculos pertinentes para garantizar un depósito de agua que resulte efectivo. De esta manera, se dimensionan los tanques y las bombas necesarias, incluyendo una bomba principal (eléctrica), una bomba secundaria (diesel) y una bomba auxiliar (Jockey), que sirve para restaurar la presión del sistema por posibles fugas o cambios de presión, además asegura la presurización de la instalación cuando no es utilizada. Todo esto se realiza en base a lo establecido en la Norma IRAM 3597: *Instalaciones fijas contra incendios*.

12.5.1. CÁLCULOS

Basándonos en las siguientes tablas, definimos el volumen total del tanque necesario.

Riesgo	Superficies S (m ²)			Tiempo (min)
	S ≤ 2 500 (l/min)	2 500 < S ≤ 10 000 (l/min)	10 000 < S < 20 000 (l/min)	
Leve	750	1 000	1 500	30
Moderado, grupo I	1 000	1 000	1 500	45
Moderado, grupo II	1 000	1 500	2 000	60
Alto riesgo	1 500	2 000	3 000	60

Figura 1. Exigencias de la IRAM 3597 respecto a caudal y tiempo

Riesgo	Superficie S (m ²)		
	S ≤ 2 500	2 500 ≤ S < 10 000	10 000 ≤ S < 20 000
Leve	2 bocas x 375 l/min	2 bocas x 500 l/min	3 bocas x 500 l/min
Moderado, grupo I	2 bocas x 500 l/min	2 bocas x 500 l/min	3 bocas x 500 l/min
Moderado, grupo II	2 bocas x 500 l/min	3 bocas x 500 l/min	4 bocas x 500 l/min
Alto riesgo	3 bocas x 500 l/min	4 bocas x 500 l/min	6 bocas x 500 l/min

Figura 2. Exigencias de la IRAM 3597 respecto de bocas de incendio disponibles.

SECTOR					
	Administrativo	Producción 1	Producción 2	Producción 3	Laboratorio
RIESGO	Moderado, Gr1	Moderado, Gr2	Moderado, Gr2	Alto riesgo	Moderado, Gr2
ÁREAS [m²]	933	929	905	890	176
CAUDAL [L/min]	1.000	1.000	1.000	1.500	1.000
TIEMPO [min]	45	60	60	60	60
VOLUMEN [m³]	45	60	60	90	60
VOLUMEN TOTAL [m³]	315				

TANQUES		
Cantidad	1	
Dimensiones	Diámetro	Alto
	5,57	12,93

Tabla 35 - Dimensiones del tanque de red de hidrantes

Se define una cañería subterránea a 0,5 metros de la superficie con una altura para las mangueras a 1,5 metros por encima del nivel del suelo. De esta manera, la diferencia de alturas es de 2 metros.

A continuación, se seleccionan las cañerías que estarán en cada sector:

	Administración	Producción 1	Producción 2	Producción 3	Laboratorio
CAÑOS [pulg]	6	6	6	6	6
Área [m²]	0,01824	0,01824	0,01824	0,01824	0,01824
Caudal (m³/h)	60	60	60	90	60
CAUDAL MÁSIICO [Kg/h]	60.000	60.000	60.000	90.000	60.000
VELOCIDAD [m/s]	0,91	0,91	3,6	5,4	3,6

Siendo:

$$v = \frac{Q}{\pi \cdot D^2 \cdot 0,25}$$

Para calcular la potencia requerida de las bombas, se emplea la fórmula de Bernoulli:

$$\Delta z + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g} + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + \Delta h = w$$

$$Potencia = w \cdot Q_{vol} \cdot \rho \cdot g$$

Es necesario conocer las presiones inicial y final del tanque para los cálculos posteriores, entonces:

Presión del tanque (por norma)	> 500	KPa
P1	101.325	Pa
P2	601.325	Pa

Para calcular la pérdida de carga Δh , primero se debe calcular el valor de Reynolds, para poder ingresar al diagrama de Moody y obtener el factor de fricción f , tal que:

$$Re = \frac{\delta \cdot v \cdot D}{\mu}$$

Es necesario también determinar el valor de la rugosidad relativa para ingresar al diagrama.

$$\Delta h = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} + \Delta h_{secundaria}$$

Siendo el último término el que corresponde a las pérdidas por accesorios.

El largo de las cañerías se midió en el plano de la planta.

	Administración	Producción 1	Producción 2	Producción 3	Laboratorio
Re	139.243,2	139.243,2	548.640,0	822.960,0	548.640,0
e	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020
f	0,018	0,018	0,0165	0,0159	0,0165

Además, las pérdidas de carga secundaria son por:

Accesorio	Δh	Cantidad				
		Administración	Producción 1	Producción 2	Producción 3	Laboratorio
Válvula 6" (1/4 cerrada)	3	2	4	6	3	2
Empalme 6"	10,5	3	5	7	4	3
Codo y reducción (1/2)	11,3	1	1	1	1	1
Válvula 6" (1/4 cerrada)	3	0	1	1	2	1

De esta manera, queda definida la pérdida de carga por sector:

	Administración	Producción 1	Producción 2	Producción 3	Laboratorio
Δh secundaria [m]	48,8	84,3	111,3	79,3	57,3
L [m]	31	69,04	117,66	69,65	31,4
Pérdida de carga total (Δh)	48,96	84,65	119,72	90,11	59,55

Trabajando con la ecuación de Bernoulli, se obtiene el valor de w , la potencia requerida expresada en metros, para cada sector:

	Administración	Producción 1	Producción 2	Producción 3	Laboratorio
W [m]	102,02	137,71	173,40	144,62	113,23

Haciendo el cálculo y empleando un cambio de unidades, se obtiene la potencia requerida por sector en HP:

	Administración	Producción 1	Producción 2	Producción 3	Laboratorio
Pot [HP]	22,35	30,16	37,98	47,51	24,80

12.5.2.EQUIPOS

Se selecciona un sistema de 3 bombas para satisfacer los requerimientos de la planta. Hay dos bombas principales, una eléctrica y una diésel que son las que actuarían en el caso de un incendio para suministrar el agua a los hidrantes. La tercera, es una bomba Jockey, de menor capacidad que las anteriores cuya función es mantener la presión en las tuberías.

Equipo: Bomba eléctrica con acoplado separado					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán	Fecha:		
Cantidad de Equipos:		1	Tag:		
Especificaciones del equipo					
Dimensiones totales	0,84 m x 0,73 m x 0,725 m	Material de construcción:	Acero inoxidable		
Otras especificaciones					
Capacidad de salida	284	m ³ /h	Presión	0,8	MPa
Potencia (motor)	150	KW	-		

Sistema de bombas contra incendios NFPA 20, marca Yeschamp

Equipo: Bomba diesel tipo acoplado					
Cliente			Obra núm.:		
Dirección			Solicitud de Cotización Num:		
Localización de la planta		Parque Ind. Tucumán	Fecha:		
Cantidad de Equipos:		1	Tag:		
Especificaciones del equipo					
Dimensiones totales	0,84 m x 0,73 m x 0,725 m	Material de construcción:	Acero inoxidable		
Otras especificaciones					
Capacidad de salida	284	m ³ /h	Presión	0,8	MPa
Potencia (motor)	150	KW	-		

Sistema de bombas contra incendios NFPA 20, marca Yeschamp

Equipo: Bomba Jockey con impulsor de acero inoxidable			
Cliente		Obra núm.:	
Dirección		Solicitud de Cotización Num:	
Localización de la planta Parque Ind. Tucumán		Fecha:	
Cantidad de Equipos: 1		Tag:	
Especificaciones del equipo			
Dimensiones totales	0,84 m x 0,73 m x 0,725 m	Material de construcción:	Acero inoxidable
Otras especificaciones			
Capacidad de salida	7-14	m ³ /h	Presión
			0,8 MPa
Potencia (motor)	12	HP	-

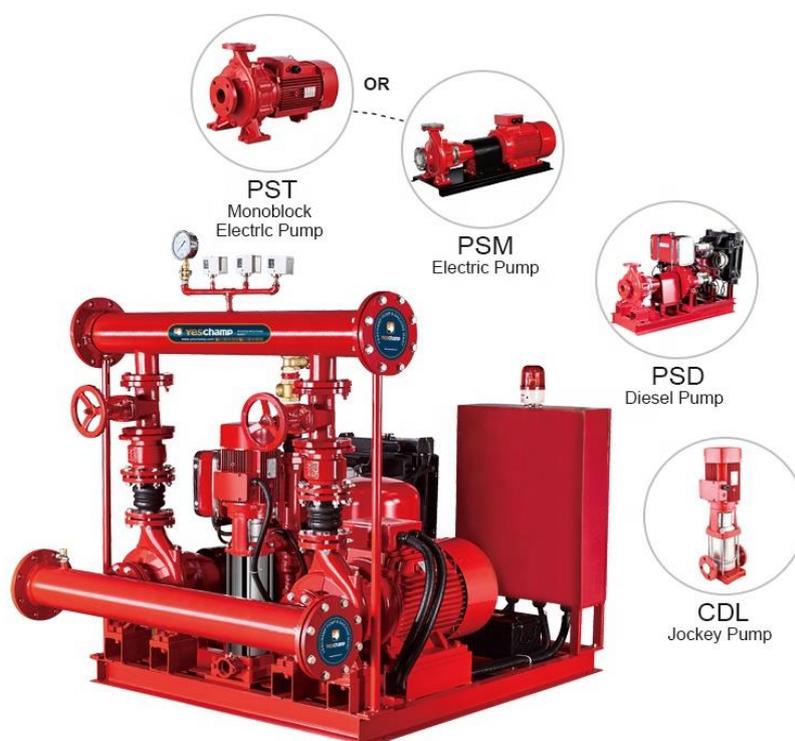


Figura 116 - Sistema de bombas contra incendios NFPA 20, marca Yeschamp

12.5.3. PLANO DE HIDRANTES

La red cuenta con nueve hidrantes que tienen mangueras de 25 metros de longitud.

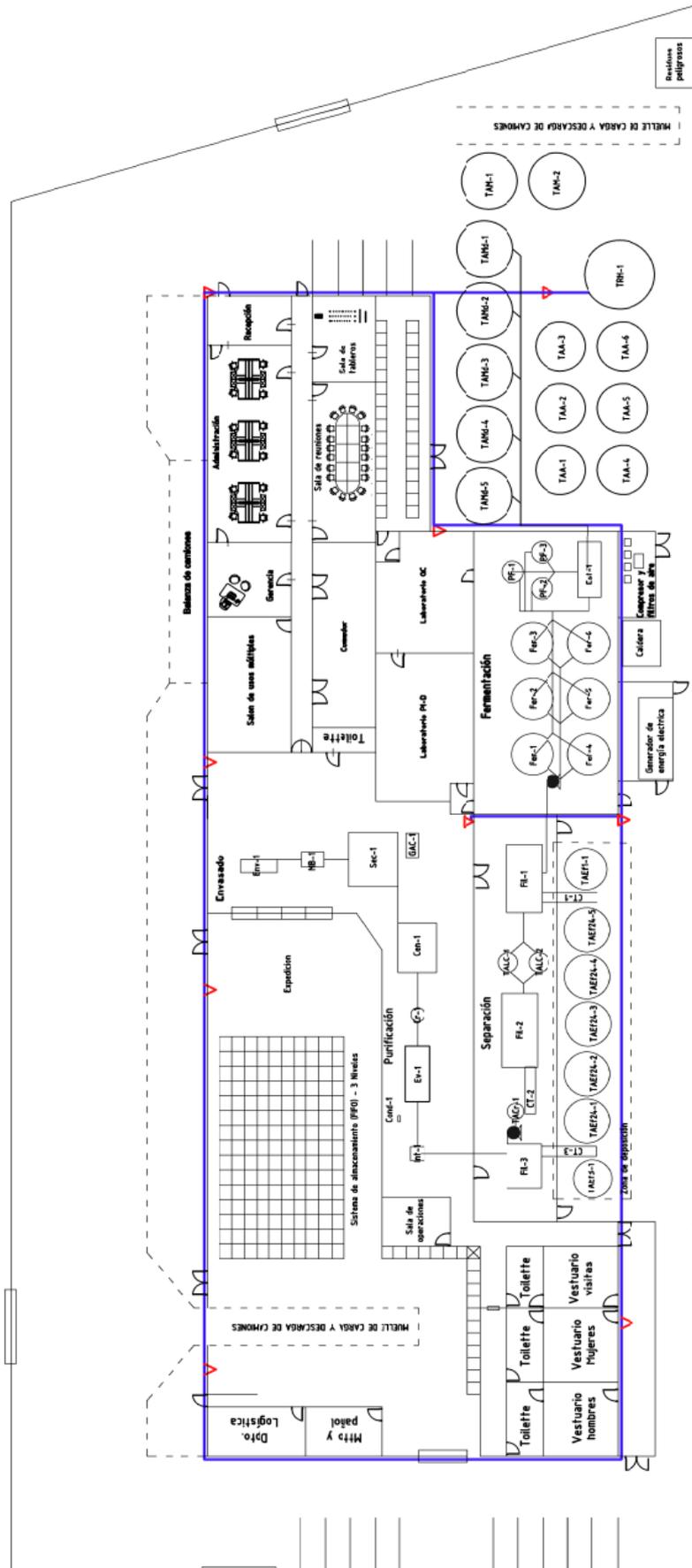


Figura 117 - Plano de hidrantes

12.5.4. PLANO DE EVACUACIÓN

En caso de emergencia, se seguirán los pasos detallados en el “*Capítulo 11: Evaluación de Impacto Ambiental*” y, a continuación, se presenta el plano de la planta con las rutas de escape y los dos puntos de encuentro que se han definido de acuerdo a la disposición del terreno.

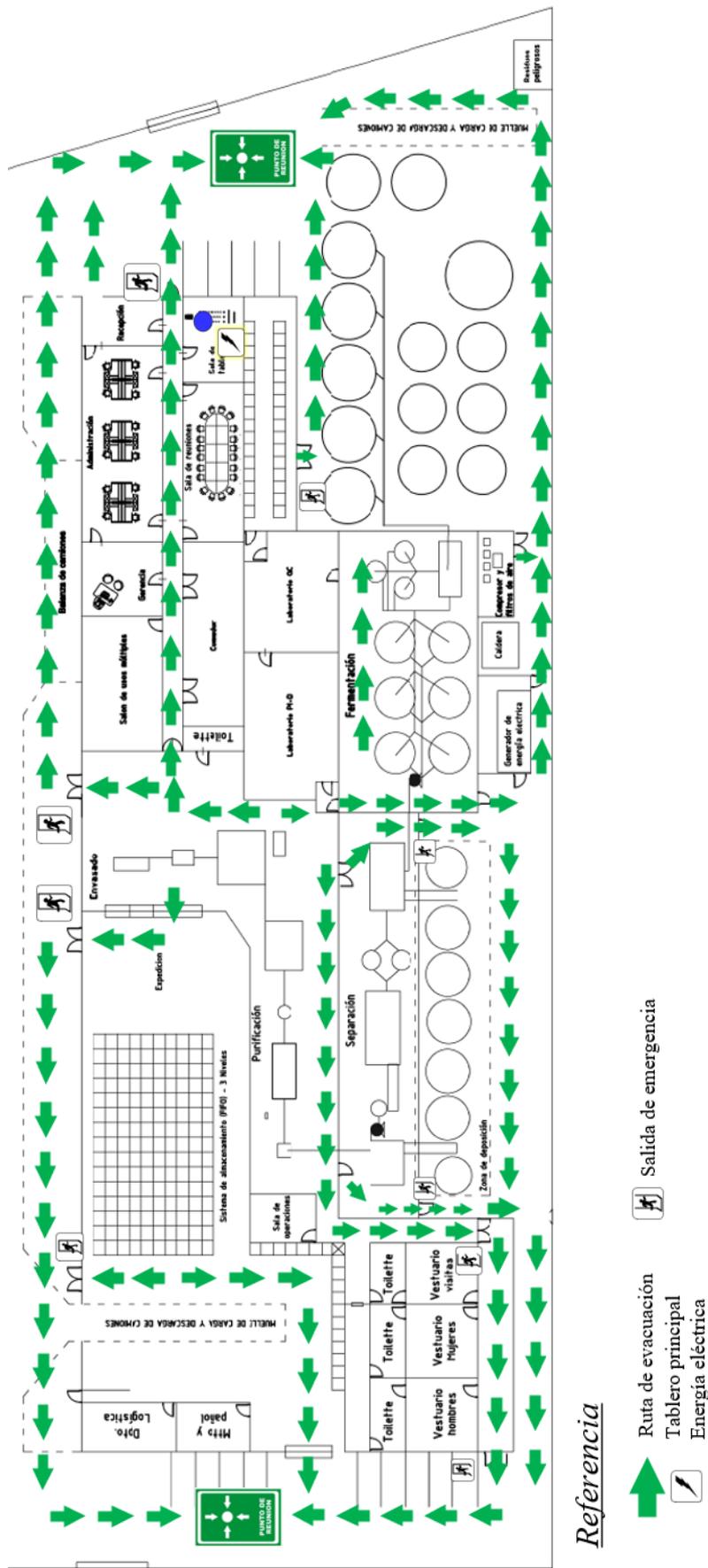


Figura 118 - Plano de evacuación

12.6. ILUMINACIÓN

Los valores mínimos de iluminación requeridos en los diferentes lugares de trabajo se definen procurando:

- Una adecuada composición espectral e iluminancia de la luz según la tarea
- Evitar siempre el efecto estroboscópico (luces intermitentes)
- Que las fuentes de iluminación no produzcan deslumbramientos directos o reflejados
- Que la luz sea uniforme y las sombras y contrastes definidos

El instrumento principal para medir la iluminación es el luxómetro y se mide sobre el plano de trabajo, definida de acuerdo con la dificultad de la tarea visual y el destino del local.

En el capítulo 12 del Anexo IV de los artículos 71 a 84 del Decreto 351/79 se presentan tablas que establecen la intensidad de iluminación según las exigencias. Todas las tablas se adjuntan en el anexo del presente capítulo.

12.6.1. SECTOR ADMINISTRACIÓN

- Oficinas: 500 lux
- Sistema de computación de datos: 750 lux
- Circulación: 200 lux
- Hall para el público: 200 lux
- Sala de conferencias: 300 lux

12.6.2. SECTOR PRODUCCIÓN Y DEPÓSITO

- Circulación general: 100 lux
- Iluminación general sobre escaleras y pasarelas: 200 lux
- Iluminación sobre aparatos: 300 lux
- Panel de control: 400 lux

- Expedición de mercaderías: 300 lux

12.6.3. SECTOR LABORATORIOS

- Iluminación general: 400 lux
- Iluminación sobre la mesada: 700 lux

12.7. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Dentro de los laboratorios, es indispensable usar protección corporal y manual cada vez que se realice una tarea manual y, cuando sea necesario, se emplean también gafas y máscaras. Dentro de las zonas blancas en producción, es obligatoria la limpieza y desinfección previa al ingreso y el uso constante del mameluco de Tyvek más los guantes y cascos. En todo momento, tanto en laboratorio como en producción y depósito, se debe circular con los zapatos de seguridad adecuados, con puntas de acero.

Los empleados de dichos sectores tendrán sus propios elementos de protección personal y son responsables de su cuidado y de solicitar cambios cuando sean necesarios. Las visitas, por su parte, deben llevar sus propios EPP aunque habrá un kit disponible que contendrá cascos, guantes y mamelucos.

De esta manera, los EPP utilizados en AMOCA son:

- *Protección respiratoria*: semimáscara con filtro para vapores
- *Protección de ojos*: antiparras de seguridad
- *Protección de manos*: guantes de látex natural mezclado con neopreno
- *Protección del cuerpo*: mameluco de Tyvek
- *Protección de pies*: calzado de seguridad

12.8. BIBLIOGRAFÍA

Decreto N°351 de la provincia de Buenos Aires:

http://upcndigital.org/~legislacion/CYMAT/Higiene%20y%20Seguridad/1979-Decreto%200351_textact.pdf

Norma IRAM 3597

Norma IRAM 4502

Norma IRAM 4504

Norma IRAM 4508

Norma IRAM 4505

Norma IRAM 4503

13. EVALUACIÓN ECONÓMICA

13.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se desarrolla un estudio detallado de los costos e inversión inicial necesario para determinar si el proyecto de producción de ácido cítrico es viable o no. Para ello, se realizan los cálculos de los parámetros económicos (VAN y TIR), habiendo identificado y medido los costos de bienes de capital y el capital humano anteriormente.

13.2. PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

Los bienes de capital son los activos físicos que se utilizan en la industria para elaborar un proceso productivo.

13.2.1. COSTO DE EQUIPOS

Se ejecuta el relevamiento de datos de todos los equipos, teniendo en cuenta aquellos que forman parte del proceso principal, secundario, como los sistemas de almacenamiento, los servicios auxiliares y el sistema contra incendio. Para ello, se construyen tres tablas donde se detallan los tipos de maquinaria, cuántas unidades precisadas, valor de cada una en el mercado actual (1º semestre del 2022), costo total y fabricantes.

13.2.1.1. EQUIPOS PRINCIPALES

Este grupo es conformado por los equipos que realizan las operaciones unitarias descritas con vasta profundidad en el "Capítulo 4: Descripción del Proceso".

COSTO DE EQUIPOS PRINCIPALES			
Equipo	Cantidad de equipos	Precio Unitario [US\$/un.]	Costo total del equipo
Esterilizador	1	45.000	\$72.365,84
Prefermentador	3	15.950	\$79.305,00
Fermentador	6	150.000	\$1.419.112,00
Filtro rotatorio al vacío	3	31.000	\$145.923,09
Tanque de lechada de cal	2	8.000	\$25.988,07
Tanque de craqueo	1	8.000	\$13.527,29
Intercambiador de iones	1	1.050	\$2.249,20
Lecho de carbón activado	1	1.100	\$2.327,08
Evaporador de doble efecto	1	84.000	\$133.112,15
Cristalizador DTB	1	200.000	\$313.793,47
Centrífuga de canasta continua	1	12.500	\$20.536,48
Cintas transportadoras	4	1.380	\$9.664,45
Secador de lecho fluidizado	4	100.000	\$626.822,29
Molino de bolas	1	4.800	\$8.542,98
Envasadora de sólidos	1	43.000	\$69.250,65
Báscula de camiones	1	40.000	\$44.900,00
TOTAL			\$2.987.420

Tabla 36 - Costo de equipos principales

13.2.1.2. TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Los tanques de almacenamiento que se dimensionaron en el “Capítulo 7: *Diseño de Equipos*” son los pertenecientes a distintas partes del proceso. Los volúmenes fueron determinados teniendo como referencia distintos catálogos para evitar que los costos de los mismos sean aún más elevados por no encontrarse estandarizados en la industria.

Para el armado de la tabla se indicaron los recipientes en función de la operación o material que contiene.

COSTO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO					
Tanque de almacenaje	Cantidad de equipos	Precio Unitario [US\$/un.]	Obs.	Material	Costo total del equipo
Melaza comprada	2	\$128.000	V=150 m ³	Acero ASTM A240 (Recocido 304)	\$402.528
Melaza diluida	5	\$128.000	V=150 m ³		\$1.000.646
Agua de refrigeración del Fermentador, Prefermentador, Tanque de Craqueo, Dilución de Ácido Sulfúrico	3	\$52.800	V=150 m ³	Plástico reforzado con fibra de vidrio tipo E(PRFV)	\$177.532
Agua de refrigeración de Tanque de Lechada	2	\$52.800	V=150 m ³		\$119.188
Agua de Dilución de Melaza	1	\$52.800	V=150 m ³		\$60.844
Efluente 1 (Biomasa + Agua)	1	\$81.000	V=60 m ³	Acero ASTM A240 (Recocido 304)	\$92.005
Efluente 2 y 4 (Licor madre + Agua)	5	\$270.000	V=200 m ³		\$1.504.250
Efluente 3 (Sulfato de Calcio)	1	\$23.000	V=45 m ³	Acero ASTM A36M revestido de PVC	\$25.415
Ácido Sulfúrico al 98%	1	\$19.300	V=40 m ³	Hierro fundido (ASTM A48 Gr20)	\$21.327
Ácido Sulfúrico al 30,5%	1	\$80.000	V=180 m ³	Hierro fundido (ASTM A48 Gr20) revestido polietileno	\$88.400
Calentadores electricos	10	\$18	N/A	Acero inoxidable (304)	\$366
TOTAL					\$3.382.408

Tabla 37 - Costo de tanques de almacenamiento

13.2.1.3. BOMBAS

Las bombas enlistadas son todas las necesarias, tanto para el proceso principal como para los servicios auxiliares.

COSTO DE BOMBAS			
Equipo	Cantidad de equipos	Precio Unitario [US\$/un.]	Costo total del equipo
Bomba peristáltica	7	\$920	\$19.872
Bomba de lóbulos	4	\$1.200	\$11.330
Bomba centrífuga para el agua de refrigeración	7	\$690	\$8.590
Bomba centrífuga para el ácido sulfúrico al 98% y 30.5%	2	\$690	\$3.216
TOTAL			\$43.008

Tabla 38 - Costo de bombas

13.2.1.4. SERVICIOS AUXILIARES

Los servicios auxiliares son los suministros que se utilizan para proveer servicio a las operaciones secundarias del proceso.

COSTO DE SERVICIOS AUXILIARES			
Equipo	Cantidad de equipos	Precio Unitario [US\$/un.]	Costo total del equipo
Caldera de vapor	1	\$50.000	\$80.154
Filtro de aire	4	\$720	\$4.647
Compresor de aire	1	\$2.100	\$3.180
Generador de aire caliente	1	\$5.000	\$7.557
Generador de energía eléctrica	1	\$45.000	\$72.366
Chiller	1	\$8.700	\$16.825
TOTAL			\$184.728

Tabla 39 - Costo de servicios auxiliares

13.2.1.5. SISTEMA CONTRA INCENDIOS

Para el presupuesto de inversión debe tenerse en cuenta el costo del sistema contra incendios. Por lo tanto, se relevan los costos del tanque de almacenamiento de agua y la bomba para la red de hidrantes.

COSTO DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS			
Equipo	Cantidad de equipos	Precio Unitario [US\$/un.]	Costo total del equipo
Red contra incendios	1	\$170.050	\$190.000
TOTAL			\$190.000

Tabla 40 - Costo de sistema contra incendios

13.2.2. INVERSIÓN TOTAL INICIAL DE CAPITALES

Para la estimación de los costos de capital necesarios para invertir en el proyecto se utiliza el método de estimación de Peters y Timmerhaus. El tipo de proceso más desfavorable es el de fluidos, y como gran parte del proceso cuenta con operaciones de este tipo, se elige este para estimar una inversión total inicial de capitales.

COSTO DE EQUIPOS TOTAL [US\$]	\$6.787.563	Tipo de proceso	
Ítem		Fluidos	
A.	Costo directo	[%]	[US\$]
A.1	Equipo comprado	100	\$6.787.563
A.2	Instalación de equipo	47	\$3.190.155
A.3	Instrumentos y control (instalados)	18	\$1.221.761
A.4	Tuberías (instalados)	66	\$4.479.792
A.5	Eléctricos (instalados)	11	\$746.632
A.6	Edificios (incluye servicios)	18	\$1.221.761
A.7	Mejoras del terreno	10	\$678.756
A.8	Servicios auxiliares (instalados)	70	\$4.751.294
A.9	Terreno	6	\$407.254
Total directos		346	\$23.484.969
B.	Costo indirecto		
B.1	Ingeniería de supervisión	33	\$2.239.896
B.2	Gastos de construcción	41	\$2.782.901
B.3	Contratista	21	\$1.425.388
B.4	Contingentes	42	\$2.850.777
Total indirectos		137	\$9.298.962
Capital fijo para la inversión (A+B)		483	\$32.783.931
C.	Capital de trabajo	86	\$5.837.304
Inversión total (A+B+C)		569	\$38.621.235

TOTAL Capital fijo para la inversión (A+B)	\$32.783.931	TOTAL Costo de inversión (A+B+C)	\$38.621.235
---	---------------------	---	---------------------

Tabla 41 - Inversión total inicial de capitales

13.3. PRESUPUESTO ECONÓMICO

El presupuesto económico se realiza para saber cuáles son los costos de fabricación. En él se detallan los puntos necesarios para calcular los gastos directos (materias primas, servicios públicos, transporte) y gastos indirectos (mano de obra, gastos generales).

13.3.1. MATERIAS PRIMAS

La materia prima se define como el material que se transforma, mediante un proceso productivo, en un producto con valor agregado. Se calcula el costo mensual para producir 350 Tn por mes. Los consumos mensuales se calcularon en el "Capítulo 6: Balance de materia y energía".

COSTO DE MATERIAS PRIMAS				
Reactivo	Consumo mensual [Kg]	Precio Unitario [US\$/Kg]	Costo Total [US\$]	Costo Total Anual [U\$]
Melaza	1.772.428	\$0,25	\$533.944	\$6.407.327
Inóculo	10	\$22	\$221	\$2.652
NH ₄ (NO ₃)	6.819,13	\$16	\$115.652	\$1.387.829
KH ₂ PO ₄	409,15	\$1,43	\$583	\$6.996
FeSO ₄ .7H ₂ O	0,27	\$2	\$1	\$6
MgSO ₄ .7H ₂ O	3	\$10	\$30	\$360
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,65	\$0,60	\$0,39	\$4,68
ZnCl ₂	44.808	\$1	\$44.808	\$537.696
Ca(OH) ₂ (33%)	212.856	\$0,145	\$30.864	\$370.369
H ₂ SO ₄ (98%)	273.261	\$0,95	\$259.598	\$3.115.178
TOTAL			\$11.828.420	

Tabla 42 - Costo de materias primas

13.3.2. SERVICIOS PÚBLICOS DE SUMINISTRO

Para la planta será imprescindible el consumo de los tres servicios más importantes: luz, gas y agua. Por esa razón, se realiza una tabla donde se

coloca el consumo estimado de cada uno de ellos, su valor de referencia investigado en el "Capítulo 3: Ubicación de la Planta".

Para calcular el costo de los servicios necesarios se utilizan los consumos que se harán para el proceso y en las otras áreas.

Energía Eléctrica		
Cargos y Costos		Empresa proveedora EDET S.A.
Cargo Fijo [\$]		\$3.551,82
Cargo Variable [\$/KWh]	Baja Tensión	\$3,9551
	Media Tensión	\$3,5473
Costo Fijo de Peaje [\$]		\$3.551,82
Costo Variable de Peaje [\$/KWh]	Baja Tensión	\$0,34616
	Media Tensión	\$0,06204
Gas		
Cargos		Empresa proveedora GASNOR
Cargo Fijo [\$]		\$2.318,51
Cargo Variable [\$/m ³]		\$8,9841
Agua corriente y cloacas		
Cargos y Costos		Empresa proveedora SAT
Cargo Fijo agua [\$/mes]		\$302,69
Cargo Variable [\$/m ³]	Consumo desde 301 m ³	\$17,7651
Costo Fijo (cloaca) [\$/mes]		\$257,29
Cargo Variable [\$/m ³]	Consumo desde 301 m ³	\$15,1003

COSTO DE SERVICIOS PÚBLICOS REQUERIDOS DEL PROCESO				
Servicio	Consumo mensual		Costo del Consumo Total Mensual [U\$D]	Costo del Consumo Total Anual [U\$D]
Luz	12.845.052	KWh	\$333.592	\$4.003.102
Gas	15.926	Nm ³	\$1.046	\$12.552
Agua	35.991	m ³	\$8.514	\$102.164
TOTAL			\$4.117.818	

COSTO DE SERVICIOS PÚBLICOS REQUERIDOS EN LA PLANTA				
Servicio	Consumo mensual		Costo del Consumo Total Mensual [US\$]	Costo del Consumo Total Anual [US\$]
Luz	109.403	KWh	\$2.892	\$34.703
Gas	4.250	Nm ³	\$291,37	\$3.496,48
Agua	2.700,00	m ³	\$642,42	\$7.709,06
TOTAL			\$45.909	

Tabla 43 - Servicios públicos de suministro

13.3.3. CAPITAL HUMANO

Se define como el valor económico procedente de la habilidad que tienen los trabajadores de una empresa para lograr cumplir los objetivos de la misma.

13.3.3.1. EMPLEADOS

Los empleados son aquellas personas que realizan un trabajo a cambio de un salario.

En la siguiente tabla, se observa la cantidad de empleados que va a tener la planta, realizando una separación por el tipo de trabajo y sueldo a percibir. Los datos fueron tomados de la estructura organizacional descrita en el “*Capítulo 9: Layout*”.

Para hacer el análisis del capital humano se tiene en cuenta la carga social del 19% teniendo en cuenta que los empleados estarán dentro del convenio colectivo de trabajo. Además, se suma el sueldo anual complementario que sería el decimotercer sueldo.

Área	Puesto	Cant.	Sueldo neto [\$]	Sueldo neto [US\$]	Sueldo bruto [Neto+CS]	Total Mensual [US\$]	Total Anual [US\$]
PROCESO	Gerente de proceso	1	\$280.000	\$2.014,39	\$2.397,12	\$2.397,12	\$31.163
	Jefe de operaciones	1	\$230.000	\$1.654,68	\$1.969,06	\$1.969,06	\$25.598
	Coordinador de planta / mantenimiento	2	\$200.000	\$1.438,85	\$1.712,23	\$3.424,46	\$44.518
	Operarios, mantenimiento	5	\$100.000	\$719,42	\$856,12	\$4.280,58	\$55.647
	Programador	1	\$180.000	\$1.294,96	\$1.541,01	\$1.541,01	\$20.033
	Gestor de calidad y auditor interno	1	\$135.000	\$971,22	\$1.155,76	\$1.155,76	\$15.025
	Jefe técnico	1	\$190.000	\$1.366,91	\$1.626,62	\$1.626,62	\$21.146
	Analista de laboratorio	1	\$135.000	\$971,22	\$1.155,76	\$1.155,76	\$15.025
CALIDAD	Gerente de calidad	1	\$280.000	\$2.014,39	\$2.397,12	\$2.397,12	\$31.163
	Consultor externo	1	\$250.000	\$1.798,56	\$2.140,29	\$2.140,29	\$27.824
	Departamento de I+D	3	\$180.000	\$1.294,96	\$1.541,01	\$4.623,02	\$60.099
	Analista de calidad	1	\$120.000	\$863,31	\$1.027,34	\$1.027,34	\$13.355
ADMINISTRATIVO	Impuestos	1	\$150.000	\$1.079,14	\$1.284,17	\$1.284,17	\$16.694
	Admin., contaduría	2	\$140.000	\$1.007,19	\$1.198,56	\$2.397,12	\$31.163
	Contabilidad, costos	2	\$135.000	\$971,22	\$1.155,76	\$2.311,51	\$30.050
	Comex	1	\$135.000	\$971,22	\$1.155,76	\$1.155,76	\$15.025
	Recepción	1	\$85.000	\$611,51	\$727,70	\$727,70	\$9.460
	Maestranza	3	\$85.000	\$611,51	\$727,70	\$2.183,09	\$28.380
	Jardinería	1	\$85.000	\$611,51	\$727,70	\$727,70	\$9.460
	Encargado de tesorería	1	\$200.000	\$1.438,85	\$1.712,23	\$1.712,23	\$22.259
	Administración, tesorería	2	\$160.000	\$1.151,08	\$1.369,78	\$2.739,57	\$35.614
	Cobranzas	2	\$90.000	\$647,48	\$770,50	\$1.541,01	\$20.033
DIRECTIVOS Y VENTAS	Directorio	5	\$400.000	\$2.877,70	\$3.424,46	\$17.122,30	\$222.590
	Gerente administrativo	1	\$260.000	\$1.870,50	\$2.225,90	\$2.225,90	\$28.937
	Gerente Comercial / Operaciones	1	\$260.000	\$1.870,50	\$2.225,90	\$2.225,90	\$28.937
	Ventas	2	\$130.000	\$935,25	\$1.112,95	\$2.225,90	\$28.937
	Administrativo de ventas	1	\$100.000	\$719,42	\$856,12	\$856,12	\$11.129
TOTAL PERSONAL [US\$/año]						\$899.263	
	Asesor de Seg. e Higiene	1	\$165.000	\$1.187,05	\$1.412,59	\$1.412,59	\$18.364

Tabla 44 - Sueldos de empleados

13.3.4. LOGÍSTICA

La logística tiene en cuenta el costo de transporte de las materias que no se consiguen en la provincia de Tucumán, la distribución del producto y disposición de residuos.

Transporte	
Costo (Tn/viaje Bs. As. - Tucuman)	\$112,7
Reactivos	\$727.790
Materia prima (US\$) (Ingenios - PIT)	\$57.071
Producto / subproducto	\$975.920
Residuos	\$1.727
Deposición / relleno	\$51.799
TOTAL	\$1.940.033
Seguro de mercadería [%]	9
Costos logística [US\$/año]	\$1.977.717

Tabla 45 – Logística

13.3.5. GASTOS GENERALES DE LA PLANTA

Los gastos generales son indirectos en el costo de producción. Se detalla una lista con el costo de gastos administrativos, de distribución y marketing, depreciación de equipos y de edificio.

Gastos generales			
Concepto	Porcentaje a asignar		Costo anual [US\$/año]
Gastos administrativos	15%	mano de obra	\$134.889
Gastos de distribución y marketing	20%	mano de obra	\$179.853
Depreciación de equipos	10%	inversión de capital fijo	\$3.278.393
Depreciación de edificio	5%	terreno	\$407.254
TOTAL GG [US\$/año]			\$4.000.389

Tabla 46 - Gastos generales de la planta

13.3.6. COSTOS DE PRODUCCIÓN

COSTOS DE PRODUCCIÓN		
	Concepto	Costo [US\$/año]
DIRECTOS	Materia Prima	\$11.828.420
	Luz	\$4.037.805
	Gas	\$16.049
	Agua	\$109.874
	Logística	\$1.977.717
	TOTAL (CPD)	\$17.969.864
INDIRECTOS	Mano de Obra	\$899.263
	Seguridad e Higiene	\$18.364
	Gastos generales	\$4.000.389
	TOTAL (CPI)	\$4.918.016

TOTAL	\$22.887.880	[US\$/año]
Producción de AC	4.200.000	[Tn/año]
Valor de Ácido Cítrico	\$5,45	[US\$/Kg]

Tabla 47 - Costos de producción

13.4. PRESUPUESTO FINANCIERO

El presupuesto financiero tiene como objetivo brindar un panorama para la toma de decisiones respecto del proyecto.

13.4.1. FINANCIACIÓN

El capital necesario para invertir se obtiene de tomar préstamos. Para calcular el valor de las cuotas a pagar se utiliza el sistema de amortización francés descrito abajo.

13.4.1.1. SISTEMA DE AMORTIZACIÓN FRANCÉS

Como se dijo anteriormente, el sistema de amortización francés se basa en tener un valor de cuota constante durante el período en el cual se saldará la deuda tomada.

$$a = C_0 \frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}}$$

a: cuota periódica constante

Co: capital prestado \$38.621.235

i: tipo de interés anual del préstamo 8,00%

n: número de períodos 10 años 5 años

$$I_k = C_{k-1} i$$

$$C_k = a - I_k$$

I_k : interés total de cada año k (1,2...)

C_k : Capital del año k. Año en que se hace el cálculo.

C_{k-1} : Capital del año anterior a k.

SISTEMA DE AMORTIZACIÓN FRANCÉS (a 10 años)					
Costo de inversión (A+B+C)					\$38.621.235
El monto del préstamo a solicitar del costo de inversión es el:					100,00%
Año (K)	Anualidad / Cuota (a)	Interés (I_k)	Amortización del Capital / Cuota (A)	Capital Amortizado (C_k)	Capital pendiente (m_k)
0	0	0	0	0	-\$38.621.235
1	\$5.755.703	\$3.089.699	\$2.666.004	\$2.666.004	-\$35.955.231
2	\$5.755.703	\$2.876.419	\$2.879.284	\$5.545.289	-\$33.075.947
3	\$5.755.703	\$2.646.076	\$3.109.627	\$8.654.916	-\$29.966.320
4	\$5.755.703	\$2.397.306	\$3.358.397	\$12.013.313	-\$26.607.922
5	\$5.755.703	\$2.128.634	\$3.627.069	\$15.640.382	-\$22.980.853
6	\$5.755.703	\$1.838.468	\$3.917.235	\$19.557.617	-\$19.063.618
7	\$5.755.703	\$1.525.089	\$4.230.614	\$23.788.231	-\$14.833.005
8	\$5.755.703	\$1.186.640	\$4.569.063	\$28.357.293	-\$10.263.942
9	\$5.755.703	\$821.115	\$4.934.588	\$33.291.881	-\$5.329.355
10	\$5.755.703	\$426.348	\$5.329.355	\$38.621.235	\$0
TOTAL					
	\$57.557.030	\$18.935.794			

Tabla 48 - Sistema de amortización francés a 10 años

SISTEMA DE AMORTIZACIÓN FRANCÉS (a 5 años)					
Costo de inversión (A+B+C)					\$38.621.235
El monto del préstamo a solicitar del costo de inversión es el:					100,00%
Año (K)	Anualidad / Cuota (a)	Interés (Ik)	Amortización del Capital / Cuota (A)	Capital Amortizado (Ck)	Capital pendiente (mk)
0	0	0	0	0	-\$38.621.235
1	\$9.672.938	\$3.089.699	\$6.583.239	\$6.583.239	-\$32.037.997
2	\$9.672.938	\$2.563.040	\$7.109.898	\$13.693.137	-\$24.928.099
3	\$9.672.938	\$1.994.248	\$7.678.690	\$21.371.827	-\$17.249.409
4	\$9.672.938	\$1.379.953	\$8.292.985	\$29.664.812	-\$8.956.424
5	\$9.672.938	\$716.514	\$8.956.424	\$38.621.235	\$0
TOTAL					
	\$48.364.688	\$9.743.453			

Tabla 49 - Sistema de amortiación francés a 5 años

13.4.2. FLUJO DE CAJA PROYECTADO

El flujo de caja proyectado permite anticipar situaciones que puedan poner en riesgo la operativa de la empresa. Se considera que en el año hay una inflación del 3 %. Además, se tiene en cuenta que durante el primer año las ventas comienzan pasado sexto mes de iniciada la puesta en marcha de la planta en un porcentaje hasta llegar al 100 % de ventas.

Mes	Estimado a vender de la producción planificada
7	10%
8	20%
9	30%
10	50%
11	70%
12	100%

Caja inicial	Se destina un porcentaje de la inversión total de capital	3,50%	Las ventas comienzan a los 7 meses de instalada la planta		
<i>Costo de inversión (A+B+C)</i>		\$38.621.235			
Caja inicial=		\$1.351.743			
INGRESOS MENSUALES	Producto	Producción mensual [Kg]	Precio Unitario [US\$/Kg]	Ganancia Total Mensual [US\$]	Ganancia Total Anual [US\$]
	Ácido cítrico (Pharmaceutical-grade)	70.000	\$11,00	\$770.000	\$9.240.000
	Ácido cítrico (Food-grade)	280.000	\$8,00	\$2.240.000	\$26.880.000
	CaSO4	371.635	\$1,00	\$371.635	\$4.459.620
	Ingresos ventas [US\$]			\$3.381.635	\$40.579.620
EGRESOS MENSUALES	Costos de producción		\$1.907.323	US\$/mes	
	Pago de crédito (5 años)		\$806.078	US\$/mes	
	Pago de crédito (10 años)		\$479.642	US\$/mes	

Tabla 50 - Flujo de caja proyectado

13.4.2.1. FLUJO DE CAJA PROYECTADO EN 5 AÑOS

Se realiza la proyección del flujo de caja a 5 años, detallando el primer año ya que, la venta comienza en el séptimo mes.

En el flujo de caja debe tenerse en cuenta el aumento de los costos de producción por inflación y el pago de créditos.

FLUJO DE CAJA PROYECTADO CON CRÉDITO A 5 AÑOS (1er año)

Mes	Total disponible al inicio	Ingresos	Egresos (costos de producción)	Pago de créditos	Flujo neto	Flujo neto acumulado
1	\$1.351.743	0	\$1.907.323	\$806.078	-\$2.713.401	-\$1.361.658
2	-\$1.361.658	0	\$1.912.092	\$806.078	-\$2.718.170	-\$4.079.828
3	-\$4.079.828	0	\$1.916.872	\$806.078	-\$2.722.950	-\$6.802.778
4	-\$6.802.778	0	\$1.921.664	\$806.078	-\$2.727.742	-\$9.530.520
5	-\$9.530.520	0	\$1.926.468	\$806.078	-\$2.732.546	-\$12.263.067
6	-\$12.263.067	0	\$1.931.284	\$806.078	-\$2.737.363	-\$15.000.429
7	-\$15.000.429	\$338.164	\$1.936.113	\$806.078	-\$2.404.027	-\$17.404.456
8	-\$17.404.456	\$676.327	\$1.940.953	\$806.078	-\$2.070.704	-\$19.475.160
9	-\$19.475.160	\$1.014.491	\$1.945.805	\$806.078	-\$1.737.393	-\$21.212.553
10	-\$21.212.553	\$1.690.818	\$1.950.670	\$806.078	-\$1.065.930	-\$22.278.484
11	-\$22.278.484	\$2.367.145	\$1.955.546	\$806.078	-\$394.480	-\$22.672.964
12	-\$22.672.964	\$3.381.635	\$1.960.435	\$806.078	\$615.122	-\$22.057.842

FLUJO DE CAJA PROYECTADO CON CRÉDITO A 5 AÑOS

Año	Total disponible al inicio	Ingresos	Egresos	Pago de créditos	Flujo neto	Flujo neto acumulado
1	\$1.351.743	\$9.468.578	\$23.205.226	\$9.672.938	-\$23.409.585	-\$22.057.842
2	-\$22.057.842	\$40.579.620	\$23.901.382	\$9.672.938	\$7.005.300	-\$15.052.542
3	-\$15.052.542	\$40.579.620	\$24.618.424	\$9.672.938	\$6.288.259	-\$8.764.284
4	-\$8.764.284	\$40.579.620	\$25.356.977	\$9.672.938	\$5.549.706	-\$3.214.578
5	-\$3.214.578	\$40.579.620	\$26.117.686	\$9.672.938	\$4.788.997	\$1.574.419
6	\$1.574.419	\$40.579.620	\$26.901.216	0	\$13.678.404	\$15.252.822
7	\$15.252.822	\$40.579.620	\$27.708.253	0	\$12.871.367	\$28.124.190
8	\$28.124.190	\$40.579.620	\$28.539.500	0	\$12.040.120	\$40.164.309
9	\$40.164.309	\$40.579.620	\$29.395.685	0	\$11.183.935	\$51.348.244
10	\$51.348.244	\$40.579.620	\$30.277.556	0	\$10.302.064	\$61.650.308

Tabla 51 - Flujo de caja proyectado con crédito a 5 años

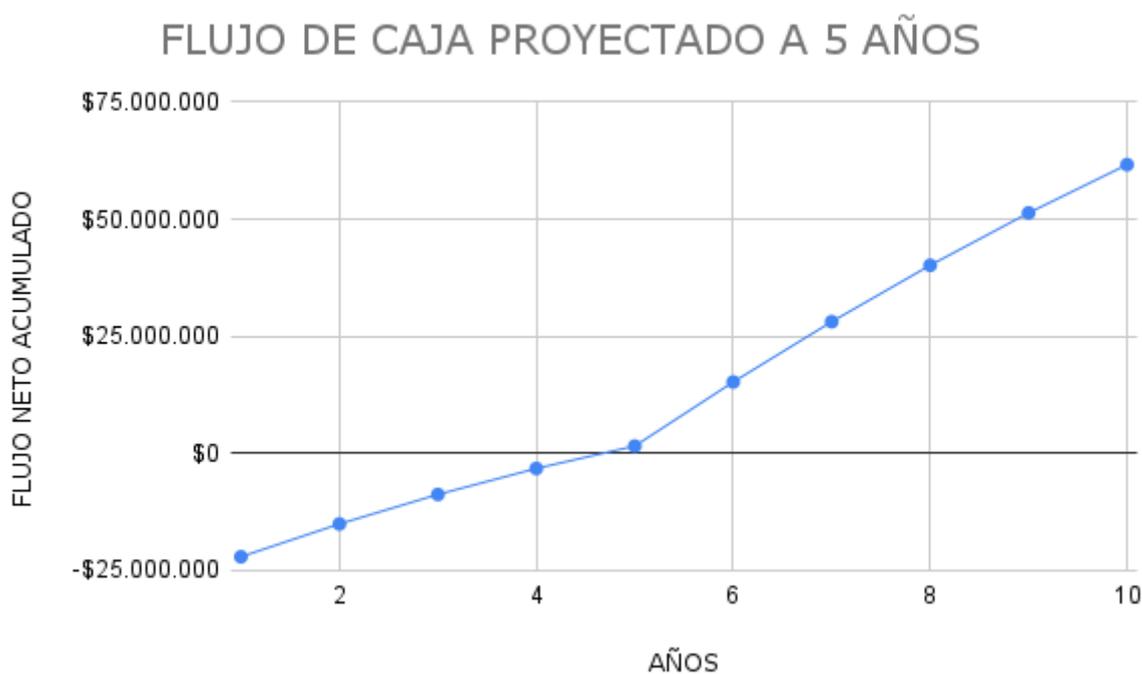


Figura 119 - Flujo de caja proyectado con crédito a 5 años

13.4.2.2. FLUJO DE CAJA PROYECTADO EN 10 AÑOS

Se realiza la proyección del flujo de caja a 10 años, detallando el primer año ya que, la venta comienza en el séptimo mes.

En el flujo de caja debe tenerse en cuenta el aumento de los costos de producción por inflación y el pago de créditos.

FLUJO DE CAJA PROYECTADO CON CRÉDITO A 10 AÑOS (1er año)						
Mes	Total disponible al inicio	Ingresos	Egresos (costos de producción)	Pago de créditos	Flujo neto	Flujo neto acumulado
1	\$1.351.743	0	\$1.907.323	\$479.642	-\$2.386.965	-\$1.035.222
2	-\$1.035.222	0	\$1.912.092	\$479.642	-\$2.391.734	-\$3.426.956
3	-\$3.426.956	0	\$1.916.872	\$479.642	-\$2.396.514	-\$5.823.469
4	-\$5.823.469	0	\$1.921.664	\$479.642	-\$2.401.306	-\$8.224.775
5	-\$8.224.775	0	\$1.926.468	\$479.642	-\$2.406.110	-\$10.630.885
6	-\$10.630.885	0	\$1.931.284	\$479.642	-\$2.410.926	-\$13.041.812
7	-\$13.041.812	\$338.164	\$1.936.113	\$479.642	-\$2.077.591	-\$15.119.403
8	-\$15.119.403	\$676.327	\$1.940.953	\$479.642	-\$1.744.268	-\$16.863.670
9	-\$16.863.670	\$1.014.491	\$1.945.805	\$479.642	-\$1.410.957	-\$18.274.627
10	-\$18.274.627	\$1.690.818	\$1.950.670	\$479.642	-\$739.494	-\$19.014.121
11	-\$19.014.121	\$2.367.145	\$1.955.546	\$479.642	-\$68.044	-\$19.082.165
12	-\$19.082.165	\$3.381.635	\$1.960.435	\$479.642	\$941.558	-\$18.140.607

FLUJO DE CAJA PROYECTADO CON CRÉDITO A 10 AÑOS						
Año	Total disponible al inicio	Ingresos	Egresos	Pago de créditos	Flujo neto	Flujo neto acumulado
1	\$1.351.743	\$9.468.578	\$23.205.226	\$5.755.703	-\$19.492.351	-\$18.140.607
2	-\$18.140.607	\$40.579.620	\$23.901.382	\$5.755.703	\$10.922.535	-\$7.218.073
3	-\$7.218.073	\$40.579.620	\$24.618.424	\$5.755.703	\$10.205.493	\$2.987.421
4	\$2.987.421	\$40.579.620	\$25.356.977	\$5.755.703	\$9.466.941	\$12.454.361
5	\$12.454.361	\$40.579.620	\$26.117.686	\$5.755.703	\$8.706.231	\$21.160.592
6	\$21.160.592	\$40.579.620	\$26.901.216	\$5.755.703	\$7.922.701	\$29.083.293
7	\$29.083.293	\$40.579.620	\$27.708.253	\$5.755.703	\$7.115.664	\$36.198.957
8	\$36.198.957	\$40.579.620	\$28.539.500	\$5.755.703	\$6.284.417	\$42.483.374
9	\$42.483.374	\$40.579.620	\$29.395.685	\$5.755.703	\$5.428.232	\$47.911.605
10	\$47.911.605	\$40.579.620	\$30.277.556	\$5.755.703	\$4.546.361	\$52.457.966

Tabla 52 - Flujo de caja proyectado con crédito a 10 años

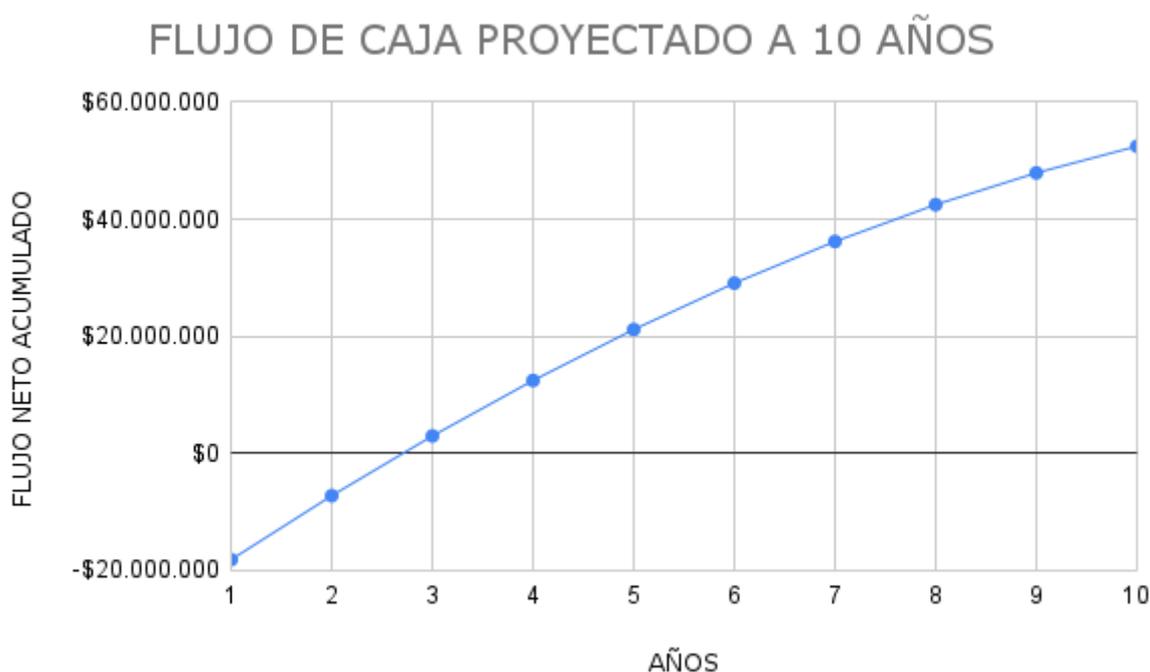


Figura 120 - Flujo de caja proyectado con crédito a 10 años

13.4.3. EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO

La evaluación de la rentabilidad del proyecto se realiza utilizando los dos indicadores VAN y TIR. Esto nos hace dar una idea del beneficio que se obtiene de invertir en el proyecto.

13.4.3.1. VAN

El VAN es el Valor Actual Neto e indica la viabilidad del proyecto.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{\text{Flujo Anual}}{(1 + Tasa)^t}$$

I_0 = egreso inicial

V_i = flujo neto anual de dinero en cada periodo n

t = periodo de tiempo

k = tasa de corte 3,00%

<u>VAN (pago a 5 años)</u>				
Año	Vi	$Vi/(1+k)^t$	Capital neto	Capital neto a valor futuro
0	-	-	-\$38.621.235	-\$38.621.235
1	-\$23.409.585	-\$22.727.753	-\$62.030.821	-\$61.348.988
2	\$7.005.300	\$6.603.167	-\$55.025.521	-\$54.745.821
3	\$6.288.259	\$5.754.647	-\$48.737.262	-\$48.991.174
4	\$5.549.706	\$4.930.842	-\$43.187.556	-\$44.060.332
5	\$4.788.997	\$4.131.030	-\$38.398.560	-\$39.929.301
6	\$13.678.404	\$11.455.448	-\$24.720.156	-\$28.473.854
7	\$12.871.367	\$10.465.599	-\$11.848.789	-\$18.008.254
8	\$12.040.120	\$9.504.582	\$191.330	-\$8.503.673
9	\$11.183.935	\$8.571.555	\$11.375.265	\$67.882
10	\$10.302.064	\$7.665.703	\$21.677.329	\$7.733.585
	suma	\$46.354.820		
	VAN	\$7.733.585		

Tabla 53 - VAN (a 5 años)

<u>VAN (pago a 10 años)</u>				
Año	Vi	$Vi/(1+k)^t$	Capital neto	Capital neto a valor futuro
0	-	-	-\$38.621.235	-\$38.621.235
1	-\$19.492.351	-\$18.924.612	-\$58.113.586	-\$57.545.848
2	\$10.922.535	\$10.295.537	-\$47.191.051	-\$47.250.311
3	\$10.205.493	\$9.339.472	-\$36.985.558	-\$37.910.839
4	\$9.466.941	\$8.411.254	-\$27.518.617	-\$29.499.585
5	\$8.706.231	\$7.510.072	-\$18.812.386	-\$21.989.513
6	\$7.922.701	\$6.635.137	-\$10.889.686	-\$15.354.376
7	\$7.115.664	\$5.785.686	-\$3.774.021	-\$9.568.690
8	\$6.284.417	\$4.960.976	\$2.510.395	-\$4.607.714
9	\$5.428.232	\$4.160.288	\$7.938.627	-\$447.426
10	\$4.546.361	\$3.382.920	\$12.484.988	\$2.935.493
	suma	\$41.556.729		
	VAN	\$2.935.493		

Tabla 54 - VAN (a 10 años)

Obtenidos los resultados del VAN con el pago a 5 y a 10 años, y siendo estos mayores a cero, indica que el proyecto es viable.

13.4.3.2. TIR

El TIR es la Tasa Interna de Retorno e indica la rentabilidad del proyecto. Para calcularlo se iguala el VAN a cero.

La tasa TREMA hace referencia a la tasa de retorno mínima aceptable. Para el proyecto se toma una tasa del 15 %.

Como se observa un porcentaje de TIR mayor al TREMA, se puede realizar la inversión.

TIR (5 años)	31%
TASA TREMA	15%

TIR (10 años)	48%
TASA TREMA	15%

13.5. CONCLUSIONES

Una vez recabados los datos y realizados los estudios en los presupuestos de inversión, económico y financiero, se llega a la conclusión de que el proyecto es viable y como la rentabilidad es mayor a la tasa mínima aceptable, se puede realizar la inversión.

Se eligió como presupuesto de inversión el estudio hecho a 10 años, donde los resultados dan:

VAN	\$2.935.493
TIR (10 años)	48%

13.6. BIBLIOGRAFÍA

Peters & Timmerhaus, "Plant Design Economics for Chemical Engineers", 4ta Edition. Ed. McGraw-Hill, 1991.

Nassir Sapag Chain, "Proyectos de inversión: formulación y evaluación",
2da edición. Ed. Pearson, 2011.

Sitio web Alibaba

14. CONCLUSIONES

A lo largo del trabajo se evaluó la factibilidad del proyecto en distintos aspectos:

- **Técnico:** los requerimientos másicos y energéticos del proceso, evaluados en el "Capítulo 6: Balances de masa y energía", indican que las condiciones necesarias para llevar adelante la producción, no son excesivos y se pueden replicar en la escala propuesta. Asimismo, en "Capítulo 7: Diseño y Selección de Equipos" y "Capítulo 8: Servicios Auxiliares", se seleccionan equipos de catálogos que estén disponibles para obtención y uso en este país.
- **Ambiental:** los requerimientos normativos hacen a la creación de planes de mitigación para el cuidado del medioambiente durante todas las etapas del proyecto, descriptos y evaluados en el "Capítulo 11: Evaluación de Impacto Ambiental". También, se vela por la seguridad de los trabajadores y las personas circundantes durante todo momento como se puede ver en el "Capítulo 12: Seguridad e Higiene en el Trabajo".
- **Económico:** los requerimientos para lograr un proyecto rentable son estudiados en el "Capítulo 13: Evaluación Económica". Se establecen dos índices para evaluar la viabilidad económica. En función de los resultados obtenidos, tanto del VAN como del TIR, se determina que el trabajo es factible económicamente.

En conclusión, tomando en cuenta todo lo mencionado, se declara apto este proyecto de prefactibilidad para ser evaluado en mayor profundidad a futuro.