

PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO

PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELETS DE POLIPROPILENO

Proyecto Final para obtener el título de:

Ingeniera Química

Universidad Tecnológica Nacional Regional San Francisco

Autores:

ONTIVERO, Julieta

TORANZO, Virginia

VIOLA, Sofía

Tutora:

Ing. Dra. GARNERO, Paula

Directora:

Ing. Qca. SPOSETTI, Patricia

Visores:

Ing. Dr. RASPO, Matías

Ing. Dra. TAVERNA, Ma. Eugenia

Año 2024

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, por su amor y apoyo incondicional.

A la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco, nuestra casa de altos estudios, por proporcionarnos los recursos y oportunidades necesarias para crecer académicamente y desarrollarnos como profesionales en el campo de la Ingeniería Química. Su compromiso con la excelencia académica y la accesibilidad ha sido fundamental para nuestra formación.

A nuestros profesores, por su dedicación y sabiduría compartida, que han sido pilares fundamentales en el camino hacia este logro.

A nuestros amigos, por su compañerismo y apoyo mutuo.

A todos aquellos que contribuyeron, directa o indirectamente, a este hito, les expresamos nuestros más sinceros agradecimientos.

Que este logro marque el comienzo de una carrera llena de éxitos y contribuciones significativas al campo de la ciencia y tecnología, en apoyo a los valores y la importancia de la educación pública.

RESUMEN

El polipropileno (PP) es uno de los polímeros más versátiles y de uso universal que está reemplazando al ácido sulfúrico como indicador clásico del mundo industrializado. La principal ventaja que posee es que se emplea en una amplia variedad de mercados y es reciclable, a diferencia de otros plásticos.

El objetivo principal del presente proyecto, es la producción industrial de pellets de PP a partir de una mezcla de propileno-propano, hidrocarburo que se emplea como materia prima esencial y que provee la refinería Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF).

El proceso de obtención de este polímero se denomina proceso Novolen. El mismo comienza con la recepción y almacenamiento de la materia en tanques presurizados. Para fabricar PP, se requiere una materia prima con una composición del 99,50 % de propileno y lo restante de propano. Por este motivo, como la mezcla propileno-propano posee una composición 70,00/30,00 % respectivamente, se realiza una purificación en una unidad de adsorción. Previo a la purificación, se debe preparar la materia prima para que cuente con las condiciones de presión y temperatura apropiadas.

Luego de la purificación, el propano separado retorna a la refinería YPF; mientras que el propileno puro se almacena. La etapa siguiente es la polimerización que se lleva a cabo en un reactor continuo de lecho agitado, a 70,00 °C y 3,00 MPa aproximadamente. Allí, el monómero (propileno), comienza a unirse a otras moléculas de monómero para formar una larga cadena de enlaces simples y de gran peso molecular. Se añade hidrógeno para controlar el mismo, y un catalizador y co-catalizador para favorecer la reacción. De este proceso, se obtiene un polvo blanquecino mezclado con gas de monómero, que se separan en un ciclón de descarga. Como el polvo de PP aún contiene trazas de propileno sin reaccionar, se transporta a un silo de purga con nitrógeno que separa el remanente de monómero, con el objetivo de lograr un producto de mayor pureza.

El polvo de PP ya está preparado para la extrusión en donde, luego del agregado de aditivos, se funde y se conforman los pellets. Como la extrusión se realiza bajo agua (para una disminución rápida de la temperatura), se deben secar los pellets, y posteriormente almacenarlos para su envasado.

Del estudio de mercado realizado, se obtiene que la producción será de 22,70 t/d de PP, obteniendo 272.460 bolsas/a, con un rendimiento de 48,00 %. Por otra parte, del estudio organizacional se concluye que 89 serán los empleados que tendrá la fábrica, sin tener en cuenta los servicios tercerizados. Del estudio y cálculo de las inversiones y costos, se obtiene que el costo unitario de la bolsa de PP es de \$ 30.741,93, por lo que el producto se venderá a 36.890,31 \$/bolsa, para alcanzar una ganancia del 20,00 %. Además, la rentabilidad del proyecto calculada fue de 93,70

% de la evaluación del proyecto, se obtiene que el mismo es factible debido a que el VAN es de \$ 5.608.842.423,42 y la TIR de 467,45 %.

La empresa se encuentra radicada en el Parque Industrial Campana, en la ciudad de Campana, provincia de Buenos Aires, favoreciendo al desarrollo económico y social de la zona.

Palabras clave: *polipropileno, proceso Novolen, propileno-propano, polimerización.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XXXIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XL
CAPÍTULO Nº 1: INTRODUCCIÓN E INFORMACIÓN GENERAL.....	1
OBJETIVOS.....	3
UNIDAD Nº 1	5
INTRODUCCIÓN	7
MATERIAS PRIMAS.....	7
A. PROPANO - PROPILENO	7
B. ADITIVOS.....	9
B.1. Plastificantes	10
B.2. Estabilizantes	11
B.2.1. Antioxidantes	11
B.2.2. Estabilizantes de luz UV	12
B.3. Lubricantes	13
B.3.1. Lubricantes internos.....	13
B.3.2. Lubricantes externos.....	14
B.4. Agentes nucleantes.....	15
B.5. Antibloqueantes y deslizantes	15
B.6. Neutralizantes	16
B.7. Peróxidos (PO)	17
C. CATALIZADOR	18
D. CO-CATALIZADOR	19
E. COAYUDANTES DE PROCESO	20
E.1. Hidrógeno.....	20
E.2. Nitrógeno.....	20
PRODUCTO ELABORADO.....	21
A. POLIPROPILENO (PP)	21
A.1. Tipos de PP	21
A.1.1. Copolímero	22
A.1.1.1. Copolímero Random (propileno-etileno):	22

A.1.1.2. Copolímeros de Impacto (propileno-etileno):.....	22
A.1.2. Homopolímero (propileno):.....	23
A.1.2.1. Clasificación del PP Homopolímero.....	24
A.1.2.1.1. PP isotáctico.....	24
A.1.2.1.2. PP sindiotáctico.....	24
A.1.2.1.3. PP atáctico.....	24
A.1.2.2. PPH 1.103K.....	25
A.1.2.2.1. Características del PPH 1.103K.....	25
A.1.2.2.1.1. Aplicación.....	25
A.1.2.2.1.2. Propiedades generales.....	26
A.1.2.2.1.3. Propiedades físicas.....	26
A.1.2.2.1.3.1. Cristalinidad.....	27
A.1.2.2.1.4. Propiedades químicas.....	29
A.1.2.2.1.5. Propiedades mecánicas.....	29
A.1.2.2.1.6. Propiedades térmicas.....	30
A.2. Proceso de polimerización.....	31
A.3. ENVASE.....	35
A.3.1. Envase primario.....	35
A.3.2. Palletizado.....	35
A.4. ROTULACIÓN.....	36
A.4.1. Nombre de la empresa.....	36
A.4.2. Tipo de producto.....	36
A.4.3. Contenido neto.....	36
A.4.4. Especificación sobre el reciclaje del producto.....	36
A.4.5. Código de especificación plástico del envase.....	37
A.4.6. País de producción.....	37
A.4.7. Número de lote.....	37
CONCLUSIONES.....	38
UNIDAD N° 2.....	39
INTRODUCCIÓN.....	41
MACROLOCALIZACIÓN.....	41
A. POLOS PETROQUÍMICOS EN ARGENTINA.....	41
B. FACTORES DETERMINANTES.....	42
B.1. Factor 1: Cercanía a los proveedores de materia prima.....	42

B.1.1. Análisis por provincias de la cercanía a los proveedores de materia prima	43
B.1.1.1. Santa Fe	43
B.1.1.2. Neuquén	44
B.1.1.3. Bs. As.	44
B.1.1.4. Mendoza	44
B.2. Factor 2: Cercanía a los clientes	45
B.3. Factor 3: Acceso a rutas y autopistas	46
B.3.1. Análisis por provincias de rutas y autopistas	46
B.3.1.1. Santa Fe	46
B.3.1.2. Mendoza	46
B.3.1.3. Buenos Aires (Bs. As.)	47
B.3.1.4. Neuquén	47
B.4. Factor 4: Legislación	48
B.5. Factor 5: Disponibilidad de mano de obra	49
B.5.1 Análisis por provincias de la disponibilidad de mano de obra	51
B.5.1.1. Bs. As.	51
B.5.1.1.1. Población	51
B.5.1.1.2. Empleo	51
B.5.1.1.3. Indicadores	52
B.5.1.1.4. Estudios	52
B.5.1.2. Mendoza	53
B.5.1.2.1. Población	53
B.5.1.2.2. Empleo	53
B.5.1.2.3. Indicadores	53
B.5.1.2.4. Educación	54
B.5.1.3. Santa Fe	54
B.5.1.3.1. Población	54
B.5.1.3.2. Empleo	55
B.5.1.3.3. Indicadores	55
B.5.1.3.4. Educación	55
B.5.1.4. Neuquén	56
B.5.1.4.1. Población	56
B.5.1.4.2. Empleo	56
B.5.1.4.3. Indicadores	56
B.5.1.4.4. Educación	57

B.6. Factor 6: Energía eléctrica y servicios de gas natural	57
B.6.1. Análisis por provincia de la energía eléctrica y el gas natural.	58
B.6.1.1. Bs. As.	58
B.6.1.1.1. Energía eléctrica	58
B.6.1.1.2. Gas natural.....	58
B.6.1.2. Mendoza	58
B.6.1.2.1. Energía Eléctrica	58
B.6.1.2.2. Gas Natural	59
B.6.1.3. Santa Fe	59
B.6.1.3.1. Energía Eléctrica	59
B.6.1.3.2. Gas Natural	59
B.6.1.4. Neuquén	60
B.6.1.4.1. Energía Eléctrica	60
B.6.1.4.2. Gas Natural	60
C. MÉTODO CUALITATIVO POR PUNTOS	60
MICROLOCALIZACIÓN	61
A. DISPONIBILIDAD DE TERRENOS INDUSTRIALES EN LA REPÚBLICA ARGENTINA	61
A.1. Polo petroquímico Berisso - Ensenada	62
A.2. Polo Petroquímico Bahía Blanca.....	64
A.2.1. Parque industrial Bahía Blanca.....	64
A.3. Polo petroquímico área Zárate-Campana	65
A.3.1. Parque industrial Zarate	65
A.3.2. Parque industrial Campana.....	66
CONCLUSIONES	67
UNIDAD Nº 3	72
INTRODUCCIÓN	74
SELECCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	74
A. PROCESO EN SUSPENSIÓN O SLURRY	74
B. PROCESOS EN MASA	75
B.1. Proceso Sheripol.....	75
B.2. Proceso LIPP	76
C. PROCESOS EN FASE GAS	77
C.1. Proceso Novolen	78
D. SELECCIÓN DEL PROCESO	78

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO SELECCIONADO.....	79
A. ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO	79
A.1. Etapa de almacenamiento de la materia prima (MP).....	79
A.2. Etapa de acondicionamiento de la MP	80
A.3. Etapa de purificación de mezcla propileno-propano	80
A.4. Almacenamiento del propileno puro.....	83
A.5. Etapa de polimerización.....	84
A.6. Etapa de separación del polvo de PP y el gas.....	85
A.7. Etapa de eliminación de trazas de propileno residual	86
A.8. Etapa de almacenamiento del polvo de PP	86
A.9. Etapa de extrusión y estabilización del polvo de PP	87
A.10. Etapa de secado de pellets de PP	87
A.11. Etapa de mezclado y almacenamiento de pellets de PP.....	88
A.12. Etapa de envasado y palletizado	89
CONCLUSIONES	89
UNIDAD Nº 4	92
INTRODUCCIÓN	94
CONTROL DE CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA	95
A. CONTROL DE CALIDAD DE LA MEZCLA PROPILENO-PROPANO.....	96
A.1. Análisis fisicoquímicos.....	96
A.1.1. Determinación de la composición de la mezcla propileno-propano. Norma oficial: ASTM D2.163-07.	96
A.1.1.1. Objetivo.....	96
A.1.1.2. Fundamentación.....	96
A.1.1.3. Materiales y equipos	96
A.1.1.4. Cálculos	97
A.1.1.5. Expresión de resultados	98
B. CONTROL DE CALIDAD DEL PGP	98
B.1. Análisis fisicoquímico.....	98
B.1.1. Determinación de la composición del propileno grado polímero. Norma oficial: ASTM D2.163-07.	98
B.1.1.1. Objetivo.....	98
B.1.1.2. Fundamentación.....	98
B.1.1.3. Cálculos	98
B.1.1.4. Expresión de resultados	98

CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO EN PROCESO	99
A. CONTROL DE CALIDAD DEL POLVO DE PP	99
A.1. Análisis fisicoquímicos	99
A.1.1. Determinación del contenido de agua. Norma interna	99
A.1.1.1. Objetivo	99
A.1.1.2. Fundamentación	99
A.1.1.3. Materiales y equipos	99
A.1.1.4. Procedimiento	100
A.1.1.5. Cálculos	102
A.1.1.6. Expresión de resultados	102
A.1.2. Determinación del peso molecular del PP. Norma Oficial: ISO 1.628-3:2010.	103
A.1.2.1. Objetivo	103
A.1.2.2. Fundamentación	103
A.1.2.3. Materiales y equipos	103
A.1.2.4. Cálculos	104
A.1.2.5. Expresión de resultados	105
A.1.3. Determinación de pureza del PP por espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR). Norma interna.	105
A.1.3.1. Objetivo	105
A.1.3.2. Fundamentación	105
A.1.3.3. Materiales y equipos	105
A.1.3.4. Procedimiento	106
A.1.3.5. Cálculos	106
A.1.3.6. Expresión de resultados	106
CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO ELABORADO	107
A. CONTROL DE CALIDAD DE LOS PELLETS DE PP	107
A.1. Análisis de las propiedades mecánicas	107
A.1.1. Determinación del índice de fluidez o fluencia. Norma oficial: ISO 1.133:2005.	107
A.1.1.1. Objetivo	107
A.1.1.2. Fundamentación	107
A.1.1.3. Materiales y equipos	107
A.1.1.4. Cálculos	108
A.1.1.5. Expresión de resultados	108
A.2. Análisis de propiedades térmicas	108

A.2.1. Determinación de la temperatura de deflexión bajo carga. Norma oficial: ISO 75-1:2020/ISO 75-2:2020.....	108
A.2.1.1. Objetivo.....	108
A.2.1.2. Fundamentación.....	108
A.2.1.3. Materiales y equipos.....	108
A.2.1.4. Expresión de resultados.....	109
A.3. Análisis de las propiedades físicas.....	109
A.3.1. Determinación de las temperaturas de transición vítrea. Norma oficial: ASTM E1.356-08:2014.....	109
A.3.1.1. Objetivo.....	109
A.3.1.2. Fundamentación.....	109
A.3.1.3. Materiales y equipos.....	109
A.3.1.4. Expresión de resultados.....	110
A.3.2. Determinación de las temperaturas y entalpías de fusión y cristalización. Norma oficial: ISO 11.357-03:2018.	111
A.3.2.1. Objetivo.....	111
A.3.2.2. Fundamentación.....	111
A.3.2.3. Materiales y equipos.....	111
A.3.2.4. Cálculos.....	112
A.3.2.5. Expresión de resultados.....	113
A.3.3. Ensayo de determinación de migración de PP como envase alimenticio según el Código Alimentario Argentino (CAA). Norma oficial: Reglamento 10/2011, Ensayo UNE-EN 1.186-1.....	113
A.3.3.1. Objetivo.....	113
A.3.3.2. Fundamentación.....	113
A.3.3.3. Materiales y equipos.....	114
A.3.3.4. Cálculos.....	114
A.3.3.5. Expresión de resultados.....	116
CONCLUSIONES.....	116
UNIDAD Nº 5.....	117
INTRODUCCIÓN.....	119
HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	119
A. SELECCIÓN Y CAPACITACIÓN DEL PERSONAL.....	119
B. ANÁLISIS DE RIESGOS DEL PERSONAL.....	120
B.1. Conducción de vehículos industriales y tráfico en las instalaciones.....	120

B.2. Manipulación de tanques presurizados de almacenamiento de combustibles (GLP, propileno y propano), hidrógeno y nitrógeno.	121
B.3. Manipulación del reactor de polimerización de alta presión (3,04 - 4,05 MPa) y compresores	122
B.4. Preparación de compuestos, acabado y envasado	122
B.5. Manipulación y almacenamiento de pellets de PP	123
B.6. Emisiones de material particulado (polvo de PP y aditivos)	124
C. PROTECCIÓN PERSONAL DEL TRABAJADOR	124
C.1. Protección craneal	125
C.2. Protección ocular y facial	126
C.3. Protección auditiva	128
C.4. Protección respiratoria	129
C.5. Protección de manos	130
C.6. Indumentaria de protección.....	131
C.7. Protección para los pies	132
D. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA	133
D.1. Elementos de protección industrial	133
D.2. Prestaciones de medicina y de higiene y seguridad en el trabajo.....	134
D.3. Provisión de agua potable	136
E. CONDICIONES DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN LOS AMBIENTES LABORALES	137
E.1. Ruido y vibraciones.....	137
E.1.1. Ruido.....	137
E.1.2. Vibraciones.....	138
E.2. Ventilación	139
E.3. Iluminación y color	140
E.4. Instalaciones eléctricas.....	141
E.5. Carga térmica.....	143
E.6. Equipos de seguridad	144
E.7. Vestuarios	146
E.8. Colores de seguridad	146
E.9. Señalización de áreas.....	149
E.10. Etiquetado de equipos	151
CONCLUSIONES	152
UNIDAD N° 6	153

INTRODUCCIÓN	155
IMPACTO AMBIENTAL.....	155
A. CONTAMINANTES Y RIESGOS AMBIENTALES	155
A.1. Emisiones a la atmósfera.....	155
A.1.1. Emisiones de COV en las etapas de secado y acabado.....	155
A.1.2. Emisiones de COV de las purgas de proceso.....	156
A.1.3. COV procedentes de las emisiones fugitivas (almacenamiento y transporte)	156
A.2. Material particulado.....	157
A.3. Aguas residuales y efluentes	157
A.4. Sustancias peligrosas y posibles fugas al medio ambiente	157
A.4.1. Escape de GLP.....	157
A.4.2. Escape de propano y propileno puros	158
A.5. Consumo de energía y empleo de recursos naturales	158
A.6. Construcción y desmantelamiento de la planta	158
A.6.1. Medidas recomendadas.....	158
B. SEGUIMIENTO AMBIENTAL	159
C. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	159
C.1. Evaluación cualitativa	159
C.1.1. Efecto (e)	159
C.1.2. Intensidad (In)	160
C.1.3. Duración (du).....	160
C.1.4. Extensión o Alcance (a).....	160
C.1.5. Riesgo (r).....	160
C.2. Evaluación cuantitativa.....	160
C.3. Identificación y valoración de los impactos ambientales.....	161
IMPACTO SOCIAL	166
CONCLUSIONES	167
UNIDAD Nº 7	168
INTRODUCCIÓN	170
NORMAS RESPECTO AL MERCADO	170
A. HABILITACIÓN MUNICIPAL.....	170
B. REGISTRO NACIONAL.....	172
B.1. Etapa 1: Inscripción en el Sistema Unificado de Registro (S.U.R.).....	172

B.2. Etapa 2: Pago del arancel en el Banco de la Nación Argentina	172
B.3. Etapa 3: Presentación de la Documentación.....	172
B.4. Etapa 4: Aprobación de la Inscripción al RIN.....	173
C. CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO (CAA).....	173
NORMAS RESPECTO A LA LOCALIZACIÓN	174
NORMAS RESPECTO AL ESTUDIO TÉCNICO	175
A. IMPORTACIÓN DE MAQUINARIA.....	175
B. EXPORTACIÓN DEL PRODUCTO ELABORADO	175
B.1. MERCADO COMÚN DEL SUR (MERCOSUR).....	176
C. SERVICIOS EXTERNOS	176
D. NORMAS OFICIALES DE ENSAYO DEL PRODUCTO	176
NORMAS RESPECTO A LA ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN.....	176
A. CONTRATO DE TRABAJO	176
B. JORNADA LABORAL	177
C. EDAD MÍNIMA DE ADMISIÓN AL EMPLEO.....	177
D. DESPIDOS.....	178
D.1. Plazos del Preaviso	178
D.2. Indemnización sustitutiva.....	178
E. SALARIOS.....	178
E.1. Remuneración.....	178
E.2. Recibo de sueldo.....	179
E.3. Aguinaldo.....	180
NORMAS RESPECTO AL ASPECTO CONTABLE Y FINANCIERO	180
A. NIVEL NACIONAL.....	180
B. NIVEL PROVINCIAL.....	180
C. NIVEL MUNICIPAL.....	181
CONCLUSIONES	181
ABREVIATURAS Y SIGLAS	183
CAPÍTULO N° 2: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	187
OBJETIVOS.....	189
UNIDAD N° 8	191
INTRODUCCIÓN	193

ANÁLISIS DE LA DEMANDA	193
ANÁLISIS DE LA OFERTA	196
DEMANDA POTENCIAL INSATISFECHA.....	198
ANÁLISIS DE PRECIOS	199
ANÁLISIS DE COMERCIALIZACIÓN	200
CONCLUSIONES	202
UNIDAD N° 9	203
INTRODUCCIÓN	205
BALANCE DE MASA	205
A. RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA.....	205
B. ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA.....	206
C. PURIFICACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	207
D. ACONDICIONAMIENTO DE PROPILENO 99,50 % PARA ALMACENAMIENTO 209	
E. ALMACENAMIENTO DEL PROPILENO 99,50 %	209
F. POLIMERIZACIÓN	210
G. SEPARACIÓN DE POLVO DE PP DEL GAS DE MONÓMERO	214
H. SEPARACIÓN DEL POLVO DE PP DEL GAS DE MONÓMERO RESIDUAL EN UN SILO DE PURGA	215
I. ALMACENAMIENTO DE POLVO DE PP DESGASIFICADO.....	218
J. EXTRUSIÓN	218
K. SECADO.....	220
L. HOMOGENEIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO	221
M. ENVASADO.....	222
N. ALMACENAMIENTO	223
BALANCE DE ENERGÍA	223
A. ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA.....	224
A.1. Compresión	224
A.1.1. Cálculo del C_p.....	225
A.2. Elevación de la temperatura del GLP para posterior ingreso a la unidad de purificación	227
B. PURIFICACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	228
C. ALMACENAMIENTO DEL PROPILENO 99,50 %	229
D. POLIMERIZACIÓN	230

D.1. Reactor de polimerización	230
D.2. Camisa de enfriamiento	231
D.3. Condensador de propileno evaporado	232
E. EXTRUSIÓN	233
F. SECADO	235
RENDIMIENTO DEL PROCESO	236
CONCLUSIONES	237
UNIDAD Nº 10	239
INTRODUCCIÓN	241
CÁLCULO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS PRINCIPALES DE PROCESO	242
A. RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA	242
A.1. Recepción de la materia prima	242
A.2. Almacenamiento de la materia prima	242
A.2.1. Adopción de equipos	242
B. ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA	243
B.1. Compresión	243
B.1.1. Adopción de equipos	244
B.2. Aumento de la temperatura	245
B.2.1. Adopción de equipos	245
C. PURIFICACIÓN	246
C.1. Cálculo y diseño del equipo	246
C.2. Recepción y almacenamiento del adsorbente	248
C.2.1. Cálculo de la cantidad de adsorbente	249
D. ACONDICIONAMIENTO DEL PROPILENO AL 99,50 % PARA ALMACENAMIENTO	249
D.1. Adopción de equipos	250
E. ALMACENAMIENTO DEL PROPILENO 99,50 %	250
E.1. Adopción de equipos	251
F. POLIMERIZACIÓN	251
F.1. Cálculo de equipos	252
F.1.1. Dimensiones del reactor	252
F.1.2. Determinación de otras características de diseño	253
F.1.3. Cálculo de la potencia del agitador	254
G. SEPARACIÓN DEL POLVO DE PP DEL GAS DE MONÓMERO NO CONVERTIDO	257

G.1. Adopción de equipos	258
H. SEPARACIÓN DEL POLVO DEL MONÓMERO RESIDUAL	259
H.1. Cálculo de equipos.....	259
H.2. Adopción de equipos	260
I. ALMACENAMIENTO DE POLVO DE PP	262
I.1. Adopción de equipos.....	263
J. EXTRUSIÓN	263
J.1. Adopción de equipos.....	264
K. SECADO.....	266
K.1. Adopción de equipos	267
L. HOMOGENEIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO	267
L.1. Adopción de equipos.....	268
M. ENVASADO.....	269
M.1. Adopción de equipos.....	269
N. ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO TERMINADO	271
N.1. Dimensionamiento del recinto de almacenamiento.....	271
CÁLCULO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS ACCESORIOS DE PROCESO	272
A. TRANSPORTE DE SÓLIDOS.....	273
A.1. Transporte polvo del silo de purga al silo de almacenamiento	273
A.1.1. Adopción de equipos.....	273
A.2. Transporte de polvo de PP del silo de polvo al extrusor y de pellets del secador al silo de homogeneización	274
A.2.1. Adopción de equipos.....	275
A.3. Transporte de los pellets del silo de homogeneización a la envasadora	276
A.3.1. Adopción de equipos.....	276
A.4. Transportador de rodillos	277
A.4.1. Adopción de equipos.....	277
A.5. Palletizadora	278
A.5.1. Adopción de equipos.....	279
A.6. Estrichadora	279
A.6.1. Adopción de equipos.....	279
A.7. Transporte de pallets	280
A.7.1. Transporte de pallets dentro de planta	280
A.7.2. Transporte de pallets fuera de planta.....	281
B. TRANSPORTE DE LÍQUIDOS.....	281
B.1. Bombeo del propileno condensado al reactor	281

B.1.1. Cálculo de equipos	283
B.2. Adopción de equipos	285
C. ALMACENAMIENTO DE INSUMOS.....	286
C.1. Almacenamiento del propano.....	286
C.1.1. Adopción de equipos.....	286
C.2. Almacenamiento de hidrógeno	287
C.2.1. Adopción de equipos.....	288
C.3. Almacenamiento de nitrógeno	288
C.3.1. Adopción de equipos.....	289
D. ACONDICIONAMIENTO DE SUSTANCIAS	290
D.1. Compresión del propano extraído.....	290
D.1.1. Adopción de equipos.....	290
D.2. Filtración del gas de monómero.....	291
D.2.1. Adopción de equipos.....	291
D.3. Compresión del propileno filtrado	292
D.3.1. Adopción de equipos.....	292
D.4. Condensación del propileno gaseoso para mantenimiento de temperatura de reacción	293
D.4.1. Adopción de equipos	293
E. INSUMOS A EMPLEAR A LO LARGO DEL PROCESO	294
E.1. Adsorbente de la columna PSA.....	294
E.2. Catalizador y co-catalizador.....	294
E.3. Aditivos	295
E.3.1. Plastificantes	296
E.3.2. Antioxidante	296
E.3.3. Estabilizante de luz UV	297
E.3.4. Lubricantes.....	298
E.3.5. Agentes nucleantes, peróxidos, antibloqueantes y deslizantes.....	298
E.3.6. Neutralizantes.....	299
E.4. Dimensionamiento del depósito de insumos	300
CONCLUSIONES	300
UNIDAD Nº 11	304
INTRODUCCIÓN	306
AGUA.....	306
A. AGUA INDUSTRIAL	306

A.1. Agua de proceso	306
A.2. Agua de limpieza	307
A.3. Agua de riego y red contra incendios	307
B. AGUA POTABLE.....	309
C. CONSUMO TOTAL DE AGUA POTABLE E INDUSTRIAL	309
D. PROVISIÓN DE AGUA INDUSTRIAL Y AGUA POTABLE	310
E. ADOPCIÓN DE EQUIPOS.....	310
E.1. Tanques de almacenamiento	310
E.2. Bombas de extracción de agua	311
E.2.1. Bomba de extracción de agua industrial y agua potable	311
E.2.2. Bombas para red de incendio	312
AIRE COMPRIMIDO	313
A. CALIDAD DEL AIRE COMPRIMIDO	313
B. CONSUMO DE AIRE COMPRIMIDO	314
B.1. Consumo total de aire comprimido	314
C. ADOPCIÓN DE EQUIPOS.....	314
REFRIGERACIÓN	315
A. CONSUMO	315
B. ADOPCIÓN DE EQUIPOS.....	316
GAS NATURAL	317
A. CONSUMO	318
A.1. Gas para el proceso	318
A.2. Gas para calefacción de ambientes	318
A.3. Consumo total de gas natural	319
B. PROVISIÓN	320
C. ADOPCIÓN DE EQUIPOS.....	320
ENERGÍA ELÉCTRICA	321
A. CONSUMO	321
A.1. Fuerza Electromotriz	321
A.2. Iluminación	324
A.2.1. Iluminación interior	324
A.2.1.1. Adopción de equipos	327
A.2.2. Iluminación exterior	328
A.2.2.1. Adopción de equipos	329
A.3. Consumo energético total	329

B.	PROVISIÓN	330
C.	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	330
C.1.	Tablero principal.....	331
C.2.	Tableros seccionales	331
C.2.1.	Tablero seccional N° 1	331
C.2.1.1.	Tablero seccional N° 1.1	331
C.2.1.2.	Tablero seccional N° 1.2	332
C.2.2.	Tablero seccional N° 2.....	332
C.2.3.	Tablero seccional N° 3.....	332
C.2.3.1.	Tablero seccional N° 3.1	332
C.2.3.2.	Tablero seccional N° 3.2	332
C.2.4.	Tablero seccional N° 4.....	332
C.2.4.1.	Tablero seccional N° 4.1	332
C.2.4.2.	Tablero seccional N° 4.2	332
C.2.5.	Tablero seccional N° 5.....	333
C.2.6.	Tablero seccional N° 6.....	333
C.2.7.	Tablero seccional N° 7.....	333
	SISTEMA DE CAÑERÍAS.....	333
A.	CAÑERÍAS PARA MP, PP, PE.....	334
A.1.	Cañería de GLP	334
A.2.	Cañería de propileno al 99,50 %	334
A.3.	Cañería de propano	334
A.4.	Cañería de propileno condensado	335
A.5.	Cañería de hidrógeno.....	335
A.6.	Cañería de nitrógeno.....	335
A.7.	Cañería de gas de monómero.....	335
B.	CAÑERÍAS DE SERVICIOS	335
B.1.	Cañería para agua	335
B.2.	Cañería para gas natural.....	336
B.3.	Cañerías para electricidad	336
B.4.	Cañerías para aire comprimido	337
	CONCLUSIONES	337
	UNIDAD N° 12	345
	INTRODUCCIÓN	347

DISTRIBUCIÓN DE EDIFICIOS.....	347
INSTALACIONES CIVILES	348
A. ÁREA CUBIERTA.....	349
A.1. Sector Administrativo	349
A.1.1. Oficinas, recepción, cocina y sala de reuniones	349
A.1.2. Baños.....	350
A.1.3. Portería	350
A.2. Sector productivo.....	350
A.2.1. Planta productiva (sector cubierto)	350
A.2.2. Oficinas y sala de reuniones.....	351
A.2.3. Comedor	351
A.2.4. Laboratorio de calidad.....	352
A.2.5. Baños y vestuarios	352
A.2.6. Almacenamiento de insumos y producto terminado	353
A.2.7. Taller de mantenimiento	353
A.2.8. Sala de servicios auxiliares.....	353
B. ÁREA DESCUBIERTA	354
B.1. Sector productivo descubierto.....	354
B.2. Calles interiores.....	354
B.3. Veredas	354
B.4. Sendas peatonales	354
B.5. Estacionamiento.....	355
B.6. Tanques de agua, de nitrógeno e hidrógeno.....	355
B.7. Silos de polvo y de homogeneización	355
B.8. Zona parquizada	355
CONCLUSIONES	355
UNIDAD Nº 13	358
INTRODUCCIÓN	360
SOCIEDADES COMERCIALES	360
A. TIPO DE SOCIEDAD COMERCIAL ADOPTADO.....	360
ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	362
A. ORGANIGRAMA	363
A. DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONES.....	364
B.1. Departamento de dirección	364

B.1.2. Gerencia de producción	364
B.1.2.1. Departamento de producción	364
B.1.2.1.1. Área de producción	364
B.1.2.1.2. Área de mantenimiento	365
B.1.2.1.3. Área de almacén	365
B.1.2.2. Departamento de calidad	366
B.1.3. Gerencia de administración y comercialización	366
B.1.3.1. Departamento de logística	366
B.1.3.2. Departamento de marketing	366
B.1.3.2.1. Área de ventas	367
B.1.3.2.2. Área de publicidad.....	367
B.1.3.3. Departamento de finanzas	368
B.1.3.3.1. Área de contabilidad	368
B.1.3.3.2. Área de compras	369
B.1.3.4. Departamento de recursos humanos.....	369
C. SERVICIOS EXTERNOS.....	370
C.1. Asesoría jurídica y legal.....	370
C.2. Higiene y seguridad	370
C.3. Transporte.....	371
C.4. Limpieza	371
C.5. Medicina laboral	371
C.6. Seguridad.....	371
D. TAMAÑO DE LA ORGANIZACIÓN.....	371
RÉGIMEN LABORAL	372
A. RÉGIMEN LABORAL SEGÚN LEY N° 20.744. “LEY DE CONTRATO DE TRABAJO”	372
CONCLUSIONES	374
UNIDAD N° 14	378
INTRODUCCIÓN	380
PRESUPUESTO DE INVERSIÓN.....	380
A. ACTIVO FIJO (AF).....	380
A.1. Rubro I: Terrenos y edificios	381
A.2. Rubro II: Equipos y accesorios	381
A.3. Rubro III: Instalaciones eléctricas y de cañerías.....	383
A.4. Rubro IV: Equipamiento para oficinas, muebles y útiles.....	384

A.5. Rubro V: Rodados	384
B. ACTIVO DIFERIDO (AD)	385
B.1. Rubro VI: Planeamiento de la inversión.....	385
B.2. Rubro VII: Ingeniería del proyecto.....	385
B.3. Rubro VIII: Supervisión	386
B.4. Rubro IX: Administración del proyecto.....	386
C. PRESUPUESTO TOTAL DE INVERSIÓN	386
D. FINANCIAMIENTO DE LA INVERSIÓN	387
E. CRONOGRAMA DE INVERSIONES	388
F. DEPRECIACIONES Y AMORTIZACIONES.....	388
COSTOS	389
A. COSTOS DE PRODUCCIÓN	389
A.1. Costo de materia prima.....	389
A.2. Costo de mano de obra directa	390
A.3. Costo de gastos de fabricación.....	390
A.3.1. Energía eléctrica	390
A.3.2. Equipos para el personal.....	391
A.3.3. Seguro de equipos y construcciones.....	391
A.3.4. Gastos de envase, embalaje y rotulación	392
A.3.5. Gastos de combustible.....	392
A.3.6. Gastos de mantenimiento	392
A.3.7. Agua.....	393
A.4. Servicios de fábrica.....	393
A.4.1. Mano de obra indirecta (MOI).....	393
A.4.2. Gastos operativos de servicios	394
A.5. Depreciación y amortización	394
A.6. Costos totales de producción	394
B. COSTOS DE ADMINISTRACIÓN	395
B.1. Personal de administración.....	395
B.2. Gastos varios de administración	396
B.3. Costos totales de administración.....	396
C. COSTOS DE VENTA	396
D. COSTO TOTAL OPERATIVO (CTO)	396
PRECIO DE VENTA	397
A. COSTO UNITARIO (CU).....	397

B. DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE EQUILIBRIO	397
RENTABILIDAD DEL PROYECTO	400
A. BENEFICIO ANUAL (BA).....	401
B. CAPITAL PROPIO (CAP).....	401
DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE RESULTADO PRO-FORMA Y TMAR	403
A. ESTADO DE RESULTADO SIN INFLACIÓN Y SIN FINANCIAMIENTO, A PRODUCCIÓN CONSTANTE	403
B. ESTADO DE RESULTADO CON INFLACIÓN Y SIN FINANCIAMIENTO, A PRODUCCIÓN CONSTANTE	404
C. ESTADO DE RESULTADO CON INFLACIÓN Y CON FINANCIAMIENTO, A PRODUCCIÓN CONSTANTE	405
CONCLUSIONES	405
UNIDAD Nº 15	409
INTRODUCCIÓN	411
VALOR ACTUAL NETO	411
A. CÁLCULOS	412
A.1. Estado de resultados sin inflación y sin financiamiento, a producción constante.....	412
A.2. Estado de resultados con inflación y sin financiamiento, a producción constante.....	412
A.3. Estado de resultados con inflación y con financiamiento, a producción constante.....	413
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO.....	414
A. CÁLCULOS	415
A.1. Estado de resultados sin inflación y sin financiamiento, a producción constante.....	415
A.2. Estado de resultados con inflación y sin financiamiento, a producción constante.....	415
A.3. Estado de resultados con inflación y con financiamiento, a producción constante.....	416
PRECIO MÍNIMO RENTABLE.....	417
FACTIBILIDAD DEL PROYECTO	418
CONCLUSIONES	418
ABREVIATURAS Y SIGLAS	421
CONCLUSIONES GENERALES	424

RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS Y NO BIBLIOGRÁFICAS.....	426
ANEXO “D” RESOLUCIÓN 605/15.....	429
CURRICULUM VITAE ONTIVERO JULIETA.....	430
CURRICULUM VITAE TORANZO VIRGINIA.....	432
CURRICULUM VITAE VIOLA SOFÍA.....	435

ÍNDICE DE TABLAS

UNIDAD N° 1: MATERIAS PRIMAS, PRODUCTO ELABORADO, ENVASE Y ROTULACIÓN

Tabla 1.1. Especificaciones de la mezcla propileno-propano	8
Tabla 1.2. Propiedades físicas y químicas del GLP	8
Tabla 1.3. Estabilidad y reactividad	9
Tabla 1.4. Propiedades del plastificante DBS	11
Tabla 1.5. Propiedades generales del antioxidante ADK STAB AO-60.....	12
Tabla 1.6. Propiedades de los benzotriazoles como estabilizantes UV	12
Tabla 1.7. Propiedades de las ceras montanas WARADUR E.....	14
Tabla 1.8. Propiedades generales del agente nucleante Benzoato de Sodio ...	15
Tabla 1.9. Propiedades generales del A-DES/ANT-AT	16
Tabla 1.10. Propiedades generales del estearato de calcio	17
Tabla 1.11. Propiedades generales del peroxidi-carbonato	18
Tabla 1.12. Propiedades físicas del PP 1.103K.....	26
Tabla 1.13. Comparación de propiedades entre distintos polímeros	28
Tabla 1.14. Propiedades mecánicas del homopolímero 1103K de PP.....	30
Tabla 1.15. Propiedades térmicas del PPH 1103K.....	31
Tabla 1.16. Dimensiones de los pallets	36

UNIDAD N° 2: LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

Tabla 2.1. Posibles clientes compradores de PP para fabricación de BOPP ...	45
Tabla 2.2. Tasas universitarias por provincia	52
Tabla 2.3. Calificación ponderada de cada provincia	61

UNIDAD N° 3: PROCESO DE ELABORACIÓN

Tabla 3.1. Etapas simultáneas de las columnas I y IV de la unidad PSA con sus respectivas duraciones	83
Tabla 3.2. Etapas simultáneas de las columnas II y III de la unidad PSA con sus respectivas duraciones	83

UNIDAD N° 4: CONTROL DE CALIDAD

Tabla 4.1. Resumen de análisis de control de calidad.....	94
Tabla 4.2. Parámetros de la determinación del contenido de agua	101

Tabla 4.3. Contenido de agua según el tamaño de muestra	102
Tabla 4.4. Condiciones de ensayo	115

UNIDAD N° 5: SEGURIDAD E HIGIENE

Tabla 5.1. Horas-médico en función de los trabajadores equivalentes.....	135
Tabla 5.2. Niveles de iluminación permitidos en la industria química	140
Tabla 5.3. Colores de tuberías según la norma DIN-2.403.....	148

UNIDAD N° 6: IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL

Tabla 6.1. Escala de valores de acuerdo a cada criterio.....	161
Tabla 6.2. Clasificación y valoración del impacto	161
Tabla 6.3. Matriz de aspectos e impactos ambientales.....	162

UNIDAD N° 7: MARCO JURÍDICO

Tabla 7.1. Remuneraciones básicas Enero 2024 Personal Químico y Petroquímico	179
--	-----

UNIDAD N° 8: ESTUDIO DE MERCADO

Tabla 8.1. Demanda anual de los pellets de PP	193
Tabla 8.2. Evolución histórica de la demanda	194
Tabla 8.3. Demanda optimista y pesimista proyectada	195
Tabla 8.4. Oferta anual de los pellets de PP	196
Tabla 8.5. Evolución histórica de la Oferta	197
Tabla 8.6. Oferta optimista y pesimista proyectada.....	198
Tabla 8.7. Demanda Potencial Insatisfecha Optimista.....	198
Tabla 8.8. Demanda Potencial Insatisfecha Pesimista.....	198
Tabla 8.9. Precios anuales de PP.....	199
Tabla 8.10. Proyección de los precios de venta del PP en los próximos años	200

UNIDAD N° 9: BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

Tabla 9.1. Variables de recepción y almacenamiento de materia prima	206
Tabla 9.2. Variables de acondicionamiento de la materia prima.....	207
Tabla 9.3. Variables de purificación de la materia prima	208

Tabla 9.4. Variables de acondicionamiento de propileno 99,50 % para almacenamiento	209
Tabla 9.5. Variables de almacenamiento de propileno 99,50 %	210
Tabla 9.6. Variables de la polimerización del propileno 99,50 %	211
Tabla 9.7. Variables de separación de polvo de PP del gas de monómero	214
Tabla 9.8. Variables de separación de polvo de PP del gas de monómero residual en un silo de purga.....	216
Tabla 9.9. Variables de almacenamiento de polvo de PP purificado	218
Tabla 9.10. Variables de extrusión de polvo de PP	219
Tabla 9.11. Variables de secado de pellets de PP	221
Tabla 9.12. Variables de homogeneización y almacenamiento de pellets de PP	222
Tabla 9.13. Variables de envasado de pellets de PP en bolsas de 25,00 kg ...	222
Tabla 9.14. Variables de almacenamiento de bolsas de pellets de PP	223
Tabla 9.15. Condiciones iniciales y finales de compresión.....	224
Tabla 9.16. Variables de energía de la compresión.....	225
Tabla 9.17. Constantes de ecuación y fracción de cada componente	226
Tabla 9.18. Variables de energía del calentamiento de GLP	227
Tabla 9.19. Condiciones iniciales y finales de purificación.....	228
Tabla 9.20. Variables de energía de la purificación.....	228
Tabla 9.21. Constantes de ecuación y fracción de cada componente	229
Tabla 9.22. Condiciones iniciales y finales de compresión.....	229
Tabla 9.23. Variables de energía de la compresión.....	229
Tabla 9.24. Variables de energía de la polimerización	231
Tabla 9.25. Variables de energía de la polimerización.....	235

UNIDAD N° 10: ADOPCION DE EQUIPOS PRINCIPALES Y ACCESORIOS DE PROCESO

Tabla 10.1. Equipos principales de proceso	241
Tabla 10.2. Viscosidades de gases: coordenadas para nomograma	255
Tabla 10.3. Valores de kL y kT para diferentes tipos de impulsores.	257
Tabla 10.4. Equipos accesorios del proceso	272
Tabla 10.5. Variables para el cálculo de potencia	283
Tabla 10.6. Resumen de los equipos principales de proceso	301

Tabla 10.7. Resumen de los equipos accesorios de proceso	302
--	-----

UNIDAD N° 11: SERVICIOS AUXILIARES

Tabla 11.1. Consumo de agua industrial en el proceso	307
Tabla 11.2. Caudal mínimo del sistema de incendios	308
Tabla 11.3. Consumo total de agua industrial	309
Tabla 11.4. Consumo total de agua potable.....	309
Tabla 11.5. Calidad del aire comprimido según norma ISO 8.753-1:2010	313
Tabla 11.6. Potencia calorífica para la calefacción de áreas.....	319
Tabla 11.7. Consumo total de gas natural.....	320
Tabla 11.8. Intensidad de corriente máxima admisible según la sección del conductor.....	323
Tabla 11.9. Catálogo Prysmian Group.....	324
Tabla 11.10. Determinación de C_u	326
Tabla 11.11. Consumo energético total de la iluminación exterior	329
Tabla 11.12. Consumo energético total.....	330

UNIDAD N° 12: PLANIFICACIÓN Y EDIFICACIÓN

Tabla 12.1. Distribución del área total de la empresa	347
---	-----

UNIDAD N° 13: ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

Tabla 13.1. Niveles jerárquicos de la organización	363
Tabla 13.2. Distribución de colaboradores en la organización	373

UNIDAD N° 14: INVERSIONES Y COSTOS

Tabla 14.1. Rubro I: Terrenos y edificios	381
Tabla 14.2. Rubro II: Equipos y accesorios	381
Tabla 14.3. Rubro III: Instalaciones eléctricas y de cañerías	383
Tabla 14.4. Rubro IV: Equipamiento para oficinas, muebles y útiles	384
Tabla 14.5. Rubro V: Rodados	385
Tabla 14.6. Rubro VI: Planeamiento de la inversión.....	385
Tabla 14.7. Rubro VII: Ingeniería del proyecto.....	386
Tabla 14.8. Rubro VIII: Supervisión	386
Tabla 14.9. Rubro IX: Administración del proyecto.....	386

Tabla 14.10. Inversión total	387
Tabla 14.11. Pago de la deuda	388
Tabla 14.12. Depreciación y amortización anual de servicios	389
Tabla 14.13. Costo de materia prima	390
Tabla 14.14. Costo de MOD	390
Tabla 14.15. Costo de energía eléctrica	391
Tabla 14.16. Costos de equipos para el personal.....	391
Tabla 14.17. Costos: seguro de equipos y construcciones	391
Tabla 14.18. Costos de envase, embalaje y rotulación	392
Tabla 14.19. Costo de combustible.....	392
Tabla 14.20. Gastos de mantenimiento	393
Tabla 14.21. Costo de agua	393
Tabla 14.22. Costo Mano de Obra Indirecta	393
Tabla 14.23. Gastos operativos de servicios	394
Tabla 14.24. Costo de depreciación y amortización.....	394
Tabla 14.25. Costos totales de producción.....	395
Tabla 14.26. Costos de personal administrativo	395
Tabla 14.27. Gastos varios de administración.....	396
Tabla 14.28. Costos totales de administración.....	396
Tabla 14.29. Costos de venta: logística.....	396
Tabla 14.30. Costo total operativo (CTO)	397
Tabla 14.31. Costos fijos	398
Tabla 14.32. Costos variables	398
Tabla 14.33. Costos e ingresos anuales.....	399
Tabla 14.34. Producción, ingreso y costos para la determinación del PE	399
Tabla 14.35. Estado de resultado sin inflación y sin financiamiento, a producción constante.....	403
Tabla 14.36. Estado de resultado con inflación y sin financiamiento, a producción constante.....	404
Tabla 14.37. Estado de resultado con inflación y con financiamiento, a producción constante.....	405

UNIDAD N° 15: EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Tabla 15.1. Variables implicadas en el primer estado de resultados para el cálculo del VAN	412
Tabla 15.2. Variables implicadas en el segundo estado de resultados para el cálculo de VAN	413
Tabla 15.3. Variables implicadas en el tercer estado de resultados para el cálculo del VAN	414
Tabla 15.4. Variables implicadas en el primer estado de resultados para el cálculo de la TIR	415
Tabla 15.5. Variables implicadas en el segundo estado de resultados para el cálculo de la TIR	416
Tabla 15.6. Variables implicadas en el tercer estado de resultados para el cálculo de la TIR	416
Tabla 15.7. Estado de resultado a producción constante, sin inflación y sin financiamiento, para precio mínimo a partir de FNE_{min}	417
Tabla 15.8. Resumen de factibilidad del proyecto.....	418

ÍNDICE DE FIGURAS

UNIDAD N° 1: MATERIAS PRIMAS, PRODUCTO ELABORADO, ENVASE Y ROTULACIÓN

Figura 1.1. Formación del anión Ciclopentadienilo.....	18
Figura 1.2. Ligando Indenilo.....	19
Figura 1.3. Polímero Metil Alumoxano (MAO).....	20
Figura 1.4. Curva de distribución de pesos moleculares.	20
Figura 1.5. Micrografía del PP a 200x.	21
Figura 1.6. Fórmula química del PP.....	21
Figura 1.7. Estructura molecular del copolímero random de PP.....	22
Figura 1.8. Estructura molecular del copolímero de impacto de PP.	23
Figura 1.9. Estructura molecular del Homopolímero de PP.	23
Figura 1.10. Estructuras moleculares de PP según la orientación del grupo metilo.....	25
Figura 1.11. Cristalinidad de los pellets de PP.	28
Figura 1.12. Cristalinidad. Zonas amorfas y semicristalinas.	28
Figura 1.13. Obtención de PP mediante polimerización de propileno, con uso de catalizadores Ziegler-Natta o metallocenos.	31
Figura 1.14. Estructura del PP homopolímero isotáctico a obtener.....	32
Figura 1.15. Asociación agóstica y estabilización del zirconio.	33
Figura 1.16. Monómero de propileno comparte los electrones de su doble enlace.....	33
Figura 1.17. Segundo monómero reacciona frente al catalizador.	33
Figura 1.18. Desplazamiento del par electrónico que había participado del enlace alqueno-complejo metálico para formar el enlace zirconio-carbono del propileno.....	34
Figura 1.19. Cambio de posición de los electrones de PP relacionados con el zirconio.	34
Figura 1.20. Obtención del polímero isotáctico, con el grupo metilo del mismo lado en la cadena polimérica.	34
Figura 1.21. Acercamiento del monómero propileno al catalizador con su grupo metilo dirigido en el sentido opuesto del ligando indenilo.	35
Figura 1.22. Bolsas de PEBD	35
Figura 1.23. Símbolo de especificación de reciclaje del PP.....	36

Figura 1.24. Código de identificación plástico del envase.....	37
Figura 1.25. Rotulación del envase de pellets de PP.	37

UNIDAD N° 2: LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

Figura 2.1. Mapa de áreas y plantas petroquímicas.....	42
Figura 2.2. Distribución de las refinerías de petróleo en el país.....	43
Figura 2.3. Flujo de camiones en Argentina.	48
Figura 2.4. Rutas y autopistas seguras que atraviesan el país.....	48
Figura 2.5. Mapa de regiones.	50
Figura 2.6. Pirámide poblacional de la provincia de Buenos Aires	51
Figura 2.7. Pirámide poblacional de la provincia de Mendoza	53
Figura 2.8. Pirámide poblacional de la provincia de Santa Fe	55
Figura 2.9. Pirámide poblacional de la provincia de Neuquén	56
Figura 2.10. Parques industriales y hectáreas ocupadas por provincia.	62
Figura 2.11. Ubicación del Polo Petroquímico Berisso-Ensenada.	63
Figura 2.12. Ubicación del Polo Petroquímico Bahía Blanca.	64
Figura 2.13. Localización del Parque Industrial Campana.	66

UNIDAD N° 3: PROCESO DE ELABORACIÓN

Figura 3.1. Diagrama del proceso en suspensión o slurry.....	75
Figura 3.2. Diagrama del proceso en masa Spheripol.	76
Figura 3.3. Diagrama del proceso LIPP.	77
Figura 3.4. Camión cisterna presurizado	80
Figura 3.5. Tanque cilíndrico de almacenamiento	80
Figura 3.6. Diagrama esquemático de la unidad de PSA.....	83
Figura 3.7. Reactor con agitador helicoidal.	85
Figura 3.8. Tanque o ciclón de descarga.	86
Figura 3.9. Silo de purga.....	86
Figura 3.10. Silo de polvo.	87
Figura 3.11. Extrusor.....	87
Figura 3.12. Secador centrífugo.....	88
Figura 3.13. Silo de mezcla.....	88

UNIDAD N° 4: CONTROL DE CALIDAD

Figura 4.1. Temperaturas medias en la región de transición vítrea.....	110
Figura 4.2. Determinación de la entalpía de transición para un pico de fusión.	113

UNIDAD N° 5: SEGURIDAD E HIGIENE

Figura 5.1. Casco. Protección craneal.....	126
Figura 5.2. Gafas de protección industrial de montura integral con lente de policarbonato	128
Figura 5.3. Protectores de copa.....	129
Figura 5.4. Tapones reutilizables	129
Figura 5.5. Respiradores de media cara.....	130
Figura 5.6. Guantes de PVC.	131
Figura 5.7. Indumentaria de protección industrial.	132
Figura 5.8. Zapatos Antiestáticos	133
Figura 5.9. Zapatos dieléctricos.....	133
Figura 5.10. Chapas baliza para extintores de fuego.....	145
Figura 5.11. Extintor ABC.....	145
Figura 5.12. Significado general de los colores de seguridad.	147
Figura 5.13. Señales de acción de mando.	149
Figura 5.14. Señales de prevención o advertencia.....	149
Figura 5.15. Señales de prohibición.	150
Figura 5.16. Señales de seguridad.....	150
Figura 5.17. Señales contra incendios.	151
Figura 5.18. Rombo de seguridad.....	151

UNIDAD N° 9: BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

Figura 9.1. Balance de masa: recepción y almacenamiento de materia prima.	206
Figura 9.2. Balance de masa: acondicionamiento de la materia prima.	207
Figura 9.3. Balance de masa: purificación de la materia prima	208
Figura 9.4. Balance de masa: acondicionamiento de propileno 99,50 % para almacenamiento.	209
Figura 9.5. Balance de masa: almacenamiento de propileno 99,50 %.....	209
Figura 9.6. Balance de masa: reacción de polimerización.	211

Figura 9.7. Balance de masa: separación de polvo de PP del gas de monómero en un tanque de descarga.	214
Figura 9.8. Balance de masa: separación de polvo de PP del gas de monómero residual en un silo de purga con nitrógeno.	216
Figura 9.9. Balance de masa: almacenamiento de polvo de PP purificado. ...	218
Figura 9.10. Balance de masa: extrusión del polvo de PP para obtención de pellets.	219
Figura 9.11. Balance de masa: secado de pellets de PP.	220
Figura 9.12. Balance de masa: homogeneización y almacenamiento de pellets de PP.	222
Figura 9.13. Balance de masa: envasado de pellets de PP en bolsas de 25,00 kg.	222
Figura 9.14. Balance de masa: almacenamiento de bolsas de pellets de PP.	223

UNIDAD N° 10: ADOPCION DE EQUIPOS PRINCIPALES Y ACCESORIOS DE PROCESO

Figura 10.1. Tanque cilíndrico horizontal de almacenamiento de GLP.	243
Figura 10.2. Compresor LB601	244
Figura 10.3. Intercambiador de calor industrial I-TMF-D multitubo de haz tubular extraíble.	246
Figura 10.4. Diseño de columnas de adsorción para la purificación del GLP.	248
Figura 10.5. Bolsa de 50,00 kg de Zeolita 4A	249
Figura 10.6. Compresor LB601	250
Figura 10.7. Tanque de almacenamiento de propileno 99,50%	251
Figura 10.8. Diseño estándar de un tanque agitado.	252
Figura 10.9. Reactor con agitador helicoidal	253
Figura 10.10. Esquema de un reactor tanque agitado continuo.	254
Figura 10.11. Nomograma para determinar la viscosidad de un gas en función de la temperatura.	256
Figura 10.12. Separador ciclónico FX75 para polvo y gas.	259
Figura 10.13. Tanque agitador para purga.	261
Figura 10.14. Dispositivo NEPS 1.000 ADVANTAGE PURGE SYSTEMS.	262
Figura 10.15. Silo de almacenamiento de polvo.	263
Figura 10.16. Esquema de sistema extrusora/secadora.	265
Figura 10.17. Extrusora bajo agua para pellets de PP.	266

Figura 10.18. Secadora centrífuga para pellets de PP.	267
Figura 10.19. Silo de homogeneización y almacenamiento cónico.	269
Figura 10.20. Envasadora LCS-TYZW-25.	270
Figura 10.21. Racks selectivos para pallets.	272
Figura 10.22. Transporte neumático VF02 para polvos.	274
Figura 10.23. Transportador TDC para el polvo y pellets de PP.	276
Figura 10.24. Transportador sinfín tubular RFS-180/150.	277
Figura 10.25. Transportador de rodillos largo Maquin Pack.	277
Figura 10.26. Palletizadora.	279
Figura 10.27. Estrichadora Formaco automática.	280
Figura 10.28. Transpaleta eléctrica LPE250 Toyota.	281
Figura 10.29. Autoelevador modelo 8FD25 Toyota.	281
Figura 10.30. Bomba centrífuga para propileno líquido.	286
Figura 10.31. Tanque de almacenamiento de propano.	287
Figura 10.32. Tanque vertical de almacenamiento de H ₂ presurizado.	288
Figura 10.33. Tanque criogénico presurizado de acero al carbono para almacenamiento de nitrógeno líquido.	289
Figura 10.34. Compresor LB361	291
Figura 10.35. Filtros de gas seco.	292
Figura 10.36. Compresor LB161	293
Figura 10.37. Intercambiador de placas Alfa Laval	294
Figura 10.38. Bidón de plástico de 200,00 L de plastificante DBS.	296
Figura 10.39. Frascos de antioxidante ADK STAB AO-60 de 500,00 g.	297
Figura 10.40. Frascos de estabilizante UV benzotriazoles de 750,00 g.	298
Figura 10.41. Bolsas de rafia de 25,00 kg de aditivos.	299
Figura 10.42. Bolsas de neutralizantes de 20 kg.	300

UNIDAD N° 11: SERVICIOS AUXILIARES

Figura 11.1. Tanque de almacenamiento de agua industrial para incendio.	310
Figura 11.2. Tanque de almacenamiento de agua potable.	311
Figura 11.3. Tanque de almacenamiento de agua industrial.	311
Figura 11.4. Bomba centrífuga para extracción de agua industrial y potable.	312
Figura 11.5. Bomba centrífuga para extracción de agua de incendio.	312
Figura 11.6. Compresor de aire KOTECH.	315

Figura 11.7. Chiller FB para enfriamiento de agua.....	317
Figura 11.8. Termotanque EMEGÉ.....	320
Figura 11.9. Calefactores Longvie	321
Figura 11.10. Plano de trabajo y plano de las luminarias interiores.....	325
Figura 11.11. Geometría del local y plano de trabajo.....	326
Figura 11.12. Luminaria STAR PRO 150/200 L90 para el sector productivo y depósitos.	328
Figura 11.13. Luminaria embutida redonda SURF 15,00 W.	328
Figura 11.14. Luminaria embutida rectangular WAVE 48,00 W.....	328
Figura 11.15. Luminaria GARDEN PRO para exteriores.	329
Figura 11.16. Cañerías para el transporte de combustibles y gases.....	335
Figura 11.17. Cañería para el transporte de agua.....	336
Figura 11.18. Cañería para el transporte de gas natural.....	336
Figura 11.19. Cañería para el transporte de cables.....	336
Figura 11.20. Portacables.....	337
Figura 11.21. Cañería para el transporte de aire comprimido.	337

UNIDAD N° 14: INVERSIONES Y COSTOS

Figura 14.1. Punto de equilibrio.....	400
---------------------------------------	-----

UNIDAD N° 15: EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Figura 15.1. Diagrama de flujo Escenario 1.	412
Figura 15.2. Diagrama de flujo Escenario 2.	413
Figura 15.3. Diagrama de flujo Escenario 3.	414

CAPÍTULO N° 1: INTRODUCCIÓN E INFORMACIÓN GENERAL

UNIDAD N° 1: MATERIAS PRIMAS, PRODUCTO ELABORADO, ENVASE Y ROTULACIÓN

UNIDAD N° 2: LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

UNIDAD N° 3: PROCESO DE ELABORACIÓN

UNIDAD N° 4: CONTROL DE CALIDAD

UNIDAD N° 5: SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL

UNIDAD N° 6: IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL

UNIDAD N° 7: MARCO JURÍDICO

OBJETIVOS

- Justificar la selección del producto elaborado, describir las características del mismo, y las materias primas necesarias para su fabricación.
- Determinar el tipo de envase y la rotulación.
- Fijar la macro y micro localización de la planta en base a diferentes criterios como clientes y proveedores, mano de obra, legislación, parques industriales, entre otros.
- Seleccionar, justificar y detallar cada una de las etapas del proceso de elaboración.
- Determinar los análisis necesarios para obtener un producto de calidad y que cumplan con las especificaciones asignadas.
- Determinar las condiciones adecuadas de seguridad e higiene industrial en la planta.
- Evaluar el impacto ambiental y social del proyecto industrial, identificando las problemáticas más importantes del mismo y establecer medidas preventivas y correctivas.
- Fijar las leyes y normativas que debe cumplir la empresa para poder desarrollar la actividad productiva.

UNIDAD N° 1

MATERIAS PRIMAS, PRODUCTO ELABORADO, ENVASE Y
ROTULACIÓN

INTRODUCCIÓN

MATERIAS PRIMAS

PRODUCTO ELABORADO

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

Los polímeros son una gama muy amplia de productos, que incluyen muchos plásticos con características y propiedades diversas. Posiblemente por falta de conocimiento la sociedad considere que los polímeros dañan el medio ambiente y deban ser reemplazados. Sin embargo, existen algunos como el polipropileno (PP) que son completamente reciclables y muy utilizados en la actualidad, y cuya utilización es tan extensa que difícilmente pueda ser reemplazada completamente.

El PP es uno de los polímeros más versátiles y de uso universal que está reemplazando al ácido sulfúrico como indicador clásico del mundo industrializado. El PP se emplea en una amplia variedad de mercados, desde el embalaje, automoción hasta productos de recreación y jardinería. Por este motivo, es que es un producto altamente estratégico y no es novedad que gran parte de las recientes fusiones y alianzas estén centradas en él.

A continuación, se presentan las diferentes características del PP, sus clasificaciones, el tipo de PP que se desarrollará a lo largo de todo el proyecto, el proceso de polimerización a realizar, las materias primas a utilizar, y el envase y rotulación del producto.

MATERIAS PRIMAS

A. PROPANO - PROPILENO

El propileno no se comercializa completamente puro, sino que YPF brinda a cada industria productora de PP, una mezcla constituida por propileno, propano y otros compuestos químicos (comúnmente conocida como Gas Licuado de Petróleo o GLP), que antes de introducirse al reactor, este primer compuesto debe separarse del segundo (propano) mediante un proceso de destilación.

El propileno - propano es una mezcla de hidrocarburos livianos constituida principalmente por Propileno y Propano, en proporciones variables. En condiciones normales es gaseosa, y al ser comprimida pasa a estado líquido; y se produce en las Unidades de Craqueo Catalítico de las Refinerías.

Posee dos importantes aplicaciones: como combustible o como materia prima para la síntesis de olefinas.

En este caso se obtienen datos de YPF química, a través de una ficha técnica del producto, adquirida directamente de la página web de YPF.

Tabla 1.1. Especificaciones de la mezcla propileno-propano

ESPECIFICACIONES		
ESPECIFICACIONES	GARANTIZADOS	METODOS
Contenido de etano (% en volumen)	máx. 1.0	ASTM D2163
Contenido de propileno (% en volumen)	mín. 55.0	ASTM D2163
Contenido de butanos + butenos (% en volumen)	máx. 4.0	ASTM D2163
Contenido de propano (% en volumen)	Por balance	ASTM D2163
Contenido de dienos más acetilénicos (mg/l)	máx. 100	ASTM D2163
Contenido de H ₂ S (mg/kg de Azufre)	máx. 10	UOP 212
Contenido de COS (mg/kg)	máx. 25	UOP 212
Azufre total (mg/kg)	máx. 40	ASTM D7551
Corrosión*	máx. 4	ASTM D1838
Corrosión	máx. 1	ASTM D1838

*Solo con destino Petrocuyo Ensenada

Fuente: <https://www.ypf.com/productosyservicios/Descargas/Propano-Propileno.pdf>

Además, en conjunto con las especificaciones nombradas con anterioridad, existe información importante sobre la reactividad, estabilidad y las propiedades físicas y químicas de esta mezcla.

Tabla 1.2. Propiedades físicas y químicas del GLP

Características	Propiedad/Magnitud
Aspecto	Gas licuado
Olor	Característico, reforzado con sulfatos
Color	Incoloro
Punto de ebullición [°C]	-26,90
Punto de fusión/congelación [°C]	-183,89
Punto de inflamación/inflamabilidad [°C]	-135,00
Autoinflamabilidad [°C]	> 400,00
Presión de vapor [MPa]	0,21 – 0,84
Límite inferior explosivo [%]	1,50
Límite superior explosivo [%]	9,00
Densidad de vapor	1,60 (aire: 1)
Tensión superficial (a 0 °C) [N/m]	0,02
Hidrosolubilidad	Insoluble

Características	Propiedad/Magnitud
Solubilidad	En solventes orgánicos

Fuente: <https://www.ypf.com/productosyservicios/Descargas/FDS-Propano-Propileno.pdf>

Tabla 1.3. Estabilidad y reactividad

Propiedades	
Estabilidad	Estable en condiciones normales. Extremadamente inflamable y combustible
Condiciones a evitar	Exposición a llamas, chispas, calor y electricidad estática. Exposición al aire
Incompatibilidad	Oxidantes fuertes
Productos de combustión/descomposición peligrosos:	Dióxido de carbono, agua, y monóxido de carbono (en caso de combustión incompleta)
Riesgo de polimerización	En presencia de productos olefínicos y acetilénicos (etil y vinil acetileno)
Condiciones a evitar	Elevadas temperaturas

Fuente: <https://www.ypf.com/productosyservicios/Descargas/FDS-Propano-Propileno.pdf>

De acuerdo al tipo de PP que se quiere producir, la composición de la materia prima empleada va a ser diferente. Si se quiere obtener un homopolímero, su cadena polimérica sólo va a contar con monómeros de propileno, y esto es lo que le va a generar una cristalinidad alta en su estructura, aportando rigidez y dureza a las piezas elaboradas. Mientras que, si se desea obtener un copolímero, su cadena polimérica contará con monómeros de propileno y también de etileno en un 10,00 – 25,00 %, en donde se forma una serie bi-polimérica de etileno y propileno con características gomosas.

B. ADITIVOS

Los aditivos son básicamente sustancias que se incorporan intencionalmente con el fin de modificar caracteres, propiedades o facilitar el procesamiento. Normalmente a los productos plásticos se los altera con aditivos para poder modificar o mejorar ciertas propiedades físicas, mecánicas y de proceso.

Estos aditivos incorporados en la formulación de polímeros deben contar con ciertos requisitos, en primer lugar, no deben ser volátiles a la temperatura de transformación y no deben migrar hacia el exterior para evitar contaminación en los

productos que estén en contacto con ellos. En segundo lugar, no deben tener efecto nocivo tanto en su manipulación como en su uso.

Usualmente los diferentes grados de PP suelen incorporar una gran variedad de aditivos en proporciones inferiores al 1,00 %, con el fin de mejorar la estabilidad termo-oxidativa de los productos, y/o de sus propiedades físicas como por ejemplo aumentar el nivel de transparencia, aumentar la rigidez, o mejorar el aspecto superficial.

Los aditivos utilizados para la obtención de PP se pueden clasificar según la función que realizan en el material en distintos tipos presentados a continuación.

B.1. Plastificantes

Según el Consejo de la International Union of Pure and Applied Chemistry/Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), estas sustancias se añaden en pequeñas cantidades para aumentar la flexibilidad, y para reducir la viscosidad del fundido, además de facilitar la transformación del material y aumentar la resistencia al impacto. La presencia de esta mejora la ductilidad y tenacidad como así también reduce la dureza y fragilidad. Normalmente son ésteres como ftalatos de largas cadenas alifáticas o ésteres alifáticos, que presentan una alta temperatura de ebullición.

La plasticidad se refiere a la capacidad de un material para fluir o hacerse líquido bajo la influencia de una fuerza. Se caracterizan por tener baja presión de vapor y bajo peso molecular. Sus diminutas moléculas ocupan posiciones entre las grandes cadenas poliméricas, incrementando la distancia entre cadenas y reduciendo los enlaces secundarios intermoleculares.

Generalmente se utilizan plastificantes cuando se busca elaborar polímeros frágiles a temperatura ambiente, tales como cloruro de polivinilo (PVC), PP, y algún copolímero del acetato. Se emplean en concentraciones de 40,00 – 180,00 phr (parts per hundred of resin o partes por cien de resina).

Particularmente, para la producción de pellets de PP se utiliza DBS como plastificante. El DBS (Sebacato de dibutilo) es un líquido transparente incoloro o amarillo claro, soluble en etanol, éter y vengon, y ligeramente soluble en agua. Es compatible con resinas y caucho sintético, puede ser utilizado como plastificante principal de éstos, y también se puede emplear en contacto con materiales de envasado de alimentos.

Tabla 1.4. Propiedades del plastificante DBS

Propiedad	Magnitud
Apariencia	Líquido transparente incoloro o amarillo claro
Olor	Olor ligero
Contenido de éster [%]	< 99,00
Acidez [mg KOH/g %]	> 0,10
Humedad [%]	> 0,10
Densidad a 20 °C [g/cm ³]	0,934 - 0,942

Fuente: <https://es.go-plasticizer.com/productos/page/2/>

B.2. Estabilizantes

Estas sustancias ejercen una acción retardante sobre el proceso de degradación a altas temperaturas del proceso, y además detienen otro tipo de reacciones secundarias, como, por ejemplo, la tendencia de algunos polímeros a despolimerizarse. Dentro de este grupo se encuentran los antioxidantes (conocidos también como estabilizantes primarios) y los estabilizantes de luz UV.

B.2.1. Antioxidantes

Son sustancias que se utilizan para proteger a los polímeros contra la oxidación atmosférica, ya que, si se forman radicales libres, en presencia de oxígeno forman peróxidos, produciendo finalmente rotura de la cadena y por tanto la degradación del material, lo que lleva posteriormente al acortamiento de la misma y a la pérdida o empeoramiento de sus propiedades. La mayoría de los antioxidantes son fenoles estéricamente impedidos o aminas aromáticas.

En el caso particular del PP, no puede usarse a la intemperie sin utilizar antioxidantes porque se produce un desprendimiento en los átomos de carbono terciario debido a la presencia de átomos de hidrógeno.

Como aditivo para el polvo de PP que pasa a la extrusora, se emplea el antioxidante ADK STAB AO-60. El mismo es un antioxidante de fenol impedido, de baja volatilidad y excelente resistencia a la extracción debido al alto peso molecular que posee. Tiene un excelente procesamiento y estabilización térmica a largo plazo.

El nombre IUPAC de este aditivo es Tetrakis[3-(3,5-di-terc-butil-4-hidroxifenil)propionato] de pentarritol. Las propiedades físicas y químicas del compuesto son las siguientes.

Tabla 1.5. Propiedades generales del antioxidante ADK STAB AO-60

Propiedades Físicas y Químicas	
Aspecto	Polvo blanco cristalino
Fórmula química	C ₇₃ H ₁₀₈ O ₁₂
Peso Molecular [g/mol]	1.177,80
Punto de Fusión [°C]	110,00 – 125,00
Densidad [g/cm ³]	1,15
Solubilidad en agua	No posee
Presión de vapor	Despreciable
Punto de inflamación [°C]	297,00
Temperatura de autoignición [°C]	410,00
Peligros físicos	
Posible explosión de polvo si se encuentra mezclado con aire en forma pulverulenta o granular	
Peligros químicos	
Reacciona con oxidantes, ácidos y bases fuertes	

Fuente: https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=es&p_card_id=1701&p_version=2

B.2.2. Estabilizantes de luz UV

Los estabilizantes de luz UV van acompañados normalmente de antioxidantes. Se encargan de absorber la energía a una longitud de onda que no sea perjudicial para los polímeros, ya que en caso contrario se produciría la rotura de los enlaces covalentes en los polímeros, con el amarilleo de su superficie y la consiguiente pérdida de propiedades. Se utilizan las 4-alcóxibenzofenonas, benzotriazoles, acrilonitrilos sustituidos, entre otros.

Los benzotriazoles ofrecen un amplio espectro de absorción que va de los 270 - 400 nm, y son compatibles con una gran cantidad de polímeros y aditivos. Se utilizan para prevenir la reducción del brillo, el craqueado, la formación de ampollas y el cambio de color. Tanto la protección UV, como la relación prestaciones/precio de este aditivo pueden aumentar si se usan en combinación con un estabilizador de luz de aminas impedidas (HALS) como el UVASORB HA 88.

Tabla 1.6. Propiedades de los benzotriazoles como estabilizantes UV

Propiedades físicas y químicas	
Aspecto	Polvo
Punto de fusión [°C]	97,00 – 99,00
Punto de inflamación [°C]	170,00
Solubilidad en agua a 25 °C [g/L]	19,00 (soluble)

Estabilidad y reactividad	
Reactividad	En caso de fuerte calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire
Estabilidad química	El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiente)
Posibilidad con reacciones peligrosas	Posibles reacciones violentas con agentes oxidantes fuertes

Fuente: <https://www.sigmaaldrich.com/AR/es/sds/sial/b11400>

Tal como se especificó con anterioridad, los benzotriazoles son estabilizantes UV que mejoran sus propiedades en combinación con Uvasorb HA-88FD, que también es un estabilizante de luz UV, pero basado en aminas impedidas. Éste proporciona estabilidad térmica a largo plazo a los polímeros que previene la descomposición y la volatilización incluso a temperaturas elevadas, y una alta actividad antioxidante. Posee baja volatilidad, tasa de migración mínima, alta extracción y resistencia a la decoloración del gas. Es adecuado para poliolefinas, copolímeros de olefina (EP, EVA), poliacetales, poliamidas, poliuretanos, polímeros estirénicos, elastómeros y mezclas de polipropileno y elastómero.

La dosis recomendada es 0,10 - 0,60 % para resinas de PP, 0,05 - 0,40 % para cintas de PP y HDPE.

B.3. Lubricantes

Estos agentes evitan que los polímeros se adhieran a la maquinaria de fabricación y procesado, para que los objetos moldeados puedan extraerse del molde con facilidad. Además, ayudan a disminuir su viscosidad, y proporcionan características antiadherentes y de deslizamiento a la superficie plástica. En primera instancia mejoran el flujo por reducción de la viscosidad del material durante el procesado y en segunda instancia reducen la adhesión con las paredes metálicas del equipo facilitando el paso del material por la maquinaria que se utiliza en el proceso.

En la industria de transformación de plásticos se suelen emplear lubricantes internos (lubricación de capa sólida) y lubricantes externos (lubricación en la capa límite).

B.3.1. Lubricantes internos

Los lubricantes internos se emplean en concentraciones entre 1,00 y 2,00 phr. Lubrican los gránulos de polímero, y los de otros aditivos, durante el proceso de transformación, permitiendo una fusión más fácil y más fría, con un riesgo reducido

de daño térmico. Deben ser compatibles con el polímero sólo a altas temperaturas; en caso de utilizarse a temperaturas bajas debe usarse en pequeñas concentraciones. Se diferencian de los externos en que estos tienen mayor compatibilidad con el polímero y no migran fácilmente a la superficie.

Algunos ejemplos son de este tipo de lubricantes son: derivados de ceras, gliceril ésteres, tales como los de los ácidos esteárico y oleico; alcoholes de cadena larga, etcétera.

B.3.2. Lubricantes externos

Los lubricantes externos son esencialmente inmiscibles. Su principal función es lubricar la mezcla para proteger la maquinaria que se utiliza en el proceso obteniendo de esta manera el grado correcto de fricción. Además, ayudan a reducir y controlar la adhesión entre el polímero y las partes metálicas de los equipos de transformación. Deben tener baja solubilidad, sobre todo a las temperaturas de procesado, y poseer suficiente polaridad de modo que tengan afinidad tanto por el polímero como por las superficies metálicas.

Las concentraciones empleadas se sitúan normalmente entre 0,50 y 1,00 phr. Algunos ejemplos de este tipo de lubricantes son: ácido esteárico, estearato cálcico y de plomo, ceras de parafina y otras ceras, polietileno (PE) de bajo peso molecular, ciertos ésteres tales como palmitato de etilo, etcétera.

Como lubricante, particularmente para el PP, se emplean las ceras montanas que se utilizan como aditivos de alto rendimiento en la industria del plástico debido a sus propiedades. Funcionan como lubricantes externos e internos combinados, aditivos de nucleación y agentes dispersantes en muchos tipos de plásticos y métodos de transformación.

Las ceras montanas empleadas serán las WARADUR E, cera de éster compuesta de ésteres de ácidos montánicos con alcoholes con varios grupos hidroxilo. Los ácidos montánicos son ácidos mono carboxílicos de cadena lineal con una longitud de cadena de C₂₈ – C₃₂, y los ésteres correspondientes tienen una longitud de cadena de C₅₈ – C₆₆.

Este tipo de lubricantes cuenta con una baja volatilidad, buena estabilidad térmica e índices de migración bajos.

Tabla 1.7. Propiedades de las ceras montanas WARADUR E

Características	Valor Objetivo	Método
Estado físico	Copos o polvo	-
Color	Amarillo claro	AA 3.2.1.505
Valor ácido [mg KOH/g]	15,00 – 20,00	ISO 2.114

Características	Valor Objetivo	Método
Índice de saponificación [mg KOH/g]	140,00 – 160,00	ISO 3.681
Punto de goteo [°C]	82,00 – 88,00	ASTM 3.954
Viscosidad a 120 °C [mPas]	15,00 – 20,00	AA 3.2.1.520
Densidad [g/cm ³]	1,00 – 1,02	Ph. Eur.2.2.5

Fuente:

https://voelpker.com/fileadmin/user_upload/produktinfos_montanwachse/2016_Montan_waxes_in_plastics_-_When_performance_counts_ES.pdf

B.4. Agentes nucleantes

Los agentes de nucleación (o nucleador) se emplean para mejorar la formación de núcleos para el crecimiento de cristales en la masa fundida del polímero, y proporcionar un mayor grado de cristalinidad. Estos aditivos permiten que las temperaturas de cristalización aumenten hasta 20,00 °C o más para el PP. Al elevar la temperatura de cristalización y aumentar los posibles sitios y velocidades de cristalización, los agentes nucleantes se utilizan para crear piezas más estables dimensionalmente, propiedades mecánicas más altas, tiempos de procesamiento (solidificación) más rápidos y, a menudo, mayor claridad.

El agente nucleante empleado es el Benzoato de Sodio que se adiciona en un 1,00 – 4,00 %. El mismo es un polvo cristalino, en escamas o gránulos blancos, fácilmente soluble en agua y etanol.

Tabla 1.8. Propiedades generales del agente nucleante Benzoato de Sodio

Propiedades Físicas y Químicas	
Aspecto	Polvo blanco cristalino
Fórmula química	C ₆ H ₅ COONa
Peso Molecular [g/mol]	144,10
Punto de Fusión [°C]	>300,00
Densidad [g/cm ³]	1,50
Solubilidad en agua [g/L]	556,00 (Soluble)
Peligros químicos	
El producto es químicamente estable bajo condiciones normales. Posibles reacciones violentas con ácidos y agentes oxidantes fuertes.	

Fuente: www.sigmaaldrich.com/AR/es/sds/sial/109169

B.5. Antibloqueantes y deslizantes

Los agentes antibloqueantes se utilizan en la industria de las películas de embalaje para evitar que la película se adhiera a sí misma durante el procesamiento, el uso o el almacenamiento en rollos o en cajas de cartón. Su función consiste en agrietar ligeramente las superficies de la película, de modo que las superficies estén en contacto entre sí en menos puntos.

Por otra parte, los aditivos deslizantes son compuestos orgánicos que migran a la superficie del film plástico, reduciendo la fricción entre sus capas y facilitando un mejor manejo de los mismos en diversas aplicaciones de embalaje.

Ambos aditivos se emplean principalmente para el PP que luego se va a utilizar como materia prima para la fabricación de BOPP.

El aditivo de este tipo utilizado es el A-DES/ANT-AT que proporciona deslizamiento al facilitar el procesamiento de polímeros termoplásticos, reducir la fricción en aplicaciones de extrusión, facilitar la liberación del molde en procesos por inyección, mejorar la apertura de películas sopladas y proporcionar a los artículos acabados superficies lisas y brillantes. El uso de este producto se recomienda en proporción de 5,00 % como máximo para procesos de extrusión, y cumple ambas funciones (deslizante y antibloqueante).

Tabla 1.9. Propiedades generales del A-DES/ANT-AT

Propiedades Físicas y Químicas	
Estabilidad térmica [°C]	260,00
MFI [g/10 min]	4,00 - 6,00
Pellet/g	25 - 35
Humedad [%]	<0,10
Densidad [g/cm ³]	0,98
Presentación en bolsas [kg]	25,00

Fuente: <https://www.donramis.com.mx/fichas/A-DES%20ANT-AT.pdf>

B.6. Neutralizantes

Esta clase de aditivos sirve para neutralizar el catalizador residual y para mejorar diversas propiedades de comportamiento del producto acabado. Algunos neutralizantes conocidos son el estearato metálico, tal como estearato de calcio, de zinc, de magnesio, entre otros; hidrato del hidroxicarbonato de aluminio y magnesio, óxido de cinc y mezclas de los mismos.

Para el caso del polipropileno el neutralizante comúnmente utilizado es el estearato metálico, principalmente el estearato metálico de calcio. Se recomienda su utilización de 0,50 – 1,00 %.

El estearato de calcio o estearato cálcico es un polvo fino, blanco y sedoso; utilizado como agente deslizante y lubricante en diferentes resinas tales como PVC, PE, PP, entre otras. Al ser un compuesto graso tiene la característica de ser hidrófobo (sustancia repelida por el agua). Es muy estable en condiciones de alta temperatura, y no tóxico.

Es un excelente lubricante sólido para procesos de inyección y extrusión. Se utiliza además como estabilizante, mejorando las siguientes propiedades: mejor transparencia, buen mantenimiento del color, buena estabilidad a largo plazo, escaso olor, baja migración y volatilidad, y resistencia a las condiciones climáticas.

Tabla 1.10. Propiedades generales del estearato de calcio

Propiedades Físicas y Químicas	
Punto de fusión [°C]	140,00
Aspecto	Polvo fino blanco
Solubilidad	Soluble en benceno Tolueno, Xileno Tetracloruro de carbono y piridina
Humedad [%]	<3,00
Densidad [g/cm ³]	1,08
Presentación en bolsas [kg]	20,00

Fuente:

<https://silicar.com/index.php/estearato/#:~:text=Es%20un%20polvo%20blanco%20de,baja%20tendencia%20a%20la%20aglomeraci%C3%B3n>

B.7. Peróxidos (PO)

Estos aditivos se utilizan en la fabricación y modificación de polímeros, ya que pueden mejorar o añadir características deseables, como la estabilidad térmica.

A diferencia de la mayoría de otras sustancias químicas, el propósito útil de los PO orgánicos se logra después de que se descomponen. Al descomponerse, se forman radicales libres útiles, que son altamente reactivos y pueden usarse para iniciar las reacciones que crean materiales plásticos.

Cuando los PO orgánicos se mezclan con PP en la fase de fusión, el polímero experimenta la división, es decir, se reduce su peso molecular. El PP resultante también tiene una distribución de peso molecular más estrecha que el material de inicio, y exhibe una fluidez mejorada durante la fabricación de productos plásticos acabados. Acortar las cadenas poliméricas de PP, hace que exista un mejor flujo de material, lo que permite disminuir la temperatura de fusión, logrando obtener un periodo de enfriamiento más corto.

Los PO se dividen en siete grandes clases, que ofrecen numerosos grados de reactividad en función de las distintas aplicaciones. Las siete clases son: peróxidos de diacilo, peróxidos de cetona, peroxiésteres (ésteres de perácidos), peroxidicarbonatos (percarbonatos), peróxidos de dialquil, hidroperóxidos y peroxicetales

Para el caso del PP se utiliza el peroxidi-carbonato, ya que aumenta la resistencia, y es un iniciador de polimerización eficaz.

Tabla 1.11. Propiedades generales del peroxidi-carbonato

Propiedades Físicas y Químicas	
Descomposición [°C]	>50,00
Aspecto	Polvo blanco cristalino
Peso molecular [g/mol]	157,01
Olor	Inodoro
Densidad [g/cm ³]	2,10
pH	10,40 - 10,60

Fuente: <https://quimipur.com/pdf/sodio-percarbonato-rev-3.pdf>

C. CATALIZADOR

La polimerización puede hacerse con catalizadores Ziegler-Natta y por polimerización catalizada por metallocenos. En el proceso de producción de pellets de PP se emplearán metallocenos.

Un metalloceno es un compuesto de fórmula general $(C_5R_5)_2M$, que consiste en metales de transición del grupo IV B como el Ti, Zr y Hf unidos generalmente a dos anillos aromáticos a través de enlaces “p” y a otros dos ligandos tales como cloruros por enlaces “s”. Es un catalizador que se clasifica como ion metálico con carga positiva. El mismo se encuentra entre dos aniones ciclopentadienilo (ión que deriva del ciclopentadieno), que contiene una carga negativa.

Como se puede ver en la figura, dos de los hidrógenos se pueden separar fácilmente. De esta manera se abandonan electrones en el enlace y el carbono permanece con un par electrónico extra. Allí se pueden unir varios grupos o átomos distintos, y formar compuestos estables cuando surge una configuración de aromático del anión.

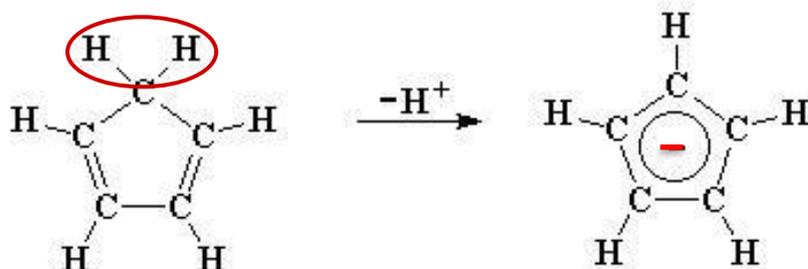


Figura 1.1. Formación del anión Ciclopentadienilo

Fuente: Amaya, E; Molina F.; Sánchez, M. Proyecto final Producción de polipropileno (2018).

Se diferencian de los catalizadores Ziegler-Natta, en que estos últimos presentan centros activos con diferente estereo selectividad, mientras que los catalizadores metallocenos son de alto rendimiento, se caracterizan por tener una

estructura molecular definida y regular, y distribuciones de pesos moleculares estrechas. Además, poseen la propiedad de homo y copolimerizar una serie de monómeros tales como: ciclos, dienos, grupos polares, α -olefinas de cadena larga.

Entre las características más destacadas de los metalocenos, se pueden nombrar:

- Dispersidad de masas molares ($D_n < 2,50$) es el cociente entre el peso molecular promedio en peso y el peso molecular promedio en número, se indica como:

$$D_n \equiv \frac{\overline{M}_w}{\overline{M}_n}$$

- Incorporación uniforme de comonomero
- Fracciones de bajo peso molecular significativamente reducidas (extraíbles con bajo disolvente)
- Contenido de cloro significativamente reducido (generalmente $< 2,00$ ppm)
- Comportamiento de cristalización mejor que el Ziegler-Natta y tamaño de cristalito reducido.

Por todas las propiedades descritas con anterioridad, el catalizador elegido para llevar adelante el proceso va a ser un metaloceno, más precisamente el ligando indenilo que se deriva del bis – clorozirconoceno.

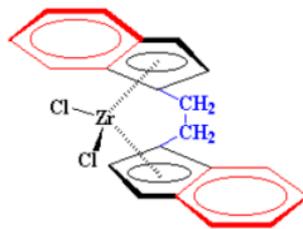


Figura 1.2. Ligando Indenilo

Fuente: Amaya, E; Molina F.; Sánchez, M. Proyecto final Producción de polipropileno (2018).

D. CO-CATALIZADOR

En primera instancia se debe agregar un co-catalizador, el cual será el metil alumoxano (MAO) debido a que el indenilo por sí solo no catalizaría; el mismo tiene como finalidad lograr que el complejo zirconoceno catalice la polimerización. Se encarga de reemplazar a los cloruros lábiles del zirconoceno los cuales se desprenden con facilidad, por grupos metilos de su estructura. Este polímero cuenta con la siguiente estructura:

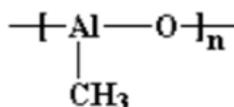


Figura 1.3. Polímero Metil Alumoxano (MAO)

Fuente: Amaya, E; Molina F.; Sánchez, M. Proyecto final producción de polipropileno (2018)

E. COAYUDANTES DE PROCESO

E.1. Hidrógeno

Es el elemento más abundante del universo, es liviano, y usualmente se presenta como un gas diatómico incoloro, inodoro e inflamable.

El manejo del hidrógeno en su estado puro es sumamente delicado, ya que su inflamabilidad representa un riesgo industrial importante, así como su capacidad de asfixiar mecánicamente al desplazar el oxígeno del aire. El hidrógeno líquido, puede destruir también tejidos orgánicos.

En este caso se utiliza para controlar el peso molecular del PP producido ya que dependiendo del uso posterior que se le quiera dar, el peso molecular de éste varía. Normalmente se utiliza en concentraciones que van de 0,05 –1,00 %.

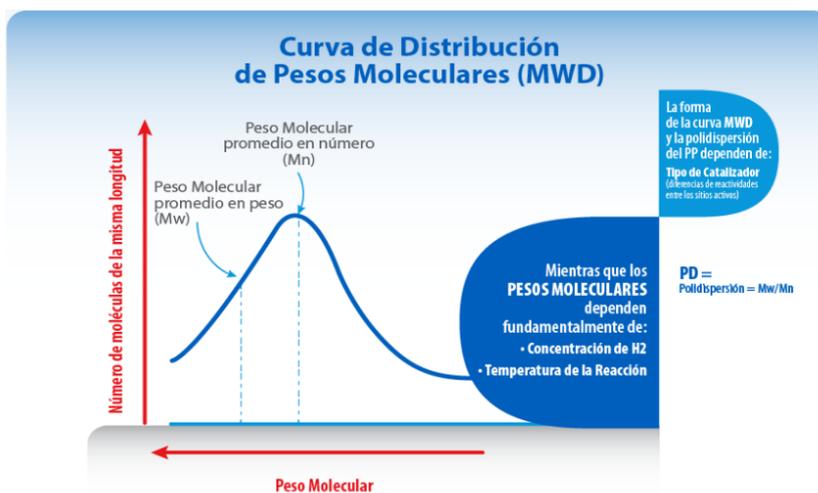


Figura 1.4. Curva de distribución de pesos moleculares.

Fuente: <http://www.petrocuyo.com/es/tecnologia/el-polipropileno/pesos-moleculares>

E.2. Nitrógeno

Es un elemento de la tabla periódica que en condiciones normales de presión y temperatura se presenta en estado gaseoso y recibe el nombre de gas diatómico o molecular (N₂). Es el principal constituyente de la atmósfera.

El nitrógeno es muy importante en la producción industrial de PP principalmente en el proceso Novolen, ya que el polímero se pone en contacto con nitrógeno en un tanque de purga para despojarlo del propileno residual. Se utiliza este elemento como gas de separación, ya que es inerte, con las sustancias que llegan a la unidad; esta corriente es la encargada de arrastrar los gases como el propileno, etileno, hidrógeno, para poder recircularlos al proceso. El objetivo que se busca es lograr la separación del monómero para su posterior inyección al reactor de polimerización, y de esta forma recircular el propileno no reaccionado. Finalmente, la corriente de nitrógeno es retirada del condensador y se recupera para reutilizarla en la separación.

PRODUCTO ELABORADO

A. POLIPROPILENO (PP)

El polipropileno (PP), también denominado polipropeno, es un polímero termoplástico (al aplicarle calor es fácilmente moldeable) semicristalino. Pertenece al grupo de las poliolefinas porque se obtiene de la polimerización de compuestos que poseen al menos un doble enlace carbono - carbono (propileno).

Es utilizado para muchas aplicaciones tales como embalaje, textiles, artículos de papelería, embalajes, piezas de plástico y contenedores reutilizables, equipos de laboratorio, altavoces, componentes de automoción y billetes de polímero; o incluso sirve como fibra. Es importante aclarar que debido a su gran volumen de consumo y bajo precio, se encuentra dentro de los “commodities”.

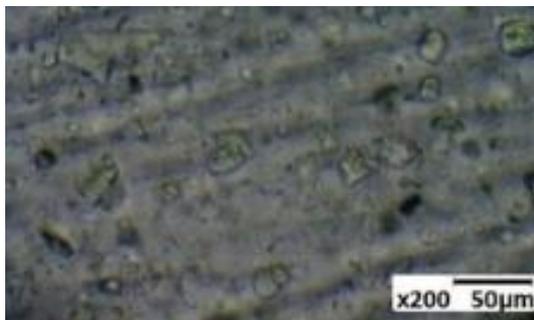


Figura 1.5. Micrografía del PP a 200x.

Fuente: <https://1library.co/document/q5noer3q-polipropileno.html>

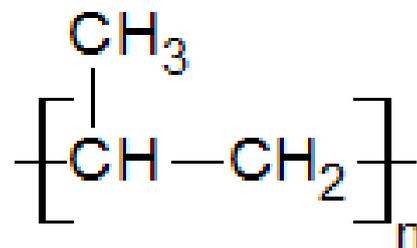


Figura 1.6. Fórmula química del PP.

Fuente: <https://www.textoscientificos.com/>

A.1. Tipos de PP

Según la materia prima, insumos y la estructura química (posición en la que se ubiquen los grupos metilos) se definirá el tipo de PP que se obtendrá. De acuerdo con las distintas combinaciones de propiedades que se realicen, cada tipo de PP será utilizado posteriormente en diferentes aplicaciones.

A.1.1. Copolímero

El PP copolímero se caracteriza por la adición de entre un 5,00 – 30,00 % de etileno, con el objetivo de obtener una mayor resistencia al impacto. De acuerdo con el porcentaje añadido, el copolímero puede ser Random o de Impacto.

A.1.1.1. Copolímero Random (propileno-etileno):

Este copolímero se produce con la adición de un co-monómero, generalmente etileno y en algunos casos 1-buteno y 1-hexeno, durante la reacción de polimerización en el reactor. Es por esto que la cadena polimérica de este producto está compuesta por tramos de PP unidos por moléculas de etileno, 1-buteno o 1-hexeno. El etileno le aporta alta transparencia, resistencia al impacto, baja temperatura de fusión 145,00 – 155,00 °C y alta flexibilidad.

El copolímero random se utiliza por lo general en empaques de mejor transparencia, y que requieran buena resistencia al impacto.

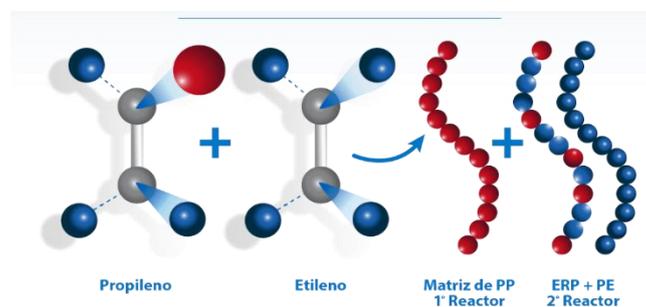


Figura 1.7. Estructura molecular del copolímero random de PP

Fuente: <http://www.petrocuyo.com/es/tecnologia>

A.1.1.2. Copolímeros de Impacto (propileno-etileno):

Este copolímero tiene un contenido mayor de etileno, en comparación con el copolímero random.

Se produce en una serie de dos reactores en cascada. En el primero se produce la matriz del copolímero, es decir el homopolímero de PP, que se descarga en un segundo reactor donde continúa la polimerización del propileno no reaccionado en el primer reactor y se le añade etileno.

La propiedad que posee es la resistencia al impacto, aún a bajas temperaturas. Por ello es que se usan en empaques sin requisitos de transparencia y resistentes, para artículos como bases para sillas de oficina, baterías, baldes, tapas, tubería, entre otras.

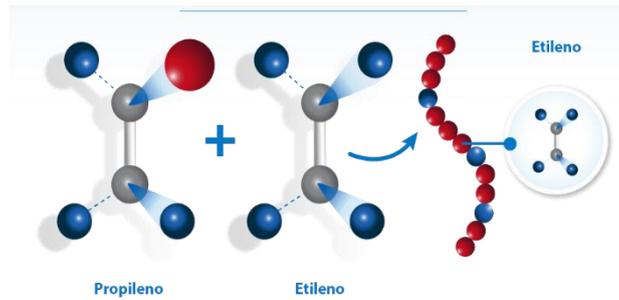


Figura 1.8. Estructura molecular del copolímero de impacto de PP.
Fuente: <http://www.petrocuyo.com/es/tecnologia/el-polipropileno>

A.1.2. Homopolímero (propileno):

Están conformados por cadenas poliméricas que poseen igual composición química (únicamente moléculas de propileno).

Se caracteriza por su rigidez, incluso a temperaturas elevadas, por tener transparencia moderada, y por ser quebradizo ante el impacto. Para mejorar las propiedades, se puede reforzar con cargas como fibra de vidrio, carbonato de calcio y talcos, y si se adicionan agentes nucleantes se puede incrementar su transparencia. Sin embargo, este tipo de PP no es recomendado para uso a temperaturas inferiores a 0,00 °C.

Su gran relación resistencia/peso, buena soldabilidad y fácil mecanizado, lo convierten en el PP más común.

Los homopolímeros son empleados ampliamente para extrusión de lámina, envases soplados, tubería, fibra, multifilamentos e inyección de alta rigidez, entre otros.

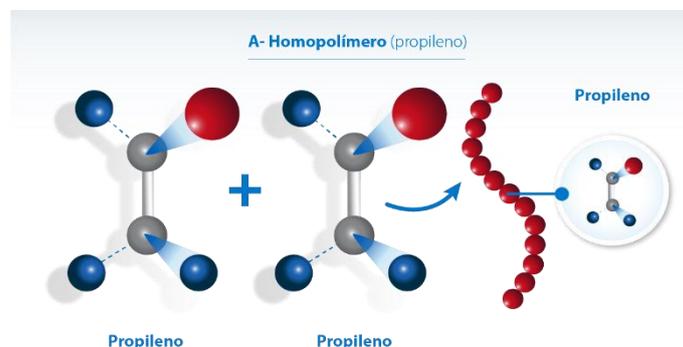


Figura 1.9. Estructura molecular del Homopolímero de PP.
Fuente: <http://www.petrocuyo.com/es/tecnologia/el-polipropileno>

A.1.2.1. Clasificación del PP Homopolímero

Las macromoléculas de PP contienen de 5.000 a 20.000 unidades monoméricas. De hecho, el PP Homopolímero posee un peso molecular mayor que el resto de los polímeros de PP.

En los PP homopolímeros el orden en que estén colocados los grupos metílicos laterales, así como el catalizador y proceso de polimerización usado, afectan la estereoregularidad en las cadenas lineales. De modo que si, por ejemplo, todos los grupos metilos se ubican en el mismo lado de la cadena molecular, el producto se conoce como polipropileno "isotáctico".

Según la posición relativa de los grupos metilo y el átomo de hidrógeno, el PP homopolímero puede ser: isotáctico, sindiotáctico y atáctico.

A.1.2.1.1. PP isotáctico

Todos los grupos metilo están distribuidos del mismo lado de la cadena polimérica. Se caracteriza por la alta cristalinidad (entre 70,00 – 85,00 %), alta resistencia mecánica y buena tenacidad; y en su forma más pura funde a 176,00 °C. Es el único que cumple con los requisitos para ser usado en la fabricación de artículos sólidos. Por este motivo, es importante aclarar que el catalizador que se utiliza en el proceso, será el encargado de facilitar la isotacticidad del producto para que el mismo pueda ser aplicado a la industria.

Es la forma en la actualidad para la producción de rafia o de papel de embalaje, papel celofán, etc.

A.1.2.1.2. PP sindiotáctico

Los grupos metilo están alternados a uno y otro lado de la cadena. Este tipo de PP no se produce comercialmente debido a que posee baja cristalinidad.

A.1.2.1.3. PP atáctico

Los grupos metilo se encuentran distribuidos en forma aleatoria a lo largo de la cadena.

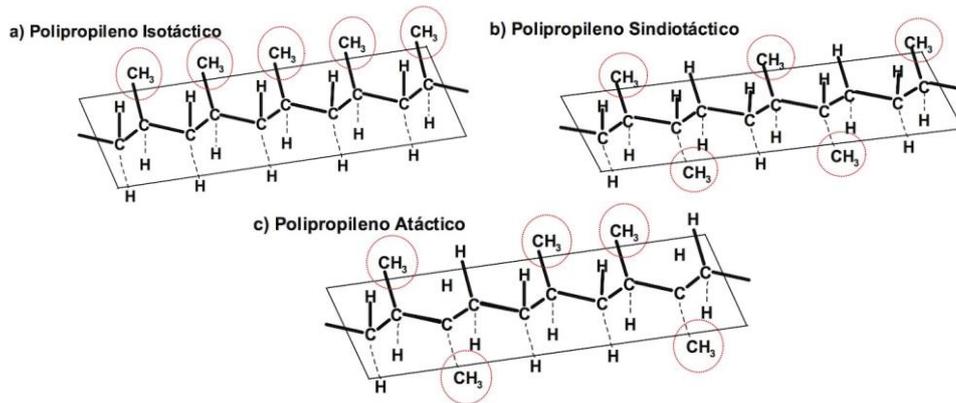


Figura 1.10. Estructuras moleculares de PP según la orientación del grupo metilo.
Fuente: <http://roymaplast.com/polipropileno-tres-estructuras/>

El tipo de PP a fabricar es el polipropileno homopolímero isotáctico 1.103K (PPH 1.130K) debido a que su principal aplicación es para fabricar películas biorientadas (BOPP), las cuales poseen múltiples utilidades en la industria, principalmente en el sector de etiquetado y packaging de productos alimenticios.

A.1.2.2. PPH 1.103K

La industria se va a encargar de elaborar el PP que va a ser la materia prima principal para obtener el BOPP, cuyo nombre proviene del proceso de biorientación que se le aplica para obtener un laminado transparente, brillante y de fácil procesamiento. Con la biorientación se lograron mejorar notoriamente las propiedades ópticas, mecánicas y de barrera al vapor de agua. Por este motivo, el BOPP comenzó a convertirse en el film más versátil y utilizado en la industria del envase flexible, llegando a desplazar totalmente al celofán. Cabe destacar que, por ser un excelente aislante de vapor de agua, se convirtió en materia prima base para los envases de galletas, snacks y todos los alimentos que no deben perder ni ganar humedad.

La aplicación que se le va a dar al producto entonces una vez que abandona la empresa, se caracteriza por su versatilidad, economía y sustentabilidad debido a que se puede reciclar. Hoy en día se busca disminuir los espesores en los empaques para contaminar lo menos posible el ambiente, requisito que el BOPP cumple a la perfección.

A.1.2.2.1. Características del PPH 1.103K

A.1.2.2.1.1. Aplicación

Se utiliza principalmente para aquellas industrias que apliquen proceso de extrusión al pellet de PP, en especial para aquellas que fabriquen película BOPP o que realicen un proceso plano o tubular de doble burbuja.

A.1.2.2.1.2. Propiedades generales

- Excelente estabilidad de procesamiento
- Muy buenas propiedades ópticas y mecánicas en la película
- Alto rendimiento
- Fácil orientación
- Alta cristalinidad
- Rigidez

A.1.2.2.1.3. Propiedades físicas

El PP 1.103K es un sólido sin olor, aunque podría decirse que posee un débil aroma a parafina, de color blanco transparente con una apariencia física esférica debido a que se comercializa en forma de pellets.

Tabla 1.12. Propiedades físicas del PP 1.103K

Propiedad	Magnitud
Punto de ebullición [°C]	Descompone antes del punto de ebullición (>300,00)
Punto de fusión [°C]	160,00 - 166,00
Densidad [g/cm³]	0,90 - 1,00
Peso molecular [g/mol]	>1.000,00
Temperatura de ignición [°C]	>410,00
Temperatura de inflamación [°C]	>300,00
Cristalinidad [%]	70,00 – 80,00

Fuente:

https://www.esentia.co/zip/api/webroot/productos/HS_Espanol/HS_homopolimero_ES_190.pdf

Se puede analizar que en la tabla 1.3 se establece un rango de punto de fusión, esto es porque por la distribución del tamaño de cristales, los materiales poliméricos no presentan una temperatura única de fusión, sino un intervalo de temperaturas, y se toma en general como temperatura de fusión la temperatura a la que funde el último cristal.

Con respecto a la densidad, se puede decir que al ser la misma más baja en comparación con otros polímeros, es posible la fabricación de productos ligeros debido a su relación masa/volumen.

Por último, es necesario hacer importante énfasis en el peso molecular del PP que en la tabla se muestra como mayor a 1.000,00 g/mol, pero no especifica la magnitud exacta del mismo.

El peso molecular medio ($\overline{M_w}$) y la distribución de pesos moleculares dependen del peso molecular del monómero propileno (42,07 g/mol), del grado de polimerización conseguido, grado de isotacticidad y cristalinidad y, del método de fabricación (ritmo de enfriamiento, tratamientos finales adicionales, entre otros). El rango de valores que aplica para el caso del PP va de ($19,00 \times 10^4$ - $2,50 \times 10^6$) g/mol, y es muy amplio debido a que depende de todos los factores anteriormente nombrados.

A.1.2.2.1.3.1. Cristalinidad

Una propiedad física muy importante del PP en general es la cristalinidad. La estructura estéreo-regular que posee el polipropileno favorece el desarrollo de regiones cristalinas.

En las piezas moldeadas se obtiene una cristalinidad del 50,00 – 70,00 %, dependiendo de las condiciones de procesamiento. Las cadenas moleculares raramente se incorporan en su totalidad a los dominios cristalinos, ya que contienen partes no isotácticas, y, por lo tanto, incapaces de cristalizar.

El PP es un polímero semicristalino, cuyas propiedades mecánicas quedan determinadas por el grado de cristalinidad del mismo. Un mayor grado de cristalinidad promedio redundaría en un aumento de la resistencia, rigidez y una pérdida en el impacto debido a que las regiones amorfas son las que le otorgan tenacidad.

Cuando el polímero fundido se enfría comienza la nucleación y el crecimiento de los cristales en diferentes puntos de la muestra. Si la cadena es suficientemente larga, diferentes segmentos de una misma molécula pueden pertenecer a más de un cristal. A medida que los cristales crecen el segmento de una cadena que une dos cristales, tiene sus movimientos más restringidos y no puede realizar los cambios conformacionales necesarios para cristalizar. Esto hace que no existan polímeros perfectamente cristalinos, sino que siempre se encuentran dominios amorfos y cristalinos.

La velocidad de enfriamiento del fundido es uno de los factores que afecta el grado de cristalinidad. Si la velocidad de enfriamiento es muy alta, el polímero solidifica antes de realizar los cambios conformacionales necesarios para la cristalización.

Otro factor estructural que afecta el grado de cristalinidad es la regularidad del polímero. Las cadenas isotácticas tienen algunas secuencias en las que se rompe la

regularidad de los grupos metilo. En este caso la pérdida de cristalinidad se traduce en un aumento de transparencia de este tipo de materiales.

El PPH isotáctico, el que elegimos para desarrollar en la organización, es muy cristalino ya que los grupos metilo se distribuyen de manera regular a lo largo de la cadena, entre 70,00 – 80,00 %; esta característica es lo que lo hace muy utilizado hoy en día.



Figura 1.11. Cristalinidad de los pellets de PP.

Fuente: <http://www.petrocuyo.com/es/tecnologia/el-polipropileno/cristalinidad>

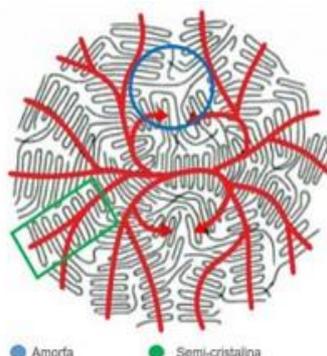


Figura 1.12. Cristalinidad. Zonas amorfas y semicristalinas.

Fuente: <https://www.mexpolimeros.com/pedia/cristalinidad.html>

A continuación, se presenta en la tabla 1.13 una comparación entre las características relacionadas con la cristalinidad de diferentes tipos de polímeros.

Tabla 1.13. Comparación de propiedades entre distintos polímeros

Parámetro	PEAD I	PEAD II	PEBD	PLA	PS	PMMA	PP
Temp. de transición vítrea [°C]	-113,00	-111,00	-105,00	63,00	98,00	100,00	-25,00
Temp. de ablandamiento [°C]	129,00	131,00	112,00	210,00	n/d	102,00	172,00

Parámetro	PEAD I	PEAD II	PEBD	PLA	PS	PMMA	PP
Temp. de cristalización [°C]	113,00	118,00	98,30	n/d	n/d	n/d	118,00
Grado de cristalinidad	SC	SC	SC	SC	A	A	SC
Índice de fluidez [g/10 min]	37,00	0,38	2,00	6,00	6,00	16,00	2,50

Fuente: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-750X2016000100003

La temperatura de transición vítrea (Tg) es la temperatura a la cual un material cambia de un estado duro y quebradizo a un estado blando o gomoso. Se puede observar entonces que el PS y PMMA son polímeros amorfos por eso es que no reportan temperatura de cristalización, mientras que el resto de los materiales son semicristalinos. El PEAD grado I reporta la menor Tg.

Por otra parte, la mayor temperatura de cristalización la posee el PP y el PEAD grado II con 118,00 °C. Esto es una propiedad importante que se destaca del PP porque justamente hace que tenga buenas propiedades mecánicas.

A.1.2.2.1.4. Propiedades químicas

El PPH 1.103K se caracteriza por tener una muy buena resistencia a los ácidos y bases débiles a temperatura ambiente debido a que es de naturaleza apolar, y a los ácidos orgánicos como la acetona, el cloroformo o el tetrahidrofurano (THF); arde fácilmente y mantiene la llama en presencia de una fuente de calor (es explosivo); posee un bajo coeficiente de absorción de humedad; y posee débil resistencia a los rayos UV y al oxígeno. Esto ocurre porque los residuos que puedan quedar del catalizador y otras impurezas a menudo actúan como receptores de dichas radiaciones, excitando a los fotones y creando radicales libres que reaccionan con el oxígeno (oxidación) y generan una serie de pequeñas grietas en el PP.

Existe una degradación a largo plazo que afecta a la superficie del material haciendo que sea quebradiza y dando lugar a fallas mecánicas. Por este motivo, se le agregan estabilizantes para la transformación y el mejoramiento de la vida a largo plazo. Otra propiedad que presenta el PPH 1.103K es la insolubilidad en agua.

A.1.2.2.1.5. Propiedades mecánicas

La selección del grado adecuado para una determinada aplicación se basa por lo general en la selección de propiedades mecánicas tales como resistencia al impacto, rigidez y resistencia a la tracción. El PP al igual que todos los materiales plásticos tiene un comportamiento de tensión-deformación, tiene resistencia a la

fatiga, es tenaz y flexible, en especial cuando presenta la forma de copolímero con etileno.

Las propiedades mecánicas a tener en cuenta en relación al homopolímero y el uso que se le quiere dar, son la resistencia al impacto, el módulo de elasticidad y la rigidez.

Al hablar del módulo de elasticidad, se hace referencia al parámetro que se obtiene de la correlación entre la deformación que se mide en el eje longitudinal del elemento y su tensión aplicada. El valor que acompaña al homopolímero 1.103K es de 1.300,00 MPa.

La resistencia al impacto es una de las propiedades mecánicas más importantes de un polímero y se entiende como la resistencia de un plástico a la fractura por el choque de una carga. Cuando se encuentran debajo de la Tg se vuelven quebradizos y con una menor resistencia al impacto. De igual manera la resistencia depende de las velocidades de carga que se aplican; cuando éstas son muy rápidas, la mayoría de los plásticos actuarán como materiales quebradizos porque las moléculas no pueden deslizarse.

La rigidez se designa como la capacidad que posee un elemento de tolerar la deformación al momento de una fuerza externa. Debido a que el PP contiene un grupo metilo orientado en una sola dirección, su estructura es de un 70 % cristalina y cíclica, se restringe el movimiento de la cadena. Esto genera como resultado una alta rigidez y resistencia.

Tabla 1.14. Propiedades mecánicas del homopolímero 1103K de PP

PROPIEDADES	MÉTODO	VALOR
Índice de fluencia (230 °C/2,16 kg) [g/10 min]	ISO 1.133	2,90
PROPIEDADES MECÁNICAS		
Módulo de elasticidad en Flexión [MPa]	ISO 578	1.300,00
Esfuerzo de tracción en la fluencia [MPa]	ISO 527-2	34,00
Elongación en la fluencia [%]	ISO 527-2	45,00
Resistencia al impacto Charpy c/e a 23 °C [kJ/m ²]	ISO 179	6,00

Fuente: <http://www.petrocuyo.com/images/pdf/hojas-tecnicas/HT%20ES%201103K.pdf>

A.1.2.2.1.6. Propiedades térmicas

Una propiedad importante para evaluar la sensibilidad del material a las variaciones térmicas, es la Temperatura de Deflexión Térmica (HDT), que es la temperatura a la que se alcanza una cierta desviación de flexión. Este ensayo está normalizado bajo International Organization for Standardization/Organización Internacional de Normalización (ISO) y American Society for Testing and Ontivero Julieta | Toranzo Virginia | Viola Sofía

Materials/Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM), y será explicado con mayor detenimiento en la unidad N° 4 del presente capítulo.

La HDT permite distinguir entre aquellos materiales que pierden su rigidez por encima de un estrecho rango de temperaturas y los que pueden sostener cargas livianas a altas temperaturas. Cabe aclarar que esta medición solo se utiliza para realizar un control de calidad sobre el producto, pero no necesariamente va a predecir el comportamiento de este a altas temperaturas. Se determina cuál es la máxima temperatura que la resina puede soportar sin reblandecerse perdiendo así sus propiedades.

Como se puede ver en la tabla siguiente a una presión de 1,80 MPa, el PPH 1.103K soporta una temperatura de 51,00 °C, mientras que a una presión menor como por ejemplo a 0,45 MPa soporta una temperatura de 85,00 °C.

Tabla 1.15. Propiedades térmicas del PPH 1103K

PROPIEDADES TÉRMICAS	MÉTODO	VALOR
Temperatura de deflexión HDT/A (1,80 MPa) [°C]	ISO 75-2	51,00
Temperatura de deflexión HDT/B (0,45 MPa) [°C]	ISO 75-2	85,00

Fuente: <http://www.petrocuyo.com/images/pdf/hojas-tecnicas/HT%20ES%201103K.pdf>

A.2. Proceso de polimerización

Los polímeros son compuestos orgánicos cuyas moléculas están formadas por muchas unidades iguales que se repiten en secuencia, y se forman por reacción de polimerización a partir de sustancias más simples llamadas monómeros.

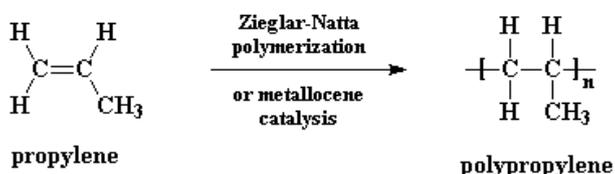


Figura 1.13. Obtención de PP mediante polimerización de propileno, con uso de catalizadores Ziegler-Natta o metallocenos.

Fuente: Amaya, E; Molina F.; Sánchez, M. Proyecto Final Producción de polipropileno (2018).

Existen diferentes mecanismos de polimerización: por adición, por condensación, por etapas, en cadena.

La polimerización del propileno es una reacción de adición en la cual se obtienen polímeros por la suma posterior de un monómero al otro, de acuerdo con un modo repetitivo. En esta reacción no se eliminan moléculas simples, solo se produce un reordenamiento de los átomos, y se emplean catalizadores de coordinación que

son compuestos de metales de transición que, por medio de enlaces metal-carbono, permiten la inserción de unidades de monómero.

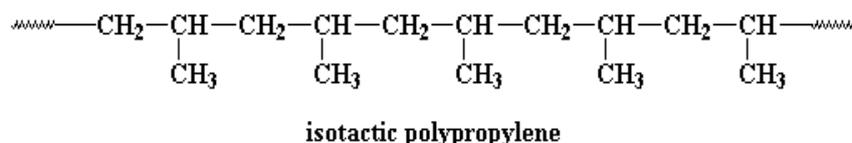


Figura 1.14. Estructura del PP homopolímero isotáctico a obtener.

Fuente: Amaya, E; Molina F.; Sánchez, M. Proyecto Final Producción de polipropileno (2018).

Los mecanismos de reacción del sistema catalítico son los que explican la estructura lineal de la molécula de PP. Una vez creados los sitios activos, las cadenas de polímero crecen en etapas sucesivas sobre el catalizador, al formarse un complejo de coordinación entre la molécula de propileno monómero y una casilla de coordinación vacante. La reacción suele terminar por transferencia, gracias a la acción de agentes como el hidrógeno que se utiliza para controlar la longitud promedio de las cadenas de polímero formadas y, por ende, su peso molecular, su viscosidad en fundido, entre otros.

En cuanto al catalizador, el principal punto de interés se centra en la obtención de polímeros. Para ello se emplean derivados del bis – clorozirconoceno, como el ligando indenilo. Al poseer dos anillos y un puente etileno, permite que sea un catalizador ideal para obtener polímeros isotácticos. Se debe agregar previamente al catalizador, un co-catalizador para que se logre la catalización. En este caso se utiliza el MAO.

Debido a la gran voluminosidad y posicionamiento del catalizador en direcciones opuestas, permite que los monómeros que se incorporan, reaccionen sólo cuando se encuentren en una posición específica correcta.

La función principal del puente de etileno es la de mantener posicionados a los dos anillos, debido a que si estos tuviesen libre movilidad no se llegaría a la polimerización isotáctica.

Se estabiliza al catión zirconio a través de una α -asociación agóstica, necesitando más de una de ellas para que se cumpla el efecto en su totalidad.

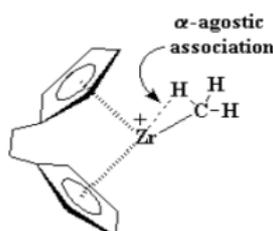


Figura 1.15. Asociación agóstica y estabilización del zirconio.

Fuente: Amaya, E; Molina F.; Sánchez, M. Proyecto final Producción de polipropileno (2018).

En este momento se realiza la incorporación del monómero propileno, que comparte electrones encontrados en su doble enlace. A esto se le llama específicamente reacción de polimerización.

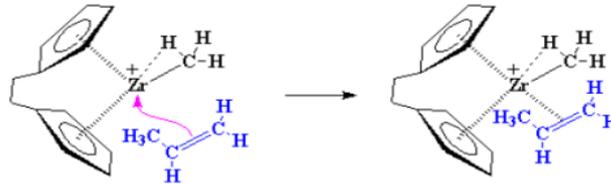


Figura 1.16. Monómero de propileno comparte los electrones de su doble enlace.

Fuente: Amaya, E; Molina F.; Sánchez, M. Proyecto Final Producción de polipropileno (2018).

El reordenamiento de átomos es posible una vez que el complejo metálico fue formado. Básicamente los electrones del enlace zirconio - carbono metílico se trasladan, formando un enlace con el carbono metálico y uno de los carbonos del propileno.

Otro par eléctrico (el del alqueno-complejo metálico) se traslada también para así poder establecer una unión entre el zirconio y uno de los carbonos del propileno.

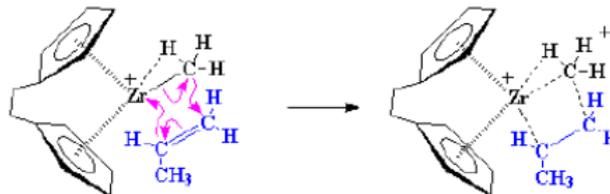


Figura 1.17. Segundo monómero reacciona frente al catalizador.

Fuente: Amaya, E; Molina F.; Sánchez, M. Proyecto Final Producción de polipropileno (2018).

A través de todas las reacciones, un ligando del zirconio termina siendo disipado. Además, se obtiene una asociación agóstica con un enlace C-H del monómero propileno. Una vez que este proceso se llevó a cabo surge otro monómero propileno y reacciona como lo hizo el primero.

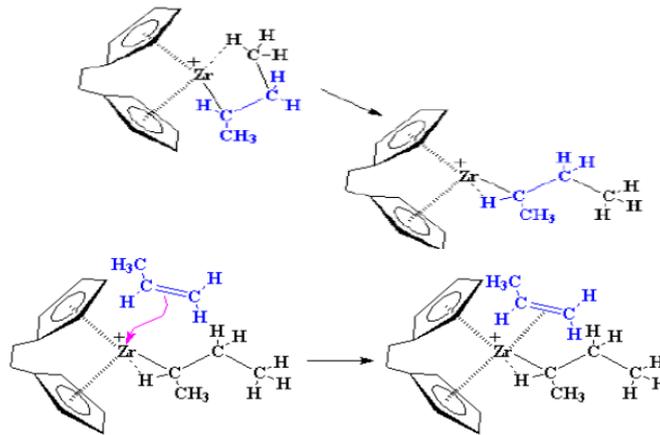


Figura 1.18. Desplazamiento del par electrónico que había participado del enlace alqueno-complejo metálico para formar el enlace zirconio-carbono del propileno.

Fuente: Amaya, E; Molina F.; Sánchez, M. Proyecto Final Producción de polipropileno (2018).

Los electrones del propileno relacionados con el zirconio cambian de posición.

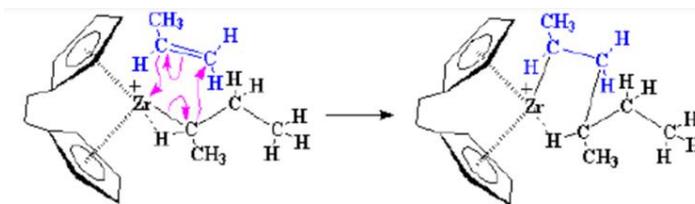


Figura 1.19. Cambio de posición de los electrones de PP relacionados con el zirconio.

Como producto final se obtiene el polímero isotáctico que se estaba buscando, con una particularidad esencial de encontrar el grupo metilo del mismo lado de la cadena polimérica.

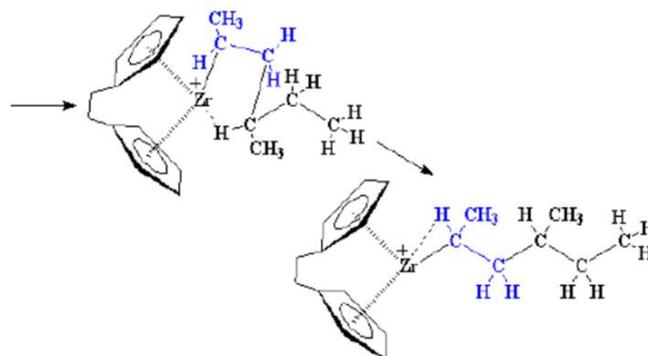


Figura 1.20. Obtención del polímero isotáctico, con el grupo metilo del mismo lado en la cadena polimérica.

Fuente: Amaya, E; Molina F.; Sánchez, M. Proyecto Final Producción de polipropileno (2018).

Se conoce también que, a medida que se realiza el acercamiento del propileno al catalizador, su grupo metilo siempre se posicionará en el sentido opuesto al ligando indenilo. En este tipo de polimerización, la masa molecular del polímero es un múltiplo exacto de la masa molecular del monómero.

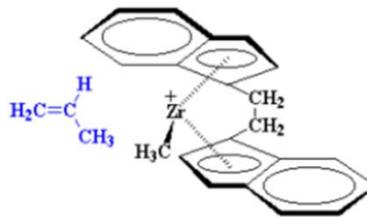


Figura 1.21. Acercamiento del monómero propileno al catalizador con su grupo metilo dirigido en el sentido opuesto del ligando indenilo.

Fuente: Amaya, E; Molina F.; Sánchez, M. Proyecto Final Producción de polipropileno (2018).

A.3. ENVASE

A.3.1. Envase primario

La organización industrial va a contar con un tipo de envase primario que son bolsas o sacos de 25,00 kg de capacidad, fabricados con PEBD. Cada una de las bolsas se envasa mediante una envasadora, la cual es descrita en la unidad N° 10 del presente proyecto.



Figura 1.22. Bolsas de PEBD

Fuente: <https://qca.com.co/portafolio/plasticos/pbd/>

A.3.2. Palletizado

Las bolsas de 25,00 kg serán palletizadas sobre una plataforma de madera con cuatro entradas de acceso para grúa horquilla o transpaleta manual. Por cada pallet se podrán colocar entre 55 y 60 bolsas dependiendo de la producción demandada, por lo tanto, cada pallet tendrá un peso de entre 1.375,00 - 1.500,00 kg aproximadamente.

Las dimensiones del pallet a utilizar serán las siguientes:

Tabla 1.16. Dimensiones de los pallets

Dimensión	Valor
Pallet 55 bolsas	
Profundidad [mm]	1.300,00
Ancho [mm]	1.100,00
Altura con bolsas [mm]	1.980,00
Pallet 60 bolsas	
Profundidad [mm]	1.100,00
Ancho [mm]	1.300,00
Altura con bolsas [mm]	2.150,00

Fuente: <http://www.petroquim.cl/embalaje-de-nuestros-productos-embalaje/>

A.4. ROTULACIÓN

La rotulación que tendrá el envase del producto se compondrá de la siguiente información.

A.4.1. Nombre de la empresa

Definimos que el nombre de esta empresa productora de pellets de PP se denominará **PellcomP**, estableciendo una fusión entre la palabra “pellet” y “compañía”.

A.4.2. Tipo de producto

Cada envase presentará el producto que contiene, en este caso es **Polipropileno**.

A.4.3. Contenido neto

Se especificará el peso de cada bolsa a entregar. En este caso es de 25,00 kg.

A.4.4. Especificación sobre el reciclaje del producto

Otra información contenida en el rótulo del producto, será el símbolo de reciclaje que se muestra a continuación que representa al PP.



Figura 1.23. Símbolo de especificación de reciclaje del PP.

Fuente: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ficha_para_compra_sustentable_-_productos_plasticos.pdf

A.4.5. Código de especificación plástico del envase

Se especifica el código de reciclado en base al material del cual está compuesto el envase, es decir, PEBD. Es por eso que se colocará el símbolo de reciclaje que posee el número 4.



Figura 1.24. Código de identificación plástico del envase.
Fuente: <https://www.mexpolimeros.com/codigos%20de%20reciclaje.html>

A.4.6. País de producción

Se detallará el país de producción con la denominación “Industria argentina”.

A.4.7. Número de lote

Finalmente, se colocará el número de lote que es una denominación que identifica y confiere trazabilidad a un conjunto de productos idénticos que comparten determinadas características de producción (hora y fecha de producción, código de identificación, entre otros).



Figura 1.25. Rotulación del envase de pellets de PP.

CONCLUSIONES

Debido a la magnitud del proceso, se tienen que tener en cuenta muchas características tanto de la materia prima, como de cada componente que se añade a ella para generar el mejor resultado posible. Para esto, se tuvieron en cuenta propiedades físicas, químicas, mecánicas, procesos esenciales de polimerización, características de aditivos, estabilizantes y lubricantes.

Una elección primordial que se realizó fue la de especificar con exactitud qué tipo de PP será el que se obtendrá y utilizará a lo largo del proceso. La decisión final se conformó en base a criterios de sustentabilidad, grado de utilidad, posibles aplicaciones a posteriori e incidencia en el proceso productivo en sí. El tipo de PP seleccionado fue el PPH 1.103K.

Otro factor determinante que se logró definir a lo largo de la unidad fue el tipo de catalizador a utilizar, que teniendo en cuenta la mejor relación calidad-precio y funcionamiento, entre la variedad de catalizadores que hay disponibles, se decidió emplear un metalloceno derivado del bis – clorozirconoceno, más precisamente el ligando indenilo.

Un punto importante en cuanto al producto en general, es la manera en la que este será envasado y rotulado para luego transportarlo fuera del establecimiento y distribuirlo a los clientes.

UNIDAD Nº 2

LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

INTRODUCCIÓN

MACROLOCALIZACIÓN

MICROLOCALIZACIÓN

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

Un elemento esencial para alcanzar el éxito en una organización es la ubicación o localización de la misma, es decir el lugar en dónde estará situada y desarrollará su actividad productiva. Es una decisión difícil de tomar, no solo porque va a comprometer a la empresa durante un largo período de tiempo, sino también porque requiere de varios factores a tener en cuenta como: la facilidad de acceso (puertos, aeropuertos, líneas de ferrocarril, rutas, entre otros), la cercanía a los clientes, la proximidad a los proveedores (para reducir costos de transporte a la hora de adquirir la materia prima), la mano de obra y los mercados en donde se va a vender el producto.

El objetivo de localizar la planta es elegir el lugar más óptimo para las instalaciones, de manera que se favorezca el desarrollo de la actividad de la empresa y se minimice el costo de producción. Una buena elección permitirá, además, maximizar la capacidad competitiva de la organización atrayendo a más clientes.

A continuación, se desarrollarán los factores que afectan en la macrolocalización, utilizando el método cualitativo por puntos, para definir cuál es la provincia más apta para localizar la planta (localización regional). Por otro lado, se desarrollará la microlocalización, en donde se especificará cuál es la mejor alternativa de instalación dentro de la región elegida con anterioridad (ubicación local).

MACROLOCALIZACIÓN

A. POLOS PETROQUÍMICOS EN ARGENTINA

En Argentina, existen cuatro polos petroquímicos que se distribuyen a lo largo de todo el país. Están ubicados de manera estratégica junto a las refinerías de petróleo o con acceso a importantes gasoductos troncales, en la provincia de Buenos Aires (Bs. As), Santa Fe, Mendoza y Neuquén debido a que el aprovisionamiento de la materia prima resulta un factor clave en el desempeño de la cadena petroquímica.

Si se hace referencia ahora a las principales plantas productoras de materias primas plásticas, la mayor parte de ellas se ubican en la provincia de Bs. As: en el Polo Petroquímico Bahía Blanca y de Ensenada, y en el área de Zárate-Campana.

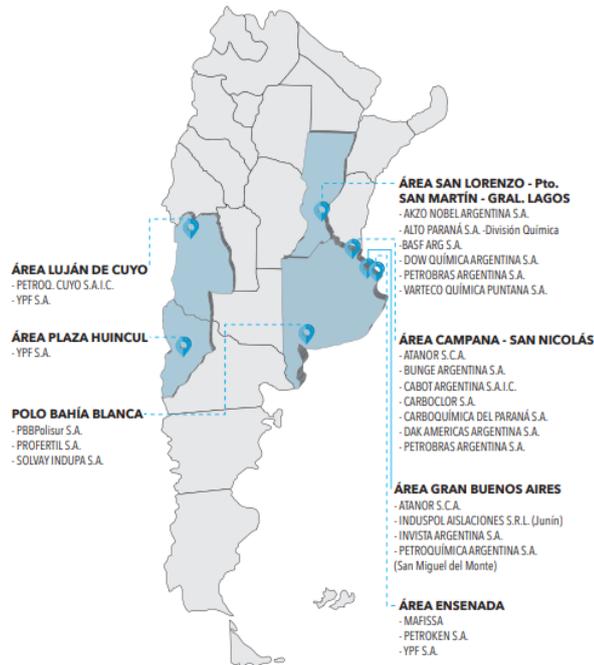


Figura 2.1. Mapa de áreas y plantas petroquímicas.

Fuente: http://www.petro-quimica.com.ar/distribucion-digital/la_industria_petroquimica/La%20Industria%20Petroqu%C3%ADmica%20Argentina%20baja.pdf

Teniendo en cuenta las provincias anteriormente mencionadas que son consideradas polos petroquímicos argentinos, se desarrollan diferentes factores relevantes para lograr determinar, mediante el método de ponderación, la macrolocalización de la empresa productora de pellets de PP. Las opciones de posible instalación de la planta son: Bs. As, Mendoza, Neuquén y Santa Fe.

B. FACTORES DETERMINANTES

- Cercanía a los proveedores de materia prima.
- Cercanía a los clientes.
- Acceso a rutas y autopistas.
- Legislación.
- Disponibilidad de mano de obra.
- Servicios de gas y electricidad.

B.1. Factor 1: Cercanía a los proveedores de materia prima

El propileno, tal como se analizó en la primera unidad, es un subproducto proveniente de la destilación del petróleo. El petróleo crudo es extraído en los yacimientos y almacenado en las terminales de despacho para luego ser enviado a las refinerías de diferentes maneras, ya sea por bombeo en oleoducto, por camión, o directamente a otra terminal de despacho en un puerto, con el fin de transportarlo en barco hasta la planta refinadora o a un punto de ingreso al ducto.

Las refinерías procesan los crudos y obtienen subproductos para la industria petroquímica, plantas de lubricantes, operadores de residuos, centrales térmicas, estaciones de servicio y centros de logística (puertos y aeropuertos). Los principales refinadores y comercializadores son YPF con tres plantas (La Plata, Luján de Cuyo y Plaza Huincul) que concentra el mayor porcentaje de actividad con un 63,00 %, Raizen (Shell) con una concentración de actividad del 16,00 %, Pan American Energy (Axion) con un 14,00 % y Trafigura con un porcentaje de actividad del 5,00 %. También operan PyMES como New AmericanOil, y RefiPampa, y representan un 3,00 % de la actividad. La mayoría de estas, se ubican en las cercanías a los centros de consumo.

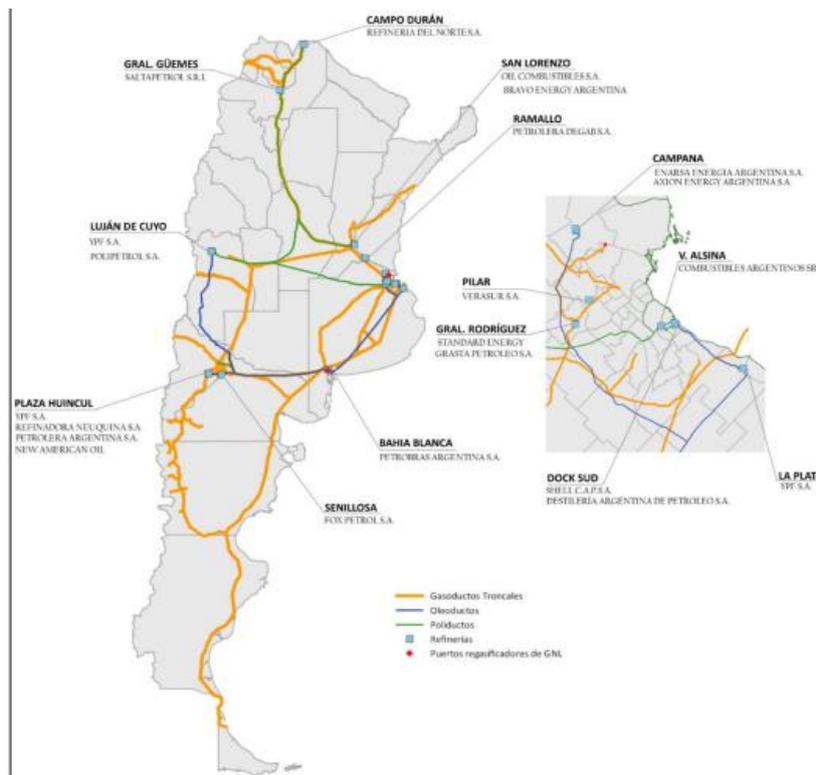


Figura 2.2. Distribución de las refineras de petróleo en el país.

Fuente: https://eficienciaenergetica.net.ar/img_publicaciones/04291605_08-DiagnosticoRefinerias.pdf

B.1.1. Análisis por provincias de la cercanía a los proveedores de materia prima

B.1.1.1. Santa Fe

La provincia cuenta con una refinera de petróleo ubicada en la localidad de San Lorenzo, y le pertenece a YPF. Allí se procesa petróleo proveniente de la cuenca neuquina y por vía marítima de las cuencas Austral y del Golfo San Jorge, y posee una capacidad de refinación de 37.600 barriles/d.

B.1.1.2. Neuquén

En Neuquén se encuentra la cuenca neuquina, cuya extensión también abarca parte de las provincias de La Pampa, Río Negro y el sur de Mendoza. Dicha cuenca concentra el 73,00 % del potencial total de shale gas y el 74,00 % del recurso de shale oil de Argentina.

Particularmente, en la ciudad Plaza Huincul, se instala una refinería que pertenece a YPF, y posee una capacidad de refinación de 25.000 barriles/d, con lo que se abastece a la región patagónica y al Alto Valle.

B.1.1.3. Bs. As.

La refinería más grande de Argentina, pertenece a YPF y está ubicada en el puerto de Ensenada, en las cercanías de la ciudad de La Plata. Fue la primera refinería de YPF, y tiene actualmente una capacidad de refinación de 189.000 barriles/d. Posee la capacidad de procesar todas las variedades de crudo que se producen en el país para obtener, prácticamente, todos los productos derivados.

Esta provincia, además, cuenta con una refinería de Axion, ubicada en Campana; una refinería de Trafigura, ubicada en Bahía Blanca; y una refinería de Raizen, ubicada en Dock Sud, Avellaneda.

B.1.1.4. Mendoza

En esta provincia, particularmente en la localidad de Luján de Cuyo, se ubica la segunda refinería más importante del país. Produce alrededor de 6.000.000,00 m³ de derivados, principalmente gasoil y distintos tipos de naftas para vehículos; y a su vez cuenta con alto nivel de conversión.

Realizando una síntesis de la información de los posibles proveedores en cada una de las provincias elegidas para la localización de la planta, se puede decir que los puntos más importantes a destacar son:

- La refinería más grande del país y que tiene un gran poder de abastecimiento, es la perteneciente a YPF en la localidad de Ensenada; y la segunda más importante se ubica en la provincia de Mendoza.
- La empresa líder en refinerías y explotación de hidrocarburos, es justamente YPF con cuatro refinerías de su firma, distribuidas en puntos estratégicos del país. El resto de las empresas hidrocarburíferas son también reconocidas, pero con una capacidad de abastecimiento mucho menor.
- La mayoría de las refinerías, ya sean grandes o pequeñas, se ubican en la provincia de Bs. As.

B.2. Factor 2: Cercanía a los clientes

Los clientes son una fuente muy valiosa de información que permite que la empresa pueda mejorar y crecer; es muy importante brindarles el mejor producto posible ya sea en calidad y precio, pero además la cercanía le brindará una mayor comodidad que hará que sea un cliente fiel. Esto último es algo clave a tener en cuenta porque hoy en día nos enfrentamos a muchos competidores que ofrecen productos muy similares, por eso hay que buscar diferenciarse de ellos, aprovechar cualquier oportunidad para destacar y convertirse en el mejor del mercado.

A continuación, se nombran varias empresas productoras de BOPP, envases flexibles, plásticos, insumos de embalajes, entre otros, que son líderes en el mercado, poseen trayectoria y podrían llegar a ser posibles clientes, comprando pellets de PP para utilizar como materia prima en sus procesos de elaboración.

Tabla 2.1. Posibles clientes compradores de PP para fabricación de BOPP

Empresa	Producción	Localización	Provincia
Vitopel S.A	BOPP a partir de PP y de CAST de PP.	Villa del Totoral	Córdoba
DALFILM S.A	Films de PP, films de poliéster, films de PVC y laminados.	Pilar	Bs. As.
Plásticos del plata	BOPP, stretch film, cintas, envases flexibles, láminas y bolsas.	Lanús Oeste	Bs. As.
INPLA S.A	Bolsas plásticas usando como materia prima PP, PE y papel.	Pergamino Mendoza	Bs. As. Mendoza
EASYFLEX S.A	Envases flexibles como bolsas de PE y PP, bolsas big bags, laminados (BOPP).	Avellaneda	Bs. As.
Sigdopack Argentina	Films Biorientados de PP (BOPP) y Nylon (BOPA).	Campana	Bs. As.
Oben Holding Group	Láminas de PP, poliéster y nylon para empaques flexibles.	Pilar	Bs. As.
REPLEN S.R.L.	Rafia, polipapel, BOPP, láminas, film stretch. Producción y ventas de bolsas y fundas de PE e hilos de PP.	Villa Ballester	Bs. As.
LO DI PLAST	Bolsas y envases personalizados de PE en alta, baja densidad, PP, BOPP, friselina y fotopolímeros.	Córdoba	Córdoba

Fuente: <https://www.vitopelargentina.com/>; <https://obengroup.com/es/productos#productos-peliculas>; <http://www.dalfilm.com.ar/index.php>; <https://plasticosdelplata.com/>; <https://www.inpla.com.ar/quienes-somos/>; <http://easyflexsa.com.ar/>; <https://www.laautenticadefensa.net/110693>; <http://www.lodiplast.com.ar/contacto.htm>

A modo de síntesis, con la información recabada sobre los posibles clientes, se puede observar con claridad que la mayoría de ellos se encuentran ubicados en la provincia de Bs. As.

B.3. Factor 3: Acceso a rutas y autopistas

La red de carreteras de Argentina se divide en carreteras troncales, con una longitud de 38.000,00 km, carreteras secundarias con una extensión de 192.000,00 km y terciarias que totalizan 400.000,00 km. Las primeras tienen jurisdicción nacional, las segundas provincial, y las últimas, municipal.

De esta red, unos 31.000,00 km de carreteras troncales y 38.000,00 km de carreteras secundarias están pavimentadas.

B.3.1. Análisis por provincias de rutas y autopistas

B.3.1.1. Santa Fe

La Provincia de Santa Fe se integra al país a través de rutas nacionales y provinciales, y autopistas modernas. Se puede acceder a la misma mediante los cuatro puntos cardinales:

- Desde el Norte por las Rutas Nacionales N° 11 y N° 95, y Ruta Provincial N° 1.
- Desde el Este por la Ruta Nacional N° 168.
- Desde el Sur por la Ruta Nacional N° 11 y N° 177, Ruta Provincial N° 70, y Autopista Rosario-Santa Fe.
- Desde el Oeste por las Rutas Nacionales N° 7, N° 8, N° 9, N° 19, y N° 34.

A su vez, cuenta con tres aeropuertos, y con cuatro puertos para transporte marítimo y fluvial.

B.3.1.2. Mendoza

La conectividad terrestre en la provincia de Mendoza, se encuentra garantizada por diferentes rutas provinciales y carreteras nacionales. Cabe aclarar que solo las primeras tres, están habilitadas actualmente para el transporte de cargas: Ruta Nacional N° 7, Ruta Nacional N° 40, Ruta Nacional N° 143, Ruta Nacional N° 142, Ruta Nacional N° 144, Ruta Nacional N° 145, Ruta Nacional N° 146, Ruta Nacional N° 149, Ruta Nacional N° 153, y Ruta Nacional N° 188.

Además, cuenta con cuatro pasos fronterizos que comunican al país con Chile, sumado a dos aeropuertos para el transporte aéreo.

B.3.1.3. Buenos Aires (Bs. As.)

Bs. As ha cumplido históricamente un rol central en la configuración del sistema de transporte nacional. Su importancia en la producción (para el mercado interno y de exportación) y el consumo, genera una alta intensidad de flujos de los que es origen o destino, de hecho, el 50,00 % del volumen de carga y el 42,00 % de la carga contenerizada por agua, tienen origen o destino en la provincia de Bs. As. Esto último es porque al localizarse en el litoral fluvio-marítimo, los tráficos pasantes son significativos.

La red vial nacional en la provincia tiene una extensión de 4.672,00 km (12,00 % del total nacional) y se encuentra totalmente pavimentada. Las rutas provinciales tienen una longitud de 36.052,00 km (18,00 % de la red de jurisdicción provincial en el país), de los cuales el 29,00 % se encuentra pavimentado; y la densidad vial (km de red nacional y provincial cada 100,00 km² de superficie) supera el promedio del país.

Los principales accesos a la provincia de Bs. As son: la Ruta Nacional N° 33, que conecta con la provincia de Córdoba; Ruta Nacional N° 188, que conecta con la provincia de San Luis; Ruta Nacional N° 9, que conecta con Rosario; Ruta Nacional N° 5, que conecta con la provincia de La Pampa; Ruta Nacional N° 3, que conecta con Viedma; y Ruta Nacional N° 22, que conecta con Río Colorado.

B.3.1.4. Neuquén

La conectividad terrestre en la provincia de Neuquén, está garantizada por numerosas rutas provinciales y por las siguientes carreteras nacionales: Ruta Nacional N° 22, Ruta Nacional N° 40, Ruta Nacional N° 231, Ruta Nacional N° 234, Ruta Nacional N° 237, Ruta Nacional N° 242.

Además, cuenta con tres aeropuertos para el transporte aéreo, y con ocho pasos fronterizos que comunican Argentina y Chile.

Para finalizar el análisis del factor referido al transporte, más precisamente a rutas y autopistas en los diferentes puntos de interés, se puede concluir que Bs. As es atravesado por un gran flujo de camiones que se dirigen a las diferentes industrias (figura 2.3). Por esto, la provincia está preparada para un alto nivel de congestión en lo que respecta al transporte y la mayoría de las rutas que la atraviesan están completamente pavimentadas y preparadas, sin contar las amplias autopistas que posee. Existen allí más accesos, debido a que limita en gran parte con la costa Este argentina y cuenta con variedad de puertos para exportación e importación.

Sin embargo, si bien la provincia está preparada para el gran movimiento que presenta, claro está que, al concentrar la mayor parte de la población argentina, el tránsito está constantemente saturado y en caso de accidentes, paros o cortes de

rutas por protestas, se dificultaría mucho tanto la recepción de la materia prima como la distribución del producto terminado.

Por otra parte, la mayoría de las rutas y autopistas seguras del país desembocan o atraviesan la provincia de Bs. As, tal como se muestra en la figura 2.4.



Figura 2.3. Flujo de camiones en Argentina.

Fuente: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_productivo_buenos-aires-09-2020.pdf



Figura 2.4. Rutas y autopistas seguras que atraviesan el país.

Fuente: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/proyecto-8.pdf>

B.4. Factor 4: Legislación

Existen diversas políticas públicas vigentes que afectan a la industria productora de pellets de PP y rigen en toda la República Argentina.

En el país, particularmente, se aplican leyes que tienen que ver con los residuos peligrosos, leyes referidas al medio ambiente, la ley de hidrocarburos y la que tiene que ver precisamente con el GLP, que prioriza el abastecimiento de estos productos en el mercado interno; legislaciones acerca del régimen de energía

eléctrica, el fomento del uso de fuentes de energía renovables, distribución del gas natural, entre otras.

Al buscar información y hacer un análisis exhaustivo de las legislaciones provinciales en los diferentes puntos de interés, se puede decir que el factor legislación no se considera dentro de los más relevantes para la decisión de dónde ubicar la planta, pero se debe analizar por si existe alguna política pública que impida desarrollar las actividades con total normalidad. Sin embargo, se pudo comprobar que en todas las provincias se contempla y promueve el cuidado del medio ambiente y las energías renovables. En general, en las cuatro provincias analizadas, las legislaciones son similares respecto a energía, ambiente, hidrocarburos y transporte. En ninguna existe un aspecto que nos impida localizar la planta allí, y todas siguen la misma línea que las leyes a nivel nacional.

B.5. Factor 5: Disponibilidad de mano de obra

La parte de la población que trabaja en una empresa se denomina mano de obra. Ésta es una unidad significativa del mercado laboral que constituye un costo en el proceso de producción industrial. La correcta gestión, administración, planificación y control de la mano de obra, influye considerablemente en el costo final del producto. Se puede encontrar a estos agentes tanto en el mercado laboral como en los centros educativos cercanos a la organización industrial en cuestión.

El sistema educativo en la Argentina está formado por un aglomerado de instituciones. El mismo es complejo, y se encuentra formado por más de 170 universidades y centros institucionales. Los establecimientos universitarios conjuntamente reciben a aproximadamente 2.000.000 de estudiantes.

Teniendo en cuenta el siguiente criterio de regionalización, gran parte de los establecimientos de educación superior son hallados en la región Metropolitana, concentrando el 40,00 % de las instituciones. Por otra parte, las regiones del centro del país (Centro-Este, Centro-Oeste y Bonaerense), acumulan otro 40,00 % de las instituciones (cada una con un 13,00 % aproximadamente). En última instancia se encuentran las regiones Norte (Noreste y Noroeste) y Sur que aglomeran el porcentaje restante, es decir un 20,00 %.



Figura 2.5. Mapa de regiones.

Fuente:

https://ddd.uab.cat/pub/estudis/2017/171528/Indicadores_del_sistema_universitario_argentino.pdf

Ahora bien, la importancia de estas distribuciones se genera en cuanto a la cantidad de graduados que se reciben de cada una de las provincias o regiones. Ya que de este modo se tiene un panorama general de la cantidad y calidad de mano de obra calificada con posibilidad de trabajar en la organización, siendo la misma altamente específica que necesita muchos profesionales capacitados.

Diferenciando los datos por provincias, la mayor cantidad de graduados fue proporcionada por CABA con un 32,20 % de los estudiantes, seguida por la provincia de Bs. As con un 20,80 %. Analizando esta información, se observa que se trata cerca del 50,00 % de los egresados. A continuación, encontramos a las provincias de Córdoba con un 13,20 % y Santa Fe con un 12,50 %. Estas cuatro jurisdicciones aportan a más del 75,00 % del total de graduados nacionales.

Además, se debe tener en cuenta tanto la tasa bruta universitaria que refiere a la cantidad de estudiantes sobre la población estudiantil, como la tasa de abandono de estudiantes universitarios.

Teniendo un panorama general de la población target para mano de obra en la organización, se procede a analizar la situación particular de cada una de las provincias a seleccionar. El estudio se llevará a cabo a través de la observación de diferentes categorías: porcentaje de graduados provinciales, cantidad de habitantes, tasa de desempleo, características sociodemográficas y socioeconómicas, indicadores de pobreza y franja etaria, entre otros.

B.5.1 Análisis por provincias de la disponibilidad de mano de obra

B.5.1.1. Bs. As.

B.5.1.1.1. Población

Bs. As es la provincia perteneciente a la región Bonaerense. Debido a los datos demográficos analizados, según su población se ubica en el puesto N° 1 en cantidad de habitantes, con un valor de 17.370.144.

Su distribución según el censo de 2010 presenta la siguiente pirámide poblacional:

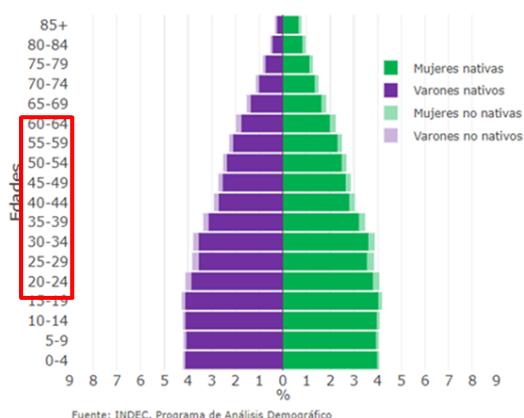


Figura 2.6. Pirámide poblacional de la provincia de Buenos Aires

Fuente: <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Institucional-Indec-IndicadoresDemograficos>

En color rojo se encuentra demarcado el rango etario al que se hace referencia a lo largo de todo el análisis de población. Se observa que Bs. As presenta una base muy angosta, es decir con una disminución en la cantidad de nacimientos, estrechándose de a poco en su extremo. Si bien el análisis visual no nos indica una alerta por la cantidad en la relación de nacimientos/fallecimientos en la tercera edad como para pensar en que la cantidad de mano de obra no será suficiente, es un punto a tener en cuenta a la hora de tomar decisiones.

B.5.1.1.2. Empleo

La cantidad de personas en condiciones de trabajar es de 9.419.227. Los más jóvenes (18 - 45 a) representan el 67,85 % del total de personas activas.

La tasa de empleo en la provincia creció a lo largo de un año, de 2018 a 2019, encontrándose sólo a décimas del total del país. Por lo tanto, se puede considerar como beneficio la búsqueda de empleo y contratación de personal por parte de la industria. El futuro empleado se encuentra realizando la labor en una zona que cuenta con todos los servicios (gas, electricidad, agua), está cerca de zonas muy pobladas y con gran posibilidad de entretenimiento.

Ontivero Julieta | Toranzo Virginia | Viola Sofía

B.5.1.1.3. Indicadores

Los indicadores socio-económicos indican que Bs. As se encuentra negativamente bajo el promedio del país en vivienda adecuada, ocupados con secundario completo, cobertura de salud, ingresos per cápita y brecha de ingresos. Además, sus valores son mayores al promedio del país con una connotación negativa en asalariados sin descuento jubilatorio, mortalidad infantil, pobreza e indigencia.

Los resultados de estos indicadores no demuestran en sí la calidad de vida de la provincia, sino que la comparan con el promedio del país. De esta manera, se puede ver que los valores indican un atraso con respecto a algunas otras zonas de la Nación, como por ejemplo Mendoza y Neuquén.

B.5.1.1.4. Estudios

En la siguiente tabla se exponen y comparan datos correspondientes a la tasa de graduación y abandono universitario por provincia, cuya información fue extraída de los últimos dos censos llevados a cabo en el país.

Tabla 2.2. Tasas universitarias por provincia

Provincia	Probabilidad de acceso a la universidad de los jóvenes 18 a 24			Tasa de graduación universitaria de la población de 25 a 39 años			Tasa de abandono universitario de la población de 25 a 39 años		
	Censo 2001	Censo 2010	Variación	Censo 2001	Censo 2010	Variación	Censo 2001	Censo 2010	Variación
Código	PAUp.2001	PAUp.2010	VPAUp	TGUp.2001	TGUp.2010	VTGUp	TAUp.2001	TAUp.2010	VTAUp
CABA	27,0	42,7	58,2	52,9	58,0	9,7	28,9	24,0	-17,0
Buenos Aires	11,0	16,6	50,6	42,6	46,3	8,7	40,6	37,6	-7,4
Catamarca	9,7	13,7	40,0	13,0	14,7	13,6	14,7	14,0	-4,7
Córdoba	20,2	24,8	22,7	41,9	48,8	16,5	40,8	35,5	-12,9
Corrientes	9,9	13,6	37,6	38,2	46,2	20,9	40,0	32,8	-17,9
Chaco	7,8	11,5	48,4	39,8	47,5	19,2	42,0	34,7	-17,6
Chubut	9,4	12,5	32,4	39,1	48,6	24,1	49,9	40,6	-18,7
Entre Ríos	8,9	16,2	81,0	47,7	50,9	6,7	37,5	32,8	-12,6
Formosa	6,9	11,4	65,2	42,5	48,2	13,5	40,8	34,9	-14,4
Jujuy	6,1	10,9	77,9	37,5	39,4	5,1	46,3	42,9	-7,4
La Pampa	12,1	17,0	40,2	55,6	54,1	-2,7	33,9	31,9	-6,0
La Rioja	13,2	24,2	82,5	27,0	26,8	-2,8	42,7	42,8	2,1
Mendoza	13,1	20,2	54,0	41,3	48,9	18,5	44,2	35,4	-20,1
Misiones	6,9	11,0	58,2	33,3	50,9	17,7	41,8	33,8	-19,2
Neuquén	8,9	13,8	56,2	46,3	51,3	10,8	43,2	34,9	-19,2
Río Negro	6,2	13,3	63,4	46,0	49,0	2,0	40,9	38,0	-7,1
Salta	7,7	12,6	64,8	36,2	41,1	13,5	51,9	45,2	-13,1
San Juan	12,9	17,1	32,6	39,8	41,9	5,2	46,6	45,1	-3,2
San Luis	13,9	19,9	43,4	41,5	44,0	6,1	45,2	44,3	-1,9
Santa Cruz	8,5	10,1	19,0	44,8	50,7	13,1	44,4	40,0	-9,8
Santa Fe	13,2	19,4	47,0	43,2	50,2	16,3	39,5	32,9	-16,7
Santiago del Estero	5,7	7,7	33,8	35,1	40,7	16,1	50,6	44,9	-11,4
Tucumán	13,4	20,6	54,2	34,1	40,1	17,6	48,6	42,4	-12,8
Tierra del Fuego	6,8	11,2	65,4	43,1	51,2	18,6	48,2	38,3	-20,6

Fuente:

https://ddd.uab.cat/pub/estudis/2017/171528/Indicadores_del_sistema_universitario_argentino.pdf

Un dato importante a tener en cuenta es que Bs. As cuenta con la universidad de mayor prestigio académico no solo de Argentina, sino de Latinoamérica. La UBA, Universidad de Buenos Aires, cuenta con la mayor cantidad de graduados a nivel nacional.

En términos académicos, la UBA representó la universidad con mayor cantidad de graduados en Argentina, destacándose así con 17.671 egresados. En cuarto lugar, encontramos a la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) con 6.897 graduados. Por Ontivero Julieta | Toranzo Virginia | Viola Sofía

lo tanto, entre las cuatro provincias analizadas es la que cuenta con mayor cantidad de profesionales capacitados para integrar a la organización.

B.5.1.2. Mendoza

B.5.1.2.1. Población

Mendoza es una de las provincias del Centro-Oeste argentino. De acuerdo con los datos demográficos encontrados, se coloca en el puesto N° 3 en mayor cantidad de habitantes, siendo ésta 1.738.929 ciudadanos. La distribución según el censo de 2010 presenta la siguiente pirámide poblacional:

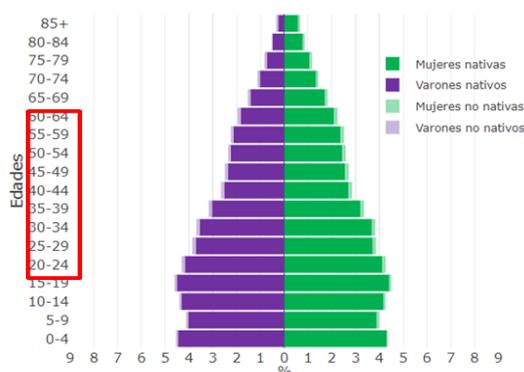


Figura 2.7. Pirámide poblacional de la provincia de Mendoza

Fuente: <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Institucional-Indec-IndicadoresDemograficos>

Los residentes mendocinos se encuentran distribuidos principalmente en zonas urbanas, debido a una migración de habitantes de las zonas rurales. Este traslado afecta directamente a la cantidad de mano de obra posible para la empresa.

B.5.1.2.2. Empleo

La cantidad total de población en edad de trabajar según el censo de 2010 es 1.033.792. Los más jóvenes (18 - 45 a) representan el 68,28 % del total de personas activas.

El empleo registrado en la provincia se encuentra en aumento, con una tasa del 43,00 % en el segundo trimestre de 2019.

B.5.1.2.3. Indicadores

En cuanto a los indicadores socioeconómicos, Mendoza se encuentra positivamente sobre el promedio del total del país en vivienda adecuada, ocupados con secundario completo y cobertura de salud. De manera negativa, su promedio sobrepasa al país en asalariados sin descuento jubilatorio, brecha de ingresos y pobreza. Por el contrario, el promedio es menor positivamente en mortalidad infantil

e indigencia, y menor negativamente en hogares con acceso a internet e ingreso per cápita.

Todas estas características nos dan una idea de la población que reside en la provincia, y con los colaboradores que posiblemente realicen sus labores asalariadas en la empresa. Las mismas son tomadas en cuenta ya que los habitantes que cuenten con una mejor calidad de vida, estarán más motivados y comprometidos a realizar un buen trabajo, además de mejor preparados debido a sus capacidades intelectuales, disposición al cambio y futura productividad.

B.5.1.2.4. Educación

Debido al sector de la industria en donde llevamos a cabo las actividades, se necesitan profesionales capacitados para que sean parte del proceso y la toma de decisiones. Por eso, es necesario comprender detalladamente la cantidad de universidades, alumnos y egresados de la provincia.

De los estudiantes universitarios en edad de recibirse en todas las universidades de la provincia, el 48,90 % finalizaron sus estudios superiores. Mientras que un 35,40 % decidieron abandonarlos. Además, entre un 17,00 % y 28,00 % de habitantes entre 18 - 24 a comenzaron sus estudios universitarios.

B.5.1.3. Santa Fe

B.5.1.3.1. Población

Santa Fe, si bien no es la provincia de mayor extensión entre Mendoza, Bs. As y Neuquén, cuenta con la segunda mayor cantidad de habitantes entre estas cuatro. El valor de población al año 2016 fue de 3.425.656. Regionalmente, se encuentra en la zona Centro-Este del país. La misma se encuentra en medio de todas las provincias analizadas.

La distribución según el censo de 2010 presentó la siguiente pirámide poblacional:

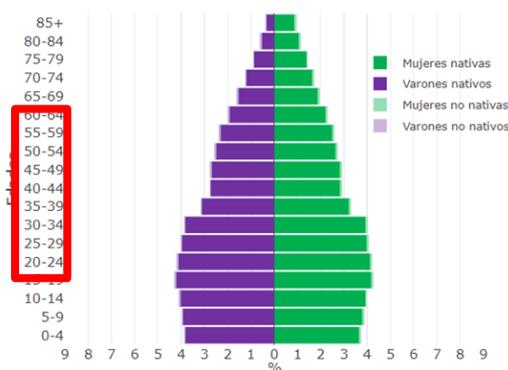


Figura 2.8. Pirámide poblacional de la provincia de Santa Fe

Fuente: <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Institucional-Indec-IndicadoresDemograficos>

A diferencia de las demás representaciones, se puede ver una considerable disminución de los nacimientos que se acerca cada vez más a la cantidad de habitantes de tercera edad que viven en la provincia. De las cuatro provincias analizadas, debido a su distribución demográfica, es la que presenta el mayor grado de inquietud.

B.5.1.3.2. Empleo

Es necesario analizar a la población que cuenta con la posibilidad de comenzar a trabajar, es decir, desde los 18 - 65 a. La cantidad de hombres y mujeres en plena capacidad para realizar un trabajo es de 1.938.674 habitantes. Los más jóvenes (18 - 45 a) representan el 67,56 % del total de personas activas.

La tasa de empleo en la provincia se encuentra cercana al 42,10 %. La tasa de desocupación disminuyó a 9,40 % en el segundo trimestre de 2017.

B.5.1.3.3. Indicadores

Los indicadores presentan un aumento en la tasa de empleo provincial, siendo este mayor al promedio del total del país. En cuanto a la calidad y condición de vida de la población santafesina, la pobreza se encuentra en niveles menores al nacional, además de tener una tendencia a su disminución. Caso contrario a la indigencia, lo que significa que existen más personas que no llegan a sustentar sus necesidades básicas y esenciales. La indigencia es menor a la del país, por lo que se encuentra en concordancia con Mendoza y Neuquén, no así con Bs. As.

Cuando se habla de empleo registrado, y su consecuente salario, se puede notar una mayor diferencia entre Santa Fe y las demás provincias.

B.5.1.3.4. Educación

Como último punto a tener en cuenta, se presentan a las universidades y el grado de egreso que existe en la provincia. Como se pudo observar al definir el mismo

concepto en la provincia de Bs. As, Santa Fe cuenta con una de las cinco universidades con mayor cantidad de egresados del país en la UNR, y esto también se ve reflejado en el aumento de la tasa de egresados en dicha provincia. Además, como es el caso de todas las jurisdicciones la tasa de abandono es menor al 35,00 %.

B.5.1.4. Neuquén

B.5.1.4.1. Población

Neuquén es una de las provincias que conforman el Sur argentino, según la división de regiones presentada al inicio. De acuerdo con los datos demográficos encontrados, se coloca en el puesto N° 4 en cantidad de habitantes, siendo ésta de 665.501 habitantes. La distribución según el censo de 2010 presentó la siguiente pirámide poblacional:

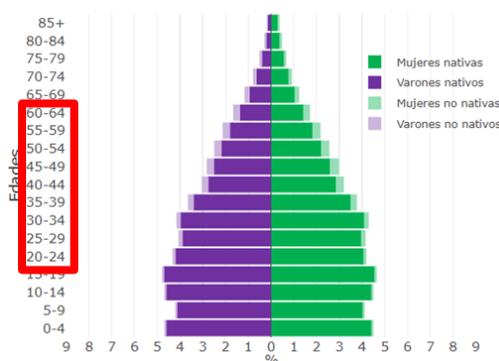


Figura 2.9. Pirámide poblacional de la provincia de Neuquén

Fuente: <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Institucional-Indec-IndicadoresDemograficos>

Esta pirámide, al igual que otra de las provincias tenidas en cuenta para la localización de la empresa, cuenta con una buena base y forma de campana, denotando que existe más cantidad de personas en edad de trabajar que personas en edad jubilatoria. Tanto Neuquén como Mendoza, presentan una curva en mejores condiciones etarias que Santa Fe y Bs. As.

B.5.1.4.2. Empleo

La cantidad, entre hombres y mujeres, de personas en edad de trabajar alcanza el valor de 175.752 habitantes. Los más jóvenes (18 - 45 a) representan el 71,67 % del total de personas activas.

B.5.1.4.3. Indicadores

Teniendo en cuenta a los indicadores socio-económicos, Neuquén se encuentra sobre el promedio del total del país positivamente en vivienda adecuada, cobertura de salud, ingreso per cápita y acceso a internet. De manera contraria, el

promedio es menor positivamente en brecha de ingresos, mortalidad infantil, pobreza e indigencia, y menor negativamente en asalariados sin descuento jubilatorio y ocupados con secundario completo.

B.5.1.4.4. Educación

En cuanto a sus egresados universitarios, presenta una mayor cantidad que la provincia de Mendoza, ya que el porcentaje es 51,30 %, y su tasa de abandono es de 34,90 %. En relación a la tasa de jóvenes que deciden seguir estudiando al terminar el nivel secundario de educación, existe entre un 17,00 % y 28,00 % que se decide por esta opción. Se puede interpretar que estos números son parecidos a los de las demás provincias, pero al hacer referencia a porcentajes, se debe aplicar a la cantidad de habitantes, o mejor dicho a la cantidad de personas en este rango etario (18 - 24 a), lo cual al ser la provincia con menor cantidad de población entre las cuatro analizadas, se reduce considerablemente el valor.

B.6. Factor 6: Energía eléctrica y servicios de gas natural

Particularmente, el estudio se va a centrar en energía eléctrica, ya sea eólica, nuclear, hidráulica, solar térmica, geotérmica o recursos no renovables; la cual es una parte clave del desarrollo industrial.

Además, se debe tener en cuenta el plan RenovAr. El mismo se basa en el suministro y abastecimiento de energía eléctrica por medio de fuentes renovables, con el fin de convertir y evolucionar la matriz energética argentina, haciendo énfasis también en el cuidado del medio ambiente.

La demanda nacional del rubro al que pertenece la industria en cuestión, en abril de 2022 fue de 34,00 GWh, representando un 7,70 % de variación respecto al mismo mes del año anterior. La potencia instalada de Argentina en el año 2021 fue de 42.989,00 MW. Este valor representa un incremento del 2,50 % comparado con el mismo período del año anterior (enero – diciembre).

Además, se consideran las fuentes de gas natural, necesarias para partes del proceso productivo del PP, y para mantener una temperatura adecuada dentro de la planta. Es importante tener en cuenta el gas natural ya que es uno de los suministros de energía más limpios y amigables con el ambiente, debido a su composición con menor cantidad de dióxido de carbono y menores emisiones a la atmósfera comparada con otras fuentes. El sector químico es responsable de hasta el 10,00 % del consumo mundial de energía. Como el gasto energético constituye una parte fundamental del presupuesto de una planta petroquímica, su utilización más eficiente es necesaria para no perder rentabilidad en este sector tan competitivo.

B.6.1. Análisis por provincia de la energía eléctrica y el gas natural.

B.6.1.1. Bs. As.

B.6.1.1.1. Energía eléctrica

La potencia instalada energética se refiere a la potencia de una central eléctrica, es decir, la cantidad de energía posible de generar y repartir a sus usuarios. La misma fue de 15.285,00 MW a finales de 2019, para la generación de energía eléctrica en PBA. Su composición se repartió en 89,00 % térmica, 7,00 % nuclear y 4,00 % renovables.

En términos porcentuales, la PBA genera cerca del 38,00 % de la potencia total del territorio argentino. El GBA (Gran Buenos Aires) genera el 52,00 % de la potencia provincial en centrales térmicas. La generación de energía eléctrica en la PBA, en 2019, fue de 46.541,00 GWh (87,00 % térmica, 9,00 % nuclear y 4,00 % renovable), con una caída del 12,00 % interanual, la cual supera al promedio total del país.

En cuanto al plan RenovAr, las energías renovables con las que mayormente cuenta PBA son eólica, biomasa, biogás y biogás RS (a partir de residuos sólidos), las cuales tienen una potencia de 466,40 MW, 14,20 MW, 9,80 MW y 10,00 MW respectivamente.

B.6.1.1.2. Gas natural

En cuanto al gas natural, Bs. As cuenta con una gran red de gasoductos. A partir de la misma, se generan 4.192.311 de usuarios a lo largo de la provincia, de los cuales el 0,04 % corresponden a los grandes usuarios.

En 2021 el consumo de los grandes usuarios aumentó un 4,00 % respecto a 2011, año inicial de la serie, y se incrementó en un 23,00 % respecto a 2016, donde se registró el menor volumen consumido del período analizado.

B.6.1.2. Mendoza

B.6.1.2.1. Energía Eléctrica

Mendoza es una de las provincias que más hace hincapié en la producción de energía con base en el uso de recursos renovables, teniendo en cuenta su capacidad productiva, recursos y cantidad de usuarios generadores. Desde la Subsecretaría de Energía y Minería de Mendoza afirmaron que la provincia genera la mitad de la energía renovable de todo el país. Con la primera etapa del Plan RenovAr, se le concedió 175 MW.

La provincia cuenta con una potencia de 949,40 kW, posicionándola en el cuarto lugar, detrás de CABA, Bs. As y Córdoba.

Los indicadores revelan que la demanda de energía eléctrica en el año 2018 fue de 5.935,00 GWh.

En cuanto al plan RenovAr, las energías renovables con las que mayormente cuenta la provincia de Mendoza son solar, hidráulica y eólica, las cuales tienen una potencia de 231,00 MW, 23,00 MW y 50,00 MW respectivamente.

B.6.1.2.2. Gas Natural

Si se hace hincapié en los indicadores, se puede observar que la demanda de gas en el año 2018 fue de 1.822 millones de m³, entre consumo privado industrial y consumo domiciliario.

Las redes de gas natural de la provincia distribuyen gas natural a 421.918 usuarios de 18 departamentos, siendo los grandes usuarios el 0,07 % de ellos. En el período 2016 - 2019 las bajas superan a las incorporaciones siendo estas un 173,00 % menos que el período anterior.

B.6.1.3. Santa Fe

B.6.1.3.1. Energía Eléctrica

La demanda de energía eléctrica por parte de las grandes empresas en la región centro del país en el mes de mayo de 2022 fue de 86,30 MW. Y respecto a la capacidad instalada de la región, en el año 2021 fue de 3.075,00 GWh.

El porcentaje del consumo de energía eléctrica por parte de grandes usuarios en MWh, del total de las ramas industriales en que participa la industria química es del 2,50 %.

En cuanto al plan RenovAr, las energías renovables con las que mayormente cuenta la provincia de Santa Fe son biomasa, biogás y biogás RS, las cuales tienen una potencia de 7,00 MW, 22,00 MW y 3,00 MW respectivamente.

B.6.1.3.2. Gas Natural

El gas natural se obtiene de gasoductos provenientes de Mendoza que ya entregan gas a la provincia, pero además de Santa Fe cuenta con proyectos dedicados a la utilización y generación de este gas.

De la totalidad de usuarios del gas natural en la provincia de Santa Fe, solo el 0,03 % es parte de la denominación "Grandes Usuarios". Este término compete al tipo de organización industrial de la que se pretende ser parte.

B.6.1.4. Neuquén

B.6.1.4.1. Energía Eléctrica

La provincia cuenta con una capacidad instalada de 6.499,00 MW, según información oficial recopilada a finales de 2019. Se puede dividir esta potencia en 72,00 % hidroeléctrica y 28,00 % térmica. A su vez, se incorporaron 190,00 MW relacionados únicamente a centrales térmicas. En los últimos meses de 2019 fue habilitado el primer parque eólico de la provincia, que cuenta con 100,50 MW de potencia instalada.

Además, la generación de energía eléctrica en Neuquén, en 2019, fue de 20.884,00 GWh, correspondiendo un 45,30 % a fuentes hidroeléctricas y un 54,70 % a térmica. Estos porcentajes simbolizan el 16,00 % del total del país.

La demanda de electricidad de Neuquén en 2019 fue 2.136,00 GWh. Los Grandes Usuarios representan el 0,068 % de los usuarios. A pesar de tener un gran rol en generación de energía, Neuquén sólo consume un 10,00 % de lo que produce. El resto va a otras provincias vía el sistema interconectado nacional.

En cuanto al plan RenovAr, las energías renovables con las que mayormente cuenta la provincia de Neuquén son eólica la cual tiene una potencia de 75,00 MW.

B.6.1.4.2. Gas Natural

Como ya se mencionó en cercanía a los proveedores de materia prima, la producción hidrocarburífera se afirma en la cuenca neuquina, la cual produce la mayor cantidad de shale gas del país. Este gas tiene exactamente los mismos usos que el gas natural.

La producción de gas natural en la provincia es prevalente debido a que cuenta con importantes cuencas e industrias o refinerías que se encargan de obtenerlo, como lo es YPF. Ahora bien, esta producción tiene en cuenta el gas de alta, media y baja presión. Neuquén produjo en el año 2016, 21.646.329,00 Mm³.

Las redes de gas proveen gas natural a 207.166 siendo el 0,01 % de ellos del tipo grandes usuarios.

C. MÉTODO CUALITATIVO POR PUNTOS

Para poder definir la macrolocalización más adecuada para la planta, se realizó un cuadro comparativo de todos los factores analizados con anterioridad, asignando a cada provincia una calificación del 1 al 10, según corresponda, siendo el 1 el menos óptimo y el 10 el valor más óptimo. El resultado obtenido fue el siguiente:

Tabla 2.3. Calificación ponderada de cada provincia

		Factores						
		Materia Prima	Clientes	Rutas y Autopistas	Legislación	Mano de Obra	Energía	Total
Provincias	Peso Asignado	0,25	0,25	0,10	0,05	0,20	0,15	1,00
Buenos Aires	Calificación	10	9	8	7	8	4	
	Calificación ponderada	2,5	2,25	0,8	0,35	1,60	0,60	8,10
Mendoza	Calificación	7	5	6	7	7	9	
	Calificación ponderada	1,75	1,25	0,60	0,35	1,40	1,35	6,70
Santa Fe	Calificación	7	6	7	7	7	6	
	Calificación ponderada	1,75	1,50	0,70	0,35	1,40	0,90	6,60
Neuquén	Calificación	7	3	5	7	4	7	
	Calificación ponderada	1,75	0,75	0,50	0,35	0,80	1,05	5,20

Tal como se puede observar en la tabla 2.3, la mayor calificación la obtuvo la provincia de Bs. As, con un puntaje de 8,10. Por este motivo, se concluye que la planta productora de pellets de PP será ubicada allí.

MICROLOCALIZACIÓN

De acuerdo al método de factores ponderados, la macrolocalización más adecuada para la planta es la provincia de Bs. As. A continuación, se analizan algunas cuestiones relevantes en Bs. As para poder determinar la microlocalización de la empresa, particularmente, el parque industrial en donde estará ubicada la misma.

A. DISPONIBILIDAD DE TERRENOS INDUSTRIALES EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

Argentina cuenta con una totalidad de 586 parques industriales distribuidos a lo largo del país, los cuales ocupan 32.126,00 ha de superficie. Dentro de los mismos se encuentran radicadas 3.806 empresas.

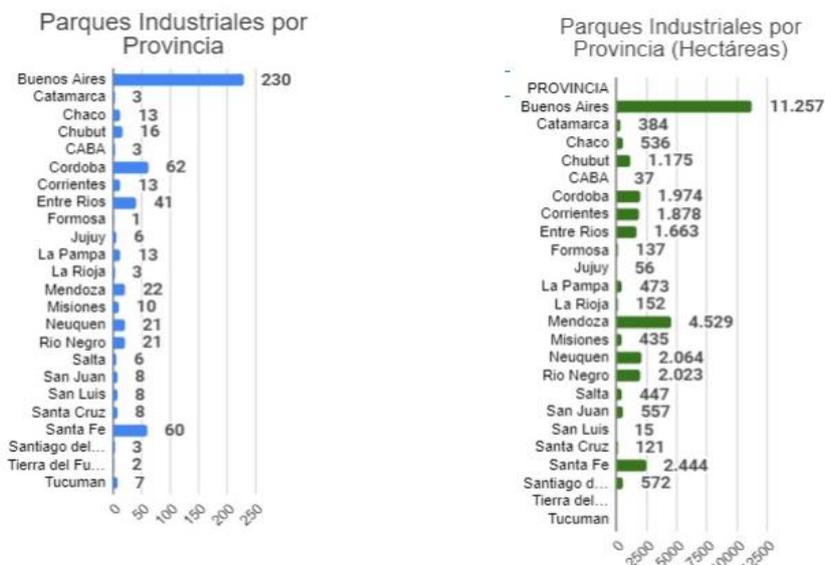


Figura 2.10. Parques industriales y hectáreas ocupadas por provincia.
Fuente: <https://parquesindustriales.com.ar/indicadores-2/>

Como se observa en la figura 2.10, Bs. As es la provincia con más cantidad de parques industriales. De un total de 135 municipios, 77 de ellos cuentan con parques industriales.

Según el Registro Nacional de Parques Industriales (RENPI) 90 parques de PBA están registrados, lo que representa el 35,00 % del total nacional. Los mismos cuentan con 2.074 empresas radicadas, que se puede traducir como un 33,00 % del total nacional. Un aspecto muy importante a tener en cuenta es que gracias a la radicación de estas empresas se generaron 56.074 puestos de trabajo, es decir, un 46,00 % del total nacional.

El tamaño promedio de los parques en la provincia es de 64,90 ha. La superficie de los parques industriales privados supera a los de los públicos, y en su mayoría están localizados en el GBA. De la totalidad de parques un 82,00 % de la superficie aproximadamente se encuentra ocupada. En promedio, los parques cuentan con 11,90 ha disponibles.

Las principales plantas productoras de materias primas plásticas, se encuentran mayormente en la PBA: en el Polo Petroquímico Bahía Blanca, de Ensenada, y en el área de Zárate-Campana. Es por eso que a continuación se desarrollan los parques industriales de Bahía Blanca, Ensenada, Zárate y Campana eligiendo el más apto para la microlocalización de la planta.

A.1. Polo petroquímico Berisso - Ensenada

Este polo se ubica a 7,00 km de La Plata, y se encuentra entre los municipios de Berisso y Ensenada, constituyendo uno de los tres principales en Argentina junto

a los polos de Bahía Blanca, en PBA y de San Lorenzo en Santa Fe, los cuales concentran la mayor parte de las industrias de este sector en el país.

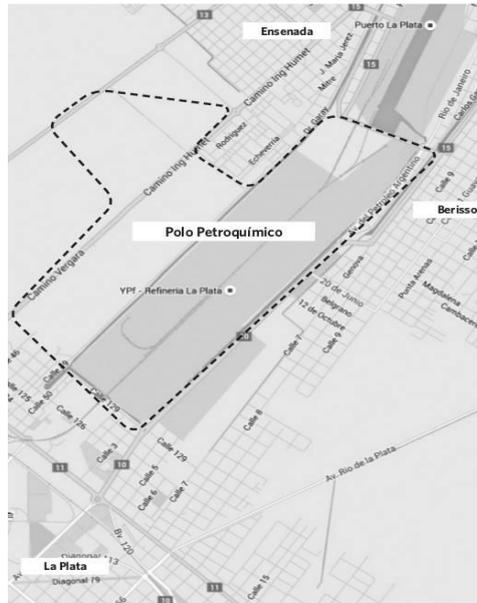


Figura 2.11. Ubicación del Polo Petroquímico Berisso-Ensenada.

Fuente: <https://opsur.org.ar/2015/11/06/contaminacion-en-gran-la-plata-a-causa-del-polo-petroquimico/>

El Polo petroquímico Berisso - Ensenada, se creó en 1925 con la inauguración de la Destilería La Plata de YPF; se encuentra formado por varias industrias que desarrollan procesos productivos utilizando como materias primas gas natural o derivados de la destilación del petróleo con el fin de obtener productos básicos, intermedios y finales.

Actualmente la situación es muy preocupante, Ensenada está en el quinto puesto en cuanto a la calidad ambiental, mientras que Berisso en el decimoquinto puesto, siendo una de las peores ciudades rankeadas de un total de 511 municipios. Por lo antes mencionado es que el polo representa una de las principales amenazas a las que se encuentra expuesta la población de La Plata.

La capacidad contaminante de este polo, abarca los recursos hídricos cercanos, ya que realiza la descarga de sus efluentes en los canales de Ensenada y Berisso, así como también, a la atmósfera a través de sus contaminantes sólidos y gaseosos, propios de esta actividad, encontrándose a la contaminación atmosférica como la principal fuente de efectos en la salud.

Un aspecto importante a tener en cuenta en el Polo petroquímico Berisso - Ensenada es la gran mano de obra y personas especializadas disponibles en la zona, ya que las universidades y escuelas técnicas generan recursos humanos preparados para trabajar en las grandes industrias de la zona, en especial la Técnica N° 2 de Ensenada, reconocida en la región por su especialidad en electromecánica,

informática y química. Gracias a este factor las empresas ofrecen pasantías, como es el caso de YPF y de Siderar.

Como conclusión, se establece que no será apta la radicación de la planta en el Polo petroquímico Berisso - Ensenada, por los problemas actuales que está atravesando el mismo con respecto a la contaminación ambiental; no sería decente colocar otra industria que genere más contaminación aún, poniendo más en riesgo a las localidades ya afectadas.

Muy cerca al Polo petroquímico se encuentra el parque industrial de Berisso, pero esta posibilidad tampoco es viable debido a que las parcelas disponibles en el parque cuentan como máximo con 5.000,00 m², por lo que consideramos que ese tamaño de lote es muy pequeño para la industria productora de pellets de PP que cuenta con un proceso productivo extenso, con varios equipos y maquinarias a utilizar, lo que demandará un gran espacio físico para poder desarrollar correctamente todas las operaciones unitarias y de transformación química.

A.2. Polo Petroquímico Bahía Blanca.

El municipio de Bahía Blanca se encuentra en el vértice de tres importantes accesos: la ruta nacional N° 3, la ruta nacional N° 33 y la ruta nacional N° 35 que la convierten en un importante nudo de comunicaciones.

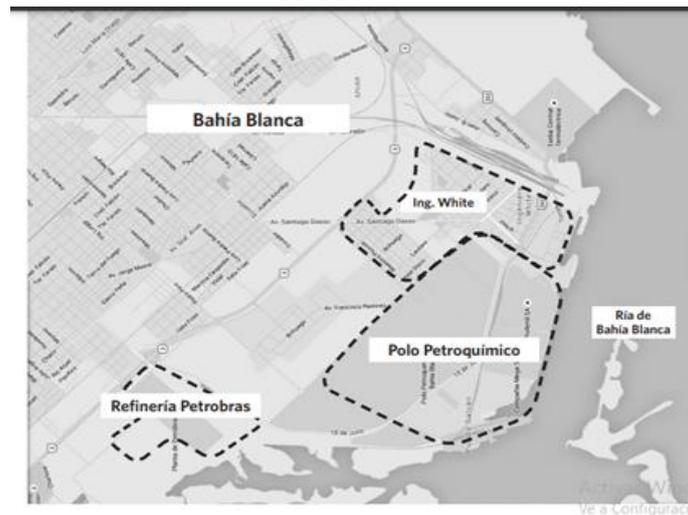


Figura 2.12. Ubicación del Polo Petroquímico Bahía Blanca.
Fuente: <https://jineteinsomne.com/media/polos.pdf>

A.2.1. Parque industrial Bahía Blanca

Se encuentra en una ubicación privilegiada para acceder tanto desde el puerto, como por rutas y vías férreas. Se trata de un parque de 136,00 ha, y cuenta con 50 lotes industriales, la mayoría vendidos.

La provisión de servicios de electricidad, agua potable, gas natural, red de pavimento y desagües pluviales no es excelente, pero cuenta con la proximidad a los grandes centros de consumo del Mercosur (a través de la red vial), además de contar con un importante puerto de ultramar y un centro de importancia como es Bahía Blanca a 5,50 km.

Hay varias ventajas o razones que justifican su radicación:

- Puerto de Bahía Blanca
- Variada oferta educativa
- Disponibilidad de mano de obra calificada
- Disponibilidad de agua en la zona.
- Importante red vial y ferroviaria.

El parque industrial Bahía Blanca se encuentra a 648,00 km de la refinería YPF ubicada en Ensenada, la más importante del país y de la provincia, esto equivale a 8,50 h de viaje aproximadamente.

La ubicación de la planta en el Polo petroquímico Bahía Blanca y más específicamente dentro del parque industrial es una buena posibilidad ya que tiene muchas ventajas; como se mencionó anteriormente se cuenta con la cercanía al puerto, una importante red vial y ferroviaria, gran mano de obra calificada y especializada, entre otras. Además, no posee problemas ambientales contaminantes hasta el momento; si bien las empresas ubicadas ahí contaminan, el parque se encuentra bastante alejado de la zona urbana.

Sin embargo, posee algunas desventajas. En primer lugar, la poca disponibilidad de lotes, que impide la posibilidad de poder elegir el lote más adecuado para la planta. Otro aspecto negativo es el largo recorrido que hay que realizar para llegar a la refinería YPF de Ensenada, esto generaría muchos gastos a la hora de tener que transportar el producto, además de una gran pérdida de tiempo.

A.3. Polo petroquímico área Zárate-Campana

A.3.1. Parque industrial Zarate

El parque industrial Zárate se encuentra ubicado en la localidad de Zárate, Bs. As, en la Zona Industrial 2 que corresponde a la zona industrial exclusiva (Zona D) apta para la instalación de establecimientos industriales de primera, segunda y tercera categoría, de acuerdo al art. 15 de la Ley N° 11.459, reglamentada por el decreto 1.741/96.

Está limitado por el Camino de la Costa Brava y por el Camino de Santa Ana, ocupando una superficie de 39,62 ha. Su óptima ubicación lo ha convertido en la puerta de entrada y salida al Mercosur.

Su ubicación sobre la costa del Río Paraná de las Palmas favorece la comunicación fluvial con los mercados regionales. La comunicación terrestre está reforzada por las rutas N° 9, 12, 193, 6 y 8 y por las líneas ferroviarias TBA, que canalizan la producción industrial Bs. As-Rosario, del oeste y del norte del país y un acceso aéreo.

Los servicios con los que cuenta el parque son los siguientes:

- Energía eléctrica.
- Gas industrial. Posee una presión de 0,70/2,50 MPa y un caudal disponible de 6.000,00 m³/h.
- Recurso hídrico subterráneo: el abastecimiento de agua se hace por medio de una perforación por predio, con un caudal máximo de explotación de 10,00 m³/h por cada ha.
- Desagües industriales: cada lote puede eliminar sus efluentes tratados, aprovechando la pendiente natural de los terrenos. La factibilidad de vuelco es de 100 l/s de aguas industriales previamente tratadas.

A.3.2. Parque industrial Campana

Este parque se encuentra en Campana, Bs. As. Cuenta con varias vías de comunicación como las rutas nacionales N° 9, N° 12 y N° 6. Además, posee entrada a los dos puertos locales y cuenta con red fluvial en la zona.

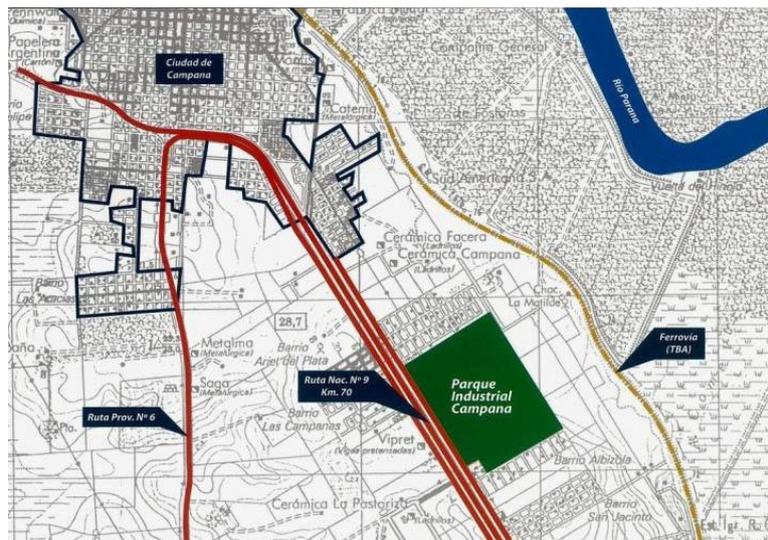


Figura 2.13. Localización del Parque Industrial Campana.

Fuente: <https://www.zonaprop.com.ar/propiedades/lotes-industriales-parque-industrial-campana-40246256.html>

El parque cuenta con una longitud total de 4.633,00 m y una superficie total de 32.626,00 m². En cuanto a los desagües pluviales, todos los terrenos desagüan para evitar inundaciones.

La totalidad de las parcelas cuenta con conductos subterráneos que reciben los efluentes líquidos industriales. Además, poseen cañerías adicionales que recolectan estos líquidos y los depositan en el cuerpo receptor final que es el Río Paraná.

La red interna de gas recorre una longitud total de 4.669,00 m, y respecto a la energía eléctrica, la misma proviene de la Subestación Transformadora Campana 1, que cuenta con dos transformadores de 30,00 MVA de 33,00/13,20 kV.

Por último, el parque brinda recurso hídrico subterráneo; el abastecimiento de agua se hace por medio de una perforación en cada parcela, con un caudal medio de explotación de 10,00 m³/h.

Un dato muy importante a tener en cuenta es la distancia que hay del mismo a la refinería YPF La Plata, que se encuentra a 135,40 km, lo que representaría un viaje de 2 h aproximadamente, un aspecto ventajoso a tener en cuenta para el transporte.

El parque industrial Campana actualmente cuenta con varios lotes disponibles de distintas dimensiones, 35.810,00 m², 11.502,00 m², 19.880,00 m², 10.508,00 m², entre otros. Esta es una gran ventaja a la hora de elegir la radicación de la planta.

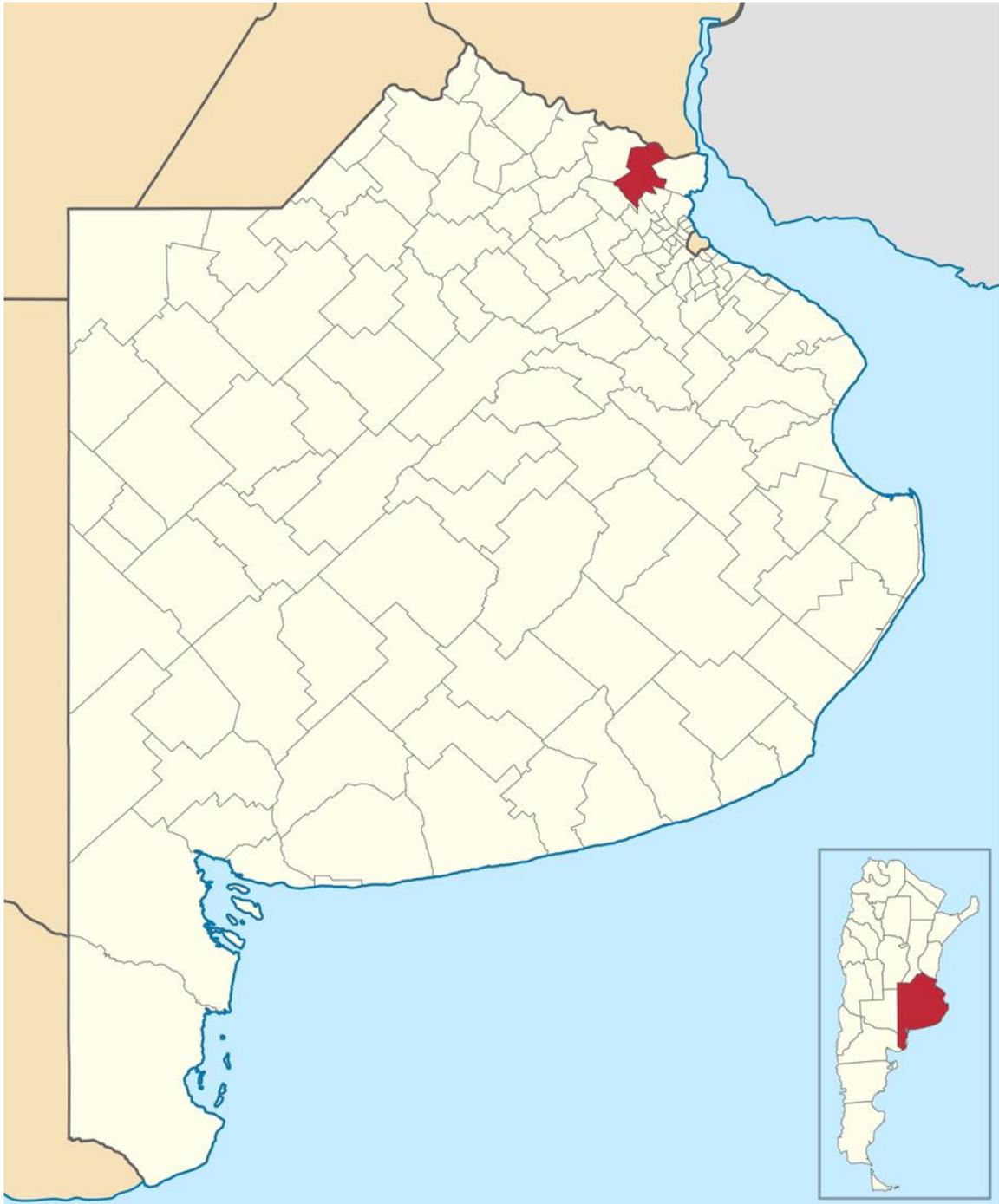
Una de las empresas radicadas en éste es Sigdopack, fabricante de BOPP, que como se mencionó es uno de los grandes posibles clientes. Esto representa un gran beneficio y comodidad para el cliente a la hora de tener que comprar la materia prima para su proceso.

CONCLUSIONES

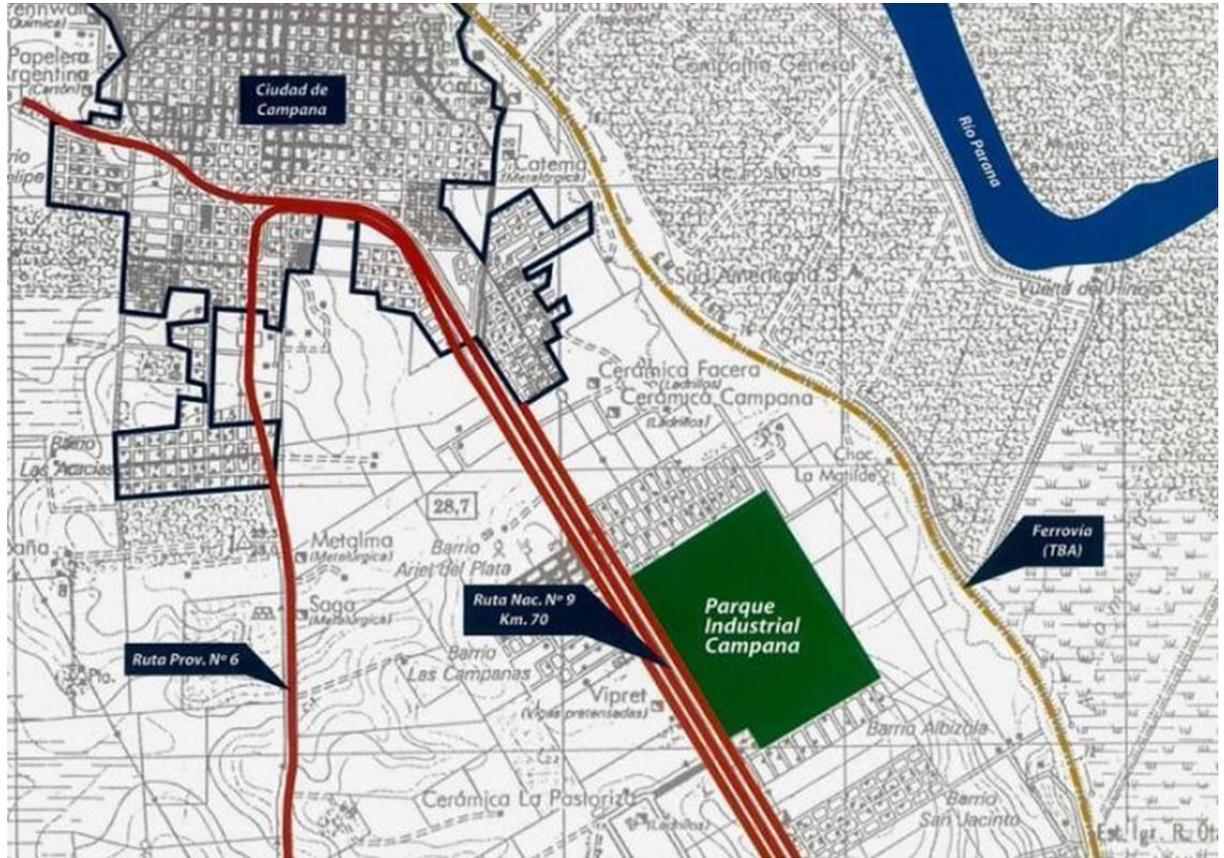
Después de haber realizado el análisis de cada uno de los factores ponderados utilizados en el método por puntos, se puede concluir que el parque más óptimo para la planta es el Parque Industrial Campana, ubicado en el partido de Campana, provincia de Bs. As. A continuación, se resumen los puntos más favorables que llevaron a la elección del mismo.

- Cuenta con varias vías de comunicación: rutas nacionales y provinciales, y ferrovías que enlazan con la ciudad de Bs. As y provincias vecinas.
- Brinda varios servicios: red interna de gas, alimentación de energía eléctrica, recurso hídrico subterráneo y red fluvial en la zona a través del Río Paraná que se vincula con los puertos.
- Cuenta con disponibilidad de lotes de distintos tamaños.
- En el parque se encuentra radicada Sigdopack, empresa fabricante de films de BOPP, que representa uno de los clientes más importantes para la empresa.
- Mayor cercanía a la refinería YPF de Ensenada, en comparación con los otros parques antes analizados.

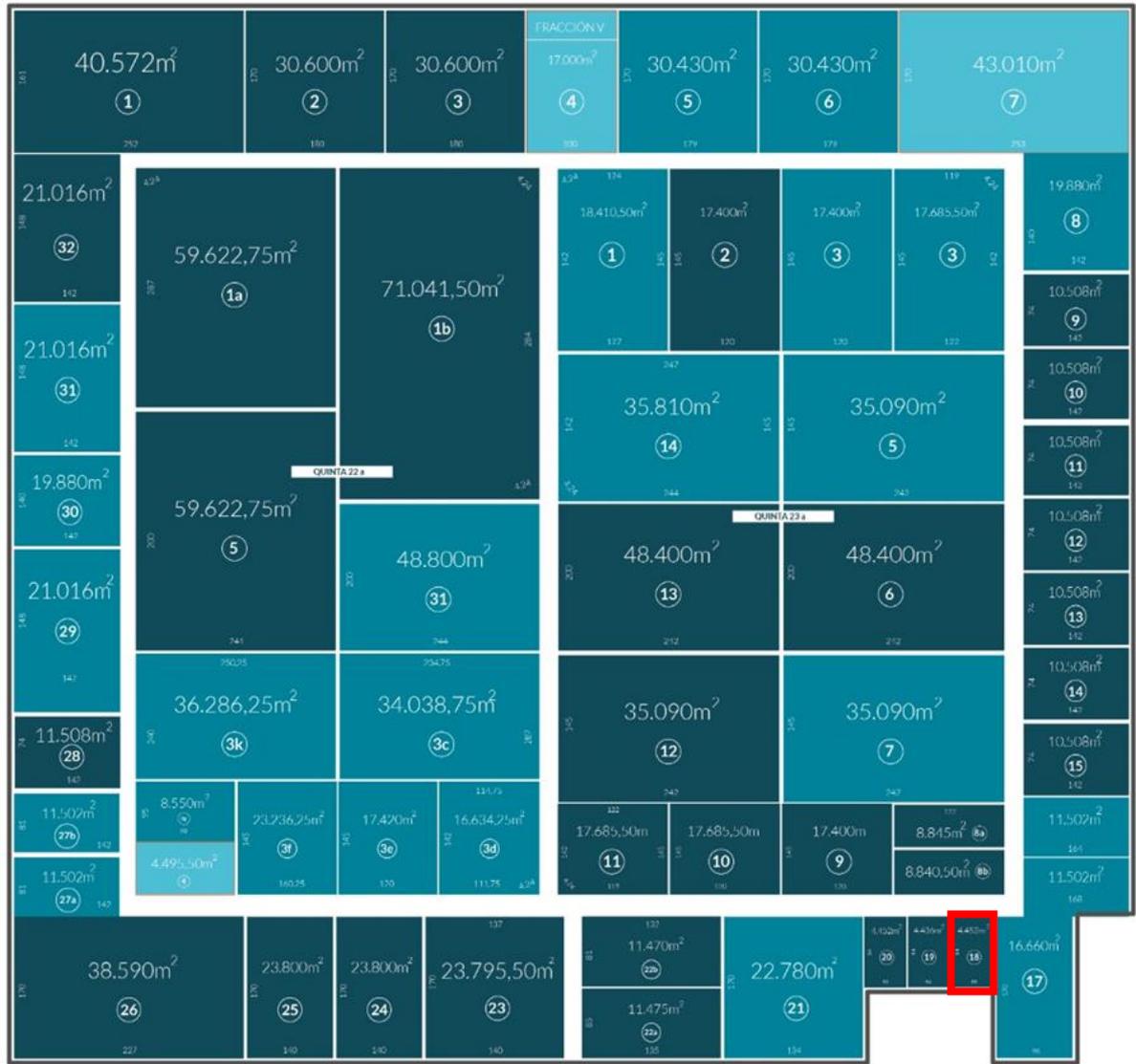
El lote que se seleccionó para la instalación de la planta es el lote N° 18, el mismo posee una superficie de 4.452,00 m². Este lote cuenta con 81,00 m de largo, y 55,00 m de ancho.



UTN FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO Especialidad Ingeniería Química		PROYECTO: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO
Realizó	Ontivero, Julieta – Toranzo, Virginia – Viola, Sofía	
Firma		
Controló		Fecha
Escala 1:4.800.000	UBICACIÓN PROVINCIAL	
		Lámina N° 1.1



UTN FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO Especialidad Ingeniería Química		PROYECTO: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO
Realizó	Ontivero, Julieta – Toranzo, Virginia – Viola, Sofía	
Firma		
Controló		Fecha
Escala	- UBICACIÓN REGIONAL	
		Lámina N° 1.2



Referencia
 Lote elegido

UTN FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO Especialidad Ingeniería Química		PROYECTO: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO
Realizó	Ontivero, Julieta – Toranzo, Virginia – Viola, Sofía	
Firma		Lámina N° 1.3
Controló		
Fecha		
Escala 1:50	UBICACIÓN LOCAL	

UNIDAD N° 3

PROCESO DE ELABORACIÓN

INTRODUCCIÓN

SELECCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

Los procesos de obtención del PP son variados y fueron cambiando con la evolución en el estudio de los distintos catalizadores. Pueden clasificarse en tres tipos: procesos en suspensión o “slurry”, procesos en masa y procesos en fase gas.

Los procesos en suspensión son los más antiguos, y tienen la particularidad de que se requiere un solvente como butano, heptano, hexano o incluso parafinas más pesadas, que sirven de medio de dispersión del polímero producido. En los procesos en masa, se sustituye el solvente por propileno líquido; y los procesos en fase gas, evitan la necesidad de un solvente o un medio líquido (y su posterior separación y recuperación) para dispersar los reactivos y productos del reactor. Sólo requiere la desactivación de una pequeña parte de los residuos del catalizador antes de la incorporación de aditivos.

Los procesos en fase gas fueron los que redujeron a pocos pasos la fabricación del PP.

En la presente unidad se comenzará describiendo los distintos métodos de obtención de PP, se seleccionará uno en base a las ventajas y desventajas que presente, y éste será descrito de manera exhaustiva para poder comprender mejor las etapas a seguir.

SELECCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

A. PROCESO EN SUSPENSIÓN O SLURRY

Este proceso comienza con la preparación del catalizador. Las etapas sucesivas son la polimerización, recuperación de monómero y solvente, remoción de residuos de catalizador, remoción de PP atáctico y de bajo peso molecular, secado del producto, adición de modificadores y extrusión del polímero.

El sistema catalítico que utiliza es el $TiCl_3$ (tricloruro de titanio) con $Al(C_2H_5)_2Cl$ (monoclorodietilaluminio), en solución con heptano. El $TiCl_3$ se obtiene por reducción del $TiCl_4$ con $C_6H_{15}Al$ (trietilaluminio), en un reactor agitado y luego se introduce al reactor en donde va a ocurrir la reacción de polimerización.

El propileno se polimeriza en estado líquido a una temperatura entre 60,00 – 80,00 °C, y presión entre 0,50 - 1,20 MPa; introduciendo hidrógeno para reducir el peso molecular. El proceso de polimerización es continuo. La suspensión obtenida dentro del reactor debe contener entre un 10,00 – 20,00 % de partículas sólidas de polímero.

El lodo (slurry) que contiene el polímero obtenido, se pasa a otro reactor en donde se separa parte del propileno no reaccionado, se purifica y recircula.

Para remover el catalizador, el mismo se descompone por reacción con metanol en presencia de ácido clorhídrico anhidro (HCl), y se neutraliza con solución de hidróxido de potasio (KOH) al 50,00 %. Los solventes se eliminan por centrifugación.

La mezcla de agua, metanol y heptano conteniendo el polímero atáctico se envía a una columna en la cual los solventes son arrastrados por vapor, y dicho polímero se recupera en el fondo de la columna. El resto de polímero que quedó suspendido en agua se centrifuga y se transfiere a un secador. Una vez seco, se mezcla con aditivos (antioxidantes), se extruye en forma de gránulos (pellets) para su posterior almacenamiento.

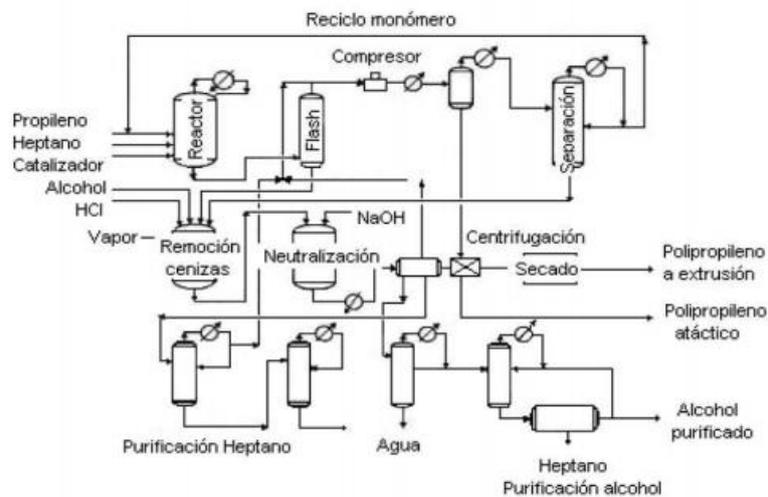


Figura 3.1. Diagrama del proceso en suspensión o slurry.

Fuente: <https://ppqujap.files.wordpress.com/2016/05/proceso-de-polipropileno.pdf>

B. PROCESOS EN MASA

B.1. Proceso Sheripol

Posee dos etapas. La primera etapa consiste en la polimerización del propileno líquido y en la segunda etapa se obtiene el copolímero de etileno-propileno (EPR) en un reactor de lecho fluidizado en fase gas.

Este proceso en masa es también continuo como el explicado con anterioridad, a diferencia que el catalizador empleado es $Ti/MgCl_2$ (titanio/cloruro de magnesio).

En un reactor loop o tubular, el propileno se alimenta al reactor en presencia de catalizador e hidrógeno (que controla el peso molecular junto con otros compuestos organometálicos derivados del Zn o del Cd). La temperatura de reacción

es de entre 65,00 – 80,00 °C, y la presión es de unas 3,30 MPa. Dicha mezcla (con 50,00 % de sólidos) fluye impulsada por una bomba que hace que el flujo sea turbulento para que el polímero permanezca en suspensión en el diluyente. Este diluyente es el propio propileno líquido, el cual, dependiendo de las condiciones de operación, facilita la evacuación del calor generado y permite aumentar el rendimiento del sistema catalítico.

El polímero y monómero que no reaccionaron, se separan en un tanque flash a 1,62 MPa; el monómero se recircula al reactor, y se elimina el propano sobrante.

Al reactor de lecho fluidizado ingresan las partículas de polímero y vapor de agua, con el fin de desactivar el catalizador; se le añaden los aditivos correspondientes; y posterior a esta etapa, se procede al secado con nitrógeno. Se obtienen así partículas de PP esféricas con diámetro entre 1,50 – 2,00 mm.

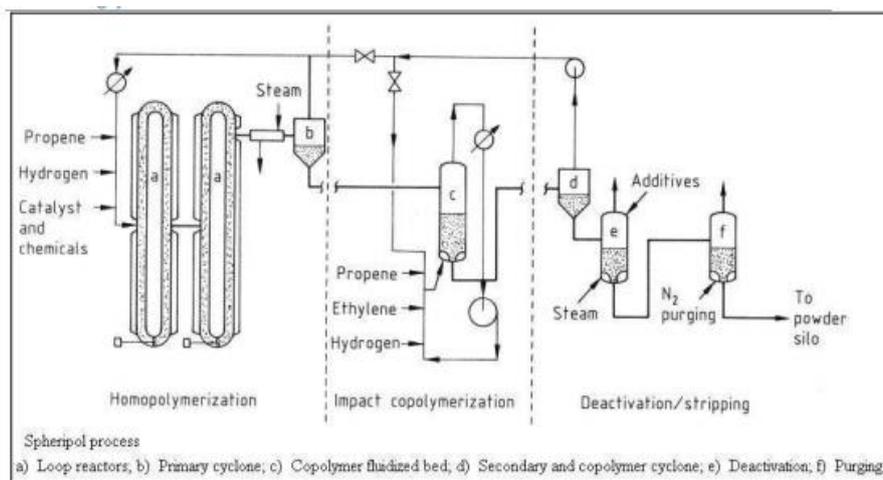


Figura 3.2. Diagrama del proceso en masa Spheripol.

Fuente:

http://www.ugr.es/~tep028/pqi/descargas/Industria%20quimica%20organica/tema_2/IQO_tema_2.pdf

B.2. Proceso LIPP

En este proceso se obtiene PP con una pureza superior a 99,00 %, utilizando como materia prima la mezcla Propano-Propileno.

Para la etapa de polimerización, se emplea un reactor tipo tanque agitado que opera en forma continua, al cual se alimenta el propileno líquido fresco, el hidrógeno que regula el peso molecular y los catalizadores (los que se utilizan en son del tipo Ziegler-Natta). Mediante la ebullición y condensación del propileno con agua, se remueve el calor que se libera en la reacción.

Durante la transformación del propileno en polímero, se van formando gránulos de PP alrededor de las partículas de catalizador. De modo que la mezcla de polvo de PP y propileno no convertido se extrae del reactor, se hace evaporar el propileno y se

envía a la etapa de desgasificación del polímero. El propileno evaporado se condensa posteriormente y se recircula al reactor.

Como todavía el PP obtenido no es apto para la comercialización debido a que se degrada con facilidad, se agregan diferentes aditivos dependiendo de la aplicación. El polvo de PP se funde y se mezcla con dichos aditivos; el material fundido es bombeado a través de una placa perforada donde los pellets de PP toman su forma comercial definitiva, y son enviados a los silos de almacenamiento.

Para algunas aplicaciones se requiere PP con características especiales, por lo que, en la etapa de extrusión, se inyectan también peróxidos orgánicos.

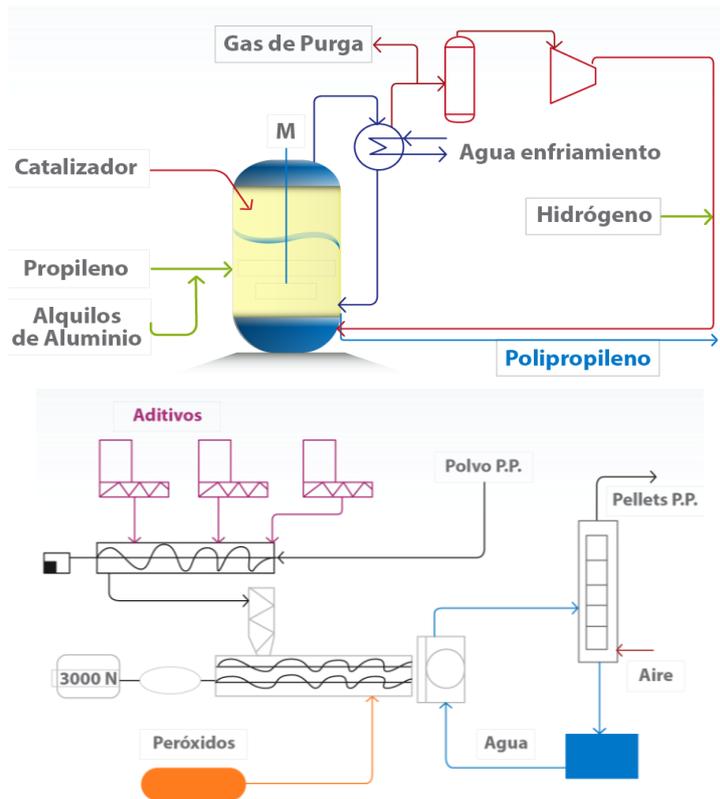


Figura 3.3. Diagrama del proceso LIPP.

Fuente: <http://www.petrocuyo.com/es/tecnologia/procesos>

C. PROCESOS EN FASE GAS

Al igual que en el proceso en masa, la polimerización se efectúa sin solvente, de modo que el propileno, en este caso gaseoso, se pone en contacto con el catalizador sólido disperso en polvo del polímero seco.

C.1. Proceso Novolen

Este proceso se utiliza para producir homopolímeros, copolímeros aleatorios y de impacto de propileno-etileno utilizando catalizadores altamente estereoespecíficos y de elevada actividad (metalocenos y Ziegler-Natta).

Los principales equipos empleados son los reactores. Son necesarios uno o dos reactores verticales de lecho agitado en fase gaseosa idénticos que pueden estar en una configuración de cascada para la producción de copolímeros de impacto. En el primer reactor se polimeriza una matriz de homopolímero de propileno (o copolímero aleatorio) y en el segundo reactor se produce el EPR. Independientemente de la configuración elegida, los reactores son idénticos en diseño, tamaño y material.

Para la obtención de homopolímeros se requiere un reactor primario que se alimenta por propileno, etileno o algún otro comonomero, los catalizadores y el hidrógeno (que se utiliza al igual que en el resto de los procesos para controlar el peso molecular).

Para asegurar que el propeno se encuentre en fase gaseosa dentro del reactor, se trabaja con temperaturas de 70,00 – 80,00 °C, y presiones de 3,00 – 4,00 MPa.

Se descarga el polvo y gas del primer reactor a presión atmosférica y se dirige directamente hacia un ciclón de baja presión. El comonomero sin reaccionar se separa del polvo, se comprime, y finalmente se recicla aguas arriba.

El polvo del polímero es transportado hacia un recipiente de purga, se desactiva el catalizador residual, y se añade nitrógeno que elimina trazas de propileno residual. Desde allí, el polvo se transporta hacia silos para su estabilización (se incorporan una serie de aditivos) y extrusión en gránulos.

D. SELECCIÓN DEL PROCESO

De todos los procesos mencionados anteriormente, se selecciona el proceso en fase gas Novolen, ya que el mismo es un proceso muy confiable y versátil, además de destacarse por su simplicidad y por presentar costos totales de instalación mucho más bajos que otros procesos por el hecho de no trabajar con disolventes, y porque se requiere de un volumen pequeño en el reactor lo cual lleva a un inventario de gas menor.

Otra de las ventajas de este método es que con el uso de dos reactores idénticos con catalizadores se pueden producir una gran variedad de homopolímeros, copolímeros aleatorios y de impacto, cubriendo de esta manera una amplia gama de productos para todos los mercados/aplicaciones.

Cabe destacar que la tecnología de procesamiento de PP en fase gaseosa, en general está considerada como la mejor debido a la uniformidad del producto que se obtiene, el grado de pureza, la alta eficiencia que genera, y las pocas etapas que hay que llevar a cabo para obtener el producto deseado.

En resumen, la elección del proceso en fase gas Novolen como método de producción de PP, se justifica por lo siguiente:

- Produce una amplia gama de productos de PP en dos reactores idénticos con la última tecnología en catalizadores, cubriendo una variedad de productos para todos los mercados/aplicaciones (BOPP, copolímeros de impacto con contenido alto de goma, entre otros).
- Genera uniformidad dentro del lote, que es necesaria para aplicaciones de film y fibra, los cuales necesitan especificaciones consistentes y estrictas.
- Al ser un proceso en fase gaseosa mecánicamente agitado, los costos de operación y mantenimiento son los más bajos de la industria, los tiempos de puesta en marcha son más rápidos; además, no genera ensuciamiento de pared ni paradas debido a la formación de bultos.
- Emplea bajos volúmenes de reactor, lo cual minimiza el inventario de los resultados de monómeros en procesos inherentemente seguros, y la inversión de capital.
- Genera mínimas especificaciones fuera de término del producto.
- Es un proceso que no emplea solventes con un sistema único de desgasificado con aspiración en la extrusión.
- Produce un bajo nivel de olor y gusto para aplicaciones altamente demandantes.
- Al poder emplearse dos reactores idénticos sin la necesidad de un reactor dedicado a copolímeros de impacto, se maximiza el retorno de inversión debido a la utilización de todas las partes o equipos, la mezcla de productos puede ser ajustada a las diversas necesidades de los mercados, y además, ambos reactores se encuentran siempre en uso.
- Emplea catalizadores metallocenos más avanzados, con la más alta actividad disponible actualmente en el mercado.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO SELECCIONADO

A. ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

A.1. Etapa de almacenamiento de la materia prima (MP)

El proveedor de materias primas, YPF, nos brinda una mezcla de propileno-propano que en condiciones normales es gaseosa. En esta mezcla, un 30,00 % aproximadamente está representado por el propano y otras impurezas, y el resto se considera propileno (70,00 %).

La mezcla de propileno-propano proveniente de la refinería se transporta en camiones cisterna presurizados, y se descarga mediante una válvula en un tanque cilíndrico por la parte superior. Dentro de este, la MP se encuentra a una presión de 1,20 MPa y a temperatura ambiente (25,00 °C aproximadamente).

El sistema de llenado y vaciado del tanque se basa en el equilibrio líquido-vapor que hay en el interior. Al disminuir la presión (vaciado), la mezcla pasa a fase vapor, mientras que al aumentar la presión (llenado) más producto pasará a la fase líquida.



Figura 3.4. Camión cisterna presurizado

Fuente: <https://www.shutterstock.com/es/search/cami%C3%B3n-cisterna>

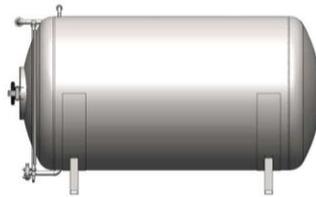


Figura 3.5. Tanque cilíndrico de almacenamiento

Fuente: <https://eshop.czechminibreweries.com/es/product/bbthi-1000/>

A.2. Etapa de acondicionamiento de la MP

La mezcla de propileno-propano se extrae del tanque de almacenamiento por la parte inferior y se transporta por tuberías hasta un compresor para aumentar la presión hasta 1,80 MPa (presión requerida por el equipo de purificación posterior). En estas condiciones, la temperatura de la mezcla aumenta a aproximadamente 43,00 °C, propio de la compresión.

Una vez que la corriente adquiere la presión necesaria, puede que parte de la mezcla pase al estado líquido, por lo que se requiere un intercambiador de calor cuyo fluido calefactor es agua caliente, para alcanzar una temperatura de 50,00 °C y entrar en el equipo de purificación como gas.

A.3. Etapa de purificación de mezcla propileno-propano

El porcentaje de pureza de la MP aportada por la refinería no es suficiente para ser utilizado en el proceso, ya que se considera que el grado polimérico que debe poseer el propileno debe ser como mínimo de un 99,50 % de pureza. Por tal motivo es que se debe purificar el propileno.

La separación de propileno-propano se realiza convencionalmente mediante destilación. Sin embargo, la volatilidad relativa del propileno y el propano es cercana a la unidad (1,00 a 1,10) y, por lo tanto, la producción de propileno de grado polimérico (PGP), que debe contar con una pureza mayor al 99,50 % en peso, requiere un gran

número de platos teóricos (>100) y una alta relación de reflujo. En consecuencia, la destilación del propileno-propano es un proceso muy costoso en capital y energía.

Por este motivo, se utiliza el proceso de adsorción por oscilación de presión (PSA). El mismo consiste en aprovechar las diferentes afinidades que tienen los compuestos frente a un adsorbente, de modo que uno de ellos va a lograr atravesar dicho adsorbente poroso y el otro va a quedar retenido en él.

La unidad de PSA está compuesta por cuatro lechos de adsorbentes que operan de forma simultánea. Cada lecho posee una manta calefactora a su alrededor y cumple un ciclo que sigue una secuencia de adsorción-regeneración idéntica, de modo que en todo momento cuando un lecho está en la etapa de adsorción, los otros tres están en diferentes etapas de regeneración. El adsorbente seleccionado para el proceso es zeolita 4A debido a que posee un poro pequeño, y según diversos estudios, tiene cierta afinidad para separar el propileno del propano discriminando ambas sustancias por sus coeficientes de difusión.

La zeolita 4A es un adsorbente poroso que debe activarse a 250,00 °C previamente a realizar el proceso PSA. Luego de llenar la columna de este tamiz, gracias a las mantas calefactoras que poseen los lechos, se calienta a la temperatura especificada con anterioridad para eliminar cualquier traza de compuestos de aire que puede haber adsorbido. Una vez realizado esto, la zeolita 4A es apta para ser utilizada.

El gas de alimentación, la mezcla propileno-propano proveniente del intercambiador de calor, se introduce por la parte inferior de la columna a alta presión (1,80 MPa) y a una temperatura 50,00 °C (que se mantiene durante todo el proceso) mediante una válvula, con el objetivo de que la mezcla gaseosa recorra el lecho relleno de forma ascendente. En ese instante comienza el proceso de adsorción (A), en donde el componente menos adsorbido, es decir el más ligero que en este caso es el propano, consigue atravesar la columna a una mayor velocidad que el propileno, siendo extraído por la parte superior del tanque relleno y almacenado en un tanque de almacenamiento, mientras que el propileno queda retenido en los poros del tamiz molecular. Sin embargo, cuando el adsorbente llega a su punto de saturación, antes de que el componente pesado también logre atravesar la columna (situación indeseable), la alimentación debe detenerse y el adsorbente debe regenerarse.

Como se estableció con anterioridad, se eligió un arreglo de cuatro columnas para que el proceso de purificación sea continuo. Las mismas trabajan de a pares, de manera que la columna rellena I trabaja en conjunto con la II (mientras en una se da la adsorción, en la otra se da el proceso de regeneración), y la columna III trabaja con la columna IV.

La regeneración del adsorbente posee cuatro etapas: enjuague con propileno puro proveniente de la columna par (E), despresurización a co-corriente (D), purga

(PU) y re-presurización (P). Éstas se realizan mediante un arreglo de válvulas secuenciales.

En la etapa E, el propileno extraído del arreglo de columnas (con una pureza del 99,50 %) pasa por un compresor para aumentar la presión de 0,80 MPa hasta la presión de almacenamiento (1,20 MPa), mientras que parte de ese producto se recircula a la columna rellena que se encuentra en la etapa de regeneración, para despojar el adsorbente de cualquier traza de propano que haya quedado.

En la etapa D, la apertura de una válvula en la parte superior de la columna hace que la presión del lecho disminuya hasta una presión de 0,80 MPa, de manera que las trazas de propano que quedaron retenidas allí son eliminadas por completo del adsorbente, quedando saturado solo de propileno puro.

A la etapa D le sigue la etapa de PU, en donde el propileno puro que quedó empaquetado en la columna se desorbe por la diferencia de presiones y se retira por debajo del lecho, obteniendo así un producto con una fracción molar de propileno de 0,995 y una fracción molar de propano de 0,005.

Finalmente, la última etapa de la regeneración es la P que consiste en alimentar la columna que se está regenerando, con la mezcla de propileno-propano hasta alcanzar la presión de trabajo. Cuando esto ocurre, el adsorbente está completamente regenerado y la columna está apta para comenzar con el proceso de adsorción, por lo que se abre la válvula superior que permite el paso del propano y el ciclo comienza nuevamente.

Cabe aclarar que tanto el propano extraído por la parte superior de la columna empaquetada como el propileno al 99,50 % que sale del compresor, luego de pasar por la unidad de PSA, son almacenados en tanques esféricos similares a los de la etapa de almacenamiento de la MP.

- Funcionamiento del arreglo de cuatro columnas:

Como determinamos con anterioridad, la unidad de PSA está compuesta por cuatro lechos rellenos de zeolita 4A que trabajan en simultáneo. Mientras que las columnas I y la II están en la fase de presurización y de adsorción, las columnas III y IV se encuentran en la etapa de purga.

Por otra parte, en el momento en que las columnas I y II están en la fase de enjuague con el propileno que se extrae de la etapa de despresurización, en la que se encuentran las otras dos columnas restantes. Lo mismo ocurre en el momento en que las columnas I y II pasan a la fase de despresurización, debido a que el propileno que se extrae de éstas, se aprovecha para la etapa de enjuague en las columnas III y IV.

Finalmente, cuando las columnas I y II pasan a la fase de purga, las columnas III y IV se encuentran en la etapa de presurización con alimentación y adsorción.

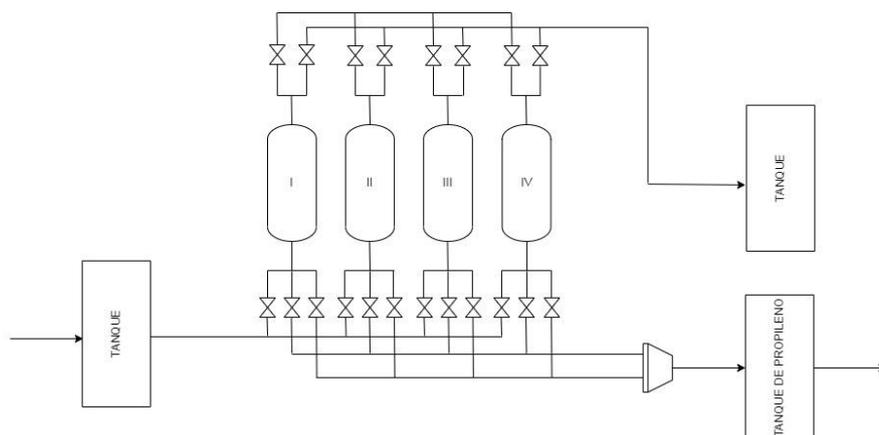


Figura 3.6. Diagrama esquemático de la unidad de PSA.

Tabla 3.1. Etapas simultáneas de las columnas I y IV de la unidad PSA con sus respectivas duraciones

Tiempo [s]	65	115	40	40	180	
1	P	A	E	D	PU	
4	PU		D	E	A	P

Tabla 3.2. Etapas simultáneas de las columnas II y III de la unidad PSA con sus respectivas duraciones

Tiempo [s]	65	115	40	40	180	
2	P	A	E	D	PU	
3	PU		D	E	A	P

A.4. Almacenamiento del propileno puro

El propileno puro que sale a una presión de 1,20 MPa en estado líquido (luego de la compresión), se dirige hacia un tanque de almacenamiento similar al de la etapa A.1 del proceso. Allí, el propileno se va a almacenar en fase líquida a la presión anteriormente especificada y temperatura ambiente.

El propileno a 99,50 % que se supone como líquido saturado, se dirige posteriormente al reactor de polimerización para continuar con el proceso.

A.5. Etapa de polimerización

Para la obtención de PP, se utiliza PGP que posee un 99,50 % de pureza, por eso es tan importante la etapa de purificación descrita con anterioridad.

La homopolimerización necesita únicamente un reactor primario en fase gas equipado con un agitador helicoidal (que favorece la agitación de la mezcla), donde se alimentan por la parte inferior, el propileno y el hidrógeno en estado gaseoso, este último en bajas concentraciones, y se utiliza para controlar el peso molecular del polímero; y por la parte superior, se alimenta el complejo catalizador-cocatalizador de metaloceno que se encuentra en estado sólido. Éstos deben estar muy bien dispersos en el lecho particulado para evitar la acumulación.

En cuanto al catalizador utilizado, los metalocenos son catalizadores homogéneos e iónicos efectivos que poseen un solo sitio activo, y no requieren ser eliminados luego de la polimerización debido a que la concentración residual del metal de transición representa un número muy reducido de partes por millón. De hecho, se conoce que se producen aproximadamente 20.000,00 kg de polímero/kg de catalizador. Por otra parte, la cantidad de co-catalizador que se debe añadir es de 9,42 kg/kg de catalizador.

La temperatura de reacción oscila entre los 70,00°C, y se controla extrayendo propileno gaseoso de la parte superior del reactor (que se encuentra a una temperatura de 90,00 °C), condensándolo en un condensador con agua de enfriamiento, y recirculándolo mediante una bomba hacia la parte inferior del reactor, donde su evaporación provee el enfriamiento requerido al reactor, como así también la aireación del lecho agitado. La presión de operación se encuentra en 3,00 MPa para asegurar que el monómero se encuentre en fase gaseosa dentro del reactor, y se controla ajustando el caudal de reciclaje de propileno introducido.

La reacción de polimerización de propileno es exotérmica, y responde a la siguiente ecuación:



El crecimiento del polímero se produce en pocos segundos o minutos. Existen macromoléculas totalmente formadas casi desde el inicio de la reacción. Sin embargo, el tiempo total necesario para conseguir la conversión deseada de monómero a polímero suele ser de 1 - 2 h.

El \overline{M}_w que se pretende obtener es de aproximadamente $1,30 \times 10^6$ g/mol (grado de polimerización n de 30.900), y la cantidad de hidrógeno añadido en esta etapa para controlar el mismo es solo de un 1,00 % en volumen con respecto a la cantidad de monómero ingresado, lo que representa una cantidad de 0,48 kg de hidrógeno/t de propileno.

Lo que se obtiene de la polimerización es un polvo de PP mezclado con gas de propileno, que se extrae de la parte superior del reactor, y se dirige inmediatamente a un ciclón de baja presión.



Figura 3.7. Reactor con agitador helicoidal.

Fuente: <https://www.inoxpa.co/productos/mezcla/agitadores-industriales/agitadores-para-los-depositos-estandares>

A.6. Etapa de separación del polvo de PP y el gas

La mezcla de polvo de PP y gas de monómero se introducen en un recipiente o ciclón de descarga. La presión diferenciada entre el reactor y el recipiente de la descarga se utiliza como fuerza motora.

El monómero, propileno gaseoso, sin reaccionar que se separa del polvo, se extrae por la parte superior del tanque de descarga, se comprime en un compresor, se filtra y se envía al tanque esférico de almacenamiento de propileno puro.

En este caso, el polvo de PP más el monómero de propileno gaseoso fluyen continuamente de manera helicoidal, comenzando desde lo más alto del equipo a lo más bajo, y finaliza en un flujo central ascendente que sale por el tubo de salida (en la parte superior del tanque). Las grandes y más densas partículas en el flujo rotatorio (polvo de PP) tienen demasiada inercia para ascender en la parte inferior del tanque, por lo que chocan contra la pared, y luego caen hacia la parte más baja del tanque donde pueden ser retiradas; separándose así del gas de monómero que, al ser más liviano, es retirado por la parte superior.

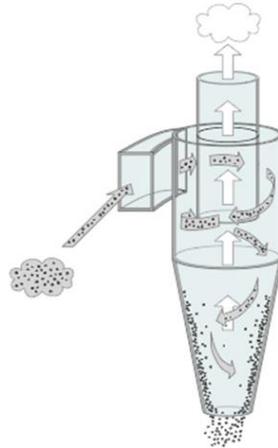


Figura 3.8. Tanque o ciclón de descarga.

Fuente: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242006000200011

A.7. Etapa de eliminación de trazas de propileno residual

El polvo del ciclón de descarga, se encamina hacia un recipiente, columna o silo de purga. La finalidad de la columna de purga es separar de las corrientes de sólidos de entrada, los hidrocarburos o monómeros residuales y proporcionar polvo de polímero limpio. Purgar el polvo sirve para prevenir la acumulación del hidrocarburo en el flujo que transporta el sistema.

El polvo se introduce por la parte superior del tanque, mientras que, por la parte inferior, se añade nitrógeno gaseoso que atraviesa las partículas de polvo para eliminar las trazas de propileno gaseoso presentes en él. Estas trazas se eliminan del proceso y posteriormente se queman.



Figura 3.9. Silo de purga.

Fuente: <https://gasex.cl/nitrogeno/inertizacion-con-nitrogeno-y-su-aplicacion-en-el-sector-industrial/>

A.8. Etapa de almacenamiento del polvo de PP

El polvo de PP completamente limpio es enviado a un silo de polvo en donde se almacena para su posterior estabilización.

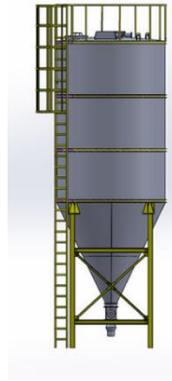


Figura 3.10. Silo de polvo.

Fuente: <https://grabcad.com/library/powder-silo-1>

A.9. Etapa de extrusión y estabilización del polvo de PP

El polvo de PP se envía hacia el extrusor, en donde se funde a una temperatura de 200,00 °C aproximadamente para obtener los conocidos pellets de PP. Este extrusor o pelletizador en particular, tiene la característica de que corta el polímero fundido en pellets a medida que sale de los orificios del cabezal, dentro de una cámara de corte completamente llena de agua, de modo que las gotas de polímero fundido se sumergen en ella cuando salen de los orificios, con el objetivo de solidificar el plástico. Es por esto que los pellets adquieren una forma esférica.

Además de agua, por la parte superior del extrusor, se añaden los aditivos sólidos para estabilizar el PP y obtener un producto deseado.

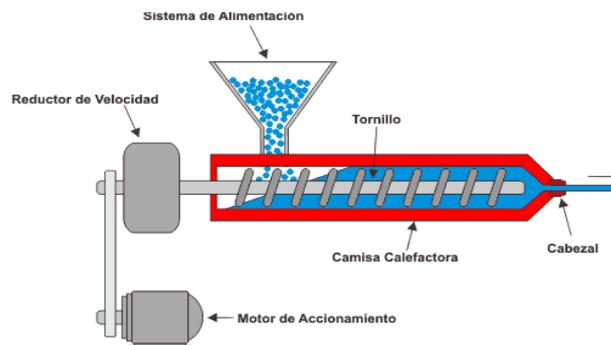


Figura 3.11. Extrusor.

Fuente: <https://losplasticos.wordpress.com/tecnicas-de-moldeo/>

A.10. Etapa de secado de pellets de PP

Los pellets de PP más el agua, se envían hacia un secador centrífugo. Allí, se secan en el momento en el que pasan por una pantalla de acero inoxidable con perforaciones, que se encuentra dentro del equipo, y el agua extraída se recircula al extrusor. Con las aspas helicoidales que posee el secador, los pellets son separados

y transportados hasta la parte superior del equipo, y una vez allí, se envían hacia un silo de mezclado.

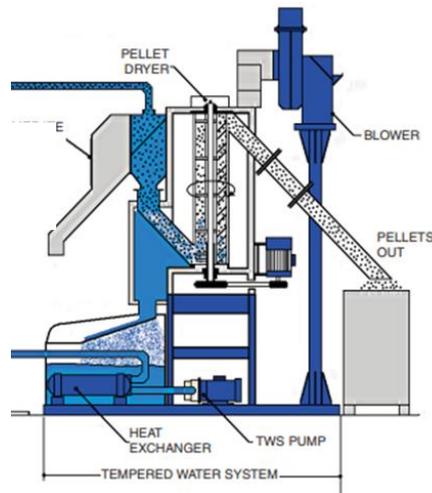


Figura 3.12. Secador centrífugo.

Fuente: <https://www.telfordsmith.com.au/cms/uploads/Telford-Smith-Gala-Underwater-Pelletising-Systems-755.pdf>

A.11. Etapa de mezclado y almacenamiento de pellets de PP

En el silo de mezcla que posee fondo cónico, se descargan los pellets de PP por la parte inferior y mediante un tornillo sinfín se los mezcla para asegurar que el producto sea homogéneo en todos sus aspectos.

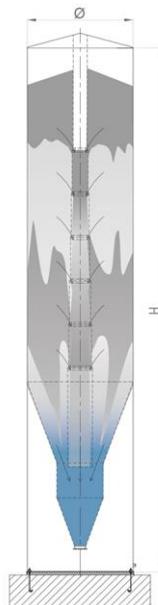


Figura 3.13. Silo de mezcla

Fuente: <https://www.achberg.com/es/productos/silo/silos-de-mezcla-homogeneizacion/?sectionid=p112>

A.12. Etapa de envasado y palletizado

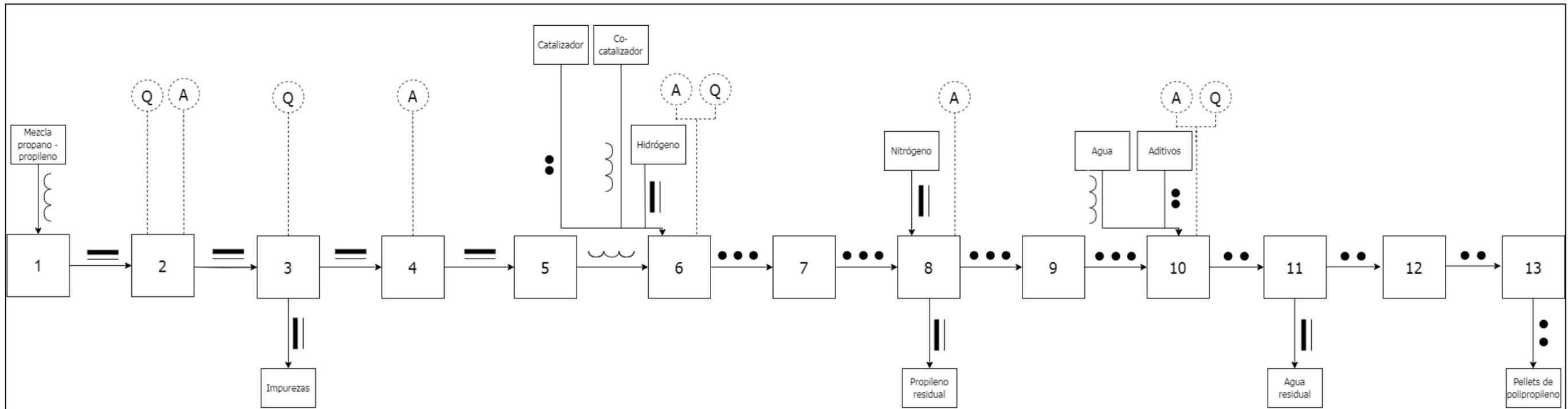
Los pellets completamente secos, se descargan del silo de mezclado en las bolsas de 25,00 kg, que luego son transportadas mediante una cinta transportadora hasta el área de paletizado; o también se pueden envasar en las big bags, que se transportan con un montacargas hasta el área de paletizado.

CONCLUSIONES

Luego de haber realizado un estudio exhaustivo de todas las tecnologías y procesos de elaboración del PP aplicables a la empresa, se pudo determinar cuál de ellos será el más conveniente de acuerdo con la cantidad de etapas que posee, con los costos, condiciones de operación, más utilizados en las industrias actuales, entre otros. De esta manera, se define que el proceso de elaboración de PP que se llevará adelante será el proceso Novolen.

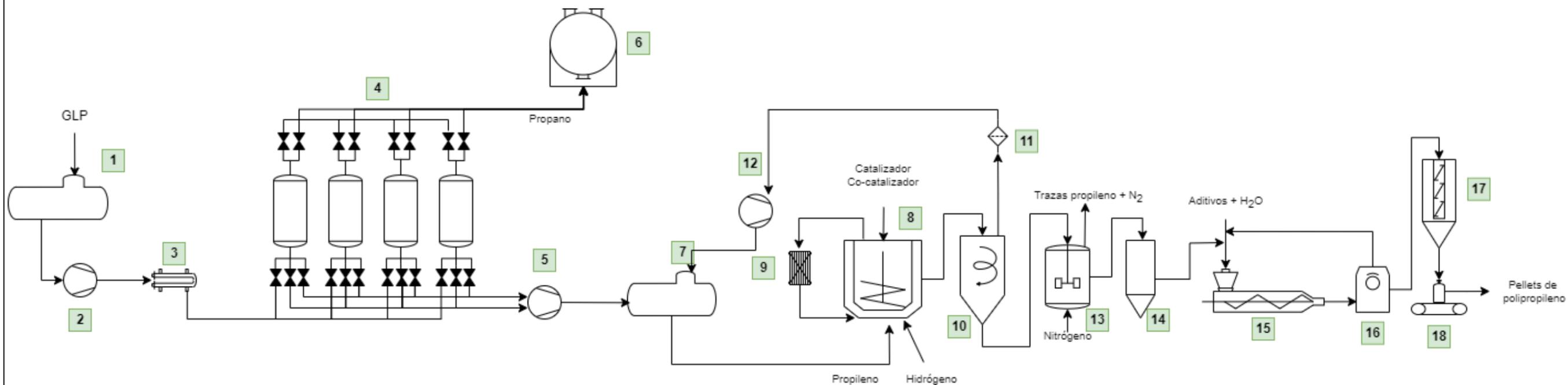
Una vez definido esto, se describieron detalladamente todas las etapas de dicho proceso, haciendo principal hincapié en todos los factores y condiciones que afectan a la polimerización y a la purificación de la materia prima. Estas son dos etapas principales del proceso debido a que requieren de un profundo control de las condiciones de operación (se trabaja con altas presiones). De hecho, al profundizar en estas cuestiones, se pudo conocer que el proceso de purificación de la mezcla de propileno-propano por el método convencional (destilación) ha dejado de estar vigente debido a las grandes cantidades de energía que consume y a la gran inversión que se debe hacer para adquirir estos equipos. Por este motivo, se detalló otro método de purificación (PSA) que está actualmente siendo utilizado por las principales petroquímicas del país, y que es mucho más económico y ecológico.

Finalmente se pudo determinar que lo más apto para la planta es llevar adelante un proceso continuo, funcionando las 24 h.



Q	Energía térmica
A	Energía mecánica
● ●	Sólido
● ● ● ●	Sólido finamente dividido
— — — —	Gas
~ ~ ~ ~	Líquido
13	Envasado
12	Mezclado y almacenamiento de PP en silos
11	Secado
10	Extrusión
9	Almacenamiento de polvo de PP
8	Eliminación de propileno residual
7	Desgacificación
6	Polimerización
5	Acondicionamiento de propileno puro
4	Almacenamiento de propileno puro
3	Purificación
2	Acondicionamiento de materia prima
1	Almacenamiento de materia prima

UTN FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO Especialidad Ingeniería Química		PROYECTO: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO
Realizó	Ontivero, Julieta – Toranzo, Virginia – Viola, Sofía	
Firma		Lámina N° 2.1
Controló		
Fecha		
Escala	-	DIAGRAMA DE FLUJO ESQUEMÁTICO



- 18. Envasado
- 17. Silo de homogeneización y almacenamiento
- 16. Secador centrífugo
- 15. Extrusor
- 14. Silo de polvo
- 13. Silo de purga
- 12. Compresor de propileno residual
- 11. Filtro de polvo
- 10. Ciclón de descarga
- 9. Condensador de propileno gaseoso
- 8. Reactor de polimerización
- 7. Tanque cilíndrico de almacenamiento de propileno
- 6. Tanque esférico de almacenamiento de propano
- 5. Compresor de propileno 99,50 %
- 4. Unidad de purificación PSA
- 3. Intercambiador de calor
- 2. Compresor de GLP
- 1. Tanque cilíndrico de almacenamiento de GLP

UTN FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO Especialidad Ingeniería Química		PROYECTO: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO
Realizó	Ontivero, Julieta – Toranzo, Virginia – Viola, Sofía	
Firma		Lámina N° 2.2
Controló		
Escala	-	DIAGRAMA DE FLUJO CONSTRUCTIVO

UNIDAD N° 4

CONTROL DE CALIDAD

INTRODUCCIÓN

CONTROL DE CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA

CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO EN PROCESO

CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO ELABORADO

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

La calidad en sí es un aspecto distintivo de cada organización, por lo que un correcto control de la misma logrará una gran ventaja frente a la competencia. El control de calidad es el conjunto de mecanismos, acciones y herramientas realizadas para detectar la presencia de errores; se busca medir la calidad real para, de esta manera, compararla con las normas o especificaciones establecidas y actuar sobre la diferencia o error.

Un buen control de calidad garantizará que los productos cumplan con los requisitos mínimos dadas las especificaciones, y así poder satisfacer tanto las necesidades de los clientes, como las propias de la empresa. Además, ayudará a determinar si se debe modificar algún aspecto en el proceso productivo, por ejemplo, ajustes de algún equipo, capacitación del personal, alguna modificación en la materia prima, cambio de proveedor, entre otros.

Con las empresas situadas en un contexto de máxima competitividad, es recomendable que los controles se realicen de manera periódica y exhaustiva, con el objetivo de lograr un producto ideal, mejorando la imagen de la empresa.

En la siguiente unidad se desarrollarán las técnicas de calidad basadas en su mayoría en las normas ISO y ASTM, para llevar a cabo los controles respecto a la materia prima, producto en proceso y producto elaborado.

Tabla 4.1. Resumen de análisis de control de calidad

Etapa	Producto analizado	Tipo de análisis	Determinación	Frecuencia	Especificación	Norma Oficial	Lugar de análisis
MP	Mezcla propileno-propano	Fisicoquímico	Composición [% V]	Trimestral	>70,00 % V propileno	ASTM D2.163-07	Laboratorio interno
	PGP	Fisicoquímico	Pureza [%]	Por lote	>99,50 %	ASTM D2.163-07	Laboratorio interno
PP	Polvo de PP	Fisicoquímico	Contenido de agua [%]	Por lote	<0,01 %	Norma interna	Laboratorio interno
	Polvo de PP	Fisicoquímico	Peso molecular [g/mol]	Trimestral	<1,30x10 ⁶ g/mol	ISO 1.628-3:2010	Laboratorio externo
	Polvo de PP	Fisicoquímico	Pureza [cm ⁻¹]	Semanal	C-H: 2.900,00 cm ⁻¹	Norma interna	Laboratorio interno

Etapa	Producto analizado	Tipo de análisis	Determinación	Frecuencia	Especificación	Norma Oficial	Lugar de análisis
					C-C: 1.350,00 – 1.450,00 cm ⁻¹		
PE	Pellets	Mecánico	Fluidez [g/10 min]	Mensual	2,90 g/10 min	ISO 1.133:2005	Laboratorio externo
	Pellets	Térmico	Temperatura de deflexión bajo carga [°C]	Mensual	51,00 – 85,00 °C	ISO 75-1:2020/ ISO 75-2:2020	Laboratorio externo
	Pellets	Físico	Temperatura de transición vítrea [°C]	Por lote	0,00 °C	ASTM E 1.356-08:2014	Laboratorio interno
	Pellets	Físico	Cristalinidad [%]	Por lote	70,00 – 80,00 %	ISO 11.357-03:2018	Laboratorio interno
	Pellets	Físico	Migración [mg/kg]	Mensual	≤ 6,00 mg/kg	UNE-EN 1.186-1	Laboratorio interno

CONTROL DE CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA

YPF brinda las especificaciones referidas al porcentaje de composición que posee la mezcla propileno-propano (70,00 % de propileno y 30,00 % de propano aproximadamente). Sin embargo, se considera de gran utilidad, que cada cierto tiempo (tabla 4.1), se realice un control de la composición de la MP por cuenta propia de la empresa para verificar las especificaciones de la refinera que provee.

Por otra parte, también se realizará un control de la composición del PGP obtenido mediante la purificación de la mezcla debido a que debe contener un 99,50 % de pureza o superior para poder ser utilizado en el proceso; de lo contrario el PP obtenido no contará con las características apropiadas y se obtendrá un producto defectuoso.

A. CONTROL DE CALIDAD DE LA MEZCLA PROPILENO-PROPANO

A.1. Análisis fisicoquímicos

A.1.1. Determinación de la composición de la mezcla propileno-propano. Norma oficial: ASTM D2.163-07.

A.1.1.1. Objetivo

Determinar la composición de la mezcla propileno-propano mediante cromatografía de gases (GC).

A.1.1.2. Fundamentación

Los datos de composición y la distribución de los componentes hidrocarbonados del GLP y de las mezclas de propileno son útiles para asegurar una calidad uniforme de los productos que los utilizan como materia prima. La presencia de trazas de algunas impurezas en estos materiales puede provocar efectos adversos durante su utilización y procesamiento.

La norma ASTM D2.163-07 plantea la determinación de la composición del GLP mediante cromatografía de gases. La cromatografía gaseosa es una técnica analítica que permite separar mezclas de compuestos, que son fácilmente volatilizables y térmicamente estables, en sus componentes individuales. El funcionamiento de la misma consta de una muestra que se desplaza con una fase móvil (inmiscible en ella), a través de una fase estacionaria fijada a una columna o a una superficie sólida. Como consecuencia de la distinta movilidad, los componentes de la muestra se separan en bandas que pueden identificarse de manera cualitativa y/o cuantitativamente.

A.1.1.3. Materiales y equipos

- Cromatógrafo de gases (GC) y accesorios. Se puede emplear cualquier cromatógrafo de gases que posea un horno de columna programable de temperatura lineal. El control de temperatura debe ser capaz de obtener una repetibilidad del tiempo de retención de 3 s en todo el análisis.
- Detector. Se recomienda un detector de ionización de llama (FID) que tenga una sensibilidad de 0,50 ppm (mol) o menor.
- Sistema de adquisición de datos computarizado. Puede utilizarse cualquier sistema de adquisición de datos para la visualización de la señal del detector del cromatógrafo y la integración del área de los picos. El dispositivo debe ser capaz de calibrar y reportar los resultados corregidos de la respuesta final.
- Columnas cromatográficas. Se recomienda una columna tubular abierta (PLOT) de 50,00 m de largo por 0,53 mm de diámetro interno, con una fase

estacionaria porosa de alúmina desactivada (Al_2O_3) a la que se añade sulfato de sodio (Na_2SO_4).

Alternativamente se puede utilizar cualquier columna que proporcione una separación adecuada de los componentes.

- Gases de arrastre. Se puede emplear hidrógeno con una pureza mínima de 99,995 %, < 0,10 ppm de agua; o helio con una pureza mínima de 99,995 %, < 0,10 ppm de agua.
- Gases Detectores, tales como el hidrógeno con una pureza mínima del 99,99 %; o el aire con menos de 10 ppm del total de hidrocarburos y agua.
- Purificador de gas.
- Mezcla estándar de calibración.
- Mezcla gaseosa de calibración. Se puede utilizar una mezcla de composición conocida, similar a la de las muestras que se analizan, para controlar la precisión y exactitud del equipo.
- Muestra de la mezcla gaseosa de propileno-propano.

A.1.1.4. Cálculos

- Calibración y Estandarización
 - Cualitativa. Determinar los tiempos de retención de los componentes analizando mezclas conocidas de referencia. Los tiempos típicos de retención se encuentran tabulados.
 - Cuantitativa. Implica emplear los factores de respuesta para corregir la respuesta del detector de los hidrocarburos que se determinan por este método. Se pueden utilizar factores de respuesta experimentales o teóricos.

La determinación del factor de respuesta experimental de los componentes se realiza analizando mezclas conocidas de calibración, en las mismas condiciones de presión y temperatura que las muestras. Para cada componente presente en el estándar de calibración, se calcula el factor de respuesta de acuerdo con la ecuación:

$$RF_i = \frac{C_i}{A_i} \quad (\text{Ec. 4.1})$$

donde RF_i es el factor de respuesta para el componente i , C_i es la concentración conocida de i , y A_i es el área integrada del pico i .

Por otra parte, si las muestras a ensayar contienen únicamente hidrocarburos y se emplea un detector de ionización de llama para la determinación, entonces se pueden aplicar factores de respuesta teóricos y los resultados deben ser normalizados al 100,00 %.

- Cálculo de Calibración del Estándar Externo.

En primer lugar, se calcula la concentración de cada componente siguiendo la ecuación:

$$SC_i = RF_i \times SA_i \quad (\text{Ec. 4.2})$$

donde SC_i es la concentración del componente i en la muestra, y SA_i es el área integrada para el pico i .

Posteriormente, se suman las concentraciones de todos los componentes para determinar la cantidad total de hidrocarburos. Si se conoce que la muestra contiene únicamente hidrocarburos, entonces los resultados deben normalizarse al 100,00 %.

Cabe aclarar que, el GLP está formado por varios componentes además del propileno y el propano, por lo que todos ellos se van a detectar con la cromatografía, pero luego se deben cuantificar los de interés (propileno y propano) mediante patrones.

A.1.1.5. Expresión de resultados

La concentración obtenida de cada componente se expresa como porcentaje en volumen de líquido (% V) con una precisión de 0,01 %. Para que la composición de la materia prima sea aceptable debe ser mayor al 70,00 % de pureza en propileno.

B. CONTROL DE CALIDAD DEL PGP

B.1. Análisis fisicoquímico

B.1.1. Determinación de la composición del propileno grado polímero. Norma oficial: ASTM D2.163-07.

B.1.1.1. Objetivo

Determinar el contenido de propileno.

B.1.1.2. Fundamentación

Ver apartado A.1.1.

B.1.1.3. Cálculos

Ver apartado A.1.1.

B.1.1.4. Expresión de resultados

Ver apartado A.1.1. La pureza del PGP debe ser superior al 99,50 % para que pueda ser utilizado.

CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO EN PROCESO

Los controles de calidad que se realizarán durante el proceso de elaboración serán aplicados principalmente al polvo de PP que se obtiene posterior a la polimerización. Éste es un punto importante y crítico debido a que, si hay presencia de agua o si el peso molecular del PP no es el correcto, las propiedades del producto no serán las adecuadas para la aplicación que se le va a dar al polímero.

A. CONTROL DE CALIDAD DEL POLVO DE PP

A.1. Análisis fisicoquímicos

A.1.1. Determinación del contenido de agua. Norma interna.

A.1.1.1. Objetivo

Determinación del contenido de agua del polvo de PP que sale del reactor de polimerización.

A.1.1.2. Fundamentación

La determinación del contenido en agua tanto para líquidos como para sólidos se puede determinar utilizando el método de coulombimetría de Karl Fischer. Este método de prueba cubre la determinación de agua de 0,00 – 2,00 % en masa en la mayoría de los productos químicos orgánicos, con el reactivo de Karl Fischer, usando un procedimiento de titulación coulombimétrica.

Describe el manejo de electrodos, muestras y estándares de agua. Este método se utiliza principalmente para la determinación de pequeñas cantidades de agua. Los coulómetros funcionan en un rango de determinación de 10,00 µg – 200,00 mg de agua.

A.1.1.3. Materiales y equipos

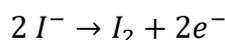
- Puede ser utilizado cualquier aparato comercialmente disponible que conste de un sistema absolutamente hermético equipado con los electrodos necesarios y un agitador magnético. Un electrodo debe ser de hilo doble Pt (electrodo indicador para valoración coulombimétrica de Karl Fischer) y otro debe ser un electrodo generador con o sin diafragma.
- Reactivos: imidazol, metanol, dióxido de azufre seco, yodo, agua, clorhidrato de dietanolamina.
- Solvente para PP
- Muestra de polvo de PP

A.1.1.4. Procedimiento

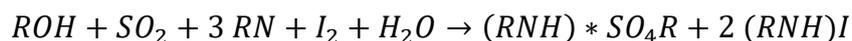
Usando un dispositivo seco, inyectar o agregar directamente en el compartimento del ánodo, una cantidad (con preferencia 5,00 g), medida con exactitud, de la muestra o de la preparación de la muestra que contenga la cantidad de agua recomendada por el fabricante del instrumento; mezclar, y llevar a cabo la valoración coulombimétrica hasta el punto final electrométrico.

Leer el contenido de agua de la muestra directamente de la pantalla del instrumento y calcular el porcentaje presente en la sustancia. Realizar una determinación con un blanco, según sea necesario, y realizar las correcciones correspondientes.

Básicamente, se utiliza una corriente eléctrica para generar el yodo necesario para la reacción de Karl Fischer. Dicha corriente libera una cantidad estequiométricamente correspondiente de yodo del reactivo que contiene yoduro. El yodo se genera electroquímicamente por oxidación anódica en la celda coulombimétrica de acuerdo con la semirreacción:



La determinación se basa en la ecuación de reacción estándar para la reacción Karl Fischer:



Para generar yodo en el ánodo del electrodo generador, los coulómetros funcionan con variables intensidades de corriente y longitudes de pulso. Para electrodos generadores con diafragmas se utilizan las siguientes intensidades de corriente: 100,00 - 200,00 - 400,00 mA. Para celdas sin diafragmas se aplica una corriente de 400,00 mA.

El instrumento mide el tiempo y el flujo de corriente que son necesarios para alcanzar el punto final de la titulación. El producto del tiempo y el Q actual es directamente proporcional a la cantidad de yodo generado y por tanto a la cantidad de agua determinada.

El punto final se indica voltamperométricamente aplicando una corriente alterna de fuerza constante a un electrodo de alambre de platino doble. Esto da como resultado una diferencia de voltaje.

El voltaje disminuye drásticamente en presencia de cantidades mínimas de yodo libre. Este hecho se usa para determinar el punto final de la titulación.

- Llenado del electrodo generador

- Electrodo generador sin diafragma: Solo necesita una solución de reactivo. Aproximadamente 100,00 mL del reactivo elegido se llena en la celda de titulación y la abertura de la junta esmerilada se cierra con el tapón.
- Electrodo generador con diafragma: los reactivos consisten en una solución de ánodo (anolito), que se llena en la celda de titulación y un cátodo solución (catolito) que se introduce en el generador. Aproximadamente 100,00 mL de anolito se llenan en la celda de titulación y alrededor de 5,00 mL de catolito en el generador.

Se recomienda utilizar una jeringa de inyección para rellenar el compartimento del cátodo con el catolito. El nivel de llenado debe ser aproximadamente igual o 2,00 – 3,00 mm más bajo que el de la cámara del ánodo.

- Preparación del anolito y el catolito

Para la solución de anolito, disolver 102,00 g de imidazol en 900 mL de metanol, enfriar la solución en un baño de hielo y hacer pasar dióxido de azufre seco a través de la solución, mantenida a una temperatura inferior a 30,00 °C, hasta que el aumento de peso sea de 64,00 g. Disolver con agitación 12,00 g de iodo, agregar una cantidad apropiada de agua a la solución hasta que el color del líquido vire de marrón a amarillo y diluir a 1,00 L con metanol. Por otra parte, para la disolución del catolito, se debe disolver 24,00 g de clorhidrato de dietanolamina en 100,00 mL de metanol.

- Adición de muestra

En general, la celda de titulación coulombimétrica nunca debe estar abierta para agregar muestras, ya que la influencia del aire húmedo al entrar en la celda de titulación falsearía los resultados.

- Parámetros

Tabla 4.2. Parámetros de la determinación del contenido de agua

	Parámetro	Valor
General	I (pol) [μA]	10,00
	Generador de corriente [mA]	400,00
Control de parámetro	Potencial eléctrico [mV]	50,00
	Dinámica [mV]	70,00
	Máx. rango [μg/min]	Máximo
	Min. Rango [μg/min]	15,00
	Criterio de parada	Rel. deriva
	Deriva de parada relativa [μg/min]	5,00
Acondicionamiento	Comienzo deriva [μg/min]	10,00

Fuente: https://www.metrohm.com/es_ar/applications/ab-application-bulletins/ab-209.html

- Muestra sólida

Siempre que sea posible, la muestra debe extraerse o haberse disuelto en un solvente adecuado y la solución resultante debe ser inyectada. Se debe hacer una corrección de valor en blanco para el solvente.

Si no se puede encontrar un solvente adecuado para una muestra sólida, o si la muestra reacciona con la solución de Karl Fischer, se procede a usar un horno de secado.

El tamaño de la muestra debe ser pequeño, y el tiempo de titulación corto.

A continuación, se muestra una tabla con el contenido de agua a determinar con el tamaño de muestra correspondiente.

Tabla 4.3. Contenido de agua según el tamaño de muestra

Contenido de agua en la muestra	Tamaño de muestra	H ₂ O determinada [µg]
100.000,00 ppm = 10,00 %	50,00 mg	5.000,00
10.000,00 ppm = 1,00 %	10,00 – 100,00 mg	100,00 – 1.000,00
1.000,00 ppm = 0,10 %	0,10 – 1,00 mg	100,00 – 1.000,00
100,00 ppm = 0,01 %	1,00 g	100,00
10,00 ppm = 0,001 %	5,00 g	50,00

Fuente: https://www.metrohm.com/es_ar/applications/ab-application-bulletins/ab-209.html

A.1.1.5. Cálculos

Se aplica la ley de Faraday para calcular el agua contenida en la muestra.

$$m = \frac{M \cdot Q}{z \cdot F} \quad (\text{Ec. 4.3})$$

donde m es la masa de sustancia convertida en gramos, M es la masa molar en g/mol, Q es la cantidad de carga medida en As, z es el número de electrones intercambiados (equivalencia número, número de carga), F es la constante de Faraday (1 F = 96.485,00 C/mol). Es útil aclarar que el coulomb se simboliza con C, y que el amperio segundo es As.

A.1.1.6. Expresión de resultados

El contenido de agua se expresa en gramos o en porcentaje. El mismo debe ser menor a 0,01 %.

A.1.2. Determinación del peso molecular del PP. Norma Oficial: ISO 1.628-3:2010.

A.1.2.1. Objetivo

Determinar la viscosidad intrínseca de PP a 135,00 °C en solución diluida mediante el uso de un viscosímetro capilar, para poder calcular el peso molecular del polímero.

A.1.2.2. Fundamentación

Los polímeros, por ser macromoléculas conformadas por infinitas unidades de monómeros, no poseen un peso molecular determinado, sino que están caracterizados por una distribución de pesos moleculares. Por lo que, se puede definir para ellos una masa media viscosa (\overline{M}_v), entre otros parámetros.

Por sus tamaños moleculares grandes, los polímeros exhiben una gran capacidad para aumentar la viscosidad de cualquier solvente, aun en concentraciones muy diluidas. En particular, la viscosimetría capilar de soluciones poliméricas diluidas es muy útil porque, además de ser una técnica extremadamente simple y barata, permite estimar las masas molares medias de copolímeros (de compleja estimación por dispersión de luz), las dimensiones moleculares, e indirectamente, los grados de ramificación.

La norma ISO 1.628-3 establece la manera de medir los tiempos de flujo de un solvente y una solución de polímero a una concentración específica en ese solvente, medida a 135,00 °C. La viscosidad reducida y la viscosidad intrínseca se calculan a partir de estas medidas y de la concentración conocida de la solución; y a su vez con ellas, se obtiene la masa media viscosa del PP.

La viscosidad de las soluciones de polímeros puede verse afectada por los aditivos presentes en la muestra. Por lo tanto, la viscosidad determinada por este método puede no ser confiable si la muestra contiene rellenos u otros aditivos. Es por eso que la técnica se aplica inmediatamente al polvo de PP que sale del reactor.

A.1.2.3. Materiales y equipos

- Viscosímetro Ubbelohde, preferiblemente tipo 0B o 0A.
- Soporte para viscosímetro.
- Baño termostático.
- Dispositivo de medición de temperatura.
- Temporizador.
- Balanza analítica.
- Agitador magnético.
- Cuatro matraces de 100,00 mL con tapón de vidrio.
- Pipeta graduada de 50,00 mL de capacidad.

- Cuatro disoluciones de concentración conocida de PP en el solvente.
- Solvente miscible con PP.

A.1.2.4. Cálculos

Con los tiempos entre enrases medidos con el viscosímetro se calculan las siguientes viscosidades:

- Viscosidad relativa adimensional (η_{rel}):

$$\eta_{rel} = \frac{t}{t_0} \quad (\text{Ec. 4.4})$$

donde t es el tiempo entre enrases para la disolución y t_0 es el tiempo entre enrases para el solvente puro.

- Viscosidad específica adimensional (η_{sp}):

$$\eta_{sp} = \eta_{rel} - 1 \quad (\text{Ec. 4.5})$$

- Viscosidad reducida en cm^3/g (η_{red}):

$$\eta_{red} = \frac{\eta_{sp}}{c} \quad (\text{Ec. 4.6})$$

donde c es la concentración conocida de PP.

- Viscosidad inherente en cm^3/g (η_{inh}):

$$\eta_{inh} = \frac{\ln \eta_{rel}}{c} \quad (\text{Ec. 4.7})$$

Una vez obtenidas las diferentes viscosidades, se grafica la viscosidad reducida en función de la concentración, y la viscosidad inherente en función de la concentración; se extrapolan dichas curvas y en la intersección de ambas con el eje de las ordenadas, se lee el valor de la viscosidad intrínseca (η).

A partir de ese valor y utilizando la ecuación de MHS, se obtiene la magnitud para el PM del PP.

$$[\eta] = K (\overline{Mv})^a \quad (\text{Ec. 4.8})$$

donde K (en mL/g) y a (adimensional) son constantes que se encuentran tabuladas de acuerdo a la temperatura y solvente utilizado.

A.1.2.5. Expresión de resultados

El PM o \overline{M}_v del PP obtenido a partir de la ecuación de MHS depende de las unidades que adquieran las constantes K y a , pero por lo general se expresa en g/mol. El \overline{M}_v ideal para el PP debe ser menor al \overline{M}_w que es de $1,30 \times 10^6$ g/mol aproximadamente.

A.1.3. Determinación de pureza del PP por espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR). Norma interna.

A.1.3.1. Objetivo

Determinar la presencia de grupos funcionales diferentes a los del PP, para obtener cualitativamente la composición del polvo de PP generado mediante la polimerización.

A.1.3.2. Fundamentación

La espectroscopía infrarroja (FTIR) con la herramienta de Reflectancia Total Atenuada (ATR), permite la obtención de un espectro de reflexión de las bandas de los grupos funcionales de las sustancias inorgánicas y orgánicas, por lo cual es posible realizar una identificación de los materiales, para detectar contaminantes comunes, subproductos de la degradación y aditivos.

Es una prueba donde el instrumento es la base de toda la técnica (no se requiere de una preparación de la muestra o química húmeda). Una de las grandes ventajas de la espectroscopia IR es su versatilidad, ya que permite estudiar prácticamente cualquier muestra con independencia del estado en que se encuentre.

En pocas palabras, la metodología de una espectroscopía FTIR consiste en un haz de luz infrarroja que incide sobre la materia y provoca vibraciones de los átomos de la molécula. Las vibraciones son específicas a determinadas frecuencias de los enlaces químicos, que corresponden a niveles de energía de la molécula, y van a depender de la forma de la superficie de energía potencial de la molécula, la geometría molecular, las masas atómicas y, posiblemente, el acoplamiento vibracional.

La cantidad de luz absorbida es registrada continuamente, rango de longitudes de onda de interés, por lo general, $4.000,00 - 400,00 \text{ cm}^{-1}$.

A.1.3.3. Materiales y equipos

- Balanza analítica
- Espectrómetro de infrarrojo con Transformada de Fourier
- Cuchara
- Paño

A.1.3.4. Procedimiento

Se realiza una medición de la muestra en un ambiente cerrado debido a que el aparato es sensible a tanto agua como dióxido de carbono. Se necesita suficiente cantidad de muestra pulverizada dentro del orificio del aparato (aproximadamente 2,00 g), para que este haga contacto con el cristal, que puede ser diamante o germanio, el cual funciona como material adsorbente y también refractario.

Dependiendo de la marca del aparato a utilizar, conjuntamente se encuentra un software específico que interpreta los análisis de la muestra. Identificar la muestra con el nombre correspondiente (“Muestra de polvo de PP X DD/MM/AAAA”).

La técnica se repite las veces que sean necesarias de acuerdo a la cantidad de muestras a analizar, solo teniendo en cuenta que el orificio del espectrofotómetro se debe limpiar con un paño húmedo para evitar que la muestra siguiente se contamine.

Un solo empleado de laboratorio es requerido para realizar este procedimiento. La interpretación del mismo será realizada en el momento, ya que el análisis y representación gráfica serán mostradas en el monitor de manera inmediata luego de comenzar el procedimiento.

A.1.3.5. Cálculos

Se obtienen los resultados mediante gráficos realizados por software específico conectado al espectrómetro infrarrojo.

A.1.3.6. Expresión de resultados

Una sustancia puede ser identificada cuando presenta únicamente máximos de absorción en los mismos números de onda y con intensidades relativas similares al espectro de una sustancia de referencia o al espectro de referencia de la sustancia. La identificación de la sustancia comparada con la sustancia esperada puede ser confirmada por la presencia de las bandas de absorción a los números de onda especificados.

En el caso de no haber concordancia en los espectros de la muestra sólida y de la sustancia de referencia, disolver porciones iguales de la muestra y de la sustancia de referencia en volúmenes iguales de un solvente apropiado, evaporar las soluciones hasta sequedad bajo condiciones idénticas y repetir el ensayo con los residuos.

Deben observarse claramente tres grupos de bandas correspondientes a movimientos de tensión de los enlaces C-H a $2.900,00\text{ cm}^{-1}$ y C-C en $1.350,00 - 1.450,00\text{ cm}^{-1}$, además de movimientos de flexión de enlaces metilo entre $1.200,00 - 1.000,00\text{ cm}^{-1}$.

CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO ELABORADO

Los controles de calidad para el producto elaborado siguen los parámetros especificados en las tablas 1.3, 1.4, 1.5 y 1.6, y de acuerdo a ellos se evalúan las diferentes propiedades físicas, mecánicas y térmicas para poder asegurar la calidad del producto.

A. CONTROL DE CALIDAD DE LOS PELLETS DE PP

A.1. Análisis de las propiedades mecánicas

A.1.1. Determinación del índice de fluidez o fluencia. Norma oficial: ISO 1.133:2005.

A.1.1.1. Objetivo

Determinar el Melt Mass-flow Rate/Índice de Fluidez en Masa (MFR) y Melt Volume-flow Rate/Índice de Fluidez en Volumen (MVR) para materiales termoplásticos bajo condiciones especificadas de temperatura y carga.

A.1.1.2. Fundamentación

El Melt Flow Rate/Índice de Fluidez (MFI) es el peso del polímero fundido que sale de un molde estandarizado (2,095 x 8,000 mm) a una temperatura concreta y con un peso estandarizado aplicado al pistón. Se relaciona inversamente con la viscosidad y el peso molecular, es decir, a medida que aumenta el índice de fluidez de la resina, se obtiene una disminución en la viscosidad y el peso molecular. En general, una resina con alto peso molecular (bajo índice de fluidez) dará lugar a productos con mayor tenacidad.

El cálculo del MFI se usa para verificar si la calidad de un plástico se encuentra dentro de la fluidez requerida.

Se usa comúnmente para ensayar poliolefinas (PEAD, PEBD, PEBD lineal o PP).

Existen dos medidas del MFI: el MVR, que es útil cuando se comparan materiales de diferente contenido de carga y cuando se comparan materiales termoplásticos cargados con materiales termoplásticos sin carga; y el MFR que puede determinarse a partir de la medición del MVR, o viceversa, siempre que se conozca la densidad en el estado fundido a temperatura ambiente.

A.1.1.3. Materiales y equipos

- Plastómetro de extrusión.
- Probeta de 4,00 a 8,00 g.

A.1.1.4. Cálculos

Obteniendo cualquiera de los dos índices, se puede calcular el otro mediante el uso de la densidad del polímero.

$$MFR \left[\frac{g}{10 \text{ min}} \right] = MVR \left[\frac{cm^3}{10 \text{ min}} \right] \times \rho \left[\frac{g}{cm^3} \right] \quad (\text{Ec. 4.9})$$

A.1.1.5. Expresión de resultados

Los valores correspondientes al MVR o al MFR, se obtienen directamente de la lectura de los datos arrojados por el equipo. El MFR se expresa en g/10 min, mientras que el MVR, se expresa en cm³/10 min.

El valor ideal para el MFR del PP debe ser de 2,90 g/10 min.

A.2. Análisis de propiedades térmicas

A.2.1. Determinación de la temperatura de deflexión bajo carga. Norma oficial: ISO 75-1:2020/ISO 75-2:2020.

A.2.1.1. Objetivo

Determinar la temperatura de deflexión bajo carga (esfuerzo de flexión bajo carga en tres puntos) de plásticos.

A.2.1.2. Fundamentación

La temperatura de deflexión bajo carga (TFC) es la temperatura a la cual el polímero se va a doblar a una distancia específica bajo una presión determinada. La norma que rige la medición de este parámetro es la ISO 75, que especifica tres métodos, con distintos valores de esfuerzo en flexión constante, que pueden utilizarse para la determinación de la misma en materiales plásticos.

Básicamente, un espécimen de prueba estándar se somete a flexión de tres puntos bajo una carga constante en sentido plano. La temperatura es elevada a una velocidad uniforme, y la temperatura correspondiente a la deflexión estándar, se mide con el aumento especificado en la deformación por flexión.

A.2.1.3. Materiales y equipos

- Medios para producir un esfuerzo de flexión.
- Equipo de calefacción
- Pesos
- Instrumento de medición de temperatura
- Instrumento de medición de deflexión.
- Micrómetros y calibres.

- Probeta o espécimen de prueba estándar.

A.2.1.4. Expresión de resultados

La temperatura de deflexión, en °C, se obtiene instantáneamente al leer el valor brindado por el instrumento de medición de temperatura. La deflexión o deformación expresada en mm también se obtiene de acuerdo a la lectura de un instrumento específico.

Cabe aclarar que la temperatura de deflexión se puede medir aplicando una presión de 0,45 MPa, de manera que en ese caso el valor debe ser de 85,00 °C; y aplicando una presión de 1,80 MPa, en donde la temperatura debe ser de 51,00 °C.

A.3. Análisis de las propiedades físicas

A.3.1. Determinación de las temperaturas de transición vítrea. Norma oficial: ASTM E1.356-08:2014.

A.3.1.1. Objetivo

Determinar la temperatura de transición vítrea (Tg) para los pellets de PP.

A.3.1.2. Fundamentación

La temperatura de transición vítrea, Tg, de un material caracteriza el rango de temperatura sobre el que los polímeros cambian de un estado duro y rígido a un estado más flexible.

La norma ASTM E1.356-08 especifica un método de determinación de la Tg empleando calorimetría diferencial de barrido (DSC). Este método de prueba se aplica a materiales amorfos o parcialmente cristalinos que son estables, contienen regiones amorfas, y no sufren descomposición o sublimación en la región de transición vítrea. La técnica DSC implica monitorear continuamente la diferencia en el flujo de calor o la temperatura entre un material de referencia y otro de prueba cuando se calientan o enfrían a una velocidad controlada, a través de la región de transición vítrea del material de prueba y, posterior a esto, analiza la curva térmica resultante para proporcionar la Tg.

La transición vítrea se manifiesta como un cambio de paso en la capacidad calorífica específica. Para materiales amorfos y semicristalinos, la determinación de la Tg puede brindar información importante sobre sus propiedades térmicas, condiciones de procesamiento, estabilidad, comportamiento mecánico y eléctrico.

A.3.1.3. Materiales y equipos

- Calorímetro diferencial de barrido que incluye un horno para proporcionar un calentamiento o enfriamiento uniformemente controlado, un sensor de

temperatura para proporcionar una indicación de la temperatura de la muestra a 0,10 °C, sensores diferenciales para detectar la diferencia de flujo de calor entre la muestra y la referencia, un controlador de temperatura capaz de ejecutar un programa de temperatura específico.

- Dispositivo de recopilación de datos, para proporcionar un medio de adquisición, almacenamiento y visualización.
 - Recipientes (bandejas, crisoles, viales, etc.) que deben contener a la muestra y deben ser inertes a él.
 - Material de referencia inerte con una capacidad calorífica aproximadamente equivalente a la de la muestra. Puede ser una cápsula o tubo de muestra vacío.
 - Nitrógeno u otro suministro de gas de purga inerte, de pureza igual o superior al 99,90 %.
 - Balanza analítica, con capacidad superior a 100,00 mg, capaz de pesar con una precisión de 0,01 mg.
 - Elemento cortante, como una hoja de afeitar, para preparar la muestra para el análisis.
- Muestra de pellet de PP de entre 5 a 10 mg.

A.3.1.4. Expresión de resultados

El Software del calorímetro permite trazar rectas tangentes a la curva presentada, y determina los distintos parámetros de temperaturas. Para representar el intervalo en el que tiene lugar la transición vítrea puede elegirse T_i (temperatura de inflexión), T_f (temperatura de inicio extrapolada) o T_m (temperatura de punto medio).

Los resultados obtenidos se comparan con la T_g teórica del PP que en este caso ronda en los 0,00 °C.

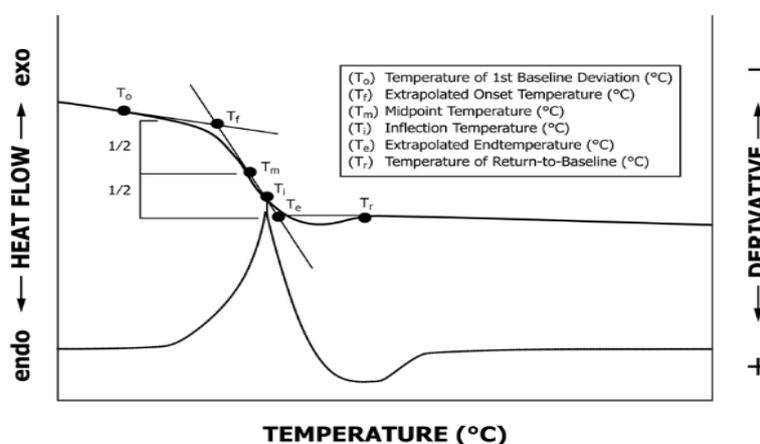


FIG. 1 Glass Transition Region Measured Temperatures

Figura 4.1. Temperaturas medias en la región de transición vítrea.

Fuente: Norma oficial ASTM E-1.356-08:2014

A.3.2. Determinación de las temperaturas y entalpías de fusión y cristalización. Norma oficial: ISO 11.357-03:2018.

A.3.2.1. Objetivo

Determinar las entalpías de fusión y cristalización, que son útiles para calcular el grado de cristalinidad del polímero.

A.3.2.2. Fundamentación

La cristalización de los polímeros se puede apreciar en algunos materiales termoplásticos. Cuando la masa fundida se solidifica, se produce un alineamiento parcial de las cadenas moleculares en el polímero.

Las propiedades de los plásticos están influenciadas significativamente por su grado de cristalización, de modo que cuanto mayor es el mismo, más rígida y resistente, pero también más frágil, será una pieza moldeada. El grado de cristalización se encuentra afectado por la estructura química, el historial térmico, y por las condiciones de enfriamiento durante el procesado o el post-tratamiento térmico.

El grado de cristalinidad es un parámetro muy importante en el análisis de la calidad de un polímero debido a que posee influencia en la dureza, densidad, transparencia y en general, en las propiedades mecánicas del plástico.

La norma ISO 11.357-03:2018 plantea un método de determinación de entalpías de fusión y cristalización empleando DSC.

A.3.2.3. Materiales y equipos

- Calorímetro diferencial de barrido que tenga la capacidad de generar velocidades constantes de calentamiento y enfriamiento entre 0,50 °C/min y 20,00 °C/min; de mantener constante la temperatura de ensayo dentro de $\pm 0,50$ °C durante al menos 60 min; que posea un caudal de gas en el rango de 10,00 mL/min a 50,00 mL/min, controlable a $\pm 10,00$ %; señales de temperatura con resolución de 0,10 °C y ruido por debajo de 0,50 °C; instalaciones para calibración; un dispositivo de registro que sea capaz de registrar automáticamente la curva DSC y de integrar el área entre la curva y la línea.
- Portamuestras con uno o más soportes para bandejas.
- Platos, para especímenes de prueba y especímenes de referencia, hechos del mismo material y de igual masa. Deben ser física y químicamente inertes tanto para la muestra de ensayo como para la atmósfera.
- Balanza para medir la masa del espécimen con una precisión de $\pm 0,01$ mg.
- Materiales de referencia estándar.
- Suministro de gas grado analítico (aire o nitrógeno son los más utilizados).
- Muestra de pellets de PP de 5,00 a 10,00 mg.

A.3.2.4. Cálculos

- Determinación de entalpías

El gráfico determinado por el calorímetro posee diferentes picos de acuerdo con el calentamiento o enfriamiento realizado. Se debe entonces escalar dicha gráfica para que el pico cubra al menos el 25,00 % de la escala completa. Posteriormente se construye una línea de base para el pico uniendo la temperatura de inicio del pico, $T_{i,m}$ y la temperatura final, $T_{f,m}$, en la que el pico comienza a desviarse de la línea de base. En caso de haber varios picos, se traza una sola línea de base para todos.

Para determinar las entalpías de fusión y cristalización, se debe medir el área bajo el pico hasta la línea de base construida con anterioridad.

La entalpía de fusión, ΔH_f , o la entalpía de cristalización, ΔH_c , se calculan con la ecuación:

$$\Delta H_f, \Delta H_c = \Delta H_{cal} \cdot \frac{A_p \cdot m_{cal}}{A_{cal} \cdot m} \quad (\text{Ec. 4.10})$$

donde ΔH_{cal} , en kJ/kg o J/g, es la entalpía de fusión o de cristalización del material de calibración; A es el área del pico de la muestra; A_{cal} es el área del pico del material de calibración; m es la masa de la muestra; y m_{cal} es la masa del material de calibración. Cabe aclarar que las unidades de área y de masa que se utilizan para el espécimen y el material de calibración, deben ser las mismas.

- Determinación del grado de cristalinidad

Una vez calculada la ΔH_f con la ecuación (17) se puede conocer el grado de cristalinidad del PP, conociendo la entalpía del polímero completamente cristalino ΔH_u mediante la fórmula:

$$\%GC = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_u} \times 100 \quad (\text{Ec. 4.11})$$

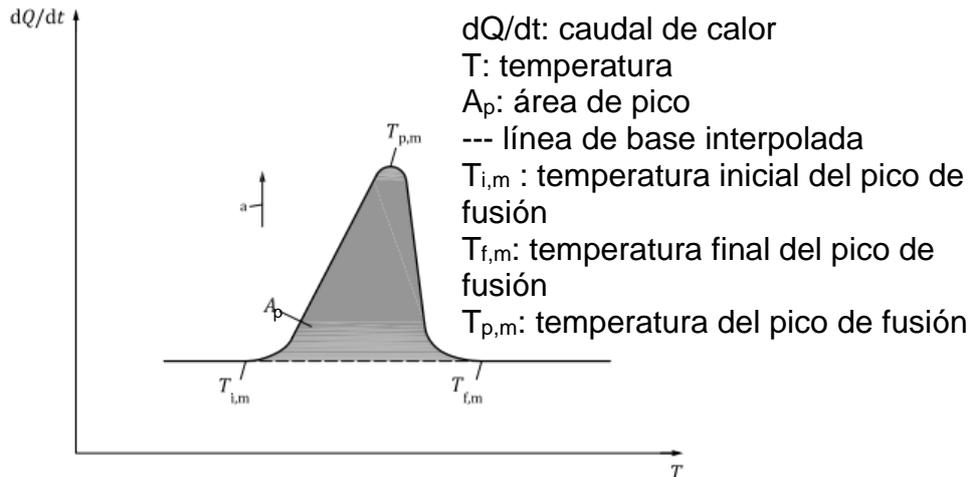


Figura 4.2. Determinación de la entalpía de transición para un pico de fusión.
Fuente: Norma oficial ISO 11.357-3:2018.

A.3.2.5. Expresión de resultados

Las entalpías de fusión y cristalización se expresan en kJ/kg o J/g. El grado de cristalinidad se expresa en porcentaje. El % GC obtenido se debe encontrar dentro del rango de cristalinidad teórica (70,00 – 80,00 %).

A.3.3. Ensayo de determinación de migración de PP como envase alimenticio según el Código Alimentario Argentino (CAA). Norma oficial: Reglamento 10/2011, Ensayo UNE-EN 1.186-1

A.3.3.1. Objetivo

Determinar la migración global en simuladores de alimentos y medios de ensayo de plásticos destinados a entrar en contacto con productos alimenticios.

A.3.3.2. Fundamentación

Debido al origen de la materia plástica, y su potencial uso en la industria alimenticia, se debe tener en cuenta la posibilidad de migración del plástico fabricado hacia el alimento. Estos ensayos se realizan en caso de ser así pedidos por clientes. Los mismos certifican la migración, o no, de partículas de PP. Se pueden realizar tres tipos de ensayos: convencionales, alternativos y sustitutos, debido a que las mismas técnicas no son viables para todos los tipos de alimentos. En cualquiera de estos casos, el criterio de simulador debe estar presente, ya que con ellos podemos clasificar a los alimentos con los que se ensaya:

- Simulador A: Agua destilada o agua con las mismas características.
- Simulador B: Soluciones acuosas con un 3,00 % P/V de ácido acético.
- Simulador C: Soluciones acuosas con un 10,00 % V/V de etanol.
- Simulador D: Aceite de oliva refinado.

Se debe tomar una muestra a ensayar (artículo final, en su forma lista para usar), que puede realizar en duplicados, triplicados o cuadruplicados según se considere necesario, y ponerlo en contacto con el simulador.

A.3.3.3. Materiales y equipos

- Termómetros
- Cronómetro
- Estufa
- 1,1,2, triclorotrifluoroetano (solvente)
- Cromatógrafo de gas
- Dietiléter

A.3.3.4. Cálculos

Se observa la cantidad, en mg, de producto que migra.

En caso de realizarse una reducción, como es el caso común de los alimentos grasos debido a la gran capacidad extractiva de este simulador en comparación de los demás simuladores, se debe dividir por el factor de reducción a cada una de las muestras individuales.

En el caso de haber realizado el ensayo a partir de muestras del producto final, o de muestras fabricadas específicamente con el propósito de someterlo a una prueba, y la cantidad de simulador difiere de la que en realidad se encuentra en contacto con el plástico o alguna otra cualidad cambia, entonces se afecta por un factor de corrección dado en la siguiente fórmula:

$$M = \frac{m \times a_2 \times 1000}{a_1 \times q} \quad (\text{Ec. 4.12})$$

Donde:

- M = migración en mg/kg
- m = masa en mg de la sustancia liberada por la muestra a través del ensayo de migración
- a_1 = área en dm^2 de la muestra en contacto con el simulador durante el ensayo de migración
- a_2 = área en dm^2 del material que va a estar en contacto con el alimento en condiciones reales
- q = cantidad de gramos del alimento en contacto con el material en condiciones reales de uso.

Existen diversas maneras de realizar un ensayo por migración, dependiendo del tipo de plástico, alimento y simulador. En general, las mayormente usadas son:

- Extracción de solventes: Se utiliza el solvente 1,1,2, triclorotrifluoroetano en contacto con la muestra para determinar la cantidad de simulador grasos que se extraen del plástico.
- Extracción incompleta de grasas: algunas grasas no pueden ser extraídas fácilmente de ciertos plásticos, debido a esto se realiza una segunda extracción con dietiléter. La cantidad obtenida de esta segunda extracción es sumada a la primera extracción, dando así el resultado completo.
- Pérdida de sustancias volátiles: en el caso de simuladores acuosos, la pérdida de sustancias volátiles, como el agua o monómeros, desde el plástico, por lo tanto, no son tenidas en cuenta, realizándose ensayos sobre sustancias no volátiles.
- Migración dependiendo de las temperaturas y tiempos de exposición. En la siguiente tabla pueden observarse las condiciones de ensayo, las cuales siempre se realizan en las situaciones más severas.

Tabla 4.4. Condiciones de ensayo

Condiciones de contacto en su uso más severo	Condiciones del ensayo
Tiempo de contacto	Tiempo de ensayo
$t \leq 5,00 \text{ min}$	Debe elegirse alguna condición que sea la más adecuada para el tipo de simulador y plástico.
$5,00 \text{ min} < t \leq 0,50 \text{ h}$	0,50 h
$0,50 \text{ h} < t \leq 1,00 \text{ h}$	1,00 h
$1,00 \text{ h} < t \leq 2,00 \text{ h}$	2,00 h
$2,00 \text{ h} < t \leq 4,00 \text{ h}$	4,00 h
$4,00 \text{ h} < t \leq 24,00 \text{ h}$	24,00 h
$t > 24,00 \text{ h}$	10,00 d
Temperatura de contacto	Tiempo de ensayo
$T \leq 5,00 \text{ }^\circ\text{C}$	5,00 $^\circ\text{C}$
$5,00 \text{ }^\circ\text{C} < T \leq 20,00 \text{ }^\circ\text{C}$	20,00 $^\circ\text{C}$
$20,00 \text{ }^\circ\text{C} < T \leq 40,00 \text{ }^\circ\text{C}$	40,00 $^\circ\text{C}$
$40,00 \text{ }^\circ\text{C} < T \leq 70,00 \text{ }^\circ\text{C}$	70,00 $^\circ\text{C}$
$70,00 \text{ }^\circ\text{C} < T \leq 100,00 \text{ }^\circ\text{C}$	100,00 $^\circ\text{C}$ o temperatura de reflujo
$100,00 \text{ }^\circ\text{C} < T \leq 121,00 \text{ }^\circ\text{C}$	121,00 $^\circ\text{C}$ (*)
$121,00 \text{ }^\circ\text{C} < T \leq 130,00 \text{ }^\circ\text{C}$	130,00 $^\circ\text{C}$ (*)
$130,00 \text{ }^\circ\text{C} < T \leq 150,00 \text{ }^\circ\text{C}$	150,00 $^\circ\text{C}$ (*)
$T > 150,00 \text{ }^\circ\text{C}$	175,00 $^\circ\text{C}$ (*)

Condiciones de contacto en su uso más severo	Condiciones del ensayo
(*) Esta temperatura sólo debe usarse para el simulador D. Para los simuladores A, B y C, el ensayo debe ser reemplazado por uno a 100,00 °C o a su temperatura de reflujo por una duración de 4 veces el tiempo elegido.	

A.3.3.5. Expresión de resultados

Los resultados dependen del tipo de simulador. De igual manera, todos ellos deben representarse en mg/kg o mg/dm².

Para simuladores de tipo A, B y C (acuosos), los límites analíticos tolerados son 6,00 mg/kg o 1,00 mg/dm², esto quiere decir que 6,00 mg de plástico puede migrar en 1,00 kg de alimento. Los ensayos suelen realizarse en triplicados, los cuales no deben superar el límite de migración.

Para simuladores de tipo D (grasas) los límites analíticos tolerados son 20,00 mg/kg o 3,00 mg / dm², esto quiere decir que 20,00 mg de plástico puede migrar en 1,00 kg de alimento. Los ensayos suelen realizarse en cuadruplicados, de los cuales tres deben dar dentro de los límites especificados.

CONCLUSIONES

Tanto las normas internas de la empresa como las normas internacionales para el control de calidad de la materia prima, el producto en proceso y el producto elaborado fueron desarrolladas de la manera más meticulosa posible para garantizar que el proceso sea llevado a cabo en las condiciones requeridas y establecidas para obtener un producto elaborado de gran valor.

Las normas de calidad implementadas fueron elegidas debido a las especificaciones de producto necesarias para la industria petroquímica; tales normas comprenden diferentes caracteres de análisis, como lo son propiedades mecánicas, térmicas, físicas y químicas. De esta manera, se cumple con la responsabilidad y seguridad social que conlleva la elaboración de un producto que será comprado y utilizado por un consumidor final, además de satisfacer con las exigencias y los requisitos tanto de la empresa como del consumidor.

Las normas de calidad, su cumplimiento, adaptación y registro generan una mejora continua en la empresa y un producto que cumple con estándares y seguridad industrial.

UNIDAD Nº 5

SEGURIDAD E HIGIENE

INTRODUCCIÓN

HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

Hay estudios y teorías que establecen que el 88,00 % de los accidentes están provocados por actos humanos peligrosos, el 10,00 %, por condiciones peligrosas, y el 2,00 % restante por hechos fortuitos. Sea cual sea la causa que los provoque, lo más importante es analizar los riesgos a los cuales está expuesto el trabajador, evaluarlos y plantear acciones preventivas, llevando un control constante de las mismas para evitar llegar a situaciones que provoquen accidentes.

La seguridad e higiene dentro de las organizaciones permite detectar fallas, evaluar riesgos, prevenir accidentes y enfermedades dentro del ámbito laboral. Esto es importante para la organización no solo del punto de vista humano, sino también económico, teniendo en cuenta que un ambiente laboral sano permite una mayor productividad por parte de los trabajadores de la planta.

A continuación, se desarrollarán las medidas de higiene y seguridad industrial adoptadas por la empresa productora de pellets de PP, que garantizarán la prevención y protección de los trabajadores en la organización, bajo la correspondiente legislación vigente.

HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

La Higiene y Seguridad en el trabajo hace referencia al cuidado de las personas en el ámbito laboral, y tiene como objetivo conservar el bienestar de los colaboradores, de terceros, como así también sus patrimonios. Definiendo brevemente, se puede decir que la Seguridad Industrial es el conjunto de medidas técnicas, médicas, educacionales y psicológicas empleadas para prevenir los accidentes, eliminar las condiciones inseguras del ambiente, e instruir a las personas sobre la implementación de medidas preventivas. Por otra parte, la Higiene Industrial es el conjunto de normas y procedimientos que protegen la integridad física y mental del trabajador, preservándolo de riesgos a la salud inherentes a las tareas que realiza, y al ambiente físico en donde las ejecuta.

Las condiciones para que se generen accidentes son evitables, por lo tanto, la organización hará lo posible para lograr este fin, basándose principalmente en la Ley N° 19.587 de Higiene y Seguridad en el trabajo, y en la Ley N° 24.557 de Riesgos del Trabajo.

A. SELECCIÓN Y CAPACITACIÓN DEL PERSONAL

La selección de personal es el proceso a través del cual una empresa busca un nuevo colaborador para cubrir un puesto desocupado recientemente, o una vacante que se acaba de abrir. Este procedimiento se compone de varias etapas que tienen como objetivo encontrar a la persona más adecuada.

El proceso de reclutamiento consiste en hallar un nuevo colaborador con las habilidades y requerimientos indispensables para desempeñar las funciones de la vacante. Dicho proceso no es sencillo porque se deben examinar a todos los candidatos y descartar a aquellos que no cumplan con los requisitos solicitados.

Una vez realizado el nuevo ingreso, se debe proceder con la capacitación, la cual busca mejorar la actitud, conocimiento, habilidades o conductas del personal, siempre teniendo en cuenta las necesidades de la organización.

Luego de la integración y capacitación de los colaboradores, la organización debe hacer hincapié en un aspecto muy importante: la motivación y el buen clima laboral. Se debe inculcar a los trabajadores el sentido de pertenencia, el liderazgo, la iniciativa y el compromiso con la empresa. A su vez, un buen clima organizacional ayuda a mejorar la productividad, reducir el ausentismo, mitiga los conflictos, aumenta la satisfacción y retiene a los empleados.

B. ANÁLISIS DE RIESGOS DEL PERSONAL

El análisis de riesgos y peligros al que está expuesto el personal de la planta de producción de pellets de PP, es útil para poder determinar a qué zonas y etapas del proceso hay que prestar mayor atención al momento del diseño de los planes de seguridad e higiene industrial.

A continuación, se presentan los principales riesgos, impactos de los mismos sobre el personal y prácticas de seguridad adecuadas para minimizarlos.

B.1. Conducción de vehículos industriales y tráfico en las instalaciones

Las zonas de almacenamiento, tanto de los insumos (aditivos) como del producto elaborado (pellets de PP) son propensas a presentar accidentes ya que se produce tráfico de personas y de montacargas. Este último, presenta un riesgo elevado para el personal ya que, en ocasiones, se maneja a velocidades que pueden resultar peligrosas y generar una colisión con peatones, equipos, o incluso, con otros vehículos.

Para evitar accidentes de este tipo se considera necesario:

- Capacitación de los operarios de vehículos industriales en conducción segura de vehículos especializados, carga, descarga y límites respectivos.
- Exigencia de chequeos médicos periódicos a los conductores.
- Adquisición de montacargas con visibilidad trasera y sistemas audibles de advertencia de marcha atrás.
- Establecimiento de preferencias de paso, límites de velocidad, inspecciones obligatorias de vehículos, normas de actuación (como por

ejemplo, prohibición de circular con el montacargas con las horquillas bajas), y normas o instrucciones para control de tráfico.

- Pintado de sendas peatonales para la circulación segura por toda la planta y capacitación a los colaboradores sobre el respeto a las mismas.
- Determinación de zonas específicas de carga y descarga, y capacitación a los colaboradores para que estén atentos al circular por allí.

B.2. Manipulación de tanques presurizados de almacenamiento de combustibles (GLP, propileno y propano), hidrógeno y nitrógeno.

El GLP (mezcla propileno-propano), así como el propileno y el propano extraídos de la etapa de purificación de la mezcla, son extremadamente inflamables por calor, chispas, electricidad estática o llamas, y como se encuentran bajo presión, si los recipientes se calientan por alguna causa en particular y no poseen válvulas de seguridad, pueden explotar. Además, pueden generar quemaduras al contacto con la piel y los ojos.

El vapor de estos productos es más pesado que el aire, por lo que puede desplazarse con facilidad, creando riesgos de insuficiencias respiratorias o asfixia. Dichos vapores pueden explotar en espacios cerrados, exteriores o en conductos.

Otro riesgo de este tipo de combustibles es que en estado líquido tienen una gran tendencia a almacenar electricidad estática cuando se transportan por tuberías.

La FDS de los productos anteriormente mencionados establece la concentración media ponderada en el tiempo, para una jornada laboral normal de trabajo de 8 h y una semana laboral de 40 h, a la que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, sin efectos adversos. Para el propileno y el propano este límite es de 1.000 ppm, siendo el nivel inmediatamente peligroso para la salud de propano de unas 2.100 ppm.

Para minimizar accidentes, se aconseja:

- Correcta utilización de los Elementos de Protección del Personal (EPP) adecuados. En operaciones de llenado y manipulación de los combustibles, empleo de guantes, traje y calzado antiestático, gafas o mascarillas protectoras, para evitar posibles proyecciones.
- Empleo de equipos de trabajo y herramientas antichispas para evitar posibles explosiones o ignición de las sustancias.
- Limpieza y mantenimiento de los tanques presurizados mediante personal calificado bajo las normas de seguridad apropiadas, y aseguramiento de que los contenedores estén vacíos y exentos de vapores antes de realizar cualquier inspección.

- Presencia de lavajos y duchas de lavado en el área de almacenamiento de la materia prima, así como también, con sistemas de alarma de detección de gases tóxicos, sistemas de permisos de trabajo, ventilación apropiada y extintores de incendios.
- Capacitación a los operarios de acuerdo con la ficha de seguridad de los productos y hacer hincapié en los EPP necesarios.

B.3. Manipulación del reactor de polimerización de alta presión (3,04 - 4,05 MPa) y compresores

Los equipos que funcionan a altas presiones dentro del proceso, como por ejemplo los reactores y compresores, generan grandes riesgos para el personal que los manipula ya que, ante alguna falla, desperfecto o mala práctica, pueden estallar y provocar lesiones tanto materiales como a la salud de los operarios (hasta incluso la muerte).

Existen múltiples riesgos a la hora de manipular equipos de alta presión, como por ejemplo, se pueden producir explosiones por falta de resistencia del material, por exceso de presión, por autoinflamación del aceite lubricante, o por descarga electrostática; incendios por cortocircuitos eléctricos, excesiva temperatura del aire comprimido o del aceite de refrigeración; golpes contra objetos por presencia de obstáculos o inadecuada iluminación; atrapamientos por los órganos móviles, y ruido ambiental y/o vibraciones.

Las medidas correctoras para estos riesgos son:

- Instalación de equipos cuyos proveedores garanticen un adecuado diseño y fabricación.
- Realización de inspecciones periódicas y anuales.
- Instalación de válvulas de seguridad para controlar la presión.
- Correcta elección del aceite lubricante.
- Puesta a tierra de todos los elementos conductores.
- Control y regulación de las diferentes temperaturas.
- Adecuada señalización de tuberías, zonas de tránsito, depósitos y pasillos.
- Capacitación sobre los riesgos de la manipulación de estos equipos y uso de los EPP adecuados.

B.4. Preparación de compuestos, acabado y envasado

El principal riesgo de las operaciones de preparación de compuestos, acabado y envasado en donde se manipulan extrusores, mezcladores, secadores (que mezcla aire con el polímero), así como en los transportadores neumáticos, es el de que, en caso de sobrecalentar el PP, pueden producirse incendios en dichos equipos.

Por este motivo, se recomienda:

- Seguimiento de las normas de instalación eléctrica adecuada para la puesta a tierra de todos los equipos.
- Realización de la instalación de sistemas específicos contra incendios, así como la disposición de matafuegos apropiados.
- Capacitación a los colaboradores en materia de EPP a utilizar y posibles riesgos de manipulación de los equipos.
- Realización de mantenimientos preventivos y confección de planes de trabajo integrales.
- Disposición de sistemas de alarmas para detección de posibles sobrecalentamientos de equipos.

B.5. Manipulación y almacenamiento de pellets de PP

La planta cuenta con zonas de almacenamiento y depósitos de producto terminado. Se conoce que el PP es un polímero que se obtiene de la utilización de una parafina como lo es el propileno, por lo que el principal problema que puede surgir de aquí es que los plásticos son posibles fuentes de ignición y los incendios en los depósitos pueden ser difíciles de controlar debido al calor de combustión extremadamente elevado que poseen. Además, al incinerarse un polímero, genera nubes de gases tóxicos para el operario que pueden llevar a la asfixia e incluso la muerte en caso de no poseer las medidas de seguridad adecuadas.

Cabe destacar que si bien los pellets de PP no califican como productos peligrosos para la salud, el transporte de los mismos puede generar polvos finos que afectan el tracto respiratorio e irritan los ojos; en caso de caída de producto al suelo, genera riesgos de resbalamiento y caídas; y a su vez, puede producir cargas electrostáticas.

Las prácticas recomendadas para gestionar estas situaciones incluyen:

- Disposición de áreas de almacenamiento de acuerdo con la legislación, incluyendo ventilación adecuada, control de la temperatura del aire, la protección frente a la luz directa del sol y otras protecciones con las que debe contar el producto.
- Adopción de sistemas de prevención y control de incendios, incluyendo detectores de humo, de focos de rayos infrarrojos (IR), matafuegos y pulverizadores de agua para hacer frente a la alta carga térmica de los incendios de polímeros.
- Adopción del procedimiento de gestión de FIFO (First In, First Out/Primero en entrar, Primero en salir) para los productos, junto con inspecciones frecuentes y adecuadas operaciones de servicio.

- Adopción de un plan de control de calidad apropiado para la detección de productos envejecidos o con malas características, para la posterior evaluación de su seguridad y separación para su eliminación.
- Capacitación sobre el uso de los EPP adecuados para la manipulación de los pellets de PP.
- Establecimiento de una adecuada puesta a tierra de los equipos para evitar la acumulación de la electricidad estática.

B.6. Emisiones de material particulado (polvo de PP y aditivos)

Las emisiones de material particulado (finos de polímero y aditivos), por lo general se producen en las etapas de secado y envasado de polímeros, así como en las operaciones de transporte, transferencia y extracción de polvo de los pellets.

En la producción industrial de pellets de PP, existe polvo asociado a la etapa de separación del polvo de PP del gas, a la etapa de eliminación del propileno residual, a la de almacenamiento del polvo de PP, y a la etapa de extrusión y estabilización del polvo de PP). El riesgo asociado a esto es la posible inhalación y posterior asfixia que pueden sufrir los operarios, en caso de no contar con las medidas de seguridad adecuadas; al ser el polvo un producto de combustibles, es una fuente potencial de ignición y explosión; y durante la extrusión se debe prestar principal atención a no estar en contacto con el polímero fundido ya que, en caliente, se adhiere a la piel y puede provocar graves quemaduras.

Las estrategias recomendadas para la gestión de material particulado incluyen:

- Optimización del diseño del ciclón a presión atmosférica, del silo de purga y de almacenamiento.
- Diseño y aplicación de planes de limpieza efectivos en las zonas de mayor contacto con el polvo de PP.
- Control de la atmósfera de trabajo en el que se encuentra el operario.
- Capacitación sobre los riesgos asociados a la manipulación del polvo y utilización de los EPP, haciendo principal hincapié en la protección respiratoria y ocular.
- Ventilación eficaz durante las operaciones anteriormente mencionadas.
- Establecimiento de un sistema de control de incendios.

C. PROTECCIÓN PERSONAL DEL TRABAJADOR

Los Elementos de Protección Personal (EPP) son aquellos que debe utilizar el operario diariamente en el lugar de trabajo. Los mismos no eliminan los riesgos a sufrir accidentes, pero los minimizan o evitan los daños físicos. Se puede decir que son la última barrera que existe entre el trabajador y los riesgos.

Deben ser provistos por el empleador y en algunas categorías (excepto equipos de protección respiratoria) tienen que estar certificados por alguno de los tres entes certificadores reconocidos por la Secretaría de Comercio en la Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), International Quality Certifications/Certificaciones Internacionales de Calidad (IQC) y Underwriters Laboratories/Laboratorios Asegurados (UL).

Los colaboradores de la planta deben ser capacitados e informados respecto de la importancia del uso de los EPP, de los riesgos inherentes a su actividad, y de las condiciones para una protección personal adecuada.

Algunas medidas recomendadas para el uso de EPP en el lugar de trabajo son:

- Identificación y distribución de los EPP más adecuados que ofrezcan la protección necesaria y que no causen molestias innecesarias a su usuario.
- La selección del EPP debe realizarse de acuerdo con la clasificación de riesgos descrita al comienzo de la unidad, y según los criterios establecidos para su desempeño y comprobación por organizaciones ampliamente reconocidas.
- Realización de un mantenimiento adecuado de los EPP, incluida su limpieza y su sustitución cuando estén dañados o desgastados.
- Capacitación a los trabajadores en el uso, cuidado, mantenimiento y almacenamiento de los EPP, teniendo en cuenta los manuales de los fabricantes y las publicaciones de los organismos certificadores.

Los EPP para una planta de producción de pellets de PP, consisten en:

- Protección craneal
- Protección ocular
- Indumentaria de protección
- Protección para los pies
- Protección auditiva
- Protección respiratoria
- Protección de manos

C.1. Protección craneal

Los operarios deben utilizar casco protector cada vez que estén expuestos a la posibilidad de caída de objetos, contacto con la electricidad o cuando la política de seguridad de la empresa lo indique.

El casco de seguridad debe tener la capacidad de amortiguación de choques, resistencia al impacto en caída libre y proyecciones de objetos, cierto grado de aislamiento eléctrico, resistencia a la perforación y a las variaciones de temperatura.

Existen dos tipos de cascos de seguridad según su prestación frente al impacto:

- Cascos de seguridad tipo I: los cuales están diseñados para reducir la fuerza de impactos resultantes de objetos que golpean la parte superior de la carcasa.
- Cascos de seguridad tipo II: que, además de reducir la fuerza de impactos de objetos que golpean en la parte superior, protegen la parte lateral de la cabeza.

A su vez, hay diferentes clases de cascos de seguridad, de acuerdo a los tipos de objetos de los cuales protegen al trabajador:

- Clase A: protegen al operario de la caída de cualquier tipo de objetos, y del fuego.
- Clase B: protegen al operario de la caída de cualquier objeto, del fuego y de la electricidad.
- Clase C: protegen al operario sólo de las caídas de algún objeto.

En la producción de pellets de PP, todos los operarios que manipulen y conduzcan autoelevadores deben utilizar cascos tipo II clase B, ya que ofrecen una mayor protección frente a un amplio abanico de riesgos.



Figura 5.1. Casco. Protección craneal

Fuente: <https://www.aeeprovedores.com/cascos-de-seguridad-clasificacion/>

Para la correcta funcionalidad del casco de seguridad, se requiere:

- Ajuste del arnés del casco para que su calce sea confortable y firme.
- No alterar o modificar la carcasa o el arnés, ni reemplazar el arnés por el de otro fabricante.
- Inspección cada cierto tiempo el EPP en cuestión para lograr determinar su estado y realizar el reemplazo correspondiente en caso de presencia de grietas o agujeros, rotura del arnés, abolladuras o deformaciones.

C.2. Protección ocular y facial

Los protectores oculares tienen la función de resguardar el ojo del colaborador ante riesgos de impacto, radiaciones nocivas (como por ejemplo soldadura

oxiacetilénica o eléctrica), proyección de partículas de sólidos, líquidos o productos químicos; y exposición a atmósferas contaminadas.

Estos EPP están fabricados de materiales ligeros (fibra de vidrio, mica o vidrio) para no sobrecargar al colaborador de peso innecesario y entorpecer la visión; y tienen que ser resistentes a altas temperaturas y a entornos industriales agresivos. Además, tienen que ser compactos ya que desdén ser un accesorio portátil fácil de utilizar y transportar.

Se pueden encontrar tres tipos de gafas de protección industrial.

- Gafas de protección industrial de montura integral: Son aquellas en las cuales el ocular y la montura forman una sola pieza. Se utilizan principalmente cuando el trabajador está expuesto a riesgos mecánicos (exposición a partículas de humo, polvo, salpicadura de metales sólidos o fundidos), a agentes químicos y biológicos (como gases, aerosoles y nieblas); y a agentes físicos (radiaciones ópticas).
- Gafas de protección de montura universal: Estas gafas de montura universal pueden tener uno o dos oculares. En general, se utilizan para proteger frente a riesgos de origen mecánico o causados por agentes físicos.
- Pantallas faciales: son sistemas que forman parte de los equipos de protección individual. Existen dos modelos: la pantalla forestal que contiene una rejilla metálica y visera de polipropileno y protege a toda la zona de la frente de virutas y objetos puntiagudos; y el segundo modelo que posee una pantalla de policarbonato protegiendo contra impactos de alta velocidad y salpicaduras.

En una planta de pellets de PP se deben utilizar gafas de seguridad en las etapas de manipulación de GLP, propileno y propano (almacenamiento y purificación); y en las etapas que involucren el polvo de PP ya que el mismo puede generar algún inconveniente en la vista del operario al momento de la manipulación (etapa de reacción, separación del polvo de PP y gas, separación del propileno residual y almacenamiento del polvo). Además, en la etapa de peletización también es importante el uso de gafas de seguridad ya que no sólo se manipula polvo de PP, sino que algún pellet puede salir despedido e impactar en el ojo del operario.

Las gafas de seguridad que se optan para este proceso son las gafas de protección industrial de montura integral con lente de policarbonato, ya que ofrecen una amplia protección frente a variados riesgos que se pueden presentar en la planta.



Figura 5.2. Gafas de protección industrial de montura integral con lente de policarbonato
Fuente: <https://www.prolaboral.com/es/1370-gafa-estanca-3m-2890s-policarbonato-incolora-arae.html>

C.3. Protección auditiva

Los protectores auditivos cumplen la función de atenuar el nivel sonoro que existe en el ambiente de trabajo con el objetivo de prevenir daños en los conductos internos del oído, ya que reducen los niveles de presión sonora que llegan a éstos.

Según su diseño se clasifican en:

- Tapones auditivos de espuma desechable: la espuma se enrolla en un pequeño cilindro y luego se coloca en el oído.
- Tapones auditivos a presión: son puntas de espuma con un vástago flexible que no hace falta enrollar para insertarlas en los oídos.
- Tapones auditivos reutilizables: está hecho de elastómero termoplástico que se adapta con facilidad al canal auditivo, y está unido a un vástago.
- De copa (orejeras): son auriculares de plástico sujetos a una banda de cabeza ajustable. Posee almohadillas que forman un sello en los laterales de la cabeza del usuario y bloquean los sonidos.

Para poder elegir el protector auditivo más adecuado se debe tener en cuenta el nivel de ruido en los diferentes sectores de la planta y, además, la comodidad del operario.

En la planta de producción de pellets de PP, se utilizan dos tipos de protectores auditivos: los protectores de copa y los tapones reutilizables. Cada usuario opta por uno de ellos de acuerdo a su criterio de comodidad y facilidad de uso. Los sectores en donde sí o sí se exige el uso de este EPP es: en la etapa de peletización, en la carga y descarga de producto (operarios conductores de autoelevadores), y en la etapa de reacción y purificación de la MP. Lo ideal es que todos los colaboradores que ingresen en la planta utilicen sus protectores auditivos por más de que no se encuentren en las áreas anteriormente mencionadas.



Figura 5.3. Protectores de copa.

Fuente: https://www.3m.com.ar/3M/es_AR/epp-la/soluciones-de-seguridad/centro-proteccion-auditiva-3M/programa-de-proteccion-auditiva/proteccion-auditiva/seleccion-productos-auditivos/



Figura 5.4. Taponos reutilizables

Fuente: https://www.bac-dall.com.ar/DETALLE/TapOn-Auditivo-3M%E2%84%A2-modelo-1200-Reutilizable-con-cordOn-NRR-25db-63579/ITEM_ID=3957/bac-dall.aspx

Para el uso de los protectores auditivos se debe tener en cuenta:

- Higienizado de manos antes de colocarse los protectores auditivos.
- Higienizado de los taponos reutilizables siguiendo las indicaciones del fabricante.
- Almacenamiento en su estuche o lugar indicado por la empresa o fabricante.
- Conocimiento de la vida útil de cada elemento y realización del recambio correspondiente según sea necesario.

C.4. Protección respiratoria

Los equipos de protección de las vías respiratorias son utilizados cuando la concentración de los contaminantes aerotransportados (polvo, gases y/o vapores presentes en el aire) superan los valores estipulados en la legislación vigente, contribuyendo a la reducción de la concentración de éstos en la zona de inhalación, por debajo de los niveles de exposición recomendados.

Existen diferentes tipos de EPR:

- Respiradores o barbijos: ofrecen protección sólo ante material particulado y contra algunos riesgos biológicos.
- Semimáscaras: proveen protección frente a algunos productos químicos y a material particulado. Poseen cartuchos filtrantes que, de acuerdo al color, van a utilizarse para diferentes riesgos.
- Máscaras completas: proveen también protección ocular y ofrecen una mayor protección frente a productos químicos y material particulado.
- Equipos autónomos: se utilizan para cuando las atmósferas de trabajo escasean de oxígeno o están muy contaminadas.

Los colaboradores que utilicen los protectores respiratorios deben ser capacitados sobre su correcto uso y colocación. Además, deben poder identificar el nivel de protección, significado de colores, limitaciones, compatibilidad con otros EPP, y mantenimiento.

Deben realizarse inspecciones rutinarias de las condiciones de funcionamiento que presenta el equipo y sus partes, inspeccionando los daños, realizando una limpieza, desinfección y sustitución de las partes desgastadas en caso de ser necesario.

En la planta de producción de pellets de PP se debe utilizar protección respiratoria principalmente en los sectores de manipulación y almacenamiento de la mezcla de propileno-propano, debido a que los vapores que liberan estos combustibles son muy invasivos y pueden llevar a la asfixia del operario; en el área de extrusión o peletización del polvo de PP, principalmente el encargado de añadir los aditivos, ya que puede llegar a aspirar parte de ese material durante dicho proceso (el uso es obligatorio en caso de tener que desempeñar esta tarea); y en todas las etapas que involucren la manipulación de polvo de PP, el cual es muy volátil.

Los EPR que se opta para una petroquímica con estas características son los respiradores de media cara doble cartucho confeccionados con material elastomérico, debido a que ofrecen una amplia protección frente a los riesgos que particularmente se presentan en la industria (polvos y vapores). Además, ofrecen la ventaja de tener cartuchos intercambiables según el tipo de uso que se le quiera dar. Cabe aclarar que los filtros de los cartuchos para material particulado, se deben cambiar cuando el operario comience a experimentar dificultades al respirar, dada la saturación del filtro; mientras que para los cartuchos para gases y/o vapores, su recambio se define según la fecha de expiración (o de vencimiento) que establece el fabricante o según la vida útil que posea estando en uso.



Figura 5.5. Respiradores de media cara.

Fuente: https://www.bac-dall.com.ar/Temp/App_WebSite/App_PictureFiles/ItemPDF/112.pdf

C.5. Protección de manos

Cuando se habla de protección para manos generalmente se hace referencia a los guantes de seguridad industrial. Los mismos, son un EPP destinados a proteger las manos, cubriendo parcial o totalmente el antebrazo y el brazo. Deben ofrecer protección contra un determinado riesgo sin crear otros (inocuidad). Este elemento de protección debe garantizar que no existe ningún riesgo de higiene o sanitario para el usuario por las características de fabricación, los materiales utilizados o la degradación producida por un uso normal.

Existen diversos riesgos de los cuales los guantes de seguridad industrial pueden proteger al operario, y se clasifican en base a éstos:

- Riesgos Mecánicos (cortes, desgarros, pinchazos).
- Riesgos Químicos (ácidos, bases, disolventes).
- Riesgos Térmicos: (calor, frío, llamas, salpicaduras).
- Riesgos derivados de radiaciones, contaminación (Rayos X, productos radiactivos).

Para el caso particular de la industria productora de pellets de PP, se deben utilizar guantes para la manipulación y el desempeño de tareas en el área de almacenamiento y purificación de la mezcla propileno-propano, debido a que éste combustible y sus derivados (propileno y propano), tal como se mencionó con anterioridad, en contacto con la piel pueden generar quemaduras por la baja temperatura a la que se encuentran. Los guantes ideales para este tipo de riesgos son los de PVC ya que proveen protección contra la abrasión, contra los alcoholes, éteres, aceites de engrase y lubricación, y combustibles derivados del petróleo; y ofrecen una gran resistencia.



Figura 5.6. Guantes de PVC.

Fuente: https://www.bac-dall.com.ar/DETALLE/Guante-BIL-VEX-PVC-de-40cm/ITEM_ID=714/OR=/H=/CANT=/bac-dall.aspx

C.6. Indumentaria de protección

La indumentaria de trabajo es un EPP fundamental para llevar adelante un proceso seguro, sin accidentes y minimizando los riesgos. En las industrias en donde se manejan productos químicos, volátiles, maquinarias eléctricas o que comprometan la seguridad de los operarios, se deben establecer ciertas regulaciones para evitar cualquier tipo de daño a la salud de éstos, entre ellas, el uso obligatorio de la indumentaria industrial especializada.

Las características particulares que posee la indumentaria de protección en las industrias petroquímicas son:

- Debe ser ignífuga ya que brinda protección contra salpicaduras químicas que puedan ocurrir al trabajar en entornos explosivos.
- Debe cubrir por completo los brazos y piernas para evitar lesiones en la piel, y debe tener puños elásticos para evitar que las mangas se atasquen en alguna máquina.

- Debe poseer abrojos y cintas reflectantes. Evitar cierres, botones o cordones suspendidos que puedan llegar a atorarse en los equipos.
- La confección de las prendas debe ser flexible, resistente y duradera.

Todos los trabajadores de planta y los que circulen por ella deben hacer uso obligatorio de la indumentaria de protección industrial que consiste en un overol de cuello alto y cintura elástica fabricado con tela ignífuga; sólo están exentos de utilizarla aquellos que trabajen en áreas administrativas y en caso de ingresar a la planta deben colocarse la vestimenta apropiada. Además, en la planta queda totalmente prohibido el uso de elementos que puedan generar un riesgo de accidente adicional como: collares, pulseras, relojes, anillos, piercings, aros, bufandas, corbatas y otros.



Figura 5.7. Indumentaria de protección industrial.

Fuente: <https://dasegur.com/product/mameluco-ignifugo-y-antiestatico-350g-fr50-portwest/>

C.7. Protección para los pies

Los elementos de protección para los pies están diseñados para proteger el pie de los riesgos existentes en el lugar de trabajo, principalmente frente a riesgos mecánicos (caídas de objetos, atrapamientos, cortes, deslizamientos), térmicos (temperatura ambiental, del suelo, fuego, salpicaduras de sustancias peligrosas), químicos y eléctricos (contacto eléctrico y descarga electrostática).

Los zapatos de seguridad que son utilizados en la planta de producción de pellets de PP son los denominados antiestáticos con punta de acero ya que, en la manipulación, tanto de la materia prima como del producto terminado, se pueden generar descargas electrostáticas que lleven a un accidente. Por este motivo, una de las funciones principales de este EPP es disipar corrientes estáticas y presentar resistencia eléctrica baja para favorecer la circulación de la corriente a través del cuerpo humano y hacer que la misma se descargue, con el objetivo de disminuir la posibilidad de que se produzcan chispas (las cargas electrostáticas se desvanecen más rápido y se evitan incendios y explosiones). Sin embargo, este tipo de calzado no está pensado para proteger al trabajador de la electricidad, por lo que aquellos que

estén en contacto con la misma (principalmente operarios de mantenimiento) tienen que contar con un par de zapatos dieléctricos, que funcionan como aislantes.

Todos los colaboradores de la organización industrial deben contar con zapatos de seguridad para ingresar a la planta.



Figura 5.8. Zapatos Antiestáticos

Fuente: <https://www.calzadoduramax.com/2501-fno-an-calzado-antiestatico>



Figura 5.9. Zapatos dieléctricos

Fuente: <https://www.seguridadencalzado.com/2016/11/zapatos-dielectricos.html>

D. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA

D.1. Elementos de protección industrial

Las piezas de maquinaria son las más peligrosas ya que pueden causar daños personales provocando incluso la muerte si el operario queda atrapado, enganchado o es golpeado por la puesta en marcha imprevista de la máquina o un movimiento no esperado durante su funcionamiento. Las medidas de prevención recomendadas para estos riesgos son:

- Manipulación de las máquinas de manera tal que se eliminen los riesgos de atrapamiento y que asegure que las extremidades de los operarios no puedan sufrir daño en condiciones normales de funcionamiento. Por ejemplo, asegurar el manejo con ambas manos para evitar amputaciones, o con botón de parada de emergencia situado en lugares estratégicos.
- Cuando la máquina o el equipo posee una pieza móvil o algún elemento con el que pueda estar en contacto el operario implicando un peligro para su seguridad, el equipo debe llevar instalado una guarda de seguridad o cualquier otro elemento de protección que impida la aproximación a esa pieza o elemento.

- Implementación de un proceso de bloqueo y etiquetado (Lock Out, Tag Out) en el que se cumplan los pasos de retirada, desconexión, aislamiento y eliminación de toda energía residual de la máquina con piezas móviles o en contacto con el operario o en la que se puede almacenar energía.

De manera general, se puede decir que todas las máquinas y herramientas presentes en el área de trabajo deben:

- Ser seguras, y en caso que presenten algún riesgo para las personas que la utilizan, deben estar provistas de la protección adecuada.
- Los motores que originan riesgos deben estar aislados, y provistos de una parada de emergencia que permita detener el motor desde un lugar seguro.
- Todos los elementos móviles que sean accesibles al trabajador por la estructura de las máquinas, deben estar protegidos o aislados adecuadamente.
- Las transmisiones, acoplamientos, poleas, correas, engranajes, mecanismos de fricción u otros, deben contar con las protecciones más adecuadas al riesgo específico de cada transmisión.
- Las partes de las máquinas y herramientas en las que existan riesgos mecánicos y donde el trabajador no realice acciones operativas, deben contar con protecciones eficaces, tales como cubiertas, pantallas, barandas, entre otras.

Para mayor seguridad, las máquinas deben ser operadas solamente por el personal autorizado y capacitado por la empresa para tal tarea. Esto deja implícito que el empleador es quien debe asegurar la capacitación suficiente del personal según las tareas que se le asignen.

En el caso de las extrusoras, que trabajan a altas temperaturas y por lo general no se encuentran aisladas, es recomendable que los operadores trabajen con guantes específicos para la operación, y tener cerca del extrusor el equipo de primeros auxilios, así como también un extintor de incendios.

D.2. Prestaciones de medicina y de higiene y seguridad en el trabajo

Según lo que estipula la Ley N° 19.587, los establecimientos deben contar con Servicios de Medicina del Trabajo y de Higiene y Seguridad, ya sea con carácter interno o externo. El objetivo principal de estos servicios es prevenir todo tipo de daño que pueda causar a la vida y a la salud de los trabajadores, en las respectivas áreas del establecimiento, para de esta manera crear las condiciones óptimas, para que tanto la salud como la seguridad sean una responsabilidad del conjunto de la organización.

Algunas de las acciones que debe ejecutar el Servicio de Medicina del Trabajo son acciones de educación sanitaria, socorro, vacunación, estudios de ausentismo por morbilidad, entre muchas otras; promoviendo y manteniendo el más alto nivel de salud de los empleados. Su función es de carácter preventivo, no se hará cargo de aquellas enfermedades presentadas durante el trabajo ni de las emergencias médicas que puedan llegar a ocurrir en el establecimiento, ya que en esos casos se derivará al médico.

Los exámenes de salud que los trabajadores deben realizarse son:

- De ingreso.
- De adaptación.
- Periódicos.
- Previos a una transferencia de actividad.
- Posteriores a una ausencia prolongada.
- Previos al retiro del establecimiento.

Los Servicios de Medicina del Trabajo estarn dirigidos por graduados universitarios especializados en Medicina del Trabajo con título de Médico del Trabajo.

Según lo establecido por ley, los empleadores deben disponer de la siguiente asignación de horas-médico semanales en el establecimiento, en función del número de trabajadores equivalentes:

Tabla 5.1. Horas-médico en función de los trabajadores equivalentes.

Cantidad de trabajadores equivalentes	Horas-médico semanales
151 – 300	5
301 – 500	10
501 – 700	15
701 – 1.000	20
1.001 – 1.500	25

Fuente: Ley N° 19.587

Los trabajadores equivalentes son definidos como aquellos que resultan de sumar el número de trabajadores dedicados a tareas de producción más el 50,00 % del número de trabajadores asignados a tareas administrativas. Por lo tanto, teniendo en cuenta la tabla anterior se cuenta con 72 trabajadores equivalentes y tal como lo estipula la Ley N° 19.587, el servicio médico para las empresas con menos de 150 trabajadores equivalentes es tercerizado.

Por otro lado, se encuentra el Servicio de Higiene y Seguridad en el Trabajo. El mismo tiene como objetivo implementar la política fijada por el establecimiento, buscando promover y mantener adecuadas condiciones ambientales en los lugares

de trabajo. Se debe encargarse de registrar las acciones ejecutadas, tendientes a cumplir con dichas políticas.

Los Servicios de Higiene y Seguridad en el Trabajo estarán dirigidos por graduados universitarios:

- Ingenieros laborales
- Licenciados en Higiene y Seguridad en el Trabajo
- Ingenieros y químicos con curso de posgrado en Higiene y Seguridad en el Trabajo de no menos de 400 h de duración, desarrollados en universidades estatales o privadas.
- Técnicos en Higiene y Seguridad, reconocidos por la Resolución M.T. y S.S. N° 313 de fecha 26 de abril de 1983.
- Todo profesional que a la fecha de vigencia del presente Decreto se encuentre habilitado por autoridad competente para ejercer dicha función.

En todos los casos, aquellos que desempeñen tareas en el ámbito de los Servicios de Higiene y Seguridad en el Trabajo deben encontrarse inscriptos en el Registro habilitado a tal fin por la Superintendencia de Riesgos del Trabajo.

D.3. Provisión de agua potable

El establecimiento debe contar con provisión y reserva de agua para uso humano, es decir la que se utiliza para beber, higienizarse o preparar alimentos.

Se elimina toda posible fuente de contaminación y polución de las aguas que se utilicen y se mantendrán los niveles de calidad según el artículo 58 del capítulo 6 de la Ley N° 19.587.

Se deben realizar análisis sobre el agua que se utiliza, ya sea obtenida dentro de la planta o traída de otros lugares. En los casos en que no se cuente con los laboratorios oficiales, pueden efectuarse en laboratorios privados. Estos análisis deben ser realizados bajo aspectos bacteriológicos, físicos y químicos.

Los análisis se realizan sobre todas las aguas que se utilicen, por separado:

- Al iniciar las actividades del establecimiento.
- Al promulgarse la presente reglamentación, para aquellos que estén en funcionamiento.
- Posteriormente un análisis bacteriológico semestral y un análisis físico-químico anual.

Los resultados deben ser archivados y están a disposición de la autoridad competente en cualquier circunstancia que sean solicitados.

El Parque Industrial en donde se sitúa la planta cuenta con servicios básicos para proveer a las empresas instaladas agua, desagües pluviales e industriales, redes de energía eléctrica, de gas natural, de iluminación y de comunicaciones.

En la planta de producción de PP, se utiliza agua industrial para llevar a cabo todas las actividades de la planta (proceso). Sólo se emplea agua potable para el consumo humano en oficinas administrativas, comedores, y lavatorios de manos.

E. CONDICIONES DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN LOS AMBIENTES LABORALES

E.1. Ruido y vibraciones

E.1.1. Ruido

El ruido es un gran riesgo para aquellos trabajadores que están mucho tiempo expuestos a él. La exposición a niveles altos de ruido durante un tiempo prolongado puede provocar daños auditivos permanentes e incapacitantes.

La pérdida auditiva no es el único problema, ya que las personas pueden contraer molestias o afecciones como pitidos, silbidos, zumbidos o murmullos en los oídos; básicamente una afección molesta que puede provocar trastornos del sueño.

Según lo que plantea la Ley N° 19.587 en el capítulo N° 13, en todos los establecimientos, ningún trabajador puede estar expuesto a una dosis de nivel sonoro continuo equivalente superior a la establecido; la ley reglamenta que, si los niveles son inferiores a los 85 dB de Nivel Sonoro Continuo Equivalente, sólo se deben realizar nuevos relevamientos para controlar que el nivel medido se mantenga, y detectar posibles cambios a causa de incorporación de nuevos equipos o maquinarias. Caso contrario, si el nivel supera los 85 dB, se debe reducir el ruido al mínimo posible desde la fuente que lo produce, colocando carteles indicativos del uso de protección auditiva y además proveer al personal de protectores auditivos. Este riesgo se monitorea a través de procedimientos donde se busca medir el nivel sonoro en las distintas fuentes, y a través de un cálculo de se determinará si los niveles superan o no los 85 dB; para esto se utiliza un decibelímetro integrador.

A modo de resumen en caso de superar los 85 dB, se procede a realizar lo siguiente con el fin de disminuir lo máximo posible el nivel hallado:

1. Procedimientos de ingeniería, ya sea en la fuente, en las vías de transmisión o en el recinto receptor. Lo que se puede hacer es sustituir piezas de metal por piezas de plástico que son más silenciosas; aislar las piezas de maquinarias que sean más ruidosas; colocar silenciadores en las salidas de aire de las válvulas neumáticas; colocar amortiguadores en los motores eléctricos; silenciar las tomas de los compresores de aire, entre otras medidas.
2. Protección auditiva al trabajador.

3. De no ser suficientes las correcciones indicadas precedentemente, se procede a la reducción de los tiempos de exposición.

Antes de la distribución de los protectores auditivos como mecanismo final de control, se debe investigar e implementar, siempre que sea posible, la utilización de materiales de aislamiento acústico, aislamiento de la fuente del ruido y otros controles técnicos. También son eficaces para disminuir los niveles de ruido el mantenimiento y la lubricación periódicos y la sustitución de las piezas gastadas o defectuosas.

Además, deben realizarse chequeos médicos periódicos a los trabajadores expuestos a niveles altos de ruido para comprobar su capacidad auditiva.

Consideraciones generales:

- El uso de protectores auditivos debe ser obligatorio, los mismos deben ser capaces de reducir el nivel de ruido en el oído hasta al 85 dB
- Si bien se prefiere el uso de protección auditiva para cualquier periodo de exposición a un nivel de ruido superior a 85 dB; otra forma de proteger equivalentemente es limitando la duración de la exposición al ruido. Por cada aumento de 3 dB en el nivel de ruido, el tiempo de exposición permitido debe reducirse un 50,00 %.
- Las zonas en las que es obligatorio el uso de protectores auditivos en la industria productora de pellets de PP son: área de extrusión, de polimerización, y zonas de compresión principalmente. Sin embargo, se recomienda ante todo utilizar siempre los protectores auditivos para evitar cualquier inconveniente.

E.1.2. Vibraciones

Por otro lado, la ley, anteriormente mencionada, plantea que en todo tipo de establecimiento ningún trabajador puede estar expuesto a vibraciones cuyos valores límites permisibles superen los especificados en el Anexo V, de la Ley N° 19.587. Si se exceden dichos valores, se adoptan las medidas correctivas necesarias para disminuirlos. La evaluación de las vibraciones se realiza tomando como base las normas nacionales e internacionales, donde se especifican los valores de aceleración eficaz admisibles, en función de la frecuencia, de la vibración y tiempo de exposición.

Las vibraciones son movimientos de oscilación rápidos y continuos que se producen en objetos o materiales respecto a su posición de equilibrio, pudiendo transmitirse al cuerpo humano o a alguna de sus partes. Los efectos que pueden producir las vibraciones sobre el cuerpo humano dependen, principalmente, de la frecuencia, de la intensidad de la vibración, de la dirección en que incide en el cuerpo, y del tiempo de exposición.

Según el modo de contacto y la forma en que las vibraciones pueden afectar al organismo humano se agrupan en dos tipos o sistemas diferentes:

- Vibraciones cuerpo completo (rango de frecuencia comprendido entre 1,00 y 80,00 Hz).
- Vibraciones mano-brazo (rango de frecuencia comprendido entre 8,00 y 1.000,00 Hz).

Las vibraciones de cuerpo completo se producen en el ámbito laboral principalmente en el transporte de personas, mercancías o materiales. También se da en posición de pie o en posición yacente. Este tipo de vibración mecánica conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, lumbalgias y lesiones de la columna vertebral.

Por lo contrario, las vibraciones de mano-brazo supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular: problemas vasculares, de huesos o de articulaciones, nerviosos o musculares.

Para eliminar la Segmental Hand-Arm Vibration/Vibración Segmentaria Mano-Brazo (SHAV) se recomienda el uso de herramientas antivibración, guantes antivibración, prácticas de trabajo adecuadas que mantengan calientes las manos y el resto del cuerpo del trabajador, y también minimicen el acoplamiento vibratorio entre el trabajador y la herramienta vibratoria; y además, un programa de vigilancia médica conscientemente aplicado.

E.2. Ventilación

La ventilación tiene como fin eliminar del ambiente de trabajo toda presencia de calor, humo, polvo, olores, vapores, gases e incluso cualquier otro elemento o impureza que sea perjudicial para la salud de los trabajadores, o que afecten de manera negativa en el proceso de producción. Es por esto que todos los establecimientos deben tener ventilación preferentemente de forma natural. Una buena ventilación contribuye a mantener las condiciones ambientales en el establecimiento y mantener también la concentración adecuada de oxígeno y contaminantes, evitando la existencia de zonas de estancamiento.

En la planta de producción de PP, algunas instalaciones se encuentran al aire libre (tanques de almacenamiento de GLP), o bien bajo techo con una distribución tal que permite la libre circulación de aire. Por esta razón los requerimientos en cuanto a ventilación son bajos. Sin embargo, es muy importante aclarar que, en los sectores de manipulación y tratamiento de GLP, y de polvo de polímero (área de ciclón bajo presión, zona de separación de polvo y gas, silo de almacenamiento de polvo), principalmente, debe haber buena circulación de aire, campanas de extracción, y rejillas de ventilación ya que dicha mezcla posee un olor bastante intenso, y el polvo puede ser aspirado por los colaboradores de forma accidental.

La Ley N° 19.587 establece que la ventilación mínima se determina en función del número de personas que desempeñan su labor en el sector.

E.3. Iluminación y color

La iluminación es un aspecto muy importante a tener en cuenta en todo establecimiento ya que una mala iluminación causa fatiga a la vista, influye en la calidad del trabajo y afecta, además, el estado de ánimo. Una mala iluminación es responsable de muchos accidentes ocurridos en el ambiente de trabajo; por lo que, teniendo en cuenta los riesgos a los que están expuestos los trabajadores, se deben tomar medidas preventivas de iluminación.

Según lo establecido por ley, la iluminación en los puestos de trabajo debe cumplir con ciertos requisitos mínimos:

- La composición espectral de la luz debe ser adecuada a la tarea a realizar, de modo que permita observar o reproducir los colores en la medida que sea necesario.
- Se debe evitar el efecto estroboscópico en los lugares de trabajo.
- La iluminación debe ser adecuada a la tarea a efectuar.
- Las fuentes de iluminación no deben producir deslumbramientos directos o reflejados.
- Los niveles de iluminación deben encuadrarse dentro de lo establecido en la ley para la industria química.

Lo ideal es la iluminación natural, es decir aquella luz que proviene del sol. El uso de ventanas dentro del establecimiento favorece este aspecto. En caso de no ser posible, se utilizará iluminación artificial. Normalmente, se usan tubos fluorescentes dobles.

En los turnos nocturnos o en aquellos sectores que no reciben luz natural en horarios diurnos debe instalarse un sistema de iluminación artificial y de emergencia, ante cualquier circunstancia.

La intensidad de la iluminación en las áreas de trabajo debe ser la adecuada para cada tipo de actividad. Debe encuadrarse dentro de lo establecido en la ley para industria química:

Tabla 5.2. Niveles de iluminación permitidos en la industria química

INDUSTRIA QUÍMICA [Lux]	
Planta de procesamiento:	
Circulación general	100,00
Iluminación general sobre escaleras y pasarelas	200,00

INDUSTRIA QUÍMICA [Lux]	
Luz de emergencia	10,00
Sobre aparatos:	
Iluminación sobre plano vertical	200,00
Iluminación sobre mesas y pupitres	400,00
Laboratorio de ensayo y control:	
Iluminación general	400,00
Iluminación sobre el plano de lectura de aparatos	600,00
Iluminación general de las distintas operaciones	
Panel de control	400,00
Plásticos:	
Calandrado, extrusión, inyección, compresión y moldeo por soplado	300,00
Fabricación de láminas, conformado, maquinado, fresado, pulido, cementado y recortado	400,00
Depósito, almacenes y salas de empaque:	
Piezas grandes	100,00
Piezas pequeñas	200,00
Expedición de mercaderías	300,00

Fuente: Ley N° 19.587.

Algunas de las medidas preventivas de iluminación a tener en cuenta son:

- Utilización de fuentes de luz con un consumo eficiente de energía y emisión mínima de calor.
- Implementación de medidas para eliminar deslumbramientos o reflejos y el parpadeo de las luces.
- Toma de precauciones para reducir y controlar radiaciones en los ojos, incluso procedentes de la luz solar directa.
- Control de la exposición a radiación UV e IR de alta intensidad y de luz visible de alta intensidad.

E.4. Instalaciones eléctricas

Las instalaciones y equipos eléctricos de los establecimientos deben cumplir con las prescripciones necesarias para evitar riesgos a personas u objetos. Todo lo

que se utilice en las instalaciones eléctricas, debe cumplir con las exigencias de las normas técnicas correspondientes.

Los trabajos de mantenimiento son efectuados exclusivamente por personal capacitado, debidamente autorizado por la empresa para su ejecución, y el mantenimiento de las instalaciones se verifica periódicamente. Además, se cuenta con instalación contra las sobretensiones de descargas atmosféricas para asegurar la protección de las personas y objetos. Las tomas a tierra de estas instalaciones deben ser exclusivas e independientes de otra.

Se deben tener en cuenta los distintos niveles de tensión a los cuales se puede estar expuesto:

- Muy baja tensión (MBT): corresponde a las tensiones hasta 50,00 V en corriente continua o iguales valores eficaces entre fases en corriente alterna.
- Baja tensión (BT): corresponde a tensiones por encima de 50,00 V, y hasta 1.000,00 V, en corriente continua o iguales valores eficaces entre fases en corriente alterna.
- Media tensión (MT): corresponde a tensiones por encima de 1.000,00 V y hasta 33.000,00 V inclusive.
- Alta tensión (AT): corresponde a tensiones por encima de 33.000,00 V.

En los ambientes secos y húmedos se considera como tensión de seguridad hasta 24,00 V respecto a tierra, mientras que en los mojados o impregnados de líquidos conductores la misma es determinada, en cada caso, por el jefe del Servicio de Higiene y Seguridad en el Trabajo de la empresa.

En caso de trabajos con tensión, sólo deben ser realizados por el personal especialmente habilitado; esta habilitación es visada por el jefe del Servicio de Higiene y Seguridad de la empresa.

Para evitar accidentes eléctricos se deben poner en marcha y tener en cuenta las siguientes medidas:

- Identificación con señales de aviso todos los aparatos y líneas con carga eléctrica.
- Etiquetado (tag-out), es decir, colocación de una etiqueta de advertencia en el sistema de bloqueo durante las operaciones de revisión o mantenimiento.
- Inspección de los cables, cordones y herramientas manuales eléctricas para la comprobación de la presencia de cables pelados o que se hayan salido, y seguir las recomendaciones del fabricante para el voltaje máximo permitido en el uso de las herramientas manuales eléctricas

- Generación de un doble aislamiento/puesta a tierra de todos los equipos eléctricos utilizados en entornos en los que haya o pueda haber humedad.
- Protección de los cables de alimentación y los alargadores de los daños que pueda causarles el tráfico con un recubrimiento de protección o suspendiéndolos por encima de la zona de tráfico.
- Los vehículos de construcción con neumáticos de goma u otros vehículos que entren en contacto directo o formen arco eléctrico con cables de alto voltaje tienen que ser retirados de servicio durante periodos de 48 h, y se tienen que sustituir los neumáticos para evitar un accidente por rotura que podría causar daños personales graves o incluso la muerte.

E.5. Carga térmica

La carga térmica es la suma de la carga térmica ambiental y el calor generado en los procesos metabólicos, y se determina por el calor intercambiado entre el hombre y el ambiente. Si la misma varía a lo largo de la jornada, ya sea por cambios de las condiciones higrotérmicas del ambiente (determinadas por la temperatura, humedad, velocidad del aire y radiación térmica), por ejecución de tareas diversas con diferentes metabolismos, o por desplazamiento del hombre por distintos ambientes, debe medirse en cada condición habitual de trabajo.

Los valores límite para el estrés por frío están destinados a proteger a los trabajadores de los efectos más graves tanto del estrés por frío (hipotermia) como de las lesiones causadas por el frío, y a describir las condiciones de trabajo con frío por debajo de las cuales se cree que se pueden exponer repetidamente a casi todos los trabajadores sin efectos adversos para la salud. El objetivo de los valores límite es impedir que la temperatura interna del cuerpo descienda por debajo de los 36,00 °C; por lo que es necesario proveer a los trabajadores de ropa aislante seca adecuada para dicha temperatura, en caso de realizar trabajos a temperaturas del aire inferiores a 4,00 °C.

El estrés térmico por calor es la carga neta de calor a la que un trabajador puede estar expuesto como consecuencia de las contribuciones combinadas del gasto energético del trabajo, de los factores ambientales (temperatura del aire, humedad, movimiento del aire y el intercambio del calor radiante) y de los requisitos de la ropa.

Un estrés térmico medio o moderado puede causar malestar y puede afectar de forma adversa a la realización del trabajo y la seguridad, pero no es perjudicial para la salud. A medida que el estrés térmico se aproxima a los límites de tolerancia humana, aumenta el riesgo de los trastornos relacionados con el calor.

En caso de que haya informes o malestar debidos al estrés térmico o cuando el juicio profesional lo indique, se deben hacer las modificaciones correspondientes en la planta para disminuir al mínimo dicho problema (aislamientos, uso de EPP adecuados, entre otras).

E.6. Equipos de seguridad

Según lo establecido por ley, la cantidad de matafuegos necesarios en los lugares de trabajo se determina según las características y áreas de los mismos, importancia del riesgo, carga de fuego, clases de fuegos involucrados y distancia a recorrer para alcanzarlos.

Hay distintas clases de fuego, los cuales se designan con las letras A - B - C y D.

- Clase A: son aquellos fuegos que se desarrollan sobre combustibles sólidos, como por ejemplo madera, papel, telas, gomas, plásticos, entre otros.
- Clase B: son aquellos fuegos que se desarrollan sobre líquidos inflamables, grasas, pinturas, ceras, gases y otros.
- Clase C: son aquellos fuegos desarrollados sobre materiales, instalaciones o equipos sometidos a la acción de la corriente eléctrica.
- Clase D: son aquellos fuegos desarrollados sobre metales combustibles, como el magnesio, titanio, potasio, sodio, entre otros.

Deben instalarse como mínimo un matafuego cada 200,00 m² de superficie a ser protegida. La máxima distancia a recorrer hasta el matafuego es de 20,00 m para fuegos de clase A y 15,00 m para fuegos de clase B.

Para señalar la ubicación de un matafuego se debe colocar una chapa baliza, con franjas inclinadas a 45 ° respecto de la horizontal, de color blancas y rojas, con un ancho de 10,00 cm. La parte superior de la chapa debe estar ubicada a 1,20 - 1,50 m respecto del nivel de piso.



Figura 5.10. Chapas baliza para extintores de fuego.
Fuente: Ley N° 19.587.

En lo que respecta a esta planta, se deben utilizar matafuegos que actúen sobre fuegos clase A, B y C, con la correspondiente señalización. Se elige este tipo de matafuegos ya que posee gran versatilidad, y contiene como agente extintor polvo químico seco (un 75,00 % de fosfato monoamónico y un 25,00 % de sales pulverizadas). Teniendo en cuenta el tamaño del lote seleccionado en la unidad N° 2, se deben instalar 15 matafuegos ubicados estratégicamente.



Figura 5.11. Extintor ABC.

Fuente: <https://www.comprarextintoresbaratos.es/precio-extintores-polvo-abc/extintor-12-kg-polvo-abc-52.html>

Se cuenta también con un sistema de alarma asociados a riesgos que puedan presentarse dentro de la planta. A partir de cada sonido de alarma, se acciona un
Ontivero Julieta | Toranzo Virginia | Viola Sofía

protocolo de seguridad considerando el riesgo al cual se expone la planta. Cualquier persona que ingrese a la misma debe estar capacitada a fin de poder diferenciar las distintas alarmas en caso de que se activen y poder actuar en consecuencia.

La planta debe contar con botiquines especiales para auxiliar en caso de que ocurra algún accidente dentro de la jornada laboral. Los mismos deben estar colocados en un lugar de fácil acceso al personal, y deben contener analgésicos, apósitos adhesivos, vendajes, elementos de desinfección, como así también elementos de limpieza ocular. En caso de accidente grave, recurrir a la asistencia médica de la industria y posteriormente derivar al centro de emergencia más cercano.

E.7. Vestuarios

En todos los establecimientos se cuenta con vestuarios que contengan:

- Guardarropas individuales: se le provee a cada trabajador de un guardarropa con botinera inserta, en perfecto estado de higiene, y de tamaño adecuado.
- Duchas y lavabos: duchas y lavabos con agua fría y caliente, con el fin de que el trabajador pueda higienizarse.

El personal tiene la obligación de mantener en buenas condiciones de higiene las instalaciones individuales y colectivas (baños, duchas, guardarropa, etc.), que le sean otorgadas para su uso personal o general.

E.8. Colores de seguridad

El uso de colores de seguridad tiene como objetivo sectorizar lugares, equipos, maquinarias o situaciones que pueden provocar accidentes en el trabajo u originar riesgos a la salud. En Argentina, se utiliza la norma IRAM 10.005 - Parte 1, para establecer los colores de seguridad, las formas y colores de las señales de seguridad a emplear.

La aplicación de los colores de seguridad se hace sobre los objetos, partes de edificios, elementos de máquinas, equipos y dispositivos. Los colores que se aplican son:

- Rojo: denota parada o prohibición. También se utiliza para identificar los elementos contra incendios (matafuegos, nichos, cajas de frazadas, entre otros), y para indicar dispositivos de parada de emergencia o dispositivos relacionados con la seguridad cuyo uso está prohibido en circunstancias normales (botones de alarma, palanca de parada y botones que accionan seguridad contra fuego)
- Amarillo: se usa para indicar precaución o advertir sobre riesgos. Puede aparecer solo o combinado con bandas de color negro, de igual ancho. Se utiliza para máquinas peligrosas, para enfatizar riesgos en caso de

quitarse las protecciones, y también para zonas o elementos como puertas o tapas que deben permanecer cerradas, desniveles que puedan originar caídas, barreras o vallas, partes salientes de instalaciones que puedan ser chocados o golpeados, entre otros.

- Verde: se utiliza para indicar o denotar seguridad. Se usa en elementos de seguridad general, como puertas de acceso a salas de primeros auxilios, salidas de emergencia, botiquines, armarios con elementos de seguridad y con protección personal, entre otros.
- Azul: indica obligación. Se aplica sobre todo aquello que tenga la obligación de proceder con precaución. Algunos ejemplos son: tapas de tableros eléctricos, tapas de engranajes, equipos de protección personal, entre otros.

COLOR	SIGNIFICADO	EJEMPLOS DE USO
	Pare Prohibición Equipos contra incendios Alarmas	   
	Acción de Mando	   
	Precaución Riesgo de peligro	   
	Condición de seguridad	  

Figura 5.12. Significado general de los colores de seguridad.

Fuente: <http://www.ciscal.com.ar/Clases%20en%20PDF/IRAM%2010005.pdf>

Las tuberías o conductos que transportan fluidos (líquidos y gaseosos), y sustancias sólidas, se pintan con colores de acuerdo a lo que establece la norma DIN-2.403. Las tuberías pueden pintarse con el color básico en toda su longitud, en una parte o una banda longitudinal. Siempre se deben pintar en las proximidades a válvulas, empalmes, salidas de empotramientos y aparatos de servicio que formen parte de la instalación.

Cuando resulte necesario reflejar el sentido de circulación del fluido transportado, se indica con una flecha de color blanco o negro, de forma que contraste con el color básico de fondo. Esto es útil para que el operario tenga conocimiento de qué fluido circula y cuál es el sentido del mismo en caso de accidentes, mantenimientos o arreglos.

Tabla 5.3. Colores de tuberías según la norma DIN-2.403

FLUIDO	COLOR BÁSICO	ESTADO DEL FLUIDO	COLOR COMPLEMENTARIO
Aceites	Marrón	<ul style="list-style-type: none"> • Gasoil • De alquitrán • Bencina • Benzol 	<ul style="list-style-type: none"> • Amarillo • Negro • Rojo • Blanco
Vapor	Rojo	<ul style="list-style-type: none"> • De alta • De escape 	<ul style="list-style-type: none"> • Blanco • Verde
Gas	Amarillo	<ul style="list-style-type: none"> • Depurado • Bruto • Pobre • Alumbrado • De agua • De aceite • Acetileno • Ácido carbónico • Oxígeno • Hidrógeno • Nitrógeno • Amoníaco 	<ul style="list-style-type: none"> • Amarillo • Negro • Azul • Rojo • Verde • Marrón • Blanco + Blanco • Negro + Negro • Azul + Azul • Rojo + Rojo • Verde + Verde • Violeta + Violeta
Bases	Violeta	<ul style="list-style-type: none"> • Concentrado 	<ul style="list-style-type: none"> • Rojo
Agua	Verde	<ul style="list-style-type: none"> • Potable • Caliente • Condensada • A presión • Salada • Uso industrial • Residual 	<ul style="list-style-type: none"> • Verde • Blanco • Amarillo • Rojo • Naranja • Negro • Negro + Negro
Aire	Azul	<ul style="list-style-type: none"> • Caliente • Comprimido 	<ul style="list-style-type: none"> • Blanco • Rojo
Ácido	Anaranjado	<ul style="list-style-type: none"> • Concentrado 	<ul style="list-style-type: none"> • Rojo
Alquitrán	Negro		
Vacío	Gris		

Fuente: <https://promaliq.com/pdf/normativa/din-2043.pdf>

E.9. Señalización de áreas

Las señalizaciones son un conjunto de estímulos que se plasman en forma de símbolos de advertencia, prohibición y obligación, y son muy importantes en el ámbito laboral para la seguridad de todos los colaboradores de la organización.

Se señala todo tipo de áreas peligrosas (salas de distribución de electricidad, salas de compresores, etc.), las instalaciones, los materiales, las medidas de seguridad, las salidas de emergencia, entre otros. Dichas señales deben cumplir las normas internacionales y deben ser reconocibles y fácilmente comprensibles por trabajadores, visitantes o el público en general.

- Señales de acción de mando o protección: tienen como objeto obligar a un comportamiento determinado según el riesgo de exposición. Generalmente, se utilizan para indicar el uso obligatorio de elementos de protección personal.



Figura 5.13. Señales de acción de mando.

Fuente: <https://posipedia.com.co/wp-content/uploads/2018/09/guia-senalizacion-demarcacion-areas-trabajo.pdf>

- Señales de prevención o advertencia: son señales cuyo objetivo es advertir sobre la existencia o posibilidad de una condición peligrosa.



Figura 5.14. Señales de prevención o advertencia.

Fuente: <https://gestion-calidad.com/senalizacion-riesgos-laborales>

- Señales de prohibición: son aquellas que tienen como objeto informar acerca de las acciones que no se deben realizar.



Figura 5.15. Señales de prohibición.

Fuente: <https://gestion-calidad.com/senalizacion-riesgos-laborales>

- Señales de seguridad o informativas: son aquellas que indican la ubicación, la acción a seguir o el camino hacia un sitio seguro en caso de situación de emergencia.



Figura 5.16. Señales de seguridad.

Fuente: <https://www.areatecnologia.com/se%C3%B1ales-seguridad.htm>

- Señales contra incendios: poseen color rojo, se deben señalar los equipos e implementar sistemas contra incendios en aquellas industrias que posean riesgos de productos inflamables, como en este caso.



Figura 5.17. Señales contra incendios.

Fuente: https://es.123rf.com/photo_56850497_se%C3%B1ales-de-alarma-contra-incendios.html

- Señales para trabajo con sustancias de diferentes peligrosidades: se emplean para que el operario pueda conocer a qué sustancia se enfrenta, saber cómo manipularla, y cómo actuar en caso de algún accidente.



Figura 5.18. Rombo de seguridad.

Fuente: <https://deseguridadindustrial.com/rombo-de-seguridad-nfpa-704/>

- Hojas de seguridad: sirven para evitar accidentes con contaminantes químicos, aportando información de éstos (almacenamiento, propiedades, riesgos, entre otros). Por cada compuesto o sustancia empleada, se aporta una hoja de seguridad con el objetivo de mantener informados a los trabajadores, y que sepan, frente a alguna exposición, actuar y manipularlos compuestos para de esta manera evitar todo tipo de daño a la integridad física.

E.10. Etiquetado de equipos

El etiquetado de los equipos es muy importante para la seguridad de los trabajadores. Cada equipo que implique una operación riesgosa o emplee una sustancia peligrosa, debe estar adecuadamente etiquetado para poder tomar todas las medidas de precaución correspondientes. Las medidas que se toman para la precaución son:

- Todos los recipientes o tanques que puedan contener sustancias peligrosas debido a sus propiedades químicas o toxicológicas, o que estén a temperatura o presión elevada, deben llevar una etiqueta que identifique su contenido y el

riesgo asociado, o bien con el color correspondiente según el código de colores que esté establecido.

- Los sistemas de conducciones y tuberías que contengan sustancias peligrosas deben estar etiquetados con la dirección del flujo y el contenido, o con el color asignado dentro del código de colores, siempre que el paso de la tubería o conducto a través de una pared o suelo se vea interrumpido por una válvula o conexión.

CONCLUSIONES

La Higiene y Seguridad Industrial es un aspecto de suma importancia para definir dentro de una organización. A lo largo de la unidad, se lograron estudiar, analizar y clasificar los diferentes riesgos a los que está expuesto un trabajador de la industria petroquímica. Con ello, se pudieron definir las normas y medidas a tener en cuenta para el mejor desenvolvimiento de los colaboradores evitando cualquier tipo de accidente que se pueda generar.

Todas las medidas empleadas y definidas se basan en dos leyes nacionales: Ley N° 19.587 y Le N° 24.557.

UNIDAD Nº 6

IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL

INTRODUCCIÓN

IMPACTO AMBIENTAL

IMPACTO SOCIAL

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un procedimiento obligatorio que permite identificar, predecir, evaluar y mitigar los potenciales impactos que un proyecto puede causar al ambiente en el corto, mediano y largo plazo. Es necesario realizarlo ya que sirve como instrumento que se aplica previamente a la toma de decisión sobre la ejecución de dicha actividad.

Una vez determinados los impactos, se ponderan en función de su importancia, para operar posteriormente sobre ellos, priorizando el orden definido y su evolución a través del tiempo.

En la presente unidad, se realiza un estudio preliminar de los potenciales impactos que pueden tener lugar en las distintas fases del proyecto (construcción, puesta en marcha, mantenimiento y desmantelamiento), y se ponderan de acuerdo a la severidad que implica cada uno. También se evalúa el impacto social generado por la instalación de una planta productora de pellets de PP en el parque industrial Campana.

IMPACTO AMBIENTAL

A. CONTAMINANTES Y RIESGOS AMBIENTALES

Los problemas medio ambientales que pueden plantearse en los proyectos de fabricación de polímeros incluyen:

- Emisiones a la atmósfera
- Aguas residuales
- Materiales peligrosos
- Consumo de energía y recursos naturales
- Construcción y desmantelamiento

A.1. Emisiones a la atmósfera

Las fuentes identificables de emisión Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) son: almacenamiento de materias primas, tanques de mezcla, tanques de reacción o polimerización, secadoras, extrusoras y el almacenamiento del producto final.

A.1.1. Emisiones de COV en las etapas de secado y acabado

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso en condiciones normales de temperatura o que son muy volátiles a la misma. Se puede considerar como COV aquel compuesto orgánico que a 20,00 °C tenga una presión de vapor de 0,01 kPa o más.

Son compuestos que al ser emitidos a la atmósfera pueden ser nocivos para la salud y producir importantes perjuicios al medio ambiente. Los más frecuentes son el metano, etano, propano, acetileno, alcanos, bencenos, tolueno y butano.

El principal problema medioambiental de los COV es que al mezclarse con otros contaminantes atmosféricos (NO_x) y reaccionar con la luz solar, pueden formar ozono al nivel del suelo, el cual contribuye al smog fotoquímico y son también precursores del ozono.

En una planta productora de polímeros como el PP, las emisiones a la atmósfera de COV se producen en las etapas de secado, acabado y purga.

A.1.2. Emisiones de COV de las purgas de proceso

Las purgas de proceso se asocian con la purificación de las materias primas, el llenado y vaciado de reactores y otros equipos, bombas de vacío y despresurización de depósitos. En cada uno de estos equipos o etapas, puede llegar a haber emisiones de COV.

A.1.3. COV procedentes de las emisiones fugitivas (almacenamiento y transporte)

Las emisiones fugitivas procedentes del almacenamiento de COV, se deben a las pérdidas evaporativas del líquido durante su almacenamiento y las operaciones de llenado y vaciado, es decir, a las pérdidas debidas a los cambios en el nivel de líquido. Las emisiones fugitivas en tanques varían en función de la capacidad del depósito, la presión de vapor del líquido almacenado, la tasa de utilización del tanque y las condiciones atmosféricas en la localización del tanque.

Existen también emisiones fugitivas de COV en las instalaciones que se asocian principalmente a: fugas de tuberías, válvulas, conexiones, bridas, envases, líneas abiertas, juntas de bombas, sistemas de transporte de gas, juntas de compresores (por ejemplo: compresores de etileno y propileno), válvulas de seguridad, preparación y mezclado de sustancias químicas (por ejemplo: la elaboración de soluciones de ayudas de polimerización y aditivos), y las unidades de tratamiento de aguas residuales.

Los sistemas de control recomendados para la industria dependen de la eficiencia de la reacción de polimerización. Si la eficiencia es baja, se recomiendan tecnologías de control recuperativo (recuperación de los monómeros), y para una alta eficiencia, se emplean las tecnologías de control destructivas. Dichos sistemas de control, involucran el uso de equipos de recuperación de vapores, como absorbedores y condensadores, con eficiencias de remoción de entre el 90,00 - 95,00 %, permitiendo así la reutilización de algunas sustancias, reducción de gastos operativos, y la disminución de los costos referidos a la MP.

A.2. Material particulado

Las emisiones de material particulado (finos de polímero y/o aditivos) se asocian con las operaciones de secado y envasado de polímeros, y el transporte, transferencia y extracción de polvo de los pellets.

El mayor riesgo de emisiones de material particulado se produce dentro de la planta, por lo que para el medio ambiente no representa un gran problema.

A.3. Aguas residuales y efluentes

Las aguas residuales de proceso originadas en las unidades de la planta pueden contener hidrocarburos, monómeros y otras sustancias químicas, polímeros y otros sólidos (ya sea en suspensión o emulsionados).

En caso de que se produzca un derrame de agua con estos contaminantes, sería un gran problema para la población cercana y medio ambiente en el que se localiza la planta industrial, debido a que puede contener material en suspensión, pH modificado, jabones, detergentes y solventes dentro de los productos de limpieza, aceites y grasas. Por lo tanto, es necesario tener en cuenta los valores apropiados para la descarga de aguas residuales, que se presentan en la legislación correspondiente a cada país (en este caso Argentina).

A.4. Sustancias peligrosas y posibles fugas al medio ambiente

Tal como se menciona en unidades anteriores, la planta de producción de pellets de PP, manipula sustancias peligrosas (GLP, propileno y propano).

A.4.1. Escape de GLP

El producto se encuentra en fase gaseosa en el aire a temperatura ambiente, y como se evapora totalmente, no supone riesgo de contaminación acuática ni terrestre. Para fugas pequeñas se debe dejar evaporar el GLP, pero en el caso de fugas grandes se deben diluir los vapores con agua pulverizada y proceder como en el caso de fugas pequeñas.

Por otra parte, en estado líquido es una sustancia peligrosa para los vertidos al alcantarillado, ya que el líquido flota en el agua y puede existir ignición en la superficie de la misma. Sin embargo, se deben presentar ciertas condiciones específicas para que el GLP se encuentre en estado líquido, por lo que este problema posee una probabilidad muy baja de ocurrencia.

La vida media de evaporación del compuesto en aguas continentales se ha estimado en 2,20 h (en ríos) y 2,60 d (en lagos). El factor de bioconcentración para el GLP ha sido estimado en el rango de 1,78 - 1,97; lo que indica que la bioconcentración en organismos acuáticos no es importante.

Cabe aclarar también que, dada la naturaleza altamente volátil del producto y los usos a los que normalmente se destina, no suelen existir excedentes de GLP.

A.4.2. Escape de propano y propileno puros

Tanto el propano como el propileno, presentan un peligro grande de incendio al interactuar con distintas fuentes de ignición (calor, chispas o llamas), debido a que son mucho más pesados que el aire, pudiendo alcanzar largas distancias. Además, ambos pueden formar mezclas explosivas con el aire, generando CO₂ y CO.

Sin embargo, es necesario aclarar que son sustancias biodegradables, y debido a la alta volatilidad es difícil que causen contaminación al suelo o al agua.

El propileno en particular, no contiene ninguna sustancia que afecte la capa de ozono.

A.5. Consumo de energía y empleo de recursos naturales

Las plantas de polimerización consumen grandes cantidades de energía, principalmente en la etapa de purificación de las materias primas y reacción; y recursos naturales como el agua, que se emplea para el lavado de equipos y camiones, como refrigerante en el encamisado del reactor y en la extrusora, entre otros.

A.6. Construcción y desmantelamiento de la planta

Durante las actividades de construcción y desmantelamiento de una industria, se pueden producir contaminaciones al suelo, aire, agua, así como también ruidos y vibraciones debido al funcionamiento de martinetes, equipos de excavación, etc.

La erosión del suelo puede ser producida por la exposición de las superficies del suelo a la lluvia y al viento durante las actividades de limpieza del emplazamiento, movimiento de tierras y excavación. El transporte de las partículas del suelo, a su vez, pueden producir sedimentación en las redes de drenaje de superficies e influir en la calidad de los sistemas fluviales naturales.

Otro tipo de contaminación se produce por los residuos sólidos que se generan, como por ejemplo el polvo proveniente de excavaciones in situ, el movimiento de los materiales de la tierra, el contacto de la maquinaria de construcción con el suelo sin cubierta vegetal y la exposición al viento, que afectan principalmente al aire.

A.6.1. Medidas recomendadas

- Instalar la planta en zonas industriales.
- Reducir o evitar el transporte de sedimentos mediante el uso de estanques, mallas filtrantes y sistemas de tratamiento del agua.

- Segregar o desviar el agua de lluvia limpia para evitar que se mezcle con aguas con alto contenido de partículas sólidas, con el fin de reducir al mínimo el volumen de agua que deberá ser tratada antes de la descarga.
- Reducir el polvo generado por fuentes utilizadas para manipular los materiales, tales como máquinas transportadoras y silos, mediante el uso de cubiertas y equipos de control.
- Facilitar sistemas de contención secundaria apropiados para los depósitos de almacenamiento y para el almacenamiento provisional de otros fluidos como los aceites lubricantes y los fluidos hidráulicos.

B. SEGUIMIENTO AMBIENTAL

Se llevan a cabo programas de seguimiento ambiental para este sector en todas aquellas actividades identificadas por su potencial impacto significativo en el medio ambiente, durante las operaciones normales y en condiciones alteradas. Las actividades de seguimiento ambiental se basan en indicadores directos e indirectos de emisiones, efluentes y uso de recursos aplicables al proyecto concreto.

La frecuencia del seguimiento debe permitir obtener datos representativos sobre los parámetros objeto del seguimiento. Los controles deben realizarse por profesionales especializados, quienes deben aplicar los procedimientos de seguimiento y registro, y utilizar un equipo adecuadamente calibrado y mantenido. Los datos se analizan, revisan y se comparan con las normas vigentes para así adoptar las medidas correctivas necesarias.

C. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

C.1. Evaluación cualitativa

La evaluación cualitativa consiste en determinar las características e importancia de los impactos ambientales a partir de ciertos criterios como: efecto, intensidad, duración, riesgo o probabilidad de ocurrencia, y extensión o alcance. Esto constituye una etapa previa a la evaluación cuantitativa de los impactos.

C.1.1. Efecto (e)

Se determina si el impacto será positivo o negativo en base al estado del ambiente antes del inicio de la actividad.

- Positivo: si el medio presenta una mejoría con respecto a su estado previo a la ejecución del proyecto.
- Negativo: si el medio presenta un deterioro con respecto a su estado previo a la ejecución del proyecto.

C.1.2. Intensidad (In)

Se considera el grado de alteración provocado por un impacto sobre un componente ambiental. Se clasifica como:

- Alto.
- Medio.
- Bajo.

C.1.3. Duración (du)

Se refiere al tiempo de permanencia del impacto en el ambiente. Se puede clasificar como:

- Permanente: se presenta en forma continuada en el tiempo más allá de la duración de la actividad del proyecto.
- Transitoria: se presenta en forma continuada o intermitente sólo en la duración de la actividad.

C.1.4. Extensión o Alcance (a)

Se refiere al alcance que el impacto tiene sobre el ambiente. La escala de valoración es:

- Puntual: en el sitio en el cual se realizan las actividades.
- Local: aproximadamente 3,00 km alrededor de la zona donde se localiza la planta.
- Regional: dentro de la región geográfica del proyecto.

C.1.5. Riesgo (r)

Hace referencia a la probabilidad de ocurrencia del impacto sobre el medio. Se clasifica en:

- Alto: cuando existe la certeza de que el impacto se produzca.
- Bajo: cuando no existe la certeza de que el impacto se produzca, es una probabilidad.

C.2. Evaluación cuantitativa

La evaluación cuantitativa consiste en determinar la significancia (S) o importancia de cada impacto utilizando los parámetros establecidos en la evaluación cualitativa. Para ello, se le asigna un valor a cada criterio de acuerdo a la escala de valores y se determina el puntaje.

Tabla 6.1. Escala de valores de acuerdo a cada criterio

Efecto (e)		Intensidad (In)		Alcance (a)		Duración (du)		Riesgo (r)	
Beneficioso	+	Bajo	1	Puntual	1	Transitorio	1	Bajo	1
Perjudicial	-	Medio	2	Local	2	Permanente	2	Alto	2
		Alto	3	Regional	3				

Fuente: <http://estadisticas.ambiente.gob.ar/>

Para interpretar los resultados obtenidos, se los compara con la siguiente tabla de clasificación y valoración del impacto:

$$\text{Significación} = (In + a + du + r) \times e$$

Tabla 6.2. Clasificación y valoración del impacto

Clasificación	Descripción	Escala de valores
Sin Impacto	El impacto no genera afecciones sobre los componentes del medio ambiente.	0
Negativo compatible	Requiere poco tiempo para la recuperación del medio. Se pueden aplicar o no medidas correctoras simples.	-4 y -5
Negativo Moderado	Requiere un tiempo considerable de recuperación y la aplicación de medidas correctoras complejas.	-6 y -7
Negativo Alto	No recuperable, incluso con la aplicación de medidas correctoras complejas.	≤ -8

Fuente: <http://estadisticas.ambiente.gob.ar/>

C.3. Identificación y valoración de los impactos ambientales

A continuación, se confecciona una tabla denominada “Matriz de aspectos e impactos ambientales”, la cual facilita la identificación de los componentes ambientales generados por el proceso productivo y sus respectivos impactos. Además, permite de una manera sencilla y efectiva, visualizar la magnitud de la importancia de los aspectos ambientales implicados.

Tabla 6.3. Matriz de aspectos e impactos ambientales

Etapa del proceso	Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	e	In	du	a	r	S
Recepción y almacenamiento de MP	Ingreso de MP en camiones	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso combustible	-	1	1	2	2	-6
		Emisiones gaseosas	Contaminación atmosférica	-	2	2	2	2	-8
	Descarga de MP en tanques de almacenamiento presurizados	Emisiones gaseosas por posibles fugas	Contaminación atmosférica	-	1	2	2	1	-6
Acondicionamiento de la MP	Compresión de la MP	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso electricidad	-	1	1	2	2	-6
		Emisiones gaseosas por posibles fugas	Contaminación atmosférica	-	1	2	1	1	-5
	Uso del intercambiador de calor	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso agua	-	1	1	1	2	-5
		Emisiones gaseosas por posibles fugas	Contaminación atmosférica	-	1	2	1	1	-5
Purificación de la MP	Uso de una unidad de separación PSA	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso electricidad	-	2	1	2	2	-7
		Emisiones gaseosas por posibles fugas	Contaminación atmosférica	-	1	2	1	1	-5
		Generación de residuos sólidos (membranas saturadas)	Contaminación del suelo	-	1	1	1	1	-4
Almacenamiento de propileno puro	Compresión de propileno puro	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso electricidad	-	1	1	2	2	-6
		Emisiones gaseosas por posibles fugas	Contaminación atmosférica	-	2	2	1	1	-6
	Descarga en tanque de	Emisiones gaseosas por	Contaminación atmosférica	-	2	2	2	1	-7

Etapa del proceso	Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	e	In	du	a	r	S
	almacenamiento	posibles fugas							
Polimerización	Reacción de polimerización	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso electricidad	-	1	1	1	2	-5
		Emisiones gaseosas por posibles fugas	Contaminación atmosférica	-	1	2	1	1	-5
	Uso de un condensador	Consumo de recursos naturales	Agotamiento de los recursos agua y electricidad	-	1	1	1	2	-5
Separación de polvo de PP y gas	Uso de un ciclón	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso electricidad	-	1	1	1	2	-5
		Generación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	-	1	1	1	1	-4
	Compresión de propileno sin reaccionar	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso electricidad	-	1	1	2	2	-6
Eliminación de trazas de propileno residual	Uso de un silo de purga	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso electricidad	-	1	1	1	2	-5
	Compresión de mezcla propileno residual-nitrógeno	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso electricidad	-	1	1	2	2	-6
Almacenamiento de polvo	Transporte de polvo al silo	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso electricidad	-	1	1	1	2	-5
		Generación de residuos sólidos	Contaminación del suelo	-	1	1	1	1	-4
Extrusión y estabilización	Uso del extrusor	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso electricidad y agua	-	2	1	2	2	-7
		Generación de residuos	Contaminación del agua	-	1	2	1	1	-5
		Emisiones gaseosas	Contaminación de la atmósfera	-	2	2	1	2	-7

Etapa del proceso	Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	e	In	du	a	r	S
Secado	Uso de un secador centrífugo	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso electricidad	-	1	1	1	2	-5
		Generación de efluentes	Contaminación del agua	-	1	2	1	1	-5
	Transporte de los pellets a la siguiente etapa	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso electricidad	-	1	1	1	2	-5
Mezcla y almacenamiento	Uso de un soplador de aire	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso electricidad	-	1	1	1	2	-5
Envasado y almacenamiento	Envasadora	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso electricidad y materiales plásticos	-	2	1	1	2	-6
		Generación de residuos	Contaminación del suelo	-	2	2	1	1	-6
	Transporte del producto terminado	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso electricidad	-	1	1	1	2	-5
Limpieza	Limpieza de equipos	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso agua	-	2	1	2	2	-7
		Generación de efluentes	Contaminación del agua	-	2	2	2	2	-8

A partir de la matriz de aspectos e impactos ambientales, se logra definir que se deben aplicar medidas correctivas en los siguientes impactos ambientales:

- Agotamiento del recurso natural combustible utilizado para la circulación de camiones.
- Contaminación de la atmósfera debido a las emisiones gaseosas producidas en la descarga de MP, en la compresión de propileno, en la descarga de propileno, y uso del extrusor.
- Agotamiento del recurso electricidad en el uso de un compresor para la MP, propileno puro, propileno residual y mezcla con nitrógeno; en el uso de la unidad de purificación, en el uso del extrusor, en la envasadora.
- Agotamiento del recurso agua en el empleo del extrusor y en la limpieza de equipos.

- Agotamiento del recurso materiales plásticos en la etapa de envasado de los pellets.
- Contaminación del suelo en la etapa de envasado de pellets

Para lograr reducir los impactos mencionados con anterioridad, se aplican las siguientes medidas correctivas:

- Se exige que los camiones que ingresan al establecimiento cumplan con la Ley N° 24.449 “Ley Nacional de Tránsito y Seguridad”, mediante la cual se controla la emisión de contaminantes.
- Se optimiza el uso de material de envasado para disminuir desperdicios, y los residuos generados son enviados a plantas de reciclado externas.
- Para controlar estas emisiones durante las operaciones de secado y acabado se requiere separar y purificar las MP aguas abajo hasta el reactor; y utilizar sistemas de purga de nitrógeno de circuito cerrado, recolectando los gases emitidos durante la extrusión.
- Para minimizar las emisiones fugitivas de gases tóxicos e hidrocarburos se requiere recuperar y reciclar las fugas de monómeros de los compresores en la fase de succión a baja presión.
- Minimizar la apertura de los reactores para el mantenimiento, adoptándose sistemas de limpieza automática; y purgar el aire del sistema antes de introducir el gas.
- Realizar un estudio, con una frecuencia determinada, de todas las instalaciones y los puntos críticos de las mismas, para asegurarlas y evitar emisiones en las uniones de tuberías principalmente.
- Realizar un mantenimiento continuo de las tuberías y juntas para detectar posibles fugas lo más rápido posible. Aplicar un sistema de detección de gases.
- Instalar válvulas de presión y vacío en los recipientes de almacenamiento para que en el momento de carga o descarga se reduzcan las pérdidas de vapor de COV.
- Para minimizar el consumo de energía se deben plantear estrategias de diseño e instalación de equipos para lograr minimizar al máximo el consumo de energía eléctrica. La correcta selección y diseño de las operaciones de purificación según su eficiencia termodinámica constituye un componente esencial para reducir los requisitos de energía. De hecho, se elige para esta etapa una unidad PSA en lugar de un tren de destiladores, los cuales generan un gran consumo de energía.
- Para minimizar el consumo de agua se realizan los lavados de equipos evitando el desperdicio de agua, exigiendo la aplicación de procedimientos de limpieza estandarizados.
- Para el encamisado del reactor y el intercambiador de calor se emplea agua de refrigeración en circuito cerrado proveniente de una torre de enfriamiento de tiro natural con aire para su reutilización, realizando los controles necesarios

para evitar pérdidas o fugas. A su vez, el agua eliminada en el secador centrífugo es recirculada al extrusor para poder volver a emplearla.

IMPACTO SOCIAL

El impacto social es un factor muy importante a tener en cuenta a la hora de planificar o aprobar proyectos, ya que está relacionado con el grado de afección o de incidencia que el mismo genera en la sociedad. Lo que interesa es saber qué tanto altera socialmente su presencia y sus acciones. Estas alteraciones pueden ser de manera directa o indirecta, pero sea cual sea la forma se evidencian en la vida de las personas y el funcionamiento general de las comunidades, contribuyendo al bienestar o perjuicio de la gente.

La correcta gestión de los aspectos ambientales resulta un factor fundamental para cualquier proyecto. Para garantizar el desarrollo sustentable debemos conseguir tanto el beneficio económico como la protección del medio ambiente. En los casos en los que no se ha cumplido un correcto manejo ambiental la oposición social puede interrumpir e incluso impedir la instalación de nuevos proyectos. Además, el cumplimiento de las leyes ambientales, así como también la búsqueda del consenso social para la actividad favorecen una producción amigable con el entorno.

En este caso se evalúa el impacto social que produciría instalar la planta elaboradora de pellets de PP en el Parque Industrial Campana, en la provincia de Buenos Aires.

Impacto Social POSITIVO:

- 1) Teniendo en cuenta el aspecto socioeconómico, la instalación representa una nueva fuente de trabajo directa e indirecta que es generada por la actividad económica de dicha empresa.
- 2) Permite a estudiantes de diferentes instituciones educativas, ya sea de nivel secundario, terciario o universitario llevar a cabo pasantías, prácticas profesionales o visitas educativas según el nivel de estudio; y en un futuro lograr obtener un trabajo efectivo allí.
- 3) En Argentina, el sector químico y petroquímico generan un empleo mejor calificado con capacitación permanente; y permiten la relación con toda la cadena de valor de las industrias en general.
- 4) La potencialidad de Vaca Muerta y su desarrollo da motivos para pensar en un futuro próspero con nuevos proyectos e inversiones para el sector; el cual es un factor clave para el desarrollo, la competitividad de la economía y la transformación de la matriz productiva.

- 5) La demanda de productos petroquímicos seguirá creciendo por encima del PBI global y esa situación produce expectativas para países como Argentina, con recursos en gas natural y petróleo provenientes de Vaca Muerta.

Impacto Social NEGATIVO:

- 1) PellcomP pone a disposición del público un producto que es el componente básico de muchos artículos utilizados en la vida cotidiana, como botellas de plásticos, contenedores, bolsas, entre otros. Los pellets son una pieza fundamental para distintas líneas de producción. A pesar de que es un producto clave para diferentes industrias, en la actualidad se está luchando para disminuir la contaminación por residuos plásticos y se vela cada vez más por la sustentabilidad y cuidados del medio ambiente.

La empresa genera un impacto social positivo en cuanto al aspecto socioeconómico, crecimiento industrial, económico y laboral. Sin embargo, el impacto social respecto al tipo de producto ofrecido es negativo.

CONCLUSIONES

El PP es un polímero plástico que puede ser reciclado, sin embargo, es altamente resistente a la degradación impuesta por la naturaleza y posee una vida media muy alta. Por otro lado, a pesar de la utilidad del PP en la vida cotidiana, una vez que se ha utilizado se convierte en residuos que forman parte de los residuos sólidos urbanos (RSU) generados en grandes cantidades. Los RSU originan problemas de contaminación del agua, aire y suelo, que impactan directamente al ambiente y a la salud.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente y lo obtenido en la EIA, se concluye que la instalación de la planta no afecta de gran manera en el medio ambiente, siempre y cuando se apliquen las medidas correctivas correspondientes a cada impacto para lograr minimizarlos. Además, se está investigando para implementar nuevas medidas que ayuden a prevenir futuros impactos.

Por otro lado, la instalación resulta positiva en su mayoría en cuanto al impacto social, ya que no solo será una fuente de generación de empleo, sino que también aportará significativamente al desarrollo económico local y regional.

UNIDAD N° 7

MARCO JURÍDICO

INTRODUCCIÓN

NORMAS RESPECTO AL MERCADO

NORMAS RESPECTO A LA LOCALIZACIÓN

NORMAS RESPECTO AL ESTUDIO TÉCNICO

NORMAS RESPECTO A LA ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN

NORMAS RESPECTO AL ASPECTO CONTABLE Y FINANCIERO

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

Para llevar a cabo cualquier tipo de actividad que implique intereses entre diferentes partes, se debe estar sujeto a ciertas normas que regulen el comportamiento de dichos grupos de interés. Estas normas sirven para sistematizar y enfatizar los derechos y obligaciones que va a tener cada uno de los miembros.

La factibilidad de un proyecto no puede analizarse únicamente desde el aspecto económico. De hecho, debe estar acorde a la legislación que va a regir la actividad en el lugar en el cual se lleve a cabo el proyecto, ya que la Constitución Nacional, al igual que otros códigos y reglamentos, repercuten sobre él y deben tenerse en cuenta desde el inicio de la actividad hasta el desmantelamiento del mismo.

A lo largo de la presente unidad, se mencionan las normativas legales nacionales, provinciales y municipales que debe cumplir PellcomP como planta elaboradora de pellets de PP, en diferentes aspectos de mercado, estudio técnico, impositivo y contable, entre otros.

NORMAS RESPECTO AL MERCADO

A. HABILITACIÓN MUNICIPAL

La Ley N° 11.459 de Radicación Industrial, establece las condiciones para la radicación de establecimientos industriales dentro de PBA. De este modo, se clasifica a las industrias en categorías según su complejidad ambiental, se determinan las características de los estudios necesarios para la obtención de la autorización de radicación y se fijan los mecanismos de sanción de las infracciones.

Para obtener habilitación municipal, se requiere la presentación de un Certificado de Aptitud Ambiental (CAA) que acredita la aptitud de la zona elegida y la adecuación del tipo de industrias que pueden instalarse en el parque.

El CAA es expedido por la Autoridad de Aplicación o el Municipio, según corresponda, previa Evaluación Ambiental y de su impacto en la salud, seguridad y bienes del personal y población circundante.

El proceso de emisión del CAA comprende tres fases, conforme a la reglamentación que establezca la Autoridad de Aplicación:

- Fase 1: la Clasificación del Nivel de Complejidad Ambiental (CNCA) que determina la categoría del establecimiento industrial. El mismo se gestiona electrónicamente a través del portal web completando el Formulario de Nivel de Complejidad Ambiental (FNCA).

- Fase 2: autorización de construcción de las obras, que otorga la aptitud ambiental del proyecto de establecimiento. En esta, se emite un acto administrativo que da constancia de la aprobación de la Fase 1, y en el cual se debe establecer, entre otros aspectos, cuánto tiempo tiene el establecimiento industrial para iniciar la Fase 3, sin que deba comenzar el trámite nuevamente.
- Fase 3: la autorización de funcionamiento de las actividades productivas del establecimiento, en donde se realizan pruebas y/o ensayos mediante la puesta en funcionamiento temporario de las instalaciones industriales, con el fin de verificar el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable o efectuar los ajustes necesarios.

El Municipio del lugar de radicación, al momento de recibir la solicitud del CAA debe dar traslado en no más de diez 10 d hábiles a la Autoridad de Aplicación para que proceda a su clasificación.

La solicitud debe estar acompañada de lo siguiente:

- Memoria descriptiva donde se determine la actividad industrial a desarrollar, ingeniería de procesos, materias primas, insumos, productos a elaborar, subproductos, residuos, emisiones y efluentes a generar y estimación del personal a emplear.
- Proyecto de planta industrial indicando las instalaciones mecánicas, eléctricas, y de equipo y materiales que puedan afectar la seguridad o salubridad del personal o población, así como también las medidas de seguridad respectivas.
- Adecuado tratamiento y destino de los residuos sólidos, líquidos, semisólidos y gaseosos, que se generen inevitablemente.
- Ubicación del establecimiento en zona apta y caracterización del ambiente circundante.
- Informe de factibilidad de provisión de agua potable, gas y energía eléctrica.
- Elementos e instalaciones para la seguridad y la preservación de la salud del personal, y prevención de accidentes.

El decreto 531/2019 y la Ley N° 14.989, designan como Autoridad de Aplicación en materia ambiental al Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS), el cual tiene competencias para ejecutar las acciones referidas a la fiscalización de los elementos y actividades que pudieren afectar el ambiente e intervenir en los procedimientos para la determinación del impacto ambiental.

La Ley N° 15.107 modifica el artículo 11 de la Ley N° 11.459, estableciendo que el CAA tiene una vigencia de cuatro años. Pasado ese lapso de tiempo, se debe realizar una recategorización y un estudio para evaluar nuevamente todo lo anterior.

B. REGISTRO NACIONAL

La inscripción en el Registro Industrial de la Nación (RIN) está dirigida a las Industrias que estén realizando actividades encuadradas en la categoría de tabulación D (Industria Manufacturera). Dicho registro nacional está respaldado por la Ley N° 19.971.

Para la inscripción en el RIN., se deben llevar adelante cuatro etapas.

B.1. Etapa 1: Inscripción en el Sistema Unificado de Registro (S.U.R.)

La inscripción en el S.U.R. se realiza vía web. Se completan varias planillas en las que se solicita domicilio de localización (entre otros datos), actividad principal y secundaria; contactos, representantes legales y apoderados que realizan trámites y/o presentaciones ante el RIN., productos e insumos, etc.

Una vez finalizada la carga de todas las planillas, se recibe un e-mail informando la documentación que se debe adjuntar a la presentación de la Declaración Jurada (DD.JJ).

B.2. Etapa 2: Pago del arancel en el Banco de la Nación Argentina

Luego de la inscripción en el S.U.R., se debe abonar el importe correspondiente al trámite, en cualquier sucursal del Banco de la Nación Argentina. Para ello, se requiere presentar el cupón de pago para que la entidad lo certifique.

B.3. Etapa 3: Presentación de la Documentación

Se debe presentar la siguiente documentación:

- DD.JJ impresa al finalizar la carga de datos en el Sistema S.U.R vía web.
- Constancia de inscripción en Administración Federal de Ingresos Públicos (AFIP).
- Habilitación Municipal. En caso de contar con la definitiva, presentar una copia fiel, sino una constancia actualizada en original o copia fiel.
- Cupón de Pago.
- Acreditación de Personería de la Empresa. Para Sociedades Anónimas, se debe presentar el Estatuto o copia simple con la correspondiente inscripción a la Inspección General de Justicia (IGJ), o Registro Público.
- Acreditación de personería del firmante. Si el firmante de toda la documentación es el representante legal de la empresa, se debe presentar el Acta de Designación con su respectiva inscripción en la IGJ o Registro Público; mientras que, si el firmante es un apoderado se debe adjuntar una copia del poder.

B.4. Etapa 4: Aprobación de la Inscripción al RIN

Una vez aprobada la inscripción nacional, la empresa puede desarrollar sus actividades de forma legal.

C. CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO (CAA)

Debido a que el destino del producto es envasado de materia alimenticia (BOPP), debe cumplir con las características correspondientes detalladas en el capítulo IV del CAA y a la Resolución MERCOSUR/GMC/RES N° 56/92. Anexo: Disposiciones Generales para Envases y Equipamientos Plásticos en Contacto con Alimentos.

Se entiende por envases alimentarios, los destinados a contener alimentos acondicionados en ellos desde el momento de la fabricación, con la finalidad de protegerlos hasta el momento de su uso por el consumidor de agentes externos de alteración y contaminación, así como de la adulteración. Deben ser bromatológicamente aptos para lo cual deben cumplir los siguientes requisitos:

- Estar fabricados con los materiales autorizados por el CAA. Deben responder a las exigencias particulares en los casos en que se especifiquen.
- No deben transferir a los alimentos sustancias indeseables, tóxicas o contaminantes en cantidad superior a la permitida por el CAA. Los límites de migración total que deben cumplir todos los envases y equipamientos plásticos en contacto con los alimentos son los siguientes:
 - 50,00 mg/kg de simulante, en el caso de envases y equipamientos con capacidad superior o igual a 250,00 mL en el caso de envases y equipamientos en que no sea posible estimar el área de superficie de contacto y en el caso de elementos de cierre u objetos de área pesquera.
 - 8,00 mg/dm de área de superficie del envase, en el caso de envases y equipamientos con capacidad inferior a 250,00 mL y en el caso de material plástico genérico.
- No deben ceder sustancias que modifiquen las características composicionales y/o sensoriales de los alimentos.
- En la elaboración de envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos, está prohibida la utilización de materiales plásticos procedentes de envases, fragmentos de objetos, plásticos reciclados o ya utilizados, debiendo por lo tanto ser utilizado material virgen de primer uso. Esta prohibición no se aplica al material reprocesado en el mismo proceso de transformación que lo originó (scrap) de parte de materiales plásticos no

contaminados ni degradados. La Comisión de Especialistas del MERCOSUR puede estudiar procesos tecnológicos especiales de obtención de resinas a partir de materiales reciclables.

- Los envases, productos semielaborados (productos intermedios) y equipamientos plásticos destinados a estar en contacto con alimentos, deben ser registrados por la autoridad competente.
- Todas las modificaciones de composición de los envases y equipamientos plásticos deben ser comunicados a la autoridad competente para su aprobación.

NORMAS RESPECTO A LA LOCALIZACIÓN

PellcomP S.A. se localiza dentro de la provincia de Bs. As., en el Parque Industrial Campana. Por este motivo, además de estar influida por las leyes nacionales, debe cumplir con los requisitos legales de la provincia y del municipio. La Ley N° 11.459, "Instalación de Industrias en la Provincia de Buenos Aires", fija las condiciones requeridas para el establecimiento de industrias dentro de la jurisdicción bonaerense.

En dicha ley se define como establecimiento industrial a todo aquel en donde se desarrolla un proceso de conservación, reparación o transformación de una materia prima o material, para la obtención de un producto final mediante la utilización de métodos industriales. Se describen y fijan condiciones para la radicación de industrias, presentando un CAA, posterior a realizar la categorización, EIA, entre otros.

Cualquier empresa que decida instalarse dentro del territorio provincial de Buenos Aires debe cumplir con la siguiente normativa, tanto provincial como nacional:

- Ley provincial N° 5.965, decreto 3.395/96: emisiones gaseosas.
- Ley provincial N° 11.459, decretos 1.741/96 y 353/11: radicación y gestión ambiental integral.
- Ley provincial N° 11.720, decretos 806/97 y 650/11: residuos especiales.
- Ley provincial N° 11.723: Ley Integral del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Ley provincial N° 12.257, decreto 3.511/07: Efluentes Líquidos.
- Ley provincial N° 13.592: Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (RSU).
- Ley nacional N° 19.587, decreto 351/79: Higiene y Seguridad.
- Ley nacional N° 20.284: Ley de Contaminación Atmosférica.
- Ley nacional N° 22.428: Conservación de Suelos.

- Ley nacional N° 24.051, decreto 831/93 y 674/89: Residuos Peligrosos y Recursos Hídricos.
- Ley nacional N° 24.557, decreto 1.070/96 y 333/96: Ley de Riesgo de Trabajo.
- Ley nacional N° 25.612: Ley de Residuos de Origen Industrial y de actividades de servicio.
- Ley nacional N° 25.675: Ley General de Suelos.
- Ley nacional N° 25.688: Ley para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional. Utilización de las aguas.

NORMAS RESPECTO AL ESTUDIO TÉCNICO

A. IMPORTACIÓN DE MAQUINARIA

- **Resolución 256/2000:** establece el Régimen de Importación de Bienes Integrantes de Grandes Proyectos de Inversión. El mismo, se aplica a aquellas empresas que cuenten con un proyecto de mejoramiento de su competitividad aprobado por la Autoridad de Aplicación correspondiente.

La resolución plantea que se van a poder importar bajo este Régimen bienes nuevos, destinados a conformar una línea de producción completa y autónoma, a ser instalada dentro del predio en que funciona la empresa. Se incluyen bienes complementarios o accesorios a la línea, cuando cumplan una función inherente a la misma

- **Decreto 1174/2016 del Ministerio de Producción:** determina el Régimen de Importación de Líneas de Producción Usadas, entendiéndose por tales aquellas cuyo componente principal sea la maquinaria usada importada y que formen parte de un proyecto de inversión para la producción industrial.
- **Resolución 272/2000:** las empresas interesadas en acceder a los beneficios previstos en la Resolución del Ministerio de Economía N° 511/2000, deben tramitar sus presentaciones de acuerdo con lo dispuesto en la presente Resolución.

B. EXPORTACIÓN DEL PRODUCTO ELABORADO

La exportación de los pellets de PP se rige por la Ley N° 23.101, "Régimen de Promoción, Objetivos. Creación del Fondo Nacional de Promoción de Exportaciones". El objetivo de la presente Ley es incrementar las exportaciones, diversificar la oferta de bienes y servicios destinados a los mercados del exterior, generar mayor valor agregado y alcanzar niveles decrecientes de costos.

B.1. MERCADO COMÚN DEL SUR (MERCOSUR)

En el caso de exportar a los países que integran el Mercado Común del Sur, la empresa va a estar regida por MERCOSUR/CMC/DEC. N° 08/94, creado por el Consejo del Mercado Común del Sur.

A su vez, el MERCOSUR posee un Programa de Integración Productiva del MERCOSUR, establecido en la Decisión 12/2008 por el Consejo del Mercado Común, que apunta a fortalecer la complementariedad productiva de empresas del MERCOSUR, y especialmente la integración en las cadenas productivas de PYMES y de las empresas de menor tamaño, con el objetivo de profundizar el proceso de integración del bloque, consolidando el incremento de la competitividad de los sectores productivos de los Estados Partes y otorgando herramientas adicionales que mejoren su inserción externa.

C. SERVICIOS EXTERNOS

PellcomP emplea servicios externos de diferentes tipos (limpieza, medicina laboral, jurídico-legal, entre otros). La Ley N° 20.744, contempla a aquellos trabajadores que son contratados por terceros con vistas a proporcionarlos a la empresa. Dicha Ley, plantea que éstos serán considerados empleados directos de quien utilice su prestación y responderán a todas las obligaciones emergentes de la relación laboral y de las que se deriven del régimen de la seguridad social.

D. NORMAS OFICIALES DE ENSAYO DEL PRODUCTO

Las normas oficiales utilizadas en los análisis del producto que se detallan en la unidad N° 4 son:

- ASTM: la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales es una organización de estándares internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios.
- ISO: la Organización Internacional de Normalización tiene como objetivo la elaboración de normas a fin de estandarizar las técnicas internacionales.

NORMAS RESPECTO A LA ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN

A. CONTRATO DE TRABAJO

La relación laboral se da cuando una persona en forma personal y voluntaria desarrolla tareas para otra persona física o empresa, bajo su dependencia, recibiendo a cambio una remuneración.

La Ley de Contrato de Trabajo presume que, si se cumplen las condiciones anteriores, aun cuando no exista un contrato de trabajo por escrito, hay una relación de trabajo, y ambas partes cuentan con todos los derechos y obligaciones que les competen. De hecho, el trabajador que realiza actividades en el marco de una relación laboral, tiene el derecho a cobrar una remuneración o sueldo y, el empleador tiene la obligación de abonarlo.

Un contrato de trabajo por tiempo indeterminado está sujeto a un período de prueba de 3 meses, período en el que el trabajador puede ser despedido sin goce de indemnización. Sin embargo, es obligación del empleado declarar y registrar dicha relación ante la AFIP, y en la documentación laboral de la empresa; pagar las contribuciones, y depositar los aportes a la seguridad social.

Los regímenes laborales y de seguridad social están regulados por las siguientes leyes:

- Ley de Contrato de Trabajo N° 20.744 y sus modificatorias;
- Ley de Empleo N° 24.013;
- Ley de Riesgos del Trabajo N° 24.557;
- Ley de convenciones colectivas de trabajo N° 14.250;
- Ley de Riesgos del Trabajo N° 24.557;
- Ley de asociaciones sindicales N° 23.551
- Ley de Régimen Laboral N° 25.877

B. JORNADA LABORAL

La jornada laboral se rige por la Ley N° 11.544, la cual establece que la duración del trabajo no podrá exceder de 8 h/d o 48 h/sem, para toda persona ocupada en explotaciones públicas o privadas por cuenta ajena. Este límite es lo máximo que se puede alcanzar, pero la legislación no impide jornadas laborales con una duración menor.

C. EDAD MÍNIMA DE ADMISIÓN AL EMPLEO

La Ley N° 26.390 regula el trabajo adolescente basándose en los postulados de la Protección Integral de los Derechos de los Niños, Niñas y Adolescentes que sostiene la Convención sobre los Derechos del Niño. Establece que la edad mínima de admisión al empleo es 16 a; prohíbe el trabajo de las personas menores de 16 a en todas sus formas, exista o no relación de empleo contractual, y sea éste remunerado o no; y determina que las personas de 16 - 18 a pueden celebrar contrato de trabajo con autorización de sus padres, responsables o tutores.

Dicha Ley se ha modificado introduciendo un nuevo artículo (189 bis) referido a la empresa familiar, describiendo que las personas de 14 - 16 a pueden trabajar en empresas cuyo titular sea su padre, madre o tutor, pero no por más de 3 h/d y 15 h/sem, siempre que no se trate de tareas penosas, peligrosas o insalubres y cumpla

con la asistencia escolar. A su vez, la empresa debe gestionar un permiso otorgado por la autoridad administrativa laboral.

D. DESPIDOS

D.1. Plazos del Preaviso

Para la disolución del contrato de trabajo por voluntad de una de las partes no puede darse sin previo aviso, o en su defecto, indemnización además de la que corresponda al trabajador por su antigüedad, cuando el contrato se disuelva por voluntad del empleador.

El preaviso, cuando las partes no lo fijen en un término mayor, debe darse con la siguiente anticipación:

- Por el trabajador: 15 d;
- Por el empleador: 15 d cuando el trabajador se encontrare en período de prueba; de 1 m cuando el trabajador tuviese una antigüedad en el empleo que no exceda los 5 a; y 2 m cuando fuere superior.

D.2. Indemnización sustitutiva

La parte que omita el preaviso o lo otorgue de modo insuficiente debe abonar a la otra una indemnización sustitutiva equivalente a la remuneración que correspondería al trabajador durante los plazos señalados.

E. SALARIOS

E.1. Remuneración

El artículo 103 de la Ley de Contrato de Trabajo define la remuneración como la contraprestación que debe percibir el trabajador como consecuencia del contrato de trabajo.

El monto de remuneración correspondiente es igual al valor que se determina en la escala salarial de acuerdo a la categoría o puesto a la que pertenece el trabajador, fijada por el Convenio Colectivo de Trabajo (CCT) que aplica a la actividad. Para el caso de PellcomP S.A. se aplica el CCT N° 720/21, que agrupa a los trabajadores pertenecientes a la industria química y petroquímica de la Ciudad de Bs. As. y zonas adyacentes.

A continuación, se muestran las remuneraciones básicas correspondientes a enero del año 2024:

Tabla 7.1. Remuneraciones básicas Enero 2024 Personal Químico y Petroquímico

Salario/h - Categoría					
Operario	B	A	A1	A2	A3
Operario común	1.893,77	2.051,45	2.222,42	2.407,57	2.608,13
Salario básico personal administrativo – Categoría					
Administrativos	382.237,93	445.689,45	509.513,10	-	-
Supervisor área	480.249,59	543.749,59	611.749,59	-	-
Jefe área	812.749,59	876.249,59	944.249,59	-	-
Gerente depto.	1.350.249,59	1.350.249,59	1.350.249,59	-	-

Cabe aclarar que estos montos son mínimos; van variando de acuerdo a la categoría y antigüedad de cada empleado.

Además del sueldo mensual básico, se adiciona la suma salarial solidaria, que es un monto extra que corresponde a todos los trabajadores independientemente de su categoría y antigüedad. Según lo establecido en el convenio esta suma corresponde a \$ 144.750,41 mensual.

En el caso de los trabajadores que no son considerados dentro del CCT, la remuneración puede determinarse a través de un acuerdo entre las partes en relación a cuál será el índice inflacionario para tomar como referencia (INDEC, IPC, REM, etc.) y con estos datos aplican los ajustes salariales.

El salario de un gerente general en promedio es de \$ 1.521.685,00 cuando hablamos de compañías que facturan menos de 100 mil millones anuales. Por otra parte, en las compañías más grandes (nacionales o filiales de multinacionales) que facturan más de 1.000 mil millones al año, los sueldos promedio de un gerente general se mueven en un rango de entre \$ 1.473.800,00 – 2.300.000,00 mensuales.

E.2. Recibo de sueldo

Todos los trabajadores en relación de dependencia deben percibir su remuneración con la entrega de un recibo de sueldo.

En el artículo 140 de la Ley de Contrato de Trabajo se mencionan los requisitos mínimos que debe contener el recibo de sueldo emitido por la empresa. En el mismo debe contener la información referente al empleador, al trabajador, a la composición de la remuneración del trabajador y otros datos obligatorios exigidos por ley.

E.3. Aguinaldo

Todos los trabajadores deben recibir un Sueldo Anual Complementario (aguinaldo). La Ley N° 23.041 establece que el mismo debe calcularse sobre el 50,00 % de la mayor remuneración mensual recibida por todo concepto dentro de los semestres que culminan en los meses de junio y diciembre de cada año. Se abona en dos cuotas: la primera de ellas el 30 de junio y la segunda el 18 de diciembre de cada año.

NORMAS RESPECTO AL ASPECTO CONTABLE Y FINANCIERO

Los impuestos constituyen uno de los principales instrumentos de promoción del desarrollo económico de un país, ya que son pagos a favor de un acreedor tributario, que en la mayoría de las legislaciones es el Estado. Con estos tributos se financian parte de los gastos sociales, y no conllevan contraprestación directa o determinada con el sujeto emisor.

A. NIVEL NACIONAL

En la Argentina, la recaudación es llevada a cabo por distintos niveles de gobierno principalmente mediante impuestos aplicados a las ganancias, patrimonios y al consumo en general, reveladoras de una cierta capacidad contributiva, que constituye la causa y medida de la imposición. A nivel nacional, la AFIP es una entidad independiente que informa al ministro de Economía y es responsable de cobrar los impuestos, recaudar y supervisar.

Los principales impuestos que se cobran incluyen: Impuesto a las Ganancias, al Valor Agregado, a la Ganancia Mínima Presunta, Impuestos Especiales, Impuesto a los Bienes Personales e Impuesto sobre los Débitos y Créditos Bancarios y Otras Operatorias.

B. NIVEL PROVINCIAL

A nivel provincial, los impuestos son recaudados y administrados por los organismos fiscales de las provincias, bajo la directiva de los ministros de economía de cada provincia. Los principales impuestos provinciales son: Impuesto sobre los Ingresos Brutos y el Impuesto al Sello.

A nivel PBA, se establece la Ley N° 13.656 "Promoción Industrial" mediante la cual, entre otras cuestiones, las empresas beneficiadas pueden gozar de una exención total de hasta 10 a según el Plan de Desarrollo Industrial de los impuestos: Inmobiliario, sobre los ingresos brutos (o el que en el futuro lo sustituya), sellos, automotores, sobre los consumos energéticos, y otros servicios públicos, de acuerdo a lo que determine la reglamentación.

C. NIVEL MUNICIPAL

Las municipalidades recaudan ingresos mediante tasas y contribuciones especiales.

La municipalidad de Campana adhiere a la ley anterior mediante la Ordenanza N° 5.263/09. Las franquicias y beneficios a que alude dicha ordenanza, se pueden otorgar respecto a los siguientes tributos:

- Tasa por Habilitación de Comercios e Industrias.
- Tasa por Inspección de Seguridad e Higiene.
- Tasa por Servicios Varios (Inspección de medidores, motores, generadores de vapor a energía, calderas y demás instalaciones).
- Derechos de Construcción.
- Derechos por Publicidad y Propaganda.
- Derechos de Oficina, solamente en cuanto respecta a las actuaciones por las que se tramita la exención.
- Tasa por Conservación, Reparación y Mejoramiento de la Red Vial Municipal.

CONCLUSIONES

En la unidad desarrollada con anterioridad se determinó el marco normativo a cumplir, es decir el conjunto de leyes, normas y reglamentos que son aplicables a las funciones o actividades que se planea llevar a cabo y que deben ser identificados para que las actividades se realicen de manera armónica, sin incurrir en riesgos de tipo legal.

Es de gran importancia tenerlo definido, puesto que ayuda a mediano y largo plazo a evitar inconvenientes legales, fiscales y administrativos; que repercuten a futuro en gastos innecesarios y en la reputación de la compañía.

Se establece la categorización del personal y las distintas escalas de los sueldos básicos que a cada uno le corresponde, regidos por el CCT N° 720/21, quien establece las condiciones de trabajo, beneficios sociales, sueldos y salarios, para el personal de las industrias químicas y petroquímicas, y es de aplicación en todo el territorio de la República Argentina.

Cumplir con todas estas normas, es la base para que la empresa pueda posicionarse en el mercado y sea aprobada por la sociedad.

ABREVIATURAS Y SIGLAS

- a: alcance
- A: Amorfo
- AFIP: Administración Federal de Ingresos Públicos
- ASTM: American Society for Testing and Materials/Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales
- AT: Alta Tensión
- ATR: Refractancia Total Atenuada
- BOPA: Poliamida Biorientada biaxialmente
- BOPP: Polipropileno Biorientado
- Bs. As: Buenos Aires.
- BT: Baja Tensión
- CAA: Certificado de Aptitud Ambiental
- CAA: Código Alimentario Argentino
- CABA: Ciudad Autónoma de Buenos Aires
- CCT: Convenio Colectivo de Trabajo
- CNCA: Clasificación del Nivel de Complejidad Ambiental
- COV: Compuestos Orgánicos Volátiles
- D: Despresurización a co-corriente
- DBO₅: Demanda Biológica de Oxígeno
- DBS: Sebacato de Dibutilo
- DD.JJ: Declaración Jurada
- DIN: Deutsches Institut für Normung/Instituto Alemán de Normas
- DPl: Demanda Potencial Insatisfecha
- DPIO: Demanda Potencial Insatisfecha Optimista
- DPIP: Demanda Potencial Insatisfecha Pesimista
- DQO: Demanda Química de Oxígeno
- DSC: calorimetría diferencial de barrido
- du: duración
- e: efecto
- E: Enjuague con propileno puro proveniente de la columna par
- EIA: Evaluación de Impacto Ambiental
- EP: Poliepoxis
- EPP: Elementos de Protección del Personal
- EPR: Copolímero de Etileno-Propileno
- EPR: Elementos de Protección Respiratoria
- EVA: Etileno Acetato de Vinilo
- FDS: Ficha de Seguridad
- FID: Detector de ionización
- FIFO: First In, First Out/Primero en entrar, primero en salir
- FNCA: Formulario de Nivel de Complejidad Ambiental
- FTIR: Espectroscopia Infrarroja con Transformada de Fourier

- GBA: Gran Buenos Aires
- GC: Cromatografía de gases
- GLP: Gas Líquido de Petróleo
- HDT: Heat Deflection Temperature/Temperatura de Deflexión Térmica
- IGJ: Inspección General de Justicia
- In: Intensidad
- INDEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos
- IPA: Instituto Petroquímico Argentino
- IPC: Índice de Precios al Consumidor
- IQC: Internacional Quality Certifications/Certificaciones Internacionales de Calidad
- IR: infrarroja
- IRAM: Instituto Argentino de Normalización y Certificación
- ISO: International Organization for Standardization/Organización Internacional de Estandarización
- IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry/Unión Internacional de Química Pura y Aplicada
- MAO: Metil alumoxano
- MBT: Muy Baja Tensión
- MERCOSUR: Mercado Común del Sur
- MFI: Melt Flow Rate/Índice de Fluidez
- MFR: Melt Mass-flow Rate/Índice de Fluidez en masa
- MHS: Mark-Houwink Sakurada
- MP: Materia prima
- MT: Media Tensión
- MVR: Melt Volume-flow Rate/ Índice de Fluidez en volumen
- N°: número.
- NO_x: Óxidos de Nitrógeno
- n/d: No disponible
- OPDS: Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible
- P: Re-presurización
- PBA: Provincia de Buenos Aires
- PBI: Producto Bruto Interno
- PE: Polietileno
- PEAD: Polietileno de Alta Densidad
- PEBD: Polietileno de Baja Densidad
- PGP: Propileno Grado Polímero
- PLA: Ácido Poliláctico
- PM: Peso molecular
- PMMA: Polimetilmetacrilato
- PO: Peróxidos
- PP: Polipropileno
- PPH: Polipropileno Homopolímero
- PS: Poliestireno

- PSA: Adsorción por oscilación de presión
- PU: Purga
- PVC: Policloruro de Vinilo
- PyMES: Pequeñas y Medianas Empresas
- r: riesgo
- REM: Relevamiento de Expectativas de Mercado
- RENPI: Registro Nacional de Parques Industriales
- RIN: Registro Industrial de la Nación
- RS: Residuos Sólidos
- RSU: Residuos Sólidos Urbanos
- S.A: Sociedad Anónima
- S.U.R: Inscripción en el Sistema Unificado de Registro
- S: Significancia
- SC: Semicristalino
- SHAV: Segmental Hand-Arm Vibration/Vibración Segmentaria Mano-Brazo
- SST: Sólidos Suspendidos Totales
- TBA: Trenes de Buenos Aires
- TFC: Temperatura de deflexión bajo carga
- Tg: Temperatura de transición vítrea
- UBA: Universidad de Buenos Aires
- UL: Underwriters Laboratories/Laboratorios Asegurados
- UNE: Una Norma Española
- UNLP: Universidad de Nacional La Plata
- UNR: Universidad Nacional de Rosario
- UV: Ultravioleta
- YPF: Yacimientos Petrolíferos Fiscales

CAPÍTULO N° 2: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

UNIDAD N° 8: ESTUDIO DE MERCADO

UNIDAD N° 9: BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

UNIDAD N° 10: CÁLCULO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS PRINCIPALES Y ACCESORIOS DE PROCESO

UNIDAD N° 11: SERVICIOS AUXILIARES

UNIDAD N° 12: PLANIFICACIÓN Y EDIFICACIÓN

UNIDAD N° 14: INVERSIONES Y COSTOS

UNIDAD N° 15: EVALUACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

CONCLUSIONES GENERALES

OBJETIVOS

- Determinar la Demanda Potencial Insatisfecha del producto mediante un análisis de oferta y demanda, con proyecciones a futuro.
- Establecer la producción anual y el rendimiento global.
- Definir los flujos de proceso y balances de masa y energía.
- Calcular los equipos principales y accesorios necesarios en cada etapa.
- Describir los servicios auxiliares requeridos por el proceso, y el consumo de cada uno de ellos.
- Diseñar la distribución de la planta, definiendo la ubicación del sector productivo, administrativo, estacionamiento, portería, entre otros.
- Definir la estructura, los diferentes niveles jerárquicos de la empresa y su organigrama.
- Estimar el costo unitario del producto a comercializar, como así también el precio de venta.
- Establecer la rentabilidad del proyecto.
- Evaluar la factibilidad del proyecto.

UNIDAD Nº 8

ESTUDIO DE MERCADO

INTRODUCCIÓN

ANÁLISIS DE LA DEMANDA

ANÁLISIS DE LA OFERTA

DEMANDA POTENCIAL INSATISFECHA

ANÁLISIS DE PRECIOS

ANÁLISIS DE COMERCIALIZACIÓN

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

El mercado es un ambiente en donde convergen la demanda y la oferta con el objetivo de realizar transacciones de bienes y servicios.

El estudio de mercado es una investigación del mercado, utilizada por diversas industrias, para garantizar la toma de decisiones y comprender de una mejor manera el panorama comercial al que se enfrentan al momento de realizar sus operaciones. Lo que se busca es poder examinar la viabilidad de un nuevo proyecto.

En la siguiente unidad se detalla el estudio realizado para la producción de pellets de PP para lograr conocer la viabilidad real que tiene el proyecto, de insertarse en el mercado y ser exitosamente aceptado. Esto se hace a través del cálculo de la demanda potencial insatisfecha, que se obtiene mediante un análisis de la demanda, oferta y precios del producto.

ANÁLISIS DE LA DEMANDA

La demanda es la cantidad de bienes y servicios que los consumidores desean y pueden comprar a un determinado precio, con la finalidad de satisfacer una necesidad en particular.

Se realizó un análisis de la demanda de pellets de PP para poder determinar cuáles son las variables macroeconómicas que más tienen incidencia en la misma, y así lograr establecer el porcentaje de participación que tendría la empresa en el mercado.

Para el estudio se utilizaron fuentes secundarias como el Instituto Petroquímico Argentino, que aportó datos de la producción, importación y exportación de los pellets de PP en el país desde el 2012 al 2022.

El cálculo de demanda se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$D = \text{Producción nacional} + \text{Importación} - \text{Exportación} \quad (\text{Ec. 8.1})$$

Tabla 8.1. Demanda anual de los pellets de PP

AÑO	Producción Nacional [t]	Importación [t]	Exportación [t]
2012	268.740,00	102.803,00	27.395,00
2013	251.276,00	106.688,00	21.963,00
2014	247.827,00	97.364,00	35.200,00
2015	288.627,00	90.999,00	33.692,00
2016	285.151,00	93.080,00	60.066,00
2017	292.529,00	124.370,00	76.257,00
2018	287.800,00	98.321,00	100.149,00

AÑO	Producción Nacional [t]	Importación [t]	Exportación [t]
2019	261.000,00	105.907,00	94.387,00
2020	201.800,00	145.400,00	35.438,00
2021	291.130,00	154.797,00	70.756,00
2022	298.640,00	129.994,00	77.605,00

Fuente: Anuario IPA 2022.

Tal como se nombró con anterioridad, además de depender del tiempo, la demanda depende también de diferentes variables macroeconómicas como: el PBI, la Inflación y la Paridad.

Posterior al cálculo de demanda anual, se midió la variación de la misma frente a las variables macroeconómicas con el objetivo de lograr determinar cuál es la que más influye en ella.

Tabla 8.2. Evolución histórica de la demanda

AÑO	AÑO	Inflación [%]	PBI [miles de millones de USD]	Paridad [\$/USD]	Demanda [t]
1	2012	13,13	545,98	4,33	344.148,00
2	2013	14,76	552,03	4,98	336.001,00
3	2014	28,27	526,32	8,02	309.991,00
4	2015	17,19	594,75	8,63	345.934,00
5	2016	34,59	557,53	13,89	318.165,00
6	2017	24,80	643,63	15,9	340.642,00
7	2018	47,65	524,82	19,64	285.972,00
8	2019	53,83	452,82	37,30	272.520,00
9	2020	36,15	389,59	60,28	311.762,00
10	2021	50,93	491,49	87,03	375.171,00
11	2022	94,79	631,13	132,14	351.029,00

Fuente: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD?locations=AR>
INDEC

Con los datos obtenidos de fuentes secundarias como el INDEC y el Banco Mundial, se procedió a calcular una regresión lineal de cada variable macroeconómica, en relación con la demanda y el tiempo. Tanto las variables macroeconómicas como el tiempo son las variables independientes, mientras que la demanda es la variable dependiente.

Lo que indica qué variable afecta en mayor o menor medida a la demanda es el factor o coeficiente de determinación (R^2). Mientras más grande es, mayor influencia tiene esa variable sobre la demanda de los pellets de PP.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

- Correlación entre Demanda, Tiempo e Inflación:

$$R^2 = 0,03716$$

- Correlación entre Demanda, Tiempo y Paridad:

$$R^2 = 0,3618$$

- Correlación entre Demanda, Tiempo y PBI:

$$R^2 = 0,2715$$

El coeficiente de determinación R^2 indica que tan bueno fue el ajuste lineal realizado. Mientras más cercano a 1 sea, mayor va a ser el grado de fiabilidad de la regresión. Por lo tanto, observando los datos obtenidos, el mejor ajuste se da cuando se correlacionan la demanda (D), el tiempo (t) y la paridad (P), con un R^2 de 0,3618.

La ecuación arrojada fue:

$$D = 353.629,124 - 9.943,757 t + 921,200 P \quad (\text{Ec. 8.2})$$

Posteriormente, se procedió a calcular una proyección de la demanda de pellets de PP en el tiempo. Esto se hizo calculando en primer lugar la paridad optimista y pesimista en esos años proyectados (desde 2023 hasta 2028), mediante la ecuación arrojada por la regresión lineal que surge de la correlación entre dicha variable macroeconómica y el tiempo. La misma fue la siguiente:

$$P = 12,301 t - 41,178 \quad (\text{Ec. 8.3})$$

Con dicha ecuación se calculó la paridad pesimista y optimista, y a su vez, con la ecuación de demanda en correlación con la paridad y el tiempo obtenida de la primera regresión, se calculó luego la demanda optimista y pesimista en los años proyectados.

Tabla 8.3. Demanda optimista y pesimista proyectada

Año	Año	Paridad Pesimista [\$/USD]	Paridad Optimista [\$/USD]	Demanda Optimista [t]	Demanda Pesimista [t]
2023	12	106,44	188,79	408.220,57	332.353,60
2024	13	118,74	201,09	409.608,74	333.741,76
2025	14	131,04	213,40	410.996,90	335.129,93
2026	15	143,34	225,70	412.385,07	336.518,09
2027	16	155,64	238,00	413.773,23	337.906,25
2028	17	167,94	250,30	415.161,39	339.294,42

Una paridad alta beneficia a la producción de un commodity como el PP ya que el mismo cotiza en dólares. Por lo tanto, se considera como paridad pesimista aquella

que aumente más en el tiempo proyectado. Lo mismo ocurre con la demanda optimista, pero a la inversa.

ANÁLISIS DE LA OFERTA

La oferta es la cantidad de bienes y servicios que los productores u oferentes están dispuestos a poner al alcance del mercado, a un determinado precio. Es necesario estudiarla, al igual que a la demanda, debido a que de la relación de ambas se fijan los precios de los productos, se determina el punto de equilibrio y el porcentaje de mercado al que puede satisfacer el proyecto en cuestión, entre otros.

El estudio de la oferta se realizó mediante el análisis de fuentes secundarias como el INDEC, el IPA y el Banco Mundial.

Además de obtener datos estadísticos sobre las diferentes variables macroeconómicas que afectan a la oferta, se analizaron las diferentes empresas líderes en el rubro de fabricación de pellets de PP para lograr determinar cuál es el porcentaje de la producción nacional que se destina al mercado interno. Se encontró que el 60,00 % de lo que se fabrica en el país se destina a compradores locales.

A partir de estos datos se calculó la oferta anual mediante la fórmula:

$$Oferta = Ventas + Importación \quad (Ec. 8.4)$$

Las ventas se calcularon con los datos de producción aportados por el IPA y el porcentaje de producto que se dedica al mercado interno aplicado a los datos de producción.

Tabla 8.4. Oferta anual de los pellets de PP

Año	Producción [t]	Ventas [t]	Importaciones [t]	Oferta [t]
2012	268.740,00	161.244,00	102.803,00	264.047,00
2013	251.276,00	150.765,60	106.688,00	257.453,60
2014	247.827,00	148.696,20	97.364,00	246.060,20
2015	288.627,00	173.176,20	90.999,00	264.175,20
2016	285.151,00	171.090,60	93.080,00	264.170,60
2017	292.529,00	175.517,40	124.370,00	299.887,40
2018	287.800,00	172.680,00	98.321,00	271.001,00
2019	261.000,00	156.600,00	105.907,00	262.507,00
2020	201.800,00	121.080,00	145.400,00	266.480,00
2021	291.130,00	174.678,00	154.797,00	329.475,00
2022	298.640,00	179.184,00	129.994,00	309.178,00

Fuente: Anuario IPA 2022.

Luego del cálculo de la oferta, se procedió a estudiar cómo varía la misma en el tiempo frente a las diferentes variables macroeconómicas (Inflación, Paridad y PBI). Se confeccionó la tabla 8.5.

Tabla 8.5. Evolución histórica de la Oferta

Año	Año	Inflación [%]	PBI [miles de millones de USD]	Paridad [\$/USD]	Oferta [t]
1	2012	13,13	545,98	4,33	264.047,00
2	2013	14,76	552,03	4,98	257.453,60
3	2014	28,27	526,32	8,02	246.060,20
4	2015	17,19	594,75	8,63	264.175,20
5	2016	34,59	557,53	13,89	264.170,60
6	2017	24,80	643,63	15,90	299.887,40
7	2018	47,65	524,82	19,64	271.001,00
8	2019	53,83	452,82	37,30	262.507,00
9	2020	36,15	389,59	60,28	266.480,00
10	2021	50,93	491,49	87,03	329.475,00
11	2022	94,79	631,13	132,14	309.178,00

Fuente: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD?locations=AR>
INDEC

Tal como se procedió con la demanda, con los datos obtenidos del INDEC y del Banco Mundial, se calculó una regresión lineal de cada variable macroeconómica, en relación con la oferta y el tiempo.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

- Correlación entre Oferta, Tiempo e Inflación:

$$R^2 = 0,5122$$

- Correlación entre Oferta, Tiempo y Paridad:

$$R^2 = 0,5425$$

- Correlación entre Oferta, Tiempo y PBI:

$$R^2 = 0,6991$$

Si bien en este caso cuando se correlacionan la oferta, el tiempo y el PBI, el coeficiente de determinación es mayor, se optó por utilizar la correlación entre oferta (O), tiempo (t) y paridad (P), para lograr luego relacionarla con la demanda y poder calcular la Demanda Potencial Insatisfecha de forma adecuada.

La ecuación arrojada fue:

(Ec. 8.5)

$$O = 247.350,007 + 3.006,87 t + 241,58 P$$

De la misma forma que se hizo con la demanda, se calculó la proyección de la oferta considerando escenarios optimistas y pesimistas, y empleando los mismos datos proyectados para la paridad. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8.6. Oferta optimista y pesimista proyectada

Año	Paridad Pesimista [\$/USD]	Paridad Optimista [\$/USD]	Oferta Optimista [t]	Oferta Pesimista [t]
12	106,44	188,79	329.041,68	309.145,73
13	118,74	201,09	335.020,32	315.124,37
14	131,04	213,40	340.998,96	321.103,02
15	143,34	225,70	346.977,60	327.081,66
16	155,64	238,00	352.956,25	333.060,30
17	167,94	250,30	358.934,89	339.038,94

DEMANDA POTENCIAL INSATISFECHA

La Demanda Potencial Insatisfecha (DPI) es la cantidad de bienes o servicios que es probable que el mercado consuma en años futuros, de manera que si prevalecen las condiciones bajo las que se realizó el cálculo, ningún productor actual podrá satisfacer.

La DPI se calcula como la diferencia entre las proyecciones de demanda total y la oferta, obteniendo la Demanda Potencial Insatisfecha Optimista (DPIO) y Demanda Potencial Insatisfecha Pesimista (DPIP) según corresponda.

Tabla 8.7. Demanda Potencial Insatisfecha Optimista

Año	Demanda Optimista [t]	Oferta Optimista [t]	DPIO [t]
12	408.220,57	329.041,68	79.178,89
13	409.608,74	335.020,32	74.588,42
14	410.996,90	340.998,96	69.997,94
15	412.385,07	346.977,60	65.407,46
16	413.773,23	352.956,25	60.816,98
17	415.161,39	358.934,89	56.226,50

Tabla 8.8. Demanda Potencial Insatisfecha Pesimista

Año	Demanda Pesimista [t]	Oferta Pesimista [t]	DPIP [t]
12	332.353,60	309.145,73	23.207,87
13	333.741,76	315.124,37	18.617,39
14	335.129,93	321.103,02	14.026,91
15	336.518,09	327.081,66	94.36,43

Año	Demanda Pesimista [t]	Oferta Pesimista [t]	DPIP [t]
16	337.906,25	333.060,30	48.45,96
17	339.294,42	339.038,94	255,48

De las tablas 8.7 y 8.8 se puede obtener un promedio para la DPIO y DPIP, siendo estos valores de 67.702,70 t/a y 11.731,67 t/a respectivamente. Por lo tanto, la demanda real del producto a cubrir se encuentra en el intervalo 67.702,70 - 11.731,67 t/a.

La media de dicho intervalo es la DPI de los pellets de PP, la cual es de 39.717,19 t/a. Teniendo en cuenta que la pyme podrá cubrir un 17,15 % de la DPI, la producción anual de pellets de PP será de 6.811,50 t/a. Se estima una producción de 6.811,50 t/a, es decir 22,70 t/d aproximadamente.

ANÁLISIS DE PRECIOS

El precio es el valor monetario que se le asigna a un producto, bien o servicio. Todos los elementos que se ofrecen en el mercado tienen un precio que suele medirse en unidades monetarias, a las cuales se les asigna un valor específico que varía de país a país.

Para que se produzca una transacción el precio tiene que ser aceptado por los compradores y vendedores, es por esto que el precio es un indicador del equilibrio entre consumidores y ahorradores cuando compran y venden bienes o servicios. Está sujeto a las leyes de la oferta y la demanda, y en algunos casos, a su regulación por parte de organismos oficiales.

A continuación, se muestra una tabla con los precios del PP desde el año 2012 al 2022.

Tabla 8.9. Precios anuales de PP

AÑO	PRECIO [USD/t]
2012	1.843,00
2013	1.935,00
2014	1.964,00
2015	1.583,00
2016	1.236,00
2017	1.309,00
2018	1.479,00
2019	1.298,00
2020	1.125,00
2021	1.489,00
2022	1.433,00

Fuente: Anuario IPA 2022.

Con los datos de la tabla anterior y teniendo en cuenta los datos de inflación utilizados en las tablas 8.2 y 8.5, se realizó una regresión lineal entre el precio, el tiempo (t) y la inflación (I), para determinar de qué manera se correlacionan. Se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\text{Precio} = 1.979,678 - 107,991 t + 7,627 I$$

Con la Ec. 8.6 obtenida se realiza una proyección futura a seis años con dos escenarios posibles, uno optimista y otro pesimista, al igual que se hizo con anterioridad para la demanda y la oferta. Para esto primero se realiza una regresión lineal entre la inflación y el tiempo, obteniendo:

$$I = 8,389 t + 1,235 \quad (\text{Ec. 8.7})$$

Una inflación alta impacta de manera negativa en la producción de PP ya que implica un aumento significativo en el precio de las materias primas (petróleo), afectando a toda la cadena, desde productores hasta consumidores. Por lo tanto, se considera como inflación pesimista a aquella que aumenta más en el tiempo proyectado. Por lo contrario, la inflación optimista será aquella que disminuye en el tiempo proyectado.

Los resultados de la proyección del precio se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8.10. Proyección de los precios de venta del PP en los próximos años

Año	Inflación Pesimista [%]	Inflación Optimista [%]	Precio Pesimista [USD/t]	Precio Optimista [USD/t]
2023	101,91	99,44	1.461,11	1.442,27
2024	110,30	107,83	1.417,11	1.398,27
2025	118,69	116,22	1.373,12	1.354,27
2026	127,08	124,61	1.329,12	1.310,27
2027	135,47	133,00	1.285,12	1.266,27
2028	143,86	141,39	1.241,12	1.222,27

Realizando un promedio entre el precio optimista y pesimista de cada año, se obtiene que el precio estimado para el año 2023 será de \$1.451,69 USD/t, para el año 2024 será de \$1.407,69 USD/t, para el 2025 de \$1.363,69 USD/t, para el 2026 de \$1.319,69 USD/t, para el 2027 de 1.275,69 USD/t, y finalmente para el año 2028 será de \$1.231,69 USD/t.

ANÁLISIS DE COMERCIALIZACIÓN

La comercialización es el conjunto de actividades desarrolladas para facilitar la venta y/o conseguir que el producto llegue finalmente al consumidor, es decir consiste en encontrar la presentación y el acondicionamiento que lo vuelven atractivo en el

mercado, propiciar la red más apropiada de distribución y generar las condiciones de venta sobre cada canal.

El área de marketing principalmente junto con la comercial son las encargadas de fomentar la demanda e incrementar la venta de los productos en los diferentes mercados, para esto se deberán analizar y estudiar las características del mercado y de la competencia.

Las variables clave en el proceso de comercialización son el producto, el precio, la distribución y la promoción.

La utilización de canales de distribución adecuados mejora la eficiencia de las ventas. Se deben estudiar estos canales para poder comprender cómo llega el producto hasta su destinatario final, teniendo en cuenta los múltiples factores que influyen. Los intermediarios son claves ya que gracias a ellos nos aseguramos que el producto llegue al usuario final y a un precio razonable.

Algunos de los canales de distribución son:

- Empresas de previsión de insumos (MP): recolecta de insumos especiales para la elaboración de diferentes productos hechos a base de PP.
- Empresas importadoras: importan directamente materia prima sin diferenciar si provienen o no de países miembros de la Unión Europea.
- Empresas transformadoras y procesadoras: estas empresas son las encargadas de transformar y procesar la materia prima en productos elaborados o semielaborados para las diferentes demandas de la industria.
- Industria procesadora de moldes: son fabricantes de moldes para la industria de plásticos de acuerdo con ciertas especificaciones.
- Distribuidores (Mayorista/Minorista): son los encargados de comercializar el producto terminado a mediana o gran escala.
- Industrias (Construcción, agroindustrial, electrónico, transporte y automotriz, artículos para la industria médica, etc): utilizan el PP para los componentes, subproductos o productos finales.
- Industria de reciclaje: las empresas que producen, importan o venden artículos de plásticos, tienen la responsabilidad de la recolección y posterior reciclaje de los mismos.

El canal de distribución optado por la compañía será el de empresas transformadoras y procesadoras, es decir aquellas que toman la materia prima, la transforman en un producto semielaborado y luego la comercializan a otras industrias para que las mismas puedan elaborar sus propios productos a base de pellets de PP.

CONCLUSIONES

El consumo de polipropileno en la Argentina se ve cubierto mayormente por la producción nacional aportada por las dos empresas productoras pertenecientes a la familia Sielecki. Sin embargo, existe una parte de este consumo que se satisface en base a importaciones, lo que genera una oportunidad de ingreso en el mercado.

Según los análisis realizados de oferta y demanda, basándonos en los datos brindados por la Industria Petroquímica Argentina, se proyecta hacia 2028 un crecimiento importante en la demanda nacional de PP, lo cual representa una importante oportunidad para introducirse en el mercado.

Además, teniendo en cuenta el resultado obtenido de la DPI se puede concluir que de un total de 39.717,19 t/a, y teniendo en cuenta que la PyMe podrá cubrir un 17,15 % de la DPI, la producción anual de pellets de PP será aproximadamente de 6.811,50 t/a, es decir 22,70 t/d.

UNIDAD N° 9

BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

INTRODUCCIÓN

BALANCE DE MASA

BALANCE DE ENERGÍA

RENDIMIENTO DEL PROCESO

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

En la presente unidad se desarrollan los balances de materia y energía para el proceso de producción industrial de pellets de PP. Los mismos son una herramienta fundamental de la ingeniería de procesos y se utilizan para contabilizar los flujos entre un proceso industrial y los alrededores, o entre las distintas operaciones que lo integran. Se establecen los caudales máxicos de todas las corrientes que intervienen, así como las necesidades energéticas del proceso, los cuales se traducen como requerimientos de servicios auxiliares (vapor, refrigeración, aire comprimido, entre otros), y se emplean en unidades posteriores para el dimensionamiento de equipos.

Se parte de la producción estimada en la unidad N° 8, la cual es de 22,70 t/d (es decir 945,83 kg/h).

BALANCE DE MASA

Los balances de masa se basan en la ley de conservación de la masa, y sirven para contabilizar los flujos y los cambios de masa de un sistema en particular. Para cualquier sistema, la ecuación general para el balance de masa es:

$$(Entrada - Salida) + (Generación + Consumo) = Acumulación$$

Para aquellas etapas o sistemas en donde no hay reacciones químicas, los términos de generación y consumo se anulan, por lo que la ecuación general es:

$$(Entrada - Salida) = Acumulación$$

Para los sistemas estacionarios (aquellos en que las variables que definen su comportamiento se mantienen constantes), el término de acumulación es 0, de modo que:

$$Entrada = Salida$$

Un balance de masa puede ser parcial, total o global. En un balance de masa total se emplean los flujos totales que entran o salen de la unidad en consideración; en un balance parcial se utilizan los flujos de cada componente de las corrientes que ingresan o salen de la unidad; y en un balance global se analizan los flujos totales y/o parciales que ingresan o salen de la frontera o límite de todas las unidades.

A. RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

Las materias primas empleadas para el proceso se reciben en el área de recepción de la planta:

- El GLP se recibe en camiones cisterna y se almacena en tanques cilíndricos o esféricos bajo presión, pero a la intemperie.
- El hidrógeno y el nitrógeno se reciben y se almacenan licuados en tanques bajo presión que se encuentran fuera del depósito.
- El catalizador se recibe en frascos de plástico de 100,00 g, y el co-catalizador en frascos de vidrio de 800,00 mL.
- Los aditivos poseen diferentes packaging: los agentes nucleantes, peróxidos, antibloqueantes y deslizantes se reciben en bolsas de 25,00 kg; los neutralizantes en bolsas de 20,00 kg; los lubricantes en big bags; los estabilizantes de luz UV en frascos de 750,00 g; los antioxidantes en frascos de 500,00 g; y los plastificantes en tachos de 200,00 L.

En esta etapa, no hay intercambio de materia entre los flujos de entrada y salida.

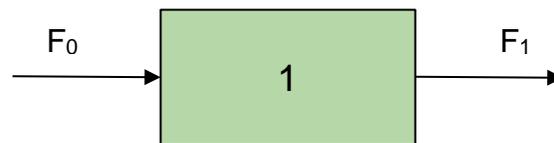


Figura 9.1. Balance de masa: recepción y almacenamiento de materia prima.

Se detallan a continuación las variables que intervienen en el sistema.

Tabla 9.1. Variables de recepción y almacenamiento de materia prima

Variable	Unidad	Descripción
F ₀	kg/h	Caudal másico de GLP que ingresa
F ₁	kg/h	Caudal másico de GLP que sale

La producción de pellets de PP requiere de aproximadamente 2,10 kg de GLP para producir 1,00 kg de producto, por lo tanto:

$$F_0 = 945,83 \frac{kg \text{ pellets PP}}{h} * 2,10 \frac{kg \text{ GLP}}{kg \text{ pellets PP}}$$

$$F_0 = 1.986,24 \text{ kg/h}$$

$$F_0 = F_1$$

$$F_1 = 1.986,24 \text{ kg/h} \cong 2.000,00 \text{ kg/h}$$

B. ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

En esta etapa, la mezcla de propileno-propano debe acondicionarse para ingresar con la presión y temperatura adecuada a la unidad de purificación posterior.

Para esto, se emplea un compresor y un intercambiador de calor, equipos en los cuales no hay intercambio de materia, pero sí de energía. El balance de energía se detalla más adelante.

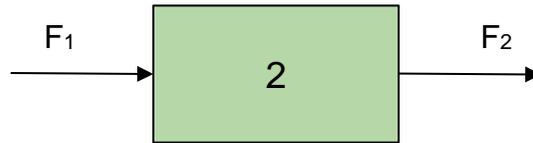


Figura 9.2. Balance de masa: acondicionamiento de la materia prima.

Tabla 9.2. Variables de acondicionamiento de la materia prima

Variable	Unidad	Descripción
F ₁	kg/h	Caudal másico de GLP que ingresa
F ₂	kg/h	Caudal másico de GLP que sale

$$F_1 = F_2$$

$$F_1 = 2.000,00 \text{ kg/h}$$

$$F_2 = 2.000,00 \text{ kg/h}$$

C. PURIFICACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La mezcla de propileno-propano posee una composición de 70,00 % (x_{P2}) propileno y 30,00 % propano y otras impurezas (x_{I2})¹. Para que sea apta para la polimerización, la composición de propileno en la corriente debe ser de 99,50 % (x_{P3})², por lo que se purifica en una unidad de PSA.

El propano que se extrae de la unidad, se devuelve a la refinería. El grado del propano comercial debe ser superior al 96,00 %³. Por lo que, la composición de la corriente de propano que sale se estima en un 98,00 % (x_{I4}), con un 2,00 % (x_{P4}) de propileno que se pierde.

¹ YPF (2013). Ficha de datos de seguridad: mezcla propano-propileno.

<https://www.ypf.com/productosyservicios/Descargas/FDS-Propano-Propileno.pdf>

² CONICET (2011). Introducción: consideraciones generales. <http://www.gp.santafe-conicet.gov.ar/cursos/b/b.21b.pdf>. Pag. 41.

³ YPF. Propano. <https://www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/Propano.aspx>

Ontivero Julieta | Toranzo Virginia | Viola Sofía

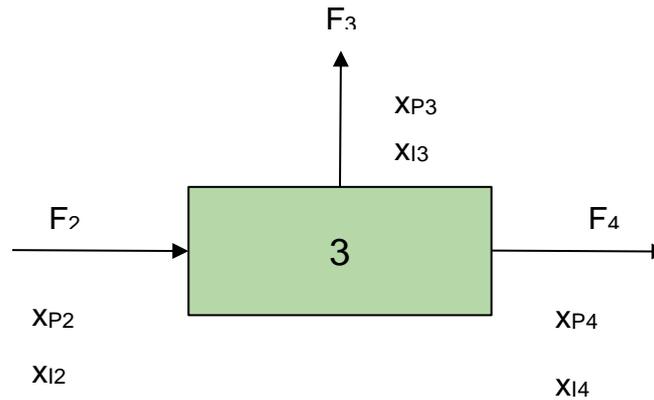


Figura 9.3. Balance de masa: purificación de la materia prima

Tabla 9.3. Variables de purificación de la materia prima

Variable	Unidad	Descripción
F ₂	kg/h	Caudal másico de GLP que ingresa
F ₃	kg/h	Caudal másico de propano al 98,00 % que sale
F ₄	kg/h	Caudal másico de propileno al 99,50 % que sale
XP ₂	-	Fracción másica de propileno que ingresa
XI ₂	-	Fracción másica de propano que ingresa
XP ₃	-	Fracción másica de propileno en la corriente de propano que sale
XI ₃	-	Fracción másica de propano en la corriente de propano que sale
XP ₄	-	Fracción másica de propileno en la corriente de propileno que sale
XI ₄	-	Fracción másica de propano en la corriente de propileno que sale

$$F_2 = 2.000,00 \text{ kg/h}$$

$$F_2 = F_3 + F_4$$

$$F_3 = 2.000,00 \text{ kg/h} - F_4$$

$$F_2 * x_{P2} = F_3 * x_{P3} + F_4 * x_{P4}$$

$$2.000,00 \text{ kg/h} * 0,70 = (2.000,00 \text{ kg/h} - F_4) * 0,02 + F_4 * 0,995$$

$$F_4 = 1.394,87 \text{ kg/h}$$

$$F_3 = 2.000,00 \text{ kg/h} - F_4 = 2.000,00 \text{ kg/h} - 1.394,87 \text{ kg/h}$$

$$F_3 = 605,13 \text{ kg/h}$$

D. ACONDICIONAMIENTO DE PROPILENO 99,50 % PARA ALMACENAMIENTO

Luego de la purificación, la corriente de propileno 99,50 % es enviada a un compresor para aumentar la presión y acondicionarla para almacenarla licuada en un tanque cilíndrico, para su posterior ingreso al reactor de polimerización.

En esta etapa no hay intercambio de materia.

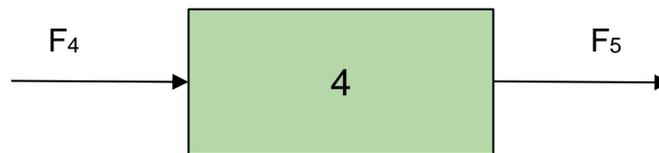


Figura 9.4. Balance de masa: acondicionamiento de propileno 99,50 % para almacenamiento.

Tabla 9.4. Variables de acondicionamiento de propileno 99,50 % para almacenamiento

Variable	Unidad	Descripción
F ₄	kg/h	Caudal másico de propileno al 99,50 % que ingresa
F ₅	kg/h	Caudal másico de propileno al 99,50 % que sale

$$F_4 = F_5$$

$$F_4 = 1.394,87 \text{ kg/h}$$

$$F_5 = 1.394,87 \text{ kg/h}$$

E. ALMACENAMIENTO DEL PROPILENO 99,50 %

El propileno 99,50 % luego de pasar por el compresor, se almacena en un tanque esférico bajo presión, del cual posteriormente se extrae para continuar con la polimerización. En esta etapa de almacenamiento no existe intercambio de materia.



Figura 9.5. Balance de masa: almacenamiento de propileno 99,50 %.

Tabla 9.5. Variables de almacenamiento de propileno 99,50 %

Variable	Unidad	Descripción
F ₅	kg/h	Caudal másico de propileno al 99,50 % que ingresa
F ₆	kg/h	Caudal másico de propileno al 99,50 % que sale

$$F_5 = F_6$$

$$F_5 = 1.394,87 \text{ kg/h}$$

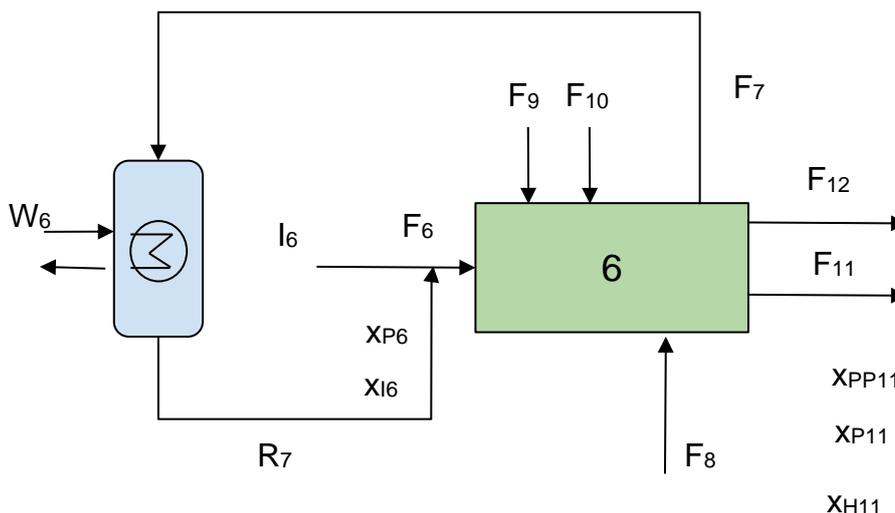
$$F_6 = 1.394,87 \text{ kg/h}$$

F. POLIMERIZACIÓN

La reacción de polimerización de propileno 99,50 % (X_{P6}) requiere además de la materia prima purificada y licuada, una corriente de hidrógeno que se inyecta para controlar el peso molecular, y la presencia de un catalizador y co-catalizador que se adicionan sólidos.

El PP obtenido posee una composición en masa de PP de 69,68 % (X_{PP10}), de propileno de 30,31 % (X_{P10}), y de hidrógeno de 0,01 % (X_{H10}) a la salida del reactor ⁴.

La duración de la reacción de polimerización se estima en 1-2 h para las condiciones de presión y temperatura que se manejan⁴.



⁴ Tapia Molina, J. (2022). Cálculo de las proporciones estequiométricas, balances de masa, rendimientos reales y teóricos del polímero comercial polipropileno (PP). <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/33212/1/T-ESPEL-IPE-0127.pdf>. Pág. 105
Ontivero Julieta | Toranzo Virginia | Viola Sofía

Figura 9.6. Balance de masa: reacción de polimerización.

Tabla 9.6. Variables de la polimerización del propileno 99,50 %

Variable	Unidad	Descripción
F ₆	kg/h	Caudal másico total de propileno al 99,50 % que ingresa
I ₆	kg/h	Caudal másico de propileno al 99,50 % proveniente del almacenamiento que ingresa
R ₇	kg/h	Caudal másico de propileno recirculado
F ₈	kg/h	Caudal másico de hidrógeno que ingresa
F ₉	kg/h	Caudal másico de catalizador que ingresa
F ₁₀	kg/h	Caudal másico de co-catalizador que ingresa
F ₁₁	kg/h	Caudal másico de polvo de PP que sale
F ₁₂	kg/h	Caudal másico de catalizador y co-catalizador que sale
W ₆	kg/h	Caudal de agua que emplea el condensador
X _{P6}	-	Fracción másica de propileno en la corriente de propileno 99,50 % que ingresa
X _{I6}	-	Fracción másica de propano en la corriente de propileno 99,50 % que ingresa
X _{PP11}	-	Fracción másica de PP en la corriente de PP que sale
X _{P11}	-	Fracción másica de propileno en la corriente de PP que sale
X _{H11}	-	Fracción másica de hidrógeno en la corriente de PP que sale

El reactor es un reactor continuo de tipo tanque agitado con diseño isotérmico. Es la única etapa del proceso que se considera continua como tal, además del conjunto extrusor-secador.

Para este tipo de reactores se calcula la concentración inicial y final de propileno, C_A^0 y C_A respectivamente, y con ellas la conversión x_A . Para esto, se requiere conocer la densidad ρ_P del propileno en las condiciones de operación (70,00 °C y 3,00 MPa), la cual es de 67,24 kg/m³⁵; y el peso molecular del propileno (42,08 kg/kmol).

$$C_A^0 = \frac{x_{P6} * \rho_P}{PM_P} = \frac{0,995 * 67,54 \text{ kg/m}^3}{42,08 \text{ kg/kmol}}$$

$$C_A^0 = 1,589 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_A = \frac{x_{P11} * \rho_P}{PM_P} = \frac{0,3031 * 67,24 \text{ kg/m}^3}{42,08 \text{ kg/kmol}}$$

⁵ Garriga, C., J. (2021). Tabla Termodinámica Propileno.
<https://es.scribd.com/document/521519513/Tabla-termodinamica-Propileno>
Ontivero Julieta | Toranzo Virginia | Viola Sofía

$$C_A = 0,484 \text{ kmol/m}^3$$

$$x_A = \frac{C_A^0 - C_A}{C_A} = \frac{(1,589 - 0,484) \text{ kmol/m}^3}{1,589 \text{ kmol/m}^3}$$

$$x_A = 0,695$$

La conversión con la que se trabaja en el reactor es de 69,50 %.

Se calcula además la velocidad de reacción r_A , es decir la rapidez con la que se consumen los reactivos o se forman los productos. Esto se hace empleando k_{trM} , es decir, la constante de transferencia al monómero⁶.

$$k_{trM} = 1,20 \times 10^5 * e^{-\frac{5 \times 10^4}{RT}} \text{ 1/s}$$

$$r_A = k_{trM} * C_A^0 * (1 - x_A)$$

$$r_A = 5,09 \times 10^{-3} \text{ kmol/L} * h$$

Para conocer el flujo de salida del reactor F_{11} , se calcula el flujo molar de propileno que ingresa F_A^0 , empleando PM_P . Con respecto a la recirculación de propileno gaseoso, se estima que la relación de propileno evaporado extraído y recirculado al reactor es de 0,50 t de gas de reciclo/ t propileno alimentado.

$$F_6 = R_7 + I_6 = 1.394,87 \text{ kg/h}$$

$$R_7 = I_{P6} * \frac{500,00 \text{ kg gas reciclo}}{1.000,00 \text{ kg propileno}} = I_{P6} * x_{P6} * \frac{1,00 \text{ kg gas reciclo}}{2,00 \text{ kg propileno}}$$

$$1.394,87 \text{ kg/h} = (I_6 * 0,995) * \frac{1,00 \text{ kg gas reciclo}}{2,00 \text{ kg propileno}} + I_6$$

$$I_6 = 931,47 \text{ kg/h}$$

$$R_7 = 463,41 \text{ kg gas reciclo/h}$$

$$F_A^0 = \frac{(I_6 + R_7) * x_{P6}}{PM_P} = \frac{1.394,87 \text{ kg/h} * 0,995}{42,08 \text{ kg/kmol}}$$

$$F_A^0 = 32,98 \text{ kmol/h}$$

$$F_A = F_A^0 * (1 - x_A) = 32,98 \text{ kmol/h} * (1 - 0,695)$$

$$F_A = 10,06 \text{ kmol/h}$$

⁶ Amaya, E., Molina, F., Sánchez M. (2018) Proyecto Final Producción de polipropileno. Universidad Nacional de Cuyo. <https://core.ac.uk/download/pdf/186628957.pdf>
Ontivero Julieta | Toranzo Virginia | Viola Sofía

F_A representa la cantidad de moles de propileno presentes en la corriente F_{11} , es decir que F_A es el 30,31 % de la corriente F_{11} en unidades molares.

$$F_{xP11} = F_A * PM_P = 10,06 \text{ kmol/h} * 42,08 \text{ kg/kmol}$$

$$F_{xP11} = 423,31 \text{ kg propileno/h}$$

$$F_{11} = x_T * \frac{F_{xP11}}{x_{P11}} = 100 * \frac{423,31 \text{ kg/h}}{30,31}$$

$$\mathbf{F_{11} = 1.396,60 \text{ kg/h}}$$

Se estima, además, que 20.000,00 kg de PP se producen con 1,00 kg de catalizador; mientras que por cada 1,00 kg de catalizador se requieren 9,42 kg de co-catalizador ⁶.

$$F_{PP11} = F_{11} * 0,6968 = 1.396,60 \text{ kg/h} * 0,6968$$

$$F_{PP11} = 973,15 \text{ kg PP/h}$$

$$F_9 = F_{PP11} * \frac{1,00 \text{ kg cat}}{20.000,00 \text{ kg PP}}$$

$$\mathbf{F_9 = 0,05 \text{ kg cat/h}}$$

$$F_{10} = F_9 * \frac{9,42 \text{ kg co cat}}{1,00 \text{ kg cat}}$$

$$F_{10} = 0,05 \frac{\text{kg cat}}{\text{h}} * \frac{9,42 \text{ kg co cat}}{1,00 \text{ kg cat}}$$

$$\mathbf{F_{10} = 0,47 \text{ kg co cat/h}}$$

Cabe aclarar que el catalizador y co-catalizador (sustancias inertes) se extraen junto con el polvo de PP y no se separan, solo se neutralizan en la etapa de extrusión con aditivos. Por lo tanto, hay dos corrientes de salida del reactor, F_{11} y F_{12} .

$$F_{12} = F_9 + F_{10}$$

$$\mathbf{F_{12} = 0,52 \text{ kg/h}}$$

Finalmente, para el cálculo del caudal másico de hidrógeno, se conoce que ingresan 0,48 kg H_2 /t de propileno puro, por lo que:

$$F_8 = F_6 * 0,995 * \frac{0,48 \text{ kg } H_2}{\text{t propileno}} * \frac{1 \text{ t}}{1.000 \text{ kg}}$$

$$F_8 = 1.394,87 \text{ kg/h} * 0,995 * \frac{0,48 \text{ kg } H_2}{\text{t propileno}} * \frac{1 \text{ t}}{1.000 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{F_8 = 0,67 \text{ kg } H_2/\text{h}}$$

G. SEPARACIÓN DE POLVO DE PP DEL GAS DE MONÓMERO

El PP y el gas de monómero no convertido se descargan en un tanque de descarga para lograr separar el polvo del gas. El gas de monómero separado se filtra y se comprime, y se envía al tanque de almacenamiento de propileno puro; mientras que el polvo de PP pasa a la siguiente etapa descargándose por debajo del tanque mediante gravedad.

La eficiencia del tanque de descarga se estima en 90,00 % (X_{G13})⁷, por lo tanto, se considera que se separa el 90,00 % (X_{PP14}) de polvo del gas de monómero, quedando un 10,00 % (X_{G14}) de gas como residuo al final de la operación.

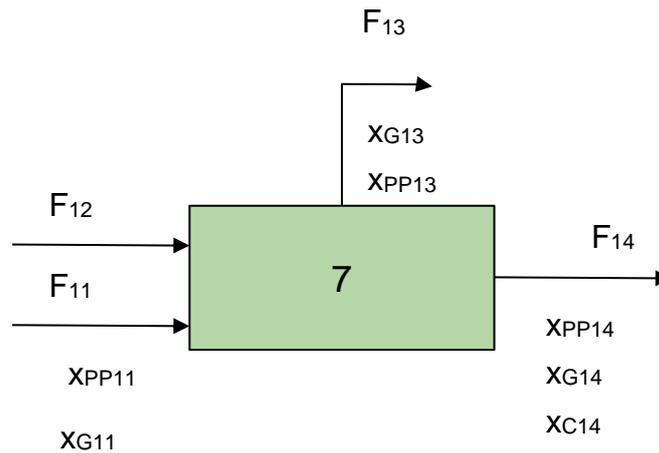


Figura 9.7. Balance de masa: separación de polvo de PP del gas de monómero en un tanque de descarga.

Tabla 9.7. Variables de separación de polvo de PP del gas de monómero

Variable	Unidad	Descripción
F_{11}	kg/h	Caudal másico de polvo de PP que ingresa
F_{12}	kg/h	Caudal másico de catalizador y co-catalizador que ingresa
F_{13}	kg/h	Caudal másico de gas de monómero que sale
F_{14}	kg/h	Caudal másico de polvo de PP desgasificado parcialmente que sale
X_{PP11}	-	Fracción másica de PP en la corriente de PP que ingresa
X_{G11}	-	Fracción másica de gas de monómero e hidrógeno en la corriente de PP que ingresa
X_{G13}	-	Fracción másica de gas de monómero e hidrógeno que sale

⁷ Echeverri, C. (2006). Diseño óptimo de ciclones.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242006000200011
Ontivero Julieta | Toranzo Virginia | Viola Sofía

Variable	Unidad	Descripción
XPP13	-	Fracción másica de polvo de PP en la corriente de gas que sale
XPP14	-	Fracción másica de polvo de PP que sale
XG14	-	Fracción másica de gas de monómero e hidrógeno en la corriente de polvo de PP que sale
XC14	-	Fracción másica de catalizador y co-catalizador en la corriente de polvo de PP que sale

$$F_{11} * x_{PP11} = F_{14} * x_{PP14}$$

$$1.396,60 \text{ kg/h} * 0,6968 = F_{14} * 0,90$$

$$F_{14} = 1.081,28 \text{ kg/h}$$

$$F_{11} + F_{12} = F_{13} + F_{14}$$

$$1.396,60 \text{ kg/h} + 0,52 \text{ kg/h} = F_{13} + 1.081,28 \text{ kg/h}$$

$$F_{13} = 315,84 \text{ kg/h}$$

$$F_{12} = F_{14} * x_{C14}$$

$$0,52 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 1.081,28 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * x_{C14}$$

$$x_{C14} = 4,81 \times 10^{-4}$$

H. SEPARACIÓN DEL POLVO DE PP DEL GAS DE MONÓMERO RESIDUAL EN UN SILO DE PURGA

En el silo de purga, el PP es despojado de todo el propileno residual mediante la inyección de nitrógeno, que arrastra las trazas de impurezas en el producto. El nitrógeno más propileno residual se elimina como residuo (quema).

Se establece además que la unidad de separación permite un 0,05 %⁴ de impurezas en el PP obtenido, por lo que al final de la etapa se obtiene un PP con 99,50 % (X_{PP16}) de pureza y 0,05 % (X_{G16}) de propileno sin reaccionar.

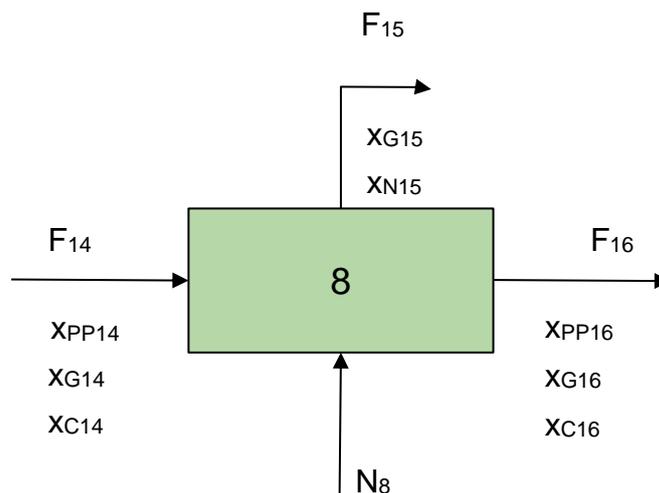


Figura 9.8. Balance de masa: separación de polvo de PP del gas de monómero residual en un silo de purga con nitrógeno.

Tabla 9.8. Variables de separación de polvo de PP del gas de monómero residual en un silo de purga

Variable	Unidad	Descripción
F ₁₄	kg/h	Caudal másico de polvo de PP desgasificado parcialmente que ingresa
F ₁₅	kg/h	Caudal másico de gas de monómero residual que sale
F ₁₆	kg/h	Caudal másico de polvo de PP desgasificado que sale
N ₈	kg/h	Caudal de nitrógeno de purga que ingresa
X _{PP14}	-	Fracción másica de PP en la corriente de PP que ingresa
X _{G14}	-	Fracción másica de gas de monómero e hidrógeno en la corriente de PP que ingresa
X _{C14}	-	Fracción másica de catalizador y co-catalizador en la corriente de PP que ingresa
X _{G15}	-	Fracción másica de gas de monómero e hidrógeno en la corriente de gas que sale
X _{N15}	-	Fracción másica de nitrógeno en la corriente de gas que sale
X _{PP16}	-	Fracción másica de polvo de PP en la corriente de PP que sale
X _{G16}	-	Fracción másica de gas de monómero e hidrógeno en la corriente de polvo de PP que sale
X _{C16}	-	Fracción másica de catalizador y co-catalizador en la corriente de polvo de PP que sale

A su vez, durante esta etapa, en la salida del gas residual, existe una pérdida de parte del polvo de PP debido a que las partículas son tan finas que el 0,30 % del polvo de salida son arrastradas por dicho gas.

$$F_{14} * x_{PP14} = F_{16} * x_{PP16}$$

$$1.081,28 \text{ kg/h} * 0,90 = F_{16} * 0,995$$

$$F_{16} = 978,04 \text{ kg/h}$$

Considerando las pérdidas:

$$F_{16} = 978,04 \text{ kg/h} * (1 - 0,0030)$$

$$F_{16} = \mathbf{975,01 \text{ kg/h}}$$

La relación entre el nitrógeno incorporado y los gases separados en el silo es de 4 a 3 en masa ⁶.

$$N_8 = \frac{4}{3} * F_{14} * x_{G14}$$

$$N_8 = \frac{4}{3} * 1.081,28 * 0,10$$

$$N_8 = \mathbf{144,17 \text{ kg/h}}$$

$$N_8 = F_{N15}$$

El nitrógeno es un gas inerte que solo se emplea para purgar el polvo de PP, por lo que el caudal másico de nitrógeno que ingresa es el mismo que el que sale.

$$F_{14} * x_{G14} = F_{16} * x_{G16} + F_{G15}$$

$$1.081,28 \text{ kg/h} * 0,10 = 975,01 \text{ kg/h} * 0,005 + F_{G15}$$

$$F_{G15} = 103,25 \text{ kg/h}$$

$$F_{15} = F_{G15} + F_{N15}$$

$$F_{15} = 103,25 \frac{\text{kg}}{\text{h}} + 144,17 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$F_{15} = \mathbf{247,42 \text{ kg/h}}$$

$$x_{N15} = \frac{F_{N15}}{F_{15}}$$

$$x_{N15} = \frac{144,17 \text{ kg/h}}{247,42 \text{ kg/h}}$$

$$x_{N15} = 0,583$$

$$x_{G15} = 1 - x_{N15}$$

$$x_{G15} = 0,417$$

I. ALMACENAMIENTO DE POLVO DE PP DESGASIFICADO

El polvo de PP purificado en el silo de purga se almacena en un silo. En esta etapa, no hay intercambio de materia entre los flujos de entrada y salida.



Figura 9.9. Balance de masa: almacenamiento de polvo de PP purificado.

Tabla 9.9. Variables de almacenamiento de polvo de PP purificado

Variable	Unidad	Descripción
F ₁₆	kg/h	Caudal másico de polvo de PP purificado que ingresa
F ₁₇	kg/h	Caudal másico de polvo de PP purificado que sale

$$F_{16} = F_{17}$$

$$F_{16} = 975,01 \text{ kg/h}$$

$$F_{17} = 975,01 \text{ kg/h}$$

J. EXTRUSIÓN

La cantidad de aditivos empleados corresponden a aproximadamente un 1,00 % en masa con respecto al polvo de PP alimentado al extrusor⁸.

El flujo de agua utilizado para la reducción de la temperatura de los pellets a la salida de la cuchilla del extrusor se estima mediante un balance de energía presentado en la sección siguiente de la presente unidad. A la salida del extrusor, los pellets se transportan al secador mediante el flujo de agua empleado para el enfriamiento.

⁸ Gómez, M. C. (2008) Uso de polímeros en la fabricación de productos plásticos. Universidad de San Carlos de Guatemala. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0562_M.pdf
Ontivero Julieta | Toranzo Virginia | Viola Sofía

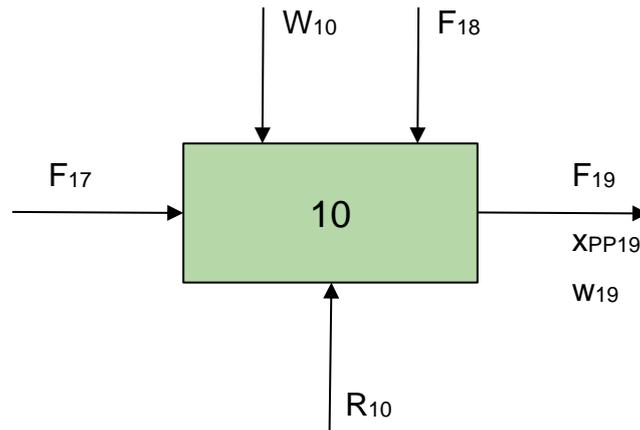


Figura 9.10. Balance de masa: extrusión del polvo de PP para obtención de pellets.

Tabla 9.10. Variables de extrusión de polvo de PP

Variable	Unidad	Descripción
F ₁₇	kg/h	Caudal másico de polvo de PP que ingresa
F ₁₈	kg/h	Caudal másico de aditivos que ingresa
F ₁₉	kg/h	Caudal másico de pellets de PP más agua que sale
W ₁₀	kg/h	Caudal másico de agua que ingresa para completar capacidad de trabajo del extrusor
R ₁₀	kg/h	Caudal másico de agua de recirculación proveniente del secador que ingresa
XPP19	-	Fracción másica de pellets de PP que sale del extrusor
W19	-	Fracción másica de agua que sale del extrusor

$$F_{17} = 975,01 \text{ kg/h}$$

$$F_{18} = F_{17} * 0,01$$

$$F_{18} = 975,01 \text{ kg/h} * 0,01$$

$$F_{18} = 9,75 \text{ kg/h}$$

$$\text{Flujo de agua} = W_{10} + R_{10} = 2.500,00 \text{ kg/h}$$

$$F_{19} = F_{17} + F_{18} + 2.500,00 \text{ kg/h}$$

$$F_{19} = 3.484,76 \text{ kg/h}$$

La recuperación del agua de retorno desde el secador al extrusor se encuentra en un 95,00 %⁹.

$$R_{10} = 2.500,00 \text{ kg/h} * 0,95$$

$$R_{10} = 2.375,00 \text{ kg/h}$$

$$W_{10} = 2.500,00 \text{ kg/h} - R_{10}$$

$$W_{10} = 125,00 \text{ kg/h}$$

$$W_{10} + R_{10} = F_{19} * w_{18}$$

$$w_{19} = 0,72$$

$$x_{PP19} = 1 - w_{19} = 0,28$$

K. SECADO

El flujo de pellets más agua se dirige a un secador centrífugo, que en primer lugar filtra la mayor cantidad de agua y luego elimina lo restante mediante el paso de aire a 80,00 °C y la rotación del tambor. La humedad residual que queda en la superficie del pellet luego de pasar por el secador se estima en un 0,05 % (w_{20})⁹.

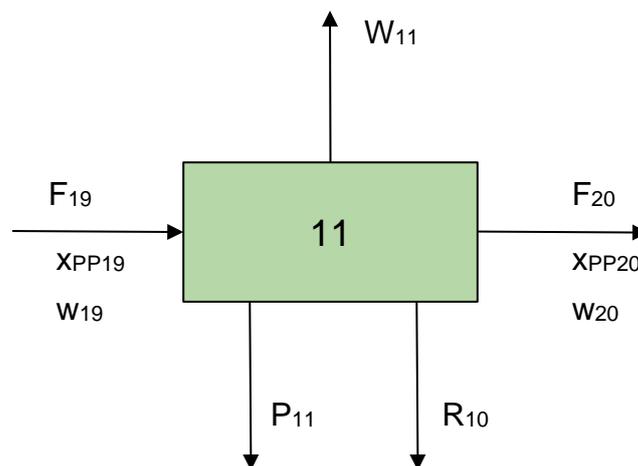


Figura 9.11. Balance de masa: secado de pellets de PP.

⁹ Carter Day International. Spin-away dryer systems. <https://www.carterday.com/wp-content/uploads/Single-Page-for-website-Petro-2023.pdf>
Ontivero Julieta | Toranzo Virginia | Viola Sofía

Tabla 9.11. Variables de secado de pellets de PP

Variable	Unidad	Descripción
F ₁₉	kg/h	Caudal másico de pellets de PP más agua que ingresa
F ₂₀	kg/h	Caudal másico de pellets de PP secos que sale
W ₁₁	kg/h	Caudal másico de agua que se evapora en la unidad de secado
R ₁₀	kg/h	Caudal másico de agua que sale del secador y se recircula al extrusor
P ₁₁	kg/h	Caudal másico de pérdidas de pellets que se producen durante el secado
X _{PP19}	-	Fracción másica de pellets de PP que ingresa al secador
W ₁₉	-	Fracción másica de agua que ingresa
X _{PP20}	-	Fracción másica de pellets de PP que salen
W ₂₀	-	Fracción másica de agua que sale

Como se recircula el 95,00 %⁹ del agua del secador al extrusor antes del pasaje de la corriente de aire, el 5,00 % restante pasa con los pellets. De ese porcentaje, el 4,95 % de agua se evapora y lo restante es la humedad residual que queda en el producto (es decir, 0,05 % como se detalló anteriormente).

$$W_{11} = F_{19} * w_{19} * 0,0495$$

$$W_{11} = 124,20 \text{ kg/h}$$

Se estiman pérdidas de producto durante el secado del 1,45 %.

$$P_{11} = F_{20} * 0,0145$$

$$F_{19} = F_{20} + W_{11} + R_{10} + P_{11}$$

$$3.484,76 \text{ kg/h} = F_{20} + 124,20 \text{ kg/h} + 2.375,00 \text{ kg/h} + F_{20} * 0,0145$$

$$F_{20} = 971,47 \text{ kg/h}$$

$$P_{11} = 14,09 \text{ kg/h}$$

L. HOMOGENEIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Luego del secado, los pellets pasan a un silo de homogeneización en el cual mediante un tornillo sin fin se mueve el producto con el objetivo de homogeneizar la temperatura y mantenerlos en buenas condiciones de conservación. El objetivo principal de la homogeneización es permitir extraer una muestra de pellets representativa de la totalidad del lote para su posterior análisis de calidad.

En esta etapa no hay intercambio de materia ya que lo único que se hace es mover los pellets ya obtenidos dentro de un silo de almacenamiento. Por ende, el caudal másico de pellets es siempre el mismo.

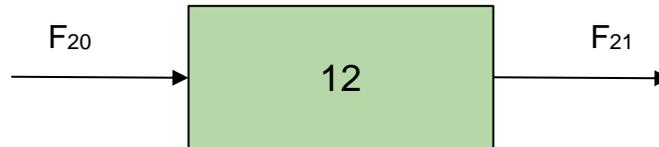


Figura 9.12. Balance de masa: homogeneización y almacenamiento de pellets de PP.

Tabla 9.12. Variables de homogeneización y almacenamiento de pellets de PP

Variable	Unidad	Descripción
F ₂₀	kg/h	Caudal másico de pellets de PP que ingresa
F ₂₁	kg/h	Caudal másico de pellets de PP que sale

$$F_{20} = F_{21}$$

$$F_{20} = 971,43 \text{ kg/h}$$

$$F_{21} = 971,43 \text{ kg/h}$$

M. ENVASADO

En esta etapa, los pellets se envasan en bolsas de 25,00 kg para ser luego distribuidos a los clientes.



Figura 9.13. Balance de masa: envasado de pellets de PP en bolsas de 25,00 kg.

Tabla 9.13. Variables de envasado de pellets de PP en bolsas de 25,00 kg

Variable	Unidad	Descripción
F ₂₁	kg/h	Caudal másico de pellets de PP que ingresa
F ₂₂	kg/h	Caudal másico de pellets de PP envasados que sale

$$F_{21} = F_{22}$$

$$F_{22} = 971,47 \text{ kg/h}$$

N. ALMACENAMIENTO

El producto envasado se almacena en un depósito de producto terminado, a partir del cual, luego se despachan las bolsas requeridas por los clientes. No existe intercambio de materia.



Figura 9.14. Balance de masa: almacenamiento de bolsas de pellets de PP.

Tabla 9.14. Variables de almacenamiento de bolsas de pellets de PP

Variable	Unidad	Descripción
F ₂₂	kg/h	Caudal másico de pellets de PP envasados que ingresa
F ₂₃	kg/h	Caudal másico de pellets de PP envasados que sale

$$F_{22} = F_{23}$$

$$F_{23} = 971,47 \text{ kg/h}$$

Cabe aclarar que luego de los controles de calidad de las condiciones de los pellets de PP, se puede encontrar material fuera de especificación. En caso de contar con una cantidad considerable del mismo, el material fuera de especificación se vende a clientes que pueden aprovecharlo por un precio menor.

Se estima un porcentaje de material fuera de especificación del 1,25 %¹⁰.

BALANCE DE ENERGÍA

Los balances de energía sirven para contabilizar los flujos y cambios de energía de un sistema. Cuantificar la energía necesaria permite seleccionar los equipos adecuados en una determinada industria, permite conocer los costes de operación, y resolver las variables del proceso útiles para la posterioridad.

Al igual que los balances de materia, los de energía se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$(Entrada - Salida) + (Generación + Consumo) = Acumulación$$

¹⁰ (2023) Visita virtual a PETROCUYO, industria nacional productora de pellets de PP homopolímero y copolímero.

donde generación y consumo hacen referencia a la energía liberada o absorbida durante las reacciones químicas; y acumulación se refiere a la energía interna de la sustancia empleada.

La ley de la conservación de la energía, o también denominada primera ley de la termodinámica, determina que la suma de los calores que intervienen en el proceso debe ser igual a cero, por lo tanto:

$$\sum Q_{cedido} = \sum Q_{absorbido}$$

Los calores intervinientes se generan por dos formas de intercambiar energía:

- El calor sensible, el cual representa un aumento de la temperatura sin que exista un cambio de fase.
- El calor latente, el cual representa un cambio de fase sin que la temperatura varíe.

$$Q_{sensible} = m * \Delta h = m * C_p * \Delta T$$

$$Q_{latente} = m * \lambda$$

donde m es el flujo másico, Δh es la variación de entalpía, C_p el calor específico, ΔT es la variación de temperatura y λ es el calor latente de cambio de fase.

A. ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

A.1. Compresión

En esta etapa, el GLP se comprime de la presión de almacenamiento (1,20 MPa) hasta la presión de ingreso en la unidad de purificación (1,80 MPa). Si bien no hay un intercambio de calor propiamente dicho, el uso de un compresor denota la necesidad de trabajo W para la compresión. Además, al estar trabajando con un gas, los cambios de presión hacen que el mismo modifique su temperatura.

Tabla 9.15. Condiciones iniciales y finales de compresión

	Presión	Temperatura
Condiciones iniciales (1)	1,20 MPa	26,85 °C (300,00 K) ¹¹
Condiciones finales (2)	1,80 MPa	43,25 °C (316,40 K) ¹²

¹¹ Perry, R. H. 1994. Manual del Ingeniero Químico (6ta edición). Tablas 3-272 y 3-274 de propileno y propano saturados.

La T_2 se calcula mediante interpolación de valores arrojados por las tablas 3-272 y 3-273 del libro Perry “Manual del Ingeniero Químico”.

El W del compresor se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$W + Q + F_1 * (\Delta h + \Delta E_c + \Delta E_p) = \frac{dE}{dt}$$

Suposiciones:

- El compresor es adiabático por lo que $Q = 0$
- No hay cambio de velocidades y alturas, por lo que las contribuciones de energía cinética (ΔE_c) y potencial (ΔE_p) son cero.
- Se trabaja en estado estacionario por lo que $dE/dt = 0$

$$W_1 + F_1 * \Delta h = 0$$

$$W_1 + F_1 * (h_1 - h_2) = 0$$

Tabla 9.16. Variables de energía de la compresión

Variable	Unidad	Descripción
W_1	kJ/h	Trabajo realizado por el compresor
F_1	kg/h	Caudal másico de GLP que ingresa
h_1	kJ/kg	Entalpía del GLP a la temperatura de entrada al compresor
h_2	kJ/kg	Entalpía del GLP a la temperatura de salida del compresor

Las entalpías se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$h_i = \int_{T_0}^{T_i} C_{pm_i} * dT$$

donde C_{pm_i} es el calor específico de la mezcla de gases a la temperatura T_i , partiendo de una temperatura de referencia T_0 , la cual es 0,00 °C.

A.1.1. Cálculo del C_{pm}

Para gases, el calor específico varía considerablemente con la temperatura, por lo que este se puede calcular mediante la expansión polinómica de tercer orden¹²:

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3$$

siendo a , b , c , y d constantes ya tabuladas referidas a cada sustancia.

¹² Villalobos, E. Capacidad calorífica de los gases.
https://www.academia.edu/36419167/Capacidad_calorifica_de_los_gases
Ontivero Julieta | Toranzo Virginia | Viola Sofía

En el caso de una mezcla, se obtiene que:

$$Cp_m = \sum (x_i a_i + x_i b_i T + x_i c_i T^2 + x_i d_i T^3)$$

donde x_i es la fracción molar del componente i ; y a_i , b_i , c_i , d_i son las constantes de la ecuación para el componente i .

Tabla 9.17. Constantes de ecuación y fracción de cada componente

Componente	a_i	b_i	c_i	d_i	x_i
Propileno	3,15	$23,83 \times 10^{-2}$	$-12,18 \times 10^{-5}$	$24,62 \times 10^{-9}$	0,70
Propano	-4,04	$30,48 \times 10^{-2}$	$-15,72 \times 10^{-5}$	$31,74 \times 10^{-9}$	0,30
Σ	0,99	0,26	$-1,30 \times 10^{-4}$	$2,67 \times 10^{-8}$	1,00

Fuente:

https://www.academia.edu/39816134/Ap%C3%A9ndice_1_TABLAS_DE_PROPIEDADES_FIGURAS_Y_DIAGRAMAS_UNIDADES_SI

Cabe aclarar que la temperatura está en K, y el Cp_m en kJ/kmol, por lo que para calcular la entalpía se debe dividir por la masa molar promedio (PM_m) entre el propileno y el propano de acuerdo a la fracción molar presente de cada uno.

$$PM_m = PM_{propileno} * 0,70 + PM_{propano} * 0,30$$

$$PM_m = 42,08 \frac{kg}{kmol} * 0,70 + 44,097 \frac{kg}{kmol} * 0,30$$

$$PM_m = 42,68 \text{ kg/kmol}$$

Por ende, las entalpías se calculan de la siguiente manera:

$$h_1 = \frac{\int_{(0,00+273,15)K}^{(26,85+273,15)K} (0,99 + 0,26T - 1,30 \times 10^{-4} T^2 + 2,67 \times 10^{-8} T^3) * dT * kJ/kmol K}{42,68 \text{ kg/kmol}}$$

$$h_1 = 41,17 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = \frac{\int_{(0,00+273,15)K}^{(43,25+273,15)K} (0,99 + 0,26T - 1,30 \times 10^{-4} T^2 + 2,67 \times 10^{-8} T^3) * dT * kJ/kmol K}{42,68 \text{ kg/kmol}}$$

$$h_2 = 67,90 \text{ kJ/kg}$$

$$W_1 = 2.000,00 \text{ kg/h} * (67,90 - 41,17) \text{ kJ/kg}$$

$$W_1 = 53.460,00 \text{ kJ/h}$$

A.2. Elevación de la temperatura del GLP para posterior ingreso a la unidad de purificación

Esta etapa forma parte del acondicionamiento de la materia prima para luego ingresar en la unidad de purificación. En este caso, el GLP que sale del compresor pasa por un intercambiador de calor para aumentar la temperatura hasta las condiciones de trabajo de la unidad PSA, es decir 50,00 °C (T_3).

Para el cálculo de la energía requerida, se emplea la ecuación de calor sensible:

$$Q_1 = F_2 * (h_3 - h_2)$$

Tabla 9.18. Variables de energía del calentamiento de GLP

Variable	Unidad	Descripción
Q_1	kJ/h	Calor requerido para elevar la temperatura del GLP de T_2 a T_3
F_2	kg/h	Caudal másico de GLP que ingresa
h_2	kJ/kg	Entalpía del GLP a la temperatura de salida del compresor
h_3	kJ/kg	Entalpía del GLP a la temperatura de salida del intercambiador de calor

$$F_2 = F_1 = 2.000 \text{ kg/h}$$

$$h_2 = 67,90 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = \frac{\int_{(0,00+273,15)K}^{(50,00+273,15)K} (0,99 + 0,26T - 1,30 \times 10^{-4}T^2 + 2,67 \times 10^{-8}T^3) * dT * \text{kJ/kmol K}}{42,68 \text{ kg/kmol}}$$

$$h_3 = 79,24 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_1 = 2.000,00 \text{ kg/h} * (79,24 - 67,90) \text{ kJ/kg}$$

$$Q_1 = 22.680,00 \text{ kJ/h}$$

El fluido calefactor que se emplea es agua caliente debido a que la temperatura se debe elevar en una pequeña cantidad.

$$Q_1 = Q_{w1}$$

$$Q_{w1} = W_{IC1} * C_{pw} * (T_e - T_s)$$

W_{IC1} es el flujo másico de agua caliente empleado, C_{pw} el calor específico del agua, T_s la temperatura de salida y T_e la de entrada.

$$22.680,00 \text{ kJ/h} = W_{IC1} * 4,186 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} * (70,00 - 50,00)$$

$$W_{IC1} = 270,90 \text{ kg/h}$$

$$W_{IC1v} = \frac{W_{IC1}}{\rho} = \frac{270,90 \text{ kg/h}}{1.000,00 \text{ kg/m}^3}$$

$$W_{IC1v} = 0,27 \text{ m}^3/\text{h}$$

siendo W_{IC1v} el flujo volumétrico de agua necesaria.

B. PURIFICACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

El GLP se purifica en una unidad PSA que trabaja bajo presión. Se elige este equipo debido a que, en comparación con la destilación, posee un consumo energético mucho menor.

Tabla 9.19. Condiciones iniciales y finales de purificación

	Presión	Temperatura
Condiciones iniciales (3)	1,80 MPa	50,00 °C (323,15 K) ¹²
Condiciones finales (4)	0,80 MPa	10,73 °C (283,88 K) ¹²

La T_4 se calcula mediante interpolación de valores arrojados por las tablas 3-272 y 3-273 del libro Perry "Manual del Ingeniero Químico".

$$Q_2 = F_2 * (h_4 - h_3)$$

Tabla 9.20. Variables de energía de la purificación

Variable	Unidad	Descripción
Q_2	kJ/h	El calor liberado por la unidad de purificación
F_2	kg/h	Caudal másico de GLP que ingresa
h_3	kJ/kg	Entalpía del GLP a la temperatura de entrada a unidad PSA
h_4	kJ/kg	Entalpía del propileno puro a la temperatura de salida de la unidad PSA

$$h_3 = 79,24 \text{ kJ/kg}$$

Se calculan nuevas constantes de C_{pm} debido a que la fracción molar de los componentes de la mezcla luego de pasar por la unidad de purificación se modificaron; así como también un nuevo PM_m .

Tabla 9.21. Constantes de ecuación y fracción de cada componente

Componente	a _i	b _i	c _i	d _i	x _i
Propileno	3,15	23,83x10 ⁻²	-12,18x10 ⁻⁵	24,62x10 ⁻⁹	0,995
Propano	-4,04	30,48x10 ⁻²	-15,72x10 ⁻⁵	31,74x10 ⁻⁹	0,005
Σ	3,11	0,24	-1,22x10 ⁻⁴	2,47x10 ⁻⁸	1,00

Fuente:

https://www.academia.edu/39816134/Ap%C3%A9ndice_1_TABLAS_DE_PROPIEDADES_FIGURAS_Y_DIAGRAMAS_UNIDADES_SI

$$PM_m = 42,08 \frac{kg}{kmol} * 0,995 + 44,097 \frac{kg}{kmol} * 0,005$$

$$PM_m = 42,09 \text{ kg/kmol}$$

$$h_4 = \frac{\int_{(0,00+273,15)K}^{(10,73+273,15)K} (3,11 + 0,24T - 1,22x10^{-4}T^2 + 2,47x10^{-8}T^3) * dT * kJ/kmol K}{42,09 \text{ kg/kmol}}$$

$$h_4 = 15,56 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_2 = 2.000,00 \text{ kg/h} * (15,56 - 79,24) \text{ kJ/kg}$$

$$Q_2 = -127.360,00 \text{ kJ/h}$$

C. ALMACENAMIENTO DEL PROPILENO 99,50 %

Luego de la etapa de purificación, el propileno al 99,50 % se envía a un compresor para aumentar la presión hasta la presión de almacenamiento (1,20 MPa), ya que a la salida de la unidad PSA la presión baja hasta 0,80 MPa.

Tabla 9.22. Condiciones iniciales y finales de compresión

	Presión	Temperatura
Condiciones iniciales (4)	0,80 MPa	10,73 °C (283,88 K) ¹²
Condiciones finales (5)	1,20 MPa	26,85 °C (300,00 K) ¹²

$$W_2 + F_4 * (h_4 - h_5) = 0$$

Tabla 9.23. Variables de energía de la compresión

Variable	Unidad	Descripción
W ₂	kJ/h	Trabajo realizado por el compresor
F ₄	kg/h	Caudal másico de propileno al 99,50 % que ingresa

Variable	Unidad	Descripción
h_4	kJ/kg	Entalpía del propileno puro a la temperatura de entrada al compresor
h_5	kJ/kg	Entalpía del propileno puro a la temperatura de salida del compresor

$$h_4 = 15,56 \text{ kJ/kg}$$

$$h_5 = \frac{\int_{(0,00+273,15)K}^{(26,85+273,15)K} (3,11 + 0,24T - 1,22 \times 10^{-4}T^2 + 2,47 \times 10^{-8}T^3) * dT * \text{kJ/kmol K}}{42,09 \text{ kg/kmol}}$$

$$h_5 = 39,83 \text{ kJ/kg}$$

$$W_2 = 1.394,87 \text{ kg/h} * (39,83 - 15,26) \text{ kJ/kg}$$

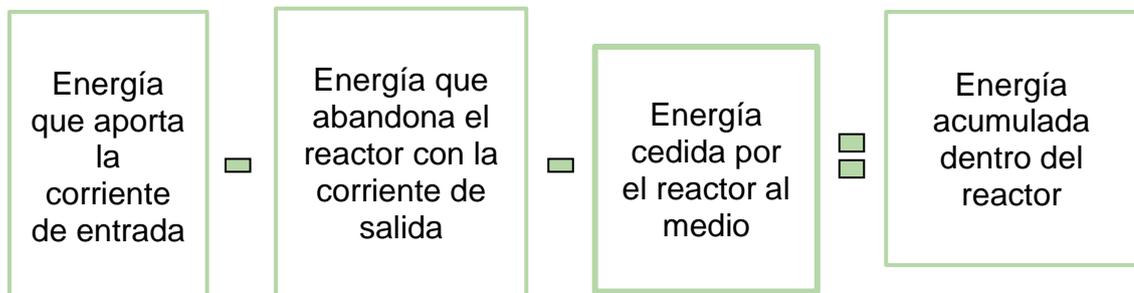
$$W_2 = 34.271,96 \text{ kJ/h}$$

D. POLIMERIZACIÓN

Como se mencionó con anterioridad, el reactor empleado para la polimerización de propileno es un reactor tanque continuo de diseño isotérmico. El mismo posee una camisa de enfriamiento que permite mantener constante la temperatura de trabajo (70,00 °C), un agitador helicoidal que mueve el gas y el polvo formado, y un condensador externo que se emplea para la extracción del calor generado por la reacción que es altamente exotérmica.

D.1. Reactor de polimerización

El BE para un reactor de polimerización continuo e isotérmico se realiza de la siguiente manera:



Suponiendo que las variables intensivas no dependen del espacio ni del tiempo, es decir que se trabaja en estado estacionario, la ecuación de BE para un reactor es:

$$\sum F_A^0 * \int_T^{T^0} C_{p_A} * dT - Q_3 = V * \frac{r_A}{v_A} * \Delta H_R$$

Tabla 9.24. Variables de energía de la polimerización

Variable	Unidad	Descripción
Q_3	kJ/h	Calor liberado por la polimerización
F_A^0	kg/h	Caudal molar de propileno que ingresa
ΔH_R	kJ/kg	Entalpía de reacción
C_{pA}	kJ/kg K	Calor específico del propileno
T	°C	Temperatura de trabajo
T^0	°C	Temperatura de referencia
V	L	Volumen del reactor
r_A	kmol/L h	Velocidad de reacción
ν_A	-	Coefficiente estequiométrico del propileno

La ΔH_R se calcula como la diferencia de la sumatoria de las entalpías de formación de los productos (PP) ΔH_{fPP} y la entalpía de formación de los reactivos (propileno) ΔH_{fP} . La entalpía de PP semicristalino ΔH_{fPP} es 0,00 kJ/mol y la del propileno es 20,40 kJ/mol¹³.

$$\Delta H_R = n\Delta H_{fPP} - n\Delta H_{fP}$$

$$\Delta H_R = 0,00 \text{ kJ/mol} - 20,40 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_R = -20.400,00 \text{ kJ/kmol}$$

Para calcular la contribución de calor producida por la corriente de entrada, se calcula el C_{pA} , es decir el calor específico propio para el propileno, empleando las constantes anteriormente especificadas y con una temperatura de referencia de 0,00 °C.

$$\sum F_A^0 * \int_{(70,00+273,15)K}^{(0,00+273,15)K} (3,15 + 23,83 \times 10^{-2}T - 12,18 \times 10^{-5}T^2 + 24,62 \times 10^{-9}T^3) * dT$$

$$32,75 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} * \left(-4.598,75 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}} \right) - Q_3 = 4.471,89 \text{ L} * 5,09 \times \frac{10^{-3} \text{ kmol}}{\text{L h}} * \left(-20.400,00 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}} \right)$$

$$Q_3 = 313.734,11 \text{ kJ/h}$$

D.2. Camisa de enfriamiento

Para mantener constante la temperatura de reacción T a 70,00 °C se requiere una camisa de enfriamiento.

¹³ Entalpías normales o estándar de formación. <https://www.quimitube.com/wp-content/uploads/2013/04/Tabla-entalpias-estandar-formacion-compuestos-organicos-e-inorganicos.pdf>

$$Q_{camisa} = A * U * (T - t_1)$$

siendo A el área de intercambio (7,37 m²), U el coeficiente global de transferencia (210,00 W/m² K), y t₁ la temperatura del fluido de intercambio.

$$Q_{camisa} = Q_3 = 313.734,11 \text{ kJ/h}$$

$$313.734,11 \text{ kJ/h} = 7,37 \text{ m}^2 * 756,00 \text{ kJ/K m}^2\text{h} * (343,15 - t_1)$$

$$t_1 = 286,84 \text{ K} = 13,69 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{camisa} = W_{camisa} * C_{p_w} * (T_s - T_e)$$

$$313.734,11 \text{ kJ/h} = W_{camisa} * 4,191 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C} * (40,00 - 13,69)^\circ\text{C}$$

$$W_{camisa} = 2.845,27 \text{ kg/h}$$

$$W_{camisa v} = \frac{2.845,27 \text{ kg/h}}{1.000,00 \text{ kg/m}^3} = 2,84 \text{ m}^3/\text{h}$$

D.3. Condensador de propileno evaporado

El propileno que se evapora dentro del reactor a una temperatura de 90,00 °C (T_{ev}), se debe condensar con un fluido de enfriamiento para lograr llevarlo hasta la temperatura de trabajo del reactor, es decir 70,00 °C (T_{sc}).

El calor extraído está dado por el calor sensible de transferencia de calor entre el fluido de enfriamiento y el propileno, y el calor latente generado por el cambio de fase de vapor a líquido del propileno. El calor latente de condensación de propileno, es el calor latente de vaporización, pero con signo contrario; lo mismo ocurre con el calor de condensación del propano. Los valores son: λ_{propileno} = -437,94 kJ/kg¹⁴, y λ_{propano} = -427,80 kJ/kg¹⁵.

$$Q_4 = R_7 * (h_{sc} - h_{ev}) + R_7 * \lambda_c$$

$$h_{ev} = \frac{\int_{(0,00+273,15)K}^{(90,00+273,15)K} (3,11 + 0,24T - 1,22 \times 10^{-4}T^2 + 2,47 \times 10^{-8}T^3) * dT * \text{kJ/kmol K}}{42,09 \text{ kg/kmol}}$$

$$h_{ev} = 145,07 \text{ kJ/kg}$$

¹⁴ Propileno 2.5. www.linde-gas.es/es/images/Propileno%202.5_tcm316-612771.pdf

¹⁵Guerra, S. Apéndice 1 Tablas de propiedades, figuras y diagramas (unidades SI). https://www.academia.edu/39816134/Ap%C3%A9ndice_1_TABLAS_DE_PROPIEDADES_FIGURAS_Y_DIAGRAMAS_UNIDADES_SI

$$h_{sc} = \frac{\int_{(0,00+273,15)K}^{(70,00+273,15)K} (3,11 + 0,24T - 1,22 \times 10^{-4}T^2 + 2,47 \times 10^{-8}T^3) * dT * kJ/kmol K}{42,09 kg/kmol}$$

$$h_{sc} = 110,04 kJ/kg$$

Para el calor de condensación de la mezcla, se realiza la suma de los calores latentes de cada componente por su respectiva fracción molar.

$$\lambda_m = 0,995 * (-437,94 kJ/kg) + 0,005 * (-427,80 kJ/kg)$$

$$\lambda_m = -437,89 kJ/kg$$

$$Q_4 = 463,41 kg/h * (110,04 kJ/kg - 145,07 kJ/kg) + 463,41 kg/h * (-437,89 kJ/kg)$$

$$Q_4 = -219.155,86 kJ/h$$

El caudal de agua de enfriamiento requerido (W_{IC2}) es el siguiente:

$$Q_{w2} = W_{IC2} * C_{p_w} * (T_e - T_s)$$

siendo Q_{w2} el calor sensible del agua de enfriamiento.

$$Q_{w2} = Q_4 = -219.155,86 kJ/h$$

$$-219.155,86 kJ/h = W_{IC2} * 4,192 kJ/kg \text{ } ^\circ C * (5,00 - 40,00)^\circ C$$

$$W_{IC2} = 1.493,70 kg/h$$

$$W_{IC2v} = \frac{W_{IC2}}{\rho} = \frac{1.493,70 kg/h}{1.000,00 kg/m^3}$$

$$W_{IC2v} = 1,49 m^3/h$$

E. EXTRUSIÓN

En la extrusión hay cambios de energía debido a que se transfiere calor al polvo de polímero para fundirlo a 200,00 °C, y luego se enfrían los pellets mediante agua de enfriamiento dentro del mismo equipo.

El balance de energía del extrusor es el siguiente¹⁶:

$$\Delta Q_{extrusión} + \Delta W_{extrusión} = \Delta H_{extrusión}$$

¹⁶ Pérez, J., M., V.; Pérez, J., P. (2006) Diseño de una máquina para la fabricación de productos de gran volumen en polipropileno reciclado.
https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4497/JuanLopez_JuanVicente_2006.pdf;jsessionid=97671D9FC6787153BB2F2A81E1BEED73?sequence=2
Ontivero Julieta | Toranzo Virginia | Viola Sofía

Se debe tener en cuenta que los cambios de energía potencial y cinética se desprecian en comparación con el resto de las contribuciones.

$$\Delta Q_{extrusión} = \frac{(Q_0 - Q_1)}{F_{17}}$$

donde Q_0 es la energía por unidad de tiempo en las resistencias, Q_1 es la energía por unidad de tiempo que se libera al ambiente, y F_{17} es el caudal másico de polvo de PP que ingresa al extrusor.

$$\Delta W_{extrusión} = \frac{W_0}{F_{17}}$$

$$W_0 = W_0^x * \frac{100}{\eta_m}$$

$$W_0^x = F_{17} * \Delta H_{extrusión} = F_{17} * Cp_{PP} * (T_f - T_0)$$

donde W_0 es la potencia teórica del motor, W_0^x es la potencia teórica en operación adiabática y η_m es la eficiencia del motor, que se encuentra por lo general en 80,00 %.

Se calcula necesaria para llevar el PP de temperatura ambiente (20,00 °C) a la temperatura de fundido T_f (200,00 °C).

$$W_0^x = F_{17} * Cp_{PP} * (T_f - T_0)$$

$$W_0^x = 975,01 \text{ kg/h} * 2,0096 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} * (200,00 - 20,00)^\circ\text{C}$$

$$W_0^x = 352.688,42 \text{ kJ/h}$$

$$W_0 = 352.688,42 \text{ kJ/h} * \frac{100}{80}$$

$$W_0 = 440.860,52 \text{ kJ/h}$$

$$W_0 = 440.860,52 \text{ kJ/h} * \frac{0,00027 \text{ kW}}{1 \text{ kJ/h}} = 119,03 \text{ kW}$$

Para el fundido del PP se requiere un motor de 119,03 kW.

Se calcula el calor liberado con el fundido del polímero:

$$\Delta W_{extrusión} = \frac{440.860,52 \text{ kJ/h}}{975,01 \text{ kg/h}}$$

$$\Delta W_{extrusión} = \mathbf{452,16 \text{ kJ/kg}}$$

$$\Delta Q_{extrusión} = [Cp_{PP} * (T_f - T_0) - \Delta W_{extrusión}] * F_{17}$$

$$\Delta Q_{extrusión} = -88.172,10 \text{ kJ/h}$$

La cantidad de agua que se debe utilizar para el enfriamiento del polímero, se calcula con el calor sensible intercambiado entre el PP caliente (Q_{PPE}) y el agua de enfriamiento (Q_{we}).

$$Q_{we} = Q_{PPE}$$

$$W_e * Cp_w * (T_s - T_e) = F_{17} * Cp_{PP} * (T_{ep} - T_{sp})$$

siendo W_e el caudal de agua de enfriamiento, T_s la temperatura de salida del agua, T_e la temperatura de entrada del agua, T_{ep} la temperatura de entrada de los pellets y T_{sp} la temperatura de salida de estos.

$$W_e * 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} * (40,00 - 10,00)^\circ\text{C} = 975,01 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 2,0096 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} * (200,00 - 40,00)^\circ\text{C}$$

$$W_e = 2.500,00 \text{ kg/h}$$

$$W_{ev} = \frac{W_e}{\rho} = \frac{2.500,00 \text{ kg/h}}{1.000,00 \text{ kg/m}^3} = 2,50 \text{ m}^3/\text{h}$$

F. SECADO

El balance de energía en el secador se realiza de la siguiente forma:

$$Q_T = Q_{sensible \text{ PP}} + Q_{sensible \text{ agua}} + Q_{latente \text{ agua}}$$

$$Q_T = F_{20} * Cp_{PP} * (T_2 - T_1) + W_{11} * Cp_w * (T_s - T_e) + W_{11} * \lambda_w$$

Tabla 9.25. Variables de energía de la polimerización

Variable	Unidad	Descripción
Q_T	kJ/h	Calor total requerido por el secador
F_{20}	kg/h	Caudal de pellets de PP que ingresan a la unidad de secado
W_{11}	kg/h	Caudal de agua evaporada en el secador
Cp_w	kJ/kg	Calor específico del agua
T_1	°C	Temperatura de salida de los pellets de PP
T_2	°C	Temperatura de entrada de los pellets de PP
T_e	°C	Temperatura de entrada del agua de enfriamiento

Variable	Unidad	Descripción
T _s	°C	Temperatura de entrada del agua de enfriamiento
λ _w	kJ/kg	Calor latente de vaporización del agua

$$Q_{sensible\ PP} = 971,47\text{ kg/h} * 2,0096\text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} * (65,00 - 40,00)^\circ\text{C}$$

$$Q_{sensible\ PP} = 48.806,65\text{ kJ/h}$$

$$Q_{sensible\ agua} = 124,20\text{ kg/h} * 4,179\text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} * (65,00 - 40,00)^\circ\text{C}$$

$$Q_{sensible\ agua} = 12.975,80\text{ kJ/h}$$

$$Q_{latente\ agua} = 124,20\text{ kg/h} * 2.257,00\text{ kJ/kg}$$

$$Q_{latente\ agua} = 280.319,40\text{ kJ/h}$$

$$Q_T = 48.806,65\text{ kJ/h} + 12.975,80\text{ kJ/h} + 280.319,40\text{ kJ/h}$$

$$\mathbf{Q_T = 342.101,85\text{ kJ/h}}$$

El caudal másico de aire que se requiere es el siguiente:

$$Q_T = Q_{aire} = A_{11} * C_{p_{aire}} * (T_4 - T_3)$$

siendo A₁₁ el caudal másico de aire, T₃ la temperatura de salida del aire y T₄ la temperatura de entrada al secador.

$$342.101,85\text{ kJ/h} = A_{11} * 1,008\text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} * (80,00 - 40,00)^\circ\text{C}$$

$$A_{11} = 8.484,67\text{ kg/h}$$

Es decir, un caudal volumétrico A_{11v} de:

$$A_{11v} = \frac{A_{11}}{\rho_{aire}} = \frac{8.484,67\text{ kg/h}}{1,059\text{ kg/m}^3} = \mathbf{8.011,96\text{ m}^3/\text{h}}$$

RENDIMIENTO DEL PROCESO

Se calcula el rendimiento global del proceso a partir de la relación entre la cantidad de producto elaborado final obtenido y la cantidad inicial de materia prima utilizada, considerando el producto fuera de especificación (que es del 1,25 %).

$$\eta = \frac{\text{producto elaborado}}{\text{GLP consumido}}$$

$$\eta = \frac{959,33 \text{ kg/h}}{2.000,00 \text{ kg/h}}$$

$$\eta = 0,4796$$

De esta manera, el rendimiento global del proceso es de 48,00 %.

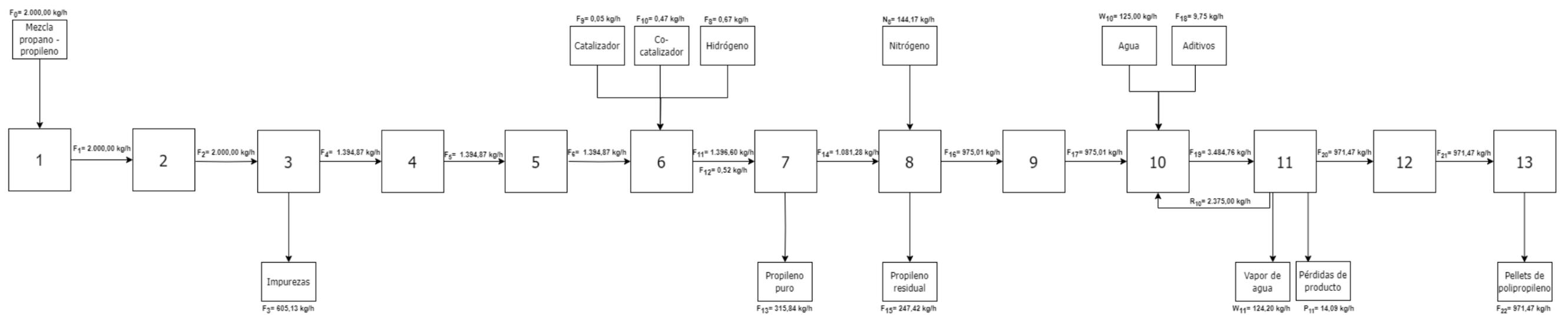
CONCLUSIONES

Luego de realizar los cálculos correspondientes al balance de masa del proceso de producción de pellets de PP, se puede concluir que con aproximadamente 2.000,00 kg/h de GLP, es decir, 3,95 m³/h se obtienen 950,00 kg/h de pellets de PP. El rendimiento global del proceso es de 48,00 %.

El caudal másico de pellets de PP es de aproximadamente 23,00 t/d, lo que concuerda con la estimación de producción realizada en la unidad N° 8.

Con la realización del balance de energía, se calcula el consumo energético por parte del proceso, y el calor que debe eliminarse del sistema. Del mismo modo, se establece la cantidad de agua de enfriamiento o calentamiento que debe suministrarse para lograr el intercambio energético.

Todos los cálculos anteriormente realizados, se emplean para la confección de la unidad N° 10: cálculo y adopción de equipos.



Producción diaria = 23.315,28 kg/d

F_9 = Caudal másico de catalizador	
F_8 = Caudal másico de hidrógeno	
F_6 = Caudal másico de propileno puro almacenado	
F_5 = Caudal másico de propileno puro acondicionado	F_{22} = Caudal másico de pellets de PP envasados
F_4 = Caudal másico de propileno puro	F_{21} = Caudal másico de pellets homoginizados
F_3 = Caudal másico de impurezas (propano)	P_{11} = Caudal másico de pérdidas de pellets
F_2 = Caudal másico de GLP acondicionado	W_{11} = Caudal másico de agua evaporada
F_0 = Caudal másico de GLP que se recepciona	F_{20} = Caudal másico de pellets de PP secos
13. Envasado	R_{10} = Caudal másico de agua recirculada del secador
12. Homogeneización y almacenamiento de pellets	W_{10} = Caudal másico de agua de reposición
11. Secado	F_{19} = Caudal másico de pellets + agua
10. Extrusión	F_{18} = Caudal másico de aditivos
9. Almacenamiento del polvo de PP	F_{17} = Caudal másico de polvo de PP almacenado
8. Eliminación del propileno residual	N_8 = Caudal másico de N2 de purga
7. Descarga y desgasificación	F_{16} = Caudal másico de polvo de PP purificado
6. Polimerización	F_{15} = Caudal másico de propileno residual + N2 extraído
5. Almacenamiento del propileno puro	F_{14} = Caudal másico de polvo de PP desgasificado
4. Acondicionamiento del propileno puro	F_{13} = Caudal másico de propileno puro extraído
3. Purificación	F_{12} = Caudal másico de cat. y co-cat. que sale
2. Acondicionamiento de la materia prima	F_{11} = Caudal másico de polvo de PP sintetizado
1. Almacenamiento de la materia prima	F_{10} = Caudal másico de co-catalizador

UTN		PROYECTO:
FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO		
Especialidad Ingeniería Química		PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO
Realizó	Ontivero, Julieta – Toranzo, Virginia – Viola, Sofía	
Firma		Lámina N°
Controló		
Fecha		3
Escala	-	
BALANCE DE MASA		

UNIDAD Nº 10

CÁLCULO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS PRINCIPALES Y ACCESORIOS DE PROCESO

INTRODUCCIÓN

CÁLCULO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS PRINCIPALES DE PROCESO

CÁLCULOS Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS ACCESORIOS DE PROCESO

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

En la presente unidad, se desarrollan los cálculos para la adopción de los equipos principales y accesorios del proceso en cada una de las etapas, teniendo en cuenta los balances de masa y energía realizados en la unidad N° 9.

Para la selección de equipos de la manera más óptima, se sobredimensiona un 20,00 %, con el objetivo de que la infraestructura elegida pueda suplir un aumento en la capacidad de producción o algún inconveniente que pueda presentarse.

En la siguiente tabla, se detallan los equipos seleccionados en cada etapa.

Tabla 10.1. Equipos principales de proceso

Etapa del proceso	Equipos	Cantidad
Recepción y almacenamiento de materia prima	Tanque cilíndrico presurizado horizontal CJSE	1
Acondicionamiento de la materia prima	Compresor LB601	1
	Intercambiador de calor I-TMF-D	1
Purificación	Columna empacada con adsorbente Zeolita 4A	4
Acondicionamiento del propileno a 99,50 % para almacenamiento	Compresor LB601	1
Almacenamiento del propileno a 99,50 %	Tanque de almacenamiento de propileno presurizado marca SHD	1
Polimerización	Reactor tanque agitado continuo isotérmico	1
Separación del polvo de PP del gas de monómero no convertido	Separador ciclónico FX75	1
Separación del polvo del monómero residual	Tanque agitador modelo SJB-7.5	1
	Dispositivo de purga NEPS 1000 ADVANTAGE PURGE SYSTEMS	
Almacenamiento del polvo de PP	Silo de almacenamiento de polvo SODIMATE	1
Extrusión	Extrusora DYSXQ150	1
Secado	Secadora modelo 5000U	1
Homogeneización y almacenamiento	Tanque mezclador con sinfín cónico Hosokava MICRON B.V	1

Etapa del proceso	Equipos	Cantidad
Envasado	Envasadora semiautomática modelo LCS-TYZW-25	1

CÁLCULO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS PRINCIPALES DE PROCESO

A. RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

A.1. Recepción de la materia prima

El GLP se recibe líquido en camiones cisterna provenientes de YPF que poseen una capacidad máxima de 46,00 m³ (52,00 t). Según los cálculos de la unidad N° 9, se necesitan 2.000,00 kg/h de GLP, siendo la densidad del GLP líquido 506,28 kg/m³, se calcula el requerimiento de GLP en m³/sem:

$$V_{glp} = \frac{2.000,00 \text{ kg/h}}{506,28 \text{ kg/m}^3} = 3,95 \text{ m}^3/\text{h} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} * \frac{7 \text{ d}}{1 \text{ sem}} = 663,66 \text{ m}^3/\text{sem}$$

Se sobredimensiona un 20,00 % la cantidad de GLP a emplear, por lo que el requerimiento semanal de materia prima a emplear es:

$$663,66 \text{ m}^3/\text{sem} * 1,20 = 796,40 \text{ m}^3/\text{sem}$$

La cantidad de camiones que se reciben por semana para satisfacer la necesidad de materia prima es:

$$N^{\circ} \text{ de camiones} = \frac{796,40 \text{ m}^3/\text{sem}}{46,00 \text{ m}^3/\text{camión}} = 17,31 \text{ camiones} \approx 17 \text{ camiones}$$

De esta manera, se decide recibir GLP de lunes a domingo. De lunes a miércoles se reciben 3 camiones cisterna de GLP de 46,00 m³/d, mientras que de jueves a domingo se reciben 2 cargas/d.

A.2. Almacenamiento de la materia prima

El GLP es almacenado en tanques cisterna esféricos bajo presión (1,2 MPa) que se encuentran a la intemperie. Según los cálculos de la unidad N° 9 y los realizados en la sección A.1, se deben almacenar por día como máximo 138,00 m³ de GLP ya que se reciben entre 2 a 3 camiones de 46,00 m³.

A.2.1. Adopción de equipos

Del camión cisterna, el GLP se descarga mediante una conexión por tuberías y una válvula al tanque cilíndrico de almacenamiento. La forma cilíndrica permite una distribución uniforme de la tensión bajo carga interna, generando un almacenamiento presurizado eficiente; además este tipo de tanques emplea menos espacio y ofrece

Ontivero Julieta | Toranzo Virginia | Viola Sofía

costos más bajos para fundiciones, revestimientos, accesorios y tuberías que para otras opciones.

Se adopta entonces un tanque cilíndrico presurizado horizontal de almacenamiento marca CJSE, que presenta las siguientes características:

- Diseño estándar ASME
- Capacidad total de 200,00 m³
- Material carcasa externa e interior: Q345R
- Relación de llenado de 0,90
- Dimensiones: 4.676,00 x 1.216,00 x 1.728,00 mm
- Presión de diseño de 1,77 MPa
- Máxima presión de trabajo de 1,82 MPa
- Temperaturas de trabajo de -19,00 - 50,00 °C



Figura 10.1. Tanque cilíndrico horizontal de almacenamiento de GLP.
Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/CJSE-1600272918378.html>

B. ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

B.1. Compresión

Previo a la etapa de purificación de la mezcla propileno-propano, se requiere aumentar la presión del gas hasta la presión de trabajo de la unidad PSA (1,80 MPa).

Según lo calculado en la unidad N° 9, el flujo másico que maneja el compresor de GLP es 2.000,00 kg/h. Por ende, el flujo volumétrico procesado es:

$$V_{glp} = \frac{2.000,00 \text{ kg/h}}{24,38 \text{ kg/m}^3} = 82,03 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cabe aclarar que se considera la densidad correspondiente al GLP, pero en estado gaseoso debido a que en todo el proceso se trabaja en dicho estado salvo para los almacenamientos; y a una presión de 1,20 MPa (presión del almacenamiento previo).

B.1.1. Adopción de equipos

En base a los 82,03 m³/h que procesa el compresor, se sobredimensiona un 20,00 %:

$$82,03 \text{ m}^3/\text{h} * 1,20 = 98,44 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se adopta un compresor de gas reciprocante marca Blackmer modelo LB601. Los compresores de gas reciprocantes están diseñados para brindar el máximo desempeño y confiabilidad bajo las condiciones de servicio requeridas. Posee un cabezal y cilindro de hierro dúctil, para mayor resistencia a choques térmicos y mecánicos; el interior del cárter está recubierto con una capa epóxica para protección adicional; posee válvulas de gran eficacia, pistones para trabajo pesado, sellos de las bielas de ajuste automático y otras características robustas. Los compresores de la serie LB están diseñados para tener una operación eficaz y silenciosa, y facilidad de mantenimiento (reemplazo simple, rápido y fácil).

El compresor elegido posee las siguientes características:

- Diámetro nominal del pistón: 117,00 mm
- Carrera de 101,60 mm
- Máximo desplazamiento del pistón (capacidad) a 825 rpm de 107,9 m³/h
- Velocidad mínima de 350 rpm y velocidad máxima de 825 rpm
- Máxima presión de trabajo: 2,41 MPa
- Máxima potencia de frenado: 30,00 kW
- Máxima temperatura de descarga: 177,00 °C
- Diámetro de la tubería de vapor 50,00 - 65,00 mm
- Diámetro de la tubería de líquido 100,00 mm
- Número de cilindros: 2
- Dimensiones (largo x ancho x alto): 1.400,00 x 1.180,00 x 830,00 mm



Figura 10.2. Compresor LB601

Fuente: <https://pdf.directindustry.es/pdf/blackmer/ombas-desplazamiento-positivo/15554-648899.html#open2488481>

B.2. Aumento de la temperatura

Luego de la compresión, se requiere aumentar la temperatura de la mezcla para alcanzar la temperatura de trabajo de la unidad de purificación (50,00 °C).

Para esto la mezcla de propileno-propano debe pasar por un intercambiador de calor. Para la elección del equipo se tiene en cuenta que el fluido calefactor es agua caliente, y que el caudal volumétrico de GLP que ingresa al intercambiador es de 82,03 m³/h según lo calculado anteriormente en el compresor.

B.2.1. Adopción de equipos

Al igual que se hizo con el compresor, se sobredimensiona un 20,00 %:

$$82,03 \text{ m}^3/\text{h} * 1,20 = 98,44 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se adopta un intercambiador de calor industrial I-TMF-D multitubo de haz tubular extraíble, marca Sacome. El mismo consiste de un haz tubular dentro de una carcasa, donde el producto (GLP) fluye por los tubos interiores, mientras que el servicio (agua caliente) lo hace por el canal exterior. Es ideal para intercambio de calor líquido-gas. Este equipo fue seleccionado por poseer grandes ventajas como, por ejemplo: tratamiento térmico homogéneo, menor ensuciamiento, bajo costo de mantenimiento, fácil inspección y desmontaje, y larga vida útil.

El intercambiador elegido posee las siguientes características:

- Tipo de intercambiador: carcasa y tubos.
- Temperatura de diseño: 180,00 °C
- Presión de diseño: 1,00 MPa
- Diámetro carcasa: 85,00 mm
- Diámetro tubo interior: 18,00 mm
- Longitud nominal: 2.000,00 mm
- Material: acero inoxidable
- Conexiones: bridas
- Número de tubos interiores: 7
- Aislamiento: Lana de vidrio con recubrimiento de chapa en acero inoxidable.



Figura 10.3. Intercambiador de calor industrial I-TMF-D multitubo de haz tubular extraíble.
Fuente: <https://www.sacome.com/wp-content/uploads/2019/09/I-TFM-D-Intercambiador-tubular-industrial.pdf>

C. PURIFICACIÓN

Para purificar la mezcla propileno-propano y obtener una materia prima grado polímero, es decir, propileno al 99,50 %, se requiere una columna de adsorción PSA que están empacadas por un lecho adsorbente.

C.1. Cálculo y diseño del equipo¹⁷

Para lograr calcular el diámetro y la altura del tren de columnas a emplear, se aplica lo siguiente:

$$\tau = \frac{V_b * \varepsilon_b}{Q} \quad (\text{Ec 10.1})$$

donde V_b es el volumen del lecho, ε_b es la porosidad del lecho, Q es el caudal que lo atraviesa, y τ es el tiempo de contacto.

Por la unidad N° 3, se conoce que $\tau = 7,33$ min, y de acuerdo a la unidad N° 9 se sabe que el flujo másico que atraviesa la columna es 2.000,00 kg/h. La porosidad del lecho se obtiene de la ficha técnica de la Zeolita 4A que es 35,00 %. Con estos datos se procede a calcular V_b .

$$Q = \frac{F_2}{\rho_m} \quad (\text{Ec. 10.2})$$

La ρ_m se calcula con las contribuciones de densidad del propileno y propano, según las proporciones en las que se encuentran en la mezcla. Por lo tanto:

$$\rho_{\text{propileno (1,80 MPa)}} = 404,06 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{propano (1,80 MPa)}} = 448,53 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_m = 0,70 * \rho_{\text{propileno (1,80 MPa)}} + 0,30 * \rho_{\text{proano (1,80 MPa)}}$$

$$\rho_m = 417,01 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = \frac{2.000,00 \text{ kg/h}}{417,01 \text{ kg/m}^3} = 4,791 \text{ m}^3/\text{h}$$

¹⁷ Paiz, F.; Hernández, M. (2021). Diseño de un sistema de columnas de adsorción con carbón activado para el tratamiento de aguas naturales contaminadas con arsénico. UNAN-Managua. <https://repositorio.unan.edu.ni/17165/1/17165.pdf>
Ontivero Julieta | Toranzo Virginia | Viola Sofía

$$V_b = \frac{Q * \tau}{\varepsilon_b} = \frac{4,791 \text{ m}^3/\text{h} * 7,33 \text{ min}}{0,35} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$V_b = 1,672 \text{ m}^3$$

Una vez calculado el volumen del lecho, se calcula el área transversal A_T del mismo.

$$A_T = \frac{Q}{H_L} \quad (\text{Ec. 10.3})$$

siendo H_L una constante que indica el diseño y funcionamiento de un adsorbente. Para la Zeolita 4A, H_L es 20,00 m/h.

$$A_T = \frac{4,791 \text{ m}^3/\text{h}}{20,00 \text{ m/h}}$$

$$A_T = 0,239 \text{ m}^2$$

Los datos obtenidos tanto del volumen como del área transversal del lecho, sirven para calcular la altura total de este (h_{LT}).

$$h_{LT} = \frac{V_b}{A_T} = \frac{1,672 \text{ m}^3}{0,239 \text{ m}^2} \quad (\text{Ec. 10.4})$$

$$h_{LT} = 6,979 \text{ m}$$

Para determinar la altura de la columna total, se adiciona un 20,00 % de espacio libre para compensar la adsorción, que eleva el lecho, así como también un nivel de flujo libre.

$$h_{CT} = h_{LT} * 1,20 \quad (\text{Ec. 10.5})$$

$$h_{CT} = 8,376 \text{ m}$$

Calculada la altura total de la columna, se procede a determinar la altura de cada columna y lecho, por lo que, se dividen los valores obtenidos por la cantidad de columnas de adsorción con las que se cuenta. Son 4 columnas que se necesitan para la purificación del GLP, por lo que:

$$h_C = \frac{h_{CT}}{4} = \frac{8,376 \text{ m}}{4} \quad (\text{Ec. 10.6})$$

$$h_C = 2,09 \text{ m}$$

$$h_L = \frac{h_{LT}}{4} = \frac{6,979 \text{ m}}{4} \quad (\text{Ec. 10.7})$$

$$h_L = 1,74 \text{ m}$$

Las columnas de adsorción son 4 (idénticas) con una altura de columna h_c de 2,09 m y una altura de lecho h_L de 1,74 m.

El diámetro del lecho ϕ_L se calcula con la ecuación del área de un círculo:

$$A_T = \pi * \frac{\phi_L^2}{4} \quad (\text{Ec. 10.8})$$

$$0,239 \text{ m}^2 = \pi * \frac{\phi_L^2}{4}$$

$$\phi_L = 0,55 \text{ m}$$

De esta manera, las medidas de cada columna son: altura de 2,09 m, ancho y diámetro de 0,55 m. Por otra parte, la potencia del tren de columnas se calculó en la unidad N° 9 y es de 35,54 kW.

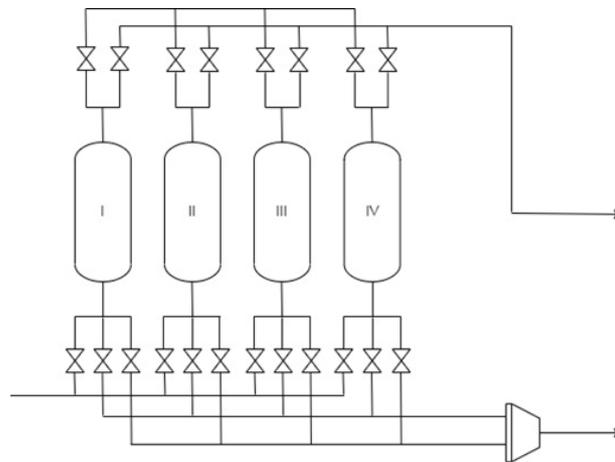


Figura 10.4. Diseño de columnas de adsorción para la purificación del GLP.

C.2. Recepción y almacenamiento del adsorbente

El adsorbente que se utiliza es Zeolita 4A de la marca Metro Chem. La misma tiene una apertura de poro efectiva de aproximadamente 0,40 nm, por lo que adsorbe la mayoría de las moléculas con un diámetro cinético inferior a dicho valor y excluye a las más grandes. Las moléculas adsorbibles incluyen: moléculas de gas simples como oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono e hidrocarburos de cadena lineal. No se aplica para hidrocarburos de cadena ramificada y aromáticos. La Zeolita 4A posee las siguientes características técnicas:

- Tamaño mínimo de partículas retenidas: 3,00 - 5,00 μm
- Densidad aparente de 650,00 kg/m^3
- pH de 11
- Porosidad de 35,00 %
- Estabilidad térmica hasta 500,00 $^{\circ}\text{C}$

- Área de superficie: 35,00 m²/g

C.2.1. Cálculo de la cantidad de adsorbente

Para conocer la cantidad de adsorbente (m_{Ad}) que se requiere para empacar las 4 columnas PSA, se emplea la siguiente fórmula:

$$m_{Ad} = V_b * \rho_{ad} * (1 - \varepsilon_b) \quad (\text{Ec. 10.9})$$

$$m_{Ad} = 1,672 \text{ m}^3 * 650,00 \text{ kg/m}^3 * (1 - 0,35)$$

$$m_{Ad} = 687,41 \text{ kg}$$

La Zeolita 4A es un sólido que se vende en bolsas de 50,00 kg, por lo que la cantidad de bolsas necesarias para la operación son:

$$N^\circ \text{ bolsas} = \frac{687,41 \text{ kg}}{50,00 \text{ kg}} = 13,75 \approx 14$$

Cabe aclarar que este adsorbente se regenera con la aplicación de presión y temperatura, y la vida útil que posee es de 24 meses, por lo que el cambio de adsorbente se realiza una vez cada dos años.



Figura 10.5. Bolsa de 50,00 kg de Zeolita 4A

Fuente: <https://metrochemgroup.com/chemicals/zeolite-4a-manufacturers/>

D. ACONDICIONAMIENTO DEL PROPILENO AL 99,50 % PARA ALMACENAMIENTO

Para almacenar el propileno purificado al 99,50 %, se requiere comprimirlo previamente para alcanzar la presión de almacenamiento (1,20 MPa). El caudal calculado en la unidad N° 9 de ingreso al compresor de propileno es 1.394,87 kg/h. Se calcula entonces, el caudal volumétrico con la densidad del propileno gaseoso a 0,80 MPa (condición de salida de la unidad de purificación) que es de 16,35 kg/m³, ya que se procesa en este estado.

$$V_{glp} = \frac{1.394,87 \text{ kg/h}}{24,38 \text{ kg/m}^3} = 85,31 \text{ m}^3/\text{h}$$

D.1. Adopción de equipos

Para satisfacer por completo los requerimientos del proceso, se sobredimensiona el caudal volumétrico que atraviesa el compresor, en un 20,00 %, con el objetivo de suplir cualquier inconveniente, así como algún aumento de producción.

$$85,31 \text{ m}^3/\text{h} * 1,20 = 102,37 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se adopta un compresor de gas reciprocante marca Blackmer modelo LB601, mismo modelo que el compresor adoptado para el GLP. Las características de este compresor son idénticas al modelo de compresor detallado en la sección B.1.1.



Figura 10.6. Compresor LB601

Fuente: <https://pdf.directindustry.es/pdf/blackmer/ombas-desplazamiento-positivo/15554-648899.html#open2488481>

E. ALMACENAMIENTO DEL PROPILENO 99,50 %

Una vez acondicionado el propileno puro, se almacena en un tanque esférico presurizado a 1,20 MPa, de similares características que el tanque de almacenamiento de GLP.

De acuerdo con lo calculado en la unidad N° 9, el caudal de materia prima purificada que debe almacenarse es de 1.394,87 kg/h, pero como se almacena en estado líquido, se calcula el caudal volumétrico de propileno empleando la densidad del gas licuado a la presión de almacenamiento.

$$V_{glp} = \frac{1.394,87 \text{ kg/h}}{506,28 \text{ kg/m}^3} = 2,76 \text{ m}^3/\text{h}$$

Teniendo en cuenta el sobredimensionamiento de 20,00 %, el caudal volumétrico que se debe almacenar es:

$$2,76 \text{ m}^3/\text{h} * 1,20 = 3,31 \text{ m}^3/\text{h}$$

E.1. Adopción de equipos

Para la adopción de un tanque de almacenamiento más apropiado, se considera la cantidad de propileno que se puede almacenar en 8,00 h. Si bien el proceso es continuo por lo que todo lo purificado se transporta de forma inmediata al reactor, se opta por elegir un tanque de almacenamiento más grande que la capacidad requerida en caso de que surja cualquier imperfecto, por ejemplo, en la etapa de reacción. Si esto ocurre, con un tanque más grande se permite una purificación continua, más allá de si las etapas posteriores se encuentran en funcionamiento o no. Una vez que el desperfecto se soluciona, el proceso puede continuar con la materia prima purificada durante ese tiempo.

$$\text{Capacidad requerida} = 3,31 \text{ m}^3/\text{h} * 8,00 \text{ h} = 26,48 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se adopta entonces un tanque de almacenamiento de propileno presurizado marca SHD, que cuenta con las siguientes características:

- Peso: 9.770,00 kg
- Máxima presión de trabajo: 1,60 MPa
- Dimensiones: diámetro de 2.450,00 mm, altura de 2.000,00 mm y longitud de 7.500,00 mm.
- Material: Q345r
- Capacidad: 30,00 m³



Figura 10.7. Tanque de almacenamiento de propileno 99,50%

Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/30-000kg-lpg-gas-tank-60-1600610130490.html?spm=a2700.details.magic-edit-release-top.7.25f06246QkLG8O>

F. POLIMERIZACIÓN

Luego de la purificación de la materia prima, continúa la etapa de reacción, en donde el monómero rompe su doble enlace y se va uniendo a otras moléculas de propileno, para formar una cadena extensa y de alto peso molecular denominado PP, que posee una contextura de polvo luego de pasar por el equipo de reacción.

En la unidad N° 9, se obtuvo un flujo de propileno al 99,50 % que ingresa al equipo de 1.394,87 kg/h.

F.1. Cálculo de equipos

F.1.1. Dimensiones del reactor

El volumen del reactor a utilizar se calcula de la siguiente manera, utilizando los datos obtenidos en la unidad N° 9:

$$\frac{V_r}{F_A^0} = \frac{x_A}{r_A} \quad (\text{Ec. 10.10})$$

siendo V_r el volumen del reactor, x_A la conversión, F_A^0 el caudal molar inicial de propileno y r_A la velocidad de reacción.

$$V_r = \frac{0,695 * 32,75 \text{ kmol/h}}{5,09 \times 10^{-3} \text{ kmol/L} * h}$$

$$V_r = 4.471,89 \text{ L} \simeq 4,50 \text{ m}^3$$

Sobredimensionando un 20,00 % el volumen necesario, se obtiene:

$$V_r = 4,50 \text{ m}^3 * 1,20 = 5,40 \text{ m}^3$$

Los reactores son tanques agitados por lo que se opta por seguir el diseño estándar planteado por McCabe, Harriot y Smith:

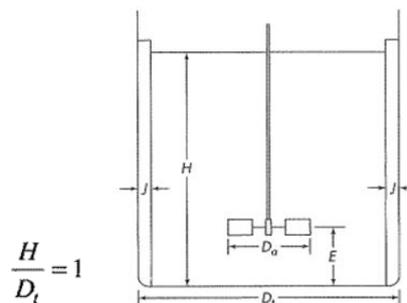


Figura 10.8. Diseño estándar de un tanque agitado.

Fuente: McCabe W., Harriot P., Smith J. (1991). Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. 7ma Ed.

El reactor empleado para esta operación es un reactor tanque agitado continuo de diseño isotérmico. Considerando el volumen de un cilindro:

$$V_r = \pi * \left(\frac{D_t}{2}\right)^2 * h \quad (\text{Ec. 10.11})$$

$$V_r = \pi * \frac{D_t^2}{4} * h$$

Sabiendo que en el diseño estándar de un tanque agitador $\frac{H}{D_t} = 1$:

$$V_r = \pi * \frac{D_t^2}{4} * D_t$$

$$5,40 \text{ m}^3 = \pi * \frac{D_t^3}{4}$$

$$D_t = 1,90 \text{ m}$$

$$D_t = H = 1,90 \text{ m}$$

De acuerdo con lo calculado con anterioridad, el reactor tanque agitado continuo de diseño isotérmico que se emplea para la polimerización posee un diámetro y una altura de 1,90 m.

F.1.2. Determinación de otras características de diseño

El agitador que se utiliza para este tipo de reacciones es un agitador helicoidal, que se caracteriza por ser de un tamaño aproximado al diámetro del tanque ($D_t \cong D_a$) y por ser empleado para mover sustancias muy viscosas. El agitador de cinta helicoidal es ideal ya que genera una transferencia de calor homogénea, posee el doble de eficiencia que otros agitadores, como el de ancla (entre 5 - 10 veces mayor), lo que hace que se reduzcan los costos de operación y los tiempos del proceso debido al movimiento que genera al fluido en su rotación. Cabe aclarar que para el uso de agitadores helicoidales y de ancla, no se deben emplear placas deflectoras debido a que interfieren en el movimiento de los agitadores.

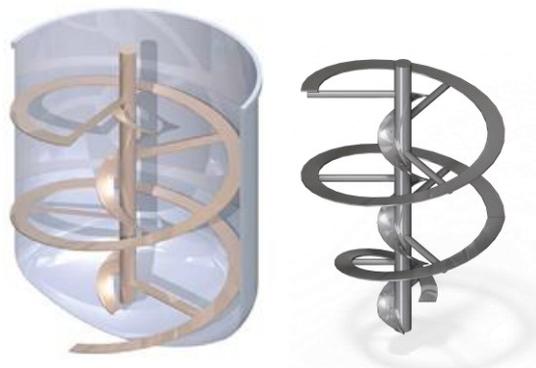


Figura 10.9. Reactor con agitador helicoidal

Fuente: <https://www.rvt-systeme.de/es/productos/dispositivos-agitadores/agitador-helicoidal.html>

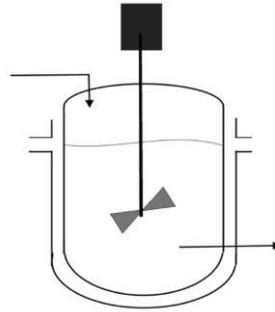


Figura 10.10. Esquema de un reactor tanque agitado continuo.

Fuente: <https://mmip-vvp.blogspot.com/2016/09/reactor-continuo-de-tanque-agitado-el.html>

Otras características que tiene el reactor es que posee una camisa de enfriamiento para mantener la temperatura de reacción a 70,00 °C. No se requiere ningún método de calentamiento debido a que, al trabajar con una presión de 3,00 MPa, el GLP adquiere la temperatura correspondiente por dicho cambio de presión.

La camisa de enfriamiento cubre el 65,00 % del tanque, por lo que el área de intercambio es:

$$A_i = \pi * D_t * H * 0,65 \quad (\text{Ec. 10.12})$$

$$A_i = \pi * 1,90 \text{ m} * 1,90 \text{ m} * 0,65$$

$$A_i = 7,37 \text{ m}^2$$

El material de construcción del reactor es acero inoxidable ya que es el más común para este tipo de aplicaciones.

F.1.3. Cálculo de la potencia del agitador

Para calcular la potencia de un agitador, primero es necesario calcular el Número de Reynolds (N_{Re}).

$$N_{Re} = \frac{D_a^2 * n * \rho_m}{\mu_m} \quad (\text{Ec. 10.13})$$

La densidad de la mezcla del polvo de PP y del gas de propileno (ρ_m), se calcula considerando con las densidades individuales de cada componente y que el 70,00 % de lo que se encuentra dentro del reactor es polvo de PP, siendo lo restante gas de monómero. Cabe aclarar que como la mezcla purificada posee 99,50 % de propileno, la contribución a la densidad de la mezcla por el propano se considera despreciable. Por lo tanto:

$$\rho_{PP} = 900,00 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{propileno} = 67,24 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_m = \rho_{PP} * 0,70 + \rho_{propileno} * 0,30$$

$$\rho_m = 650,17 \text{ kg/m}^3$$

Para calcular la viscosidad de la mezcla (μ_m), el procedimiento es similar, sólo que para conocer la viscosidad del propileno a la temperatura de reacción (70,00 °C), se debe emplear el nomograma para viscosidades de gases aportado por el libro “Perry Manual del ingeniero químico”, sexta edición.

Tabla 10.2. Viscosidades de gases: coordenadas para nomograma

Gas	X	Y	$\mu \times 10^7 \text{ p}$
Propanol (n)	8,4	13,5	770
Propanol (iso)	8,4	13,6	774
Propileno	8,5	14,4	840
Propilo, acetato	8,0	14,3	797
Silano	9,0	16,8	1.148

Fuente: Perry, R. H. 1994. Manual del Ingeniero Químico (6ta edición).

Empleando las coordenadas X e Y que arroja la figura anterior, se marca en el nomograma el punto formado y luego se traza una recta desde la temperatura deseada (70,00 °C) hasta pasar por dicho punto y alcanzar el eje derecho (viscosidad en P).

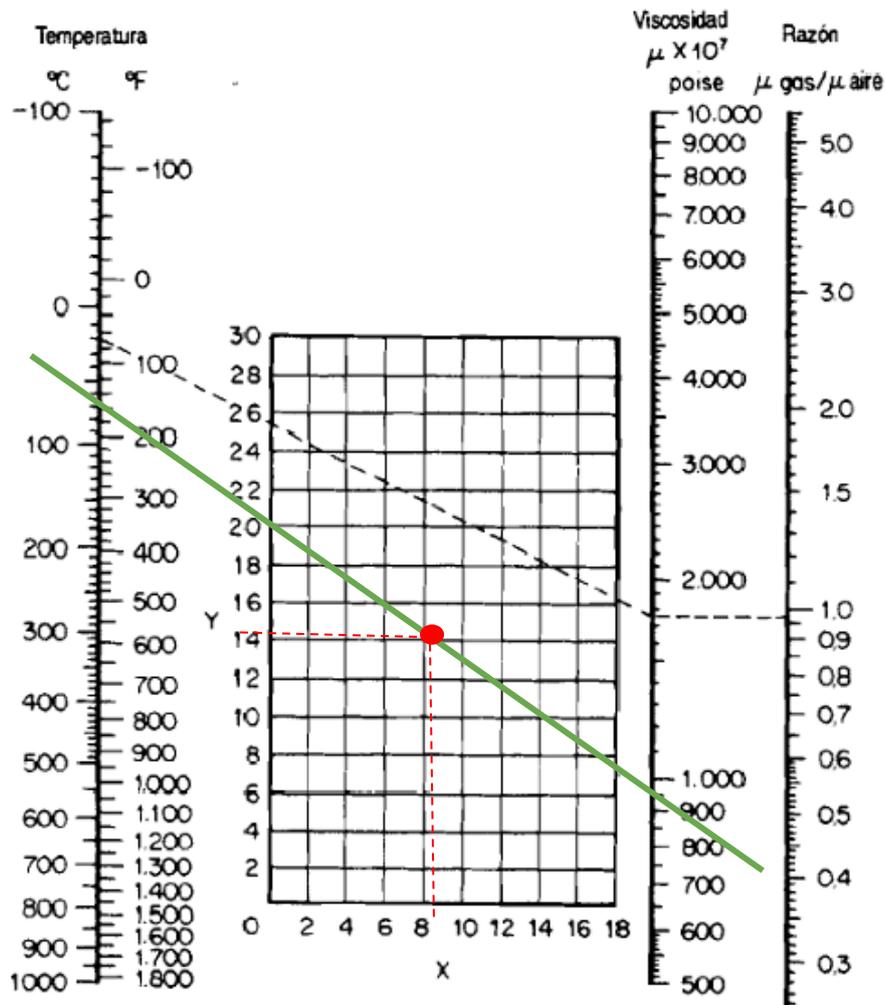


Figura 10.11. Nomograma para determinar la viscosidad de un gas en función de la temperatura.
Fuente: Perry, R. H. 1994. Manual del Ingeniero Químico (6ta edición).

De acuerdo a lo que indica el nomograma, la viscosidad dinámica del propileno a una temperatura de 70,00 °C es de $9,00 \times 10^{-5}$ P.

Por otra parte, se estima que la viscosidad dinámica del PP se encuentra entre $1,50 \times 10^4$ - $3,00 \times 10^4$ P¹⁸. Considerando una viscosidad promedio de $2,00 \times 10^4$ P, la viscosidad de la mezcla de polvo y gas de monómero en el reactor es:

$$\mu_m = \mu_{PP} * 0,70 + \mu_{propileno} * 0,30 \quad (\text{Ec. 10.14})$$

$$\mu_m = [(2,00 \times 10^4) * 0,70 + (9,00 \times 10^{-5}) * 0,30]P$$

$$\mu_m = 1,40 \times 10^4 P$$

¹⁸ Caicedo, C.; Crespo, L.; De la Cruz, H.; Álvarez, N. (2017). Propiedades termo-mecánicas del Polipropileno: Efectos durante el reprocesamiento.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432017000300245
Ontivero Julieta | Toranzo Virginia | Viola Sofía

Con el cálculo de viscosidad se comprueba además que la viscosidad del gas de monómero no tiene demasiada influencia en la viscosidad de la mezcla, debido a que el polvo de PP es mucho más viscoso; por esto también es que se elige un agitador helicoidal para el mezclado.

Con los datos anteriormente calculados, y considerando una velocidad de giro del agitador (n) de 50 rpm, se determina el N_{Re} :

$$N_{Re} = \frac{(1,90 \text{ m})^2 * 0,833 \text{ 1/s} * 650,17 \text{ kg/m}^3}{1,40 \times 10^3 \text{ kg/m s}}$$

$$N_{Re} = 0,735 \rightarrow \text{Flujo laminar } (< 10)$$

$$Pot. = k_L * n^2 * D_a^3 * \mu_m \quad (\text{Ec. 10.15})$$

Donde k_L es una constante, n es la velocidad angular en 1/s, D_a es el diámetro del agitador en m, y μ_m es la viscosidad media de la mezcla en kg/m s.

Tabla 10.3. Valores de k_L y k_T para diferentes tipos de impulsores.

Tipo de impulsor	K_L	K_T
Impulsor hélice, tres palas		
Paso 1.0 ⁴³	41	0.32
Paso 1.5 ³⁷	48	0.87
Turbina		
Disco de seis palas ³⁷ ($S_3 = 0.25, S_4 = 0.2$)	65	5.75
Seis palas inclinadas ⁴² ($45^\circ, S_4 = 0.2$)	—	1.63
Cuatro palas inclinadas ³⁷ ($45^\circ, S_4 = 0.2$)	44.5	1.27
Paleta plana, dos palas ⁴³ ($S_4 = 0.2$)	36.5	1.70
Impulsor HE-3	43	0.28
Cinta helicoidal	52	—
Ancla ³⁷	300	0.35

Fuente: Operaciones Unitarias I, Ingeniería Química (2021)

$$Pot. = 52 * \left(0,833 \frac{1}{s}\right)^2 * (1,90 \text{ m})^3 * \left(1,40 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m s}}\right)$$

$$Pot. = 346.483,20 \text{ W} * \frac{1 \text{ kW}}{1.000 \text{ W}} = 346,48 \text{ kW}$$

G. SEPARACIÓN DEL POLVO DE PP DEL GAS DE MONÓMERO NO CONVERTIDO

Por la diferencia de presiones que existe entre el reactor y el ciclón de descarga, el polvo es transportado por el mismo gas de monómero y con la fuerza impulsora de la diferencia de presiones.

Como se desea separar el polvo de PP y el gas de monómero no convertido, se utiliza un ciclón de descarga. El mismo permite la separación del material particulado de una corriente gaseosa, basándose en el principio de impacto inercial, generado por la fuerza centrífuga.

El flujo másico total calculado en la unidad anterior que ingresa al ciclón es de 1.397,12 kg/h, este flujo viene dado por la suma del polvo de PP que ingresa (1.396,60 kg/h), más el flujo de catalizador y co-catalizador que ingresa (0,52 kg/h). En base a esto, se calcula entonces el caudal de ingreso al equipo, considerando la densidad de la mezcla que se calcula en la sección de diseño del reactor. La densidad de la mezcla (ρ_m), es de:

$$\rho_m = 650,17 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{\text{ingreso ciclón}} = \frac{1.397,12 \text{ kg/h}}{650,17 \text{ kg/m}^3} = 2,15 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se sobredimensiona un 20,00 %, por lo que:

$$V_{\text{ingreso ciclón}} = 2,15 \text{ m}^3/\text{h} * 1,20 = 2,58 \text{ m}^3/\text{h}$$

G.1. Adopción de equipos

En base a los datos obtenidos se busca un equipo que se adapte a estos requerimientos.

Los separadores ciclones industriales aprovechan la fuerza centrífuga para separar los sólidos de una corriente de gas. Se producen dos espirales de gas, una descendente por la parte exterior y otra ascendente por la parte interior. Los sólidos descienden pegados a la pared del ciclón hasta la boca de salida, separándose de la corriente de gas ascendente, por efecto de la gravedad.

Se selecciona un separador ciclónico FX75 de la compañía Shicheng Yees Mining Equipment Co., que posee las siguientes características:

- Índice de recuperación: 90,00 - 99,00 %
- Capacidad: 2,00 - 5,00 m³/h
- Peso: 7,00 kg
- Diámetro interior: 75,00 mm
- Ángulo del cono: 15°
- Diámetro del tubo de desbordamiento: 15,00 - 22,00 mm
- Diámetro de salida inferior: 6,00 - 12,00 mm
- Presión de alimentación: 0,10 - 0,40 MPa
- Altura: 456,00 mm
- Potencia: 0,16 kW



Figura 10.12. Separador ciclónico FX75 para polvo y gas.

Fuente: https://www.alibaba.com/product-detail/Mineral-Separator-Factory-Price-Direct-Sale_1600162553141.html?spm=a2700.7735675.0.0.5f7a8sY88sY8hq&s=p

H. SEPARACIÓN DEL POLVO DEL MONÓMERO RESIDUAL

El equipo que se emplea para la purga del polvo de PP con nitrógeno con el objetivo de eliminar las trazas de propileno residual que no reaccionaron se denomina silo de purga. De acuerdo con lo calculado en la unidad N° 9, la cantidad de polvo que se necesita purgar es 1.397,11 kg/h. Si se sobredimensiona el 20,00 % se obtiene:

$$1.397,11 \text{ kg/h} * 1,20 = 1.676,53 \text{ kg/h}$$

H.1. Cálculo de equipos

Como el equipo es complejo y difícil de conseguir, y simplemente se trata de un tanque agitador cilíndrico con paletas, y entrada y salida de nitrógeno, se decide adoptar por separado estas partes.

Para la elección del tanque agitador con paletas, se tiene en cuenta tanto la capacidad del tanque como la potencia del agitador. Para el cálculo de la potencia, se debe calcular el volumen del tanque. Se sabe que se deben purgar 1.676,53 kg en cada hora de proceso, por lo que, considerando la densidad del PP (debido a que es el componente en mayor cantidad y de propileno solo existen trazas):

$$V_T = \frac{1.676,53 \text{ kg}}{900,00 \text{ kg/m}^3} = 1,86 \text{ m}^3$$

Luego, se emplea la siguiente ecuación para calcular D_t (diámetro del tanque) y H (altura del tanque), suponiendo una relación 1:1 entre las variables (se considera tanque de diseño estándar):

$$V_T = \pi * \frac{D_t^2}{4} * h$$

Sabiendo que en el diseño estándar de un tanque agitador $\frac{H}{D_t} = 1$:

$$V_T = \pi * \frac{D_t^2}{4} * D_t$$

$$1,86 \text{ m}^3 = \pi * \frac{D_t^3}{4}$$

$$D_t = 1,33 \text{ m}$$

A su vez, como se emplean las medidas de tanque estándar se conoce que $D_a = \frac{D_t}{3}$, por lo que el D_a (diámetro del agitador) es:

$$D_a = \frac{1,33 \text{ m}}{3}$$

$$D_a = 0,44 \text{ m}$$

Una vez calculadas las dimensiones del tanque agitador cilíndrico, se calcula N_{Re} para conocer el tipo del fluido que se maneja (laminar o turbulento), tal como se hizo con el diseño del reactor, y considerando una velocidad de giro del agitador (n) de 59 rpm:

$$N_{Re} = \frac{(0,44 \text{ m})^2 * 0,983 \text{ 1/s} * 900,00 \text{ kg/m}^3}{2,00 \times 10^3 \text{ kg/m s}}$$

$$N_{Re} = 0,085 \rightarrow \text{Flujo laminar } (< 10)$$

$$Pot. = k_L * n^2 * D_a^3 * \mu_m$$

Cabe aclarar que para la densidad y viscosidad de la mezcla PP y trazas de propileno, se emplea sólo las del PP debido a que es el componente que se encuentra en mayor cantidad y es el más representativo. Estos datos fueron determinados en la sección de diseño del reactor.

El k_L del agitador empleado (paleta plana), de acuerdo con la figura 10.13 es de 36,50, por lo que la potencia del agitador es:

$$Pot. = 36,50 * \left(0,983 \frac{1}{s}\right)^2 * (0,44 \text{ m})^3 * \left(2,00 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m s}}\right)$$

$$Pot. = 6.008,80 \text{ W} * \frac{1 \text{ kW}}{1.000 \text{ W}} = 6,01 \text{ kW}$$

H.2. Adopción de equipos

Se adopta un tanque agitador modelo SJBf-7.5 marca SIEHE, con agitador con paletas planas, y las siguientes características:

- Capacidad: $\leq 2.500,00$ L
- Material: Acero Inoxidable SS304
- Peso del tanque: 450,00 kg
- Modelo: SJBf-7.5
- Potencia: 7,50 kW
- Velocidad: 59 rpm



Figura 10.13. Tanque agitador para purga.

Fuente: https://www.sieheindustry.com/product_detail/mixing-kettle

Por otra parte, para lograr la purga con nitrógeno se adopta un equipo que es un sistema de purga de un solo punto único y fácil de usar que presuriza equipos o recintos con gas seco para eliminar la humedad y gases residuales, denominado NEPS 1.000 de la marca AGM Container. Proporciona una purga más completa y un uso más eficiente del gas seco, en comparación con una purga tradicional de doble punto o de paso, cuando el gas seco normalmente sigue el camino de menor resistencia desde el punto de entrada hasta el punto de salida del equipo.

El NEPS proporciona una operación automática con una mínima intervención del usuario. El sensor de punto de rocío incorporado mide y muestra el punto de rocío del aire que sale del equipo durante el ciclo de despresurización. Esta cuantificación de la operación de purga asegura la eficacia de la purga y evita gastos innecesarios de gas seco.

El dispositivo se conecta directamente con el tanque de nitrógeno y con el tanque agitado y permite la purga con este gas.

Las características del equipo son las siguientes:

- Flujo de nitrógeno: 120,00 L/h
- Presión: 0,010 - 0,034 MPa
- Dimensiones: ancho de 490,00 mm y alto de 190,00 mm
- Fuerza: 100,00 - 230,00 V
- Consumo de energía: 3,00 A
- Peso: 10,00 kg

- Temperatura de almacenamiento: -50,00 - 65,00 °C
- Modelo: NEPS 1.000



Figura 10.14. Dispositivo NEPS 1.000 ADVANTAGE PURGE SYSTEMS.
Fuente: <https://www.agmcontainer.com/product/advantage/>

I. ALMACENAMIENTO DE POLVO DE PP

El polvo de PP completamente limpio es enviado a un silo de polvo en donde se almacena para su posterior estabilización. De acuerdo con la unidad anterior, el polvo que ingresa al silo es de 975,01 kg/h. Para la adopción del equipo se considera la cantidad de polvo que se necesita almacenar en un día, de modo que, si existe algún imprevisto en las etapas posteriores, el proceso puede continuar hasta la producción del polvo, ya que el reactor es continuo.

$$\text{Capacidad requerida} = 975,01 \text{ kg/h} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} = 23.400,00 \text{ kg/d}$$

Teniendo en cuenta un sobredimensionamiento de 20,00 %, se necesita almacenar:

$$\text{Capacidad requerida} = 23.400,00 \text{ kg/d} * 1,20 = 28.000,00 \text{ kg/d}$$

Considerando un diámetro de 3,00 m, y teniendo en cuenta la densidad del PP de 900,00 kg/m³, la altura del tanque es:

$$\text{Capacidad requerida} = \frac{\pi * (D_{\text{silo}})^2}{4} * h * \rho_{PP}$$

$$28.000,00 \text{ kg} = \frac{\pi * (3,00 \text{ m})^2}{4} * h * 900,00 \text{ kg/m}^3$$

$$h = 4,40 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta la altura calculada, se calcula el volumen del silo de almacenamiento.

$$V_{\text{silo}} = \frac{\pi * (D_{\text{silo}})^2}{4} * h = \frac{\pi * (3,00 \text{ m})^2}{4} * 4,40 \text{ m} = 31,11 \text{ m}^3$$

I.1. Adopción de equipos

De todos los tipos de silos, el más común para estas aplicaciones es el silo cilíndrico vertical con fondo cónico, montado sobre una estructura de soporte.

El silo de almacenamiento adoptado es de la marca Sodimate, con las siguientes características:

- Silo vertical troncocónico
- Capacidad: 35,00 m³
- Altura del cilindro: 4,40 m
- Altura del soporte: 5,17 m
- Altura total: 9,57 m
- Diámetro: 3,00 m
- Material: poliéster
- Soporte: faldón (habitáculo interior) o estructura metálica, o fijados a estructuras de obra civil.
- Gran capacidad de almacenamiento
- Bajo mantenimiento



Figura 10.15. Silo de almacenamiento de polvo.

Fuente: <https://sodimateiberica.com/wp-content/uploads/2022/09/10.-SODIMATE-Silo-de-almacenamiento.pdf>

J. EXTRUSIÓN

La extrusión es el proceso mediante el cual los sólidos (polvos) obtenidos a partir de la etapa de polimerización, se funden por el accionar del calor para luego ser sometidos a un efecto cortante. El propósito de este equipo consiste en la obtención de pellets de PP en su forma y dimensiones finales. Para ello, se deben tener en cuenta las temperaturas de trabajo y el suplemento de aditivos que permitan la aglomeración de las partículas para formar un sólido granular de tamaño significativo.

El funcionamiento de la extrusión se basa en el abastecimiento de la materia prima a través de una tolva en la parte superior del equipo. Seguidamente se proporciona un “cañón” que genera calor y se cuenta con husillos que realizan una fuerza de empuje hacia un tubo estilo cilindro. El proceso es llevado a cabo a través de la elevación de temperatura y presión.

En el caso de polímeros, se realiza una inyección de agua para facilitar el acabado, controlar temperaturas, mejorar rendimientos, facilitar el transporte, entre otros. El tornillo sin fin o husilla se mueve en el cilindro para así poder fundir el material y presionarlo para que atraviese una boquilla, la cual es responsable de definir la forma final del producto. Luego se lleva a cabo un proceso de enfriamiento y solidificación. El tipo de extrusora elegido y su capacidad, deben ser compatibles con el material utilizado (PP).

J.1. Adopción de equipos

En la extrusión deben ser tenidas en cuenta las propiedades fundamentales del material a pelletizar. Entre las más importantes se encuentran la resistencia a la tensión y el punto de fusión. Debido que se trabaja con PP, se decide utilizar un equipo de extrusión con las siguientes características:

- Pelletización sumergida en agua: mejor opción para polímeros. Este sistema permite el control del tamaño y la forma del pellet. Los pellets redondos únicamente pueden ser logrados de esta manera. Además, el tamaño menor a 1,00 mm se logra a través de la utilización de agua en el proceso. El grano se corta sin haber solidificado. Inmediatamente es endurecido con agua fría, para obtener una forma regular y uniforme.
- Para la obtención de PP con las características técnicas necesarias, se utiliza un doble husillo ya que generan una mezcla extremadamente efectiva entre el material plástico y aditivos. Esto es posible debido al aumento de las fuerzas de cizallamiento contra las paredes del cilindro y entre los tornillos.

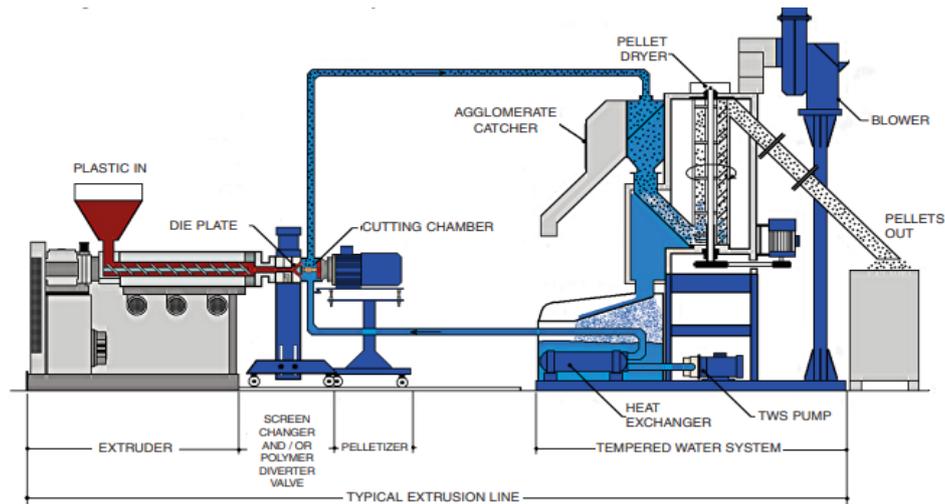


Figura 10.16. Esquema de sistema extrusora/secadora.

Fuente: <https://www.telfordsmith.com.au/cms/uploads/Telford-Smith-Gala-Underwater-Pelletising-Systems-755.pdf>

La producción de pellets cuenta con un caudal másico de 975,01 kg/h de polvo de PP, adicionando 9,75 kg/h de aditivo como canal de entrada, obteniendo así una corriente de salida de 984,76 kg/h; de acuerdo a lo calculado en la unidad N° 9. Teniendo en cuenta un sobredimensionamiento del 20,00 %, el caudal másico de polvo que ingresa a la extrusora es:

$$\text{Cant. polvo extrusor} = (975,01 \text{ kg/h} + 9,75 \text{ kg/h}) * 1,20 = 1.181,71 \text{ kg/h}$$

De esta manera, se selecciona una extrusora con las siguientes características:

- Modelo: DYSXQ150
- Capacidad de producción: 600,00 - 1500,00 kg/h
- Tipo de válvula de peletización: DV-30
- Poder calorífico: 12,00 kW
- Potencia del motor: 11,00 kW
- Velocidad: 500 - 3.000 rpm
- Tamaño de la apertura: 0,50 - 3,20 mm
- Número de aperturas: 30 - 72
- Flujo de agua: 15,00 - 20,00 m³/h
- Potencia de la bomba: 5,50 kW
- Dimensiones (largo x ancho x alto): 3.300,00 x 1.200,00 x 2.100,00 mm.

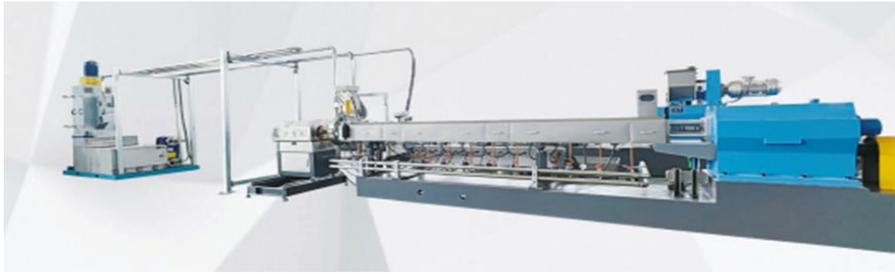


Figura 10.17. Extrusora bajo agua para pellets de PP.

Fuente: https://dongyueplasticextruder.cn/product/underwater-pelletizing-extruder-machine-line/?gclid=Cj0KCQjwqP2pBhDMARIsAJQ0Czqz1aucKWMjssc98bDpfYLnIR1OXV2T9kYEsF_6ErkBQm05BQ_87roaAucXEALw_wcB

K. SECADO

Un secador de plástico es esencial para asegurar el cumplimiento de la calidad y garantizar la eficiencia en los procesos. Estos equipos están diseñados para eliminar la humedad de los materiales plásticos para luego ser utilizados en otras etapas de procesamiento.

Una de las características más importantes de los secadores es reducir la cantidad de burbujas y posibles defectos que las piezas de plástico puedan llegar a tener en su superficie. Por ende, mejora la apariencia de los productos terminados y evita el daño por corrosión de los equipos que son utilizados en etapas posteriores.

Teóricamente, estos equipos pueden disminuir la absorción de humedad en más de un 50,00 % y minimizar el surgimiento de daños de superficie en un 80,00 %. Los secadores de plásticos, generalmente son considerados como un conjunto con las máquinas extrusoras debido a su funcionamiento dependiente en cadena para obtener el producto final con la menor presencia de agua posible.

Existen tres tipos principales de secadores de plástico: los secadores de refrigeración, los secadores de desecante y los secadores de aire caliente. Los secadores de refrigeración funcionan enfriando el aire que entra en contacto con el material plástico, debido a que se produce un efecto de condensación de la humedad del aire y la separa del plástico. Los secadores de desecante emplean materiales desecantes para extraer la humedad del aire, generalmente utilizados para materiales muy húmedos. Los secadores de aire caliente son empleados para precalentar los plásticos que no son higroscópicos. Estos equipos son altamente utilizados debido a que son económicamente viables, ya que emplean el aire del ambiente para extraer la humedad del plástico. Además, el aire frío absorbe menor cantidad de humedad que el aire caliente.

K.1. Adopción de equipos

El PP se considera un plástico no higroscópico ya que no absorbe moléculas de agua en su estructura polimérica. Así es posible extraer hasta un 0,10 % de humedad o menos en el plástico. Este porcentaje se considera más que satisfactorio para el proceso de pelletización de PP. Además, estos secadores son considerablemente más económicos y simples de mantener que los dos secadores nombrados con anterioridad.

El flujo de pellets más agua que ingresa al secador es de 3.484,76 kg/h, de acuerdo al caudal másico calculado en la unidad N° 9. Realizando un sobredimensionamiento del 20,00 %, la capacidad del secador debe ser de:

$$\text{Capacidad secador} = 3.484,76 \text{ kg/h} * 1,20 = 4.181,72 \text{ kg/h}$$

$$\text{Capacidad volumétrica} = \frac{4.181,72 \text{ kg/h}}{900,00 \text{ kg/m}^3} * \frac{1.000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 4.646,35 \text{ L/h}$$

El secador de aire caliente elegido, posee las siguientes especificaciones:

- Modelo: 5.000U
- Potencia del calentador: 80,00 kW
- Potencia del soplador: 11,00 kW
- Capacidad: 5.000,00 L
- Diámetro superior: 1.600,00 mm
- Diámetro de la boca de salida: 210,00 mm
- Doble capa de acero inoxidable para aislamiento
- Dimensiones (alto x ancho): 4.775,00 x 2.010,00 mm.



Figura 10.18. Secadora centrífuga para pellets de PP.

Fuente: https://www.shini.com/en/products_i_Hopper_Dryers-SHD-U.html

L. HOMOGENEIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Un silo mezclador u homogeneizador se utiliza para la homogeneización y el almacenamiento del producto, específicamente para plásticos. Esta etapa es muy importante ya que permite optimizar el proceso productivo.

Las partes que componen el silo son un cilindro sobre una base, dentro del mismo se encuentra un aparato de mezcla. La homogeneización realiza un movimiento rotativo a través de un sinfín que está colocado verticalmente. Al estar en funcionamiento el silo los materiales dentro del cilindro se encuentran distribuidos de manera uniforme.

De acuerdo con la unidad N° 9, la cantidad de pellets a homogeneizar es de 971,43 kg/h. Estimando un sobredimensionamiento del 20,00 %:

$$\text{Capacidad silo homogeneización} = 971,43 \text{ kg/h} * 1,20 = 1.165,72 \text{ kg/h}$$

Siendo la densidad del PP de 900,00 kg/m³, la capacidad necesaria del silo de homogeneización es de:

$$\text{Capacidad volumétrica silo} = \frac{1.165.72 \text{ kg/h}}{900,00 \text{ kg/m}^3} = 1,29 \text{ m}^3/\text{h}$$

L.1. Adopción de equipos

Debido a que se utiliza no solo para homogeneizar sino también como almacenamiento, es conveniente la selección de un tanque homogeneizador que permita almacenar producto obtenido en 4 h de trabajo, debido a que la envasadora no funciona las 24 h del día, sino que envasa cada 3 - 4 h.

$$\text{Capacidad volumétrica silo} = 1,29 \text{ m}^3/\text{h} * 4 \text{ h}$$

$$\text{Capacidad volumétrica silo} = 5,16 \text{ m}^3/\text{h}$$

Sobredimensionando un 20,00 %, la capacidad que debe tener el silo es:

$$\text{Capacidad volumétrica silo} = 5,16 \text{ m}^3/\text{h} * 1,20$$

$$\text{Capacidad volumétrica silo} = 6,19 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se elige un tanque mezclador con sinfín cónico Hosokava MICRON B.V de la marca Nauta. El mismo consiste en un mezclador de convección con una eficiencia de mezcla muy alta. La mezcla es suave y garantiza el más alto nivel de precisión sin deformación del producto. La velocidad promedio del sinfín es de 70 rpm mientras que el brazo gira de 1 a 2 rpm.

Al girar, el sinfín mezclador transfiere el producto desde el fondo del tanque a la superficie del producto. El sinfín mezclador está suspendido de un brazo orbital que gira el agitador a lo largo de la pared del recipiente cónico, lo que produce la convección de la mezcla de partículas y el corte. A medida que el sinfín mezcla los pellets, estos van fluyendo hacia abajo a medida que disminuye el diámetro del recipiente. Estas acciones simultáneas dan como resultado una mezcla rápida e intensa con bajo consumo de energía y alta precisión.

Los mezcladores Nauta son adecuados para una amplia gama de actividades de procesamiento en las industrias farmacéutica, alimentaria, de plásticos, de metales y minerales, nuclear, química, de pigmentos y de recubrimientos.

Las características que posee el homogeneizador son:

- Capacidad: 10,00 m³
- Diámetro: 3.550,00 mm
- Altura del recipiente: 5.000,00 mm
- Altura con motor incluido: 6.200,00 mm
- Potencia del motor: 22,00 kW



Figura 10.19. Silo de homogeneización y almacenamiento cónico.

Fuente: <https://www.hosokawa-micron-bv.es/tecnologias-procesamiento/mezcladores/mezclador-sinfin-conico-lotes-nauta.html>

M. ENVASADO

La ensacadora o envasadora es la responsable del dosificador de producto dentro del saco final. Dependiendo del grado de automatización del equipo, también se puede incluir una balanza, para el llenado preciso, y una cosedora para cerrar las bolsas. En el caso de un equipo semiautomático, parte de las operaciones se realizan con ayuda humana y parte son automáticas. El operario es responsable de colocar los sacos en la boca de alimentación, presionar los botones de inicio y parada y quitar la bolsa cuando el proceso acabe. Las ventajas de este tipo de proceso son la facilidad de utilización, la rapidez y el fácil mantenimiento, aunque también necesita de un gran esfuerzo físico por parte del operario.

El funcionamiento se basa en introducir el producto en una tolva que en su parte inferior contiene una válvula para controlar el caudal del producto, la misma se conecta al saco que queremos llenar.

M.1. Adopción de equipos

Para evitar el gasto innecesario de energía, conviene utilizar una ensacadora con caída por gravedad. Las bolsas que se utilizan en el ensacado de pellets generalmente son del tipo bolso con fuelle, de material PE, con capacidad para 25,00

kg de producto. Además, los pallets tienen una disponibilidad para 60 sacos con dimensiones 1.300,00 mm de ancho y 1.100,00 mm de largo. De este modo, las bolsas poseen un ancho de 435,00 mm y un alto de 650,00 mm.

Debido a que la cantidad por hora producida de pellets es de 971,47 kg, se divide por el peso neto de la bolsa llena, calculando así la cantidad de bolsas por hora que debe llenar el equipo.

$$\text{Cant. bolsas de PP} = \frac{971,47 \text{ kg/h}}{25,00 \text{ kg}} = 38,85 \text{ bolsas/h} \approx 39,00 \text{ bolsas/h}$$

Suponiendo un sobredimensionamiento de 20,00 %:

$$39,00 \text{ bolsas/h} * 1,20 = 46,80 \approx 47,00 \text{ bolsas/h}$$

La envasadora elegida, capaz de suministrar la demanda posee las siguientes características:

- Rango de peso: 10,00 - 25,00 kg
- Capacidad: hasta 200 sacos/h
- Potencia: 4,00 kW
- Presión de aire: 0,40 - 0,60 MPa
- Ambiente de trabajo: -10,00 - 50,00 °C
- Humedad: < 90,00 %
- Dimensiones (alto x ancho): 2.745,00 x 3.000,00 mm
- Modelo: LCS-TYZW-25



Figura 10.20. Envasadora LCS-TYZW-25.

Fuente: <https://es.baggingwxytech.com/LOS-PRODUCTOS/M%C3%A1quina-de-ensacado-de-gr%C3%A1nulos-de-boca-abierta-con-sistema-de-alimentaci%C3%B3n-por-gravedad/>

Se determina que la envasadora funcione un total de 5 h/d, produciendo aproximadamente 200 bolsas de 25,00 kg de PP en cada hora de funcionamiento, que abarcaría la totalidad de las bolsas que se deben producir por día.

N. ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO TERMINADO

Luego de envasados los pellets de PP en bolsas de 25,00 kg y paletizados, se procede a almacenarlos en un depósito de producto terminado.

Los pallets empleados poseen las siguientes dimensiones: 1.300,00 x 1.100,00 mm; mientras que las bolsas son de 650,00 x 550,00 mm. Por pallet caben 60 bolsas de 25,00 kg, por lo que se calcula la cantidad de pallets producidos, teniendo en cuenta que se producen 22,70 t/d de pellets:

$$22,70 \frac{t}{d} * 1,20 * \frac{1.000 \text{ kg}}{1 t} = 27.240,00 \text{ kg/d}$$

$$\text{Bolsas} = \frac{27.240,00 \text{ kg/d}}{25 \text{ kg}} = 1.089,60 \text{ bolsas/d}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de pallets} = \frac{1.089,60 \text{ bolsas/d}}{60 \text{ bolsas/pallet}} = 18,16 \text{ pallets/d} \approx 18 \text{ pallets/d}$$

Se estima que los pallets de producto terminado se almacenan durante una semana como máximo antes de ser vendidos a los clientes. Por lo que:

$$\text{N}^\circ \text{ de pallets} = 18 \text{ pallets/d} * \frac{7 d}{1 \text{ sem}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de pallets} = 126 \text{ pallets/sem}$$

N.1. Dimensionamiento del recinto de almacenamiento

Se dimensiona el recinto de almacenamiento para poder albergar pallets de producto terminado, teniendo en cuenta que se pueden apilar hasta 2 pallets de 1.800,00 mm de altura por columna. Cabe aclarar que no se apilan propiamente dicho, sino que se disponen en dos niveles en una estructura denominada racks.

$$\text{Área recinto} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de pallets}}{2} * A_{\text{pallet}}$$

$$\text{Área recinto} = 63 \text{ pallets} * (1,30 \text{ m} * 1,10 \text{ m})$$

$$\text{Área recinto} = 90,09 \text{ m}^2$$

Suponiendo una altura del recinto (h) de 6,00 m, y un sobredimensionamiento del 50,00 % para favorecer la correcta circulación dentro del depósito, el volumen del mismo es de:

$$V_{depósito} = \text{Área recinto} * h * 1,50$$

$$V_{depósito} = 90,09 \text{ m}^2 * 6,00 \text{ m} * 1,50$$

$$V_{depósito} = 810,81 \text{ m}^3$$

Se dimensiona entonces un depósito de producto terminado de (alto x ancho x largo): 6,00 x 6,50 x 20,77 m.



Figura 10.21. Racks selectivos para pallets.

Fuente: <https://www.mecalux.com.ar/racks-para-pallets/racks-selectivos>

CÁLCULO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS ACCESORIOS DE PROCESO

A continuación, se calculan y adoptan los equipos accesorios de proceso que tienen como finalidad ser intermediarios entre cada etapa. En la siguiente tabla se detallan los equipos accesorios empleados:

Tabla 10.4. Equipos accesorios del proceso

Función	Subfunción	Equipos	Cantidad
Transporte de sólidos	Transporte del silo de purga al silo de polvo	Transporte neumático en fase densa VF02	1
	Transporte del silo de polvo al extrusor; y del secador al silo de homogeneización	Transporte tubular a cadenas TDC SolidPro	2
	Transporte del silo de homogeneización a la envasadora	Transportador sinfín tubular RFS-180/150	1
	Transporte de bolsas de producto	Transportador de rodillos Maquin Pack	2
	Paletizadora	Paletizadora Zhenheng	1

Función	Subfunción	Equipos	Cantidad
	Estrichadora	Palletizadora Automática FORMACOF-200	1
	Transporte de pallets	Transpaleta eléctrica LPE250 Toyota	2
		Autoelevador modelo 8FD25 Toyota	2
Transporte de líquidos	Bombeo del propileno líquido al reactor	Bomba centrífuga QP-160	1
Almacenamiento de insumos	Almacenamiento de propano	Tanque esférico presurizado CIMC HONTO	1
	Almacenamiento de hidrógeno	Tanque vertical cilíndrico LH200V	1
	Almacenamiento de nitrógeno	Tanque criogénico presurizado CNCO	1
Acondicionamiento de sustancias	Compresión de propano	Compresor LB361	1
	Filtración del gas de monómero	Filtro clarificante de gas seco	1
	Compresión del propileno filtrado	Compresor LB161	1
	Condensación del propileno gaseoso	Intercambiador de placas Alfa Laval	1

A. TRANSPORTE DE SÓLIDOS

A.1. Transporte polvo del silo de purga al silo de almacenamiento

El flujo de polvo de PP que sale del silo de purga, debe ser transportado al silo de almacenamiento. De acuerdo con lo calculado en la unidad N° 9, la cantidad de polvo que sale del silo de purga es 975,01 kg/h.

Si se sobredimensiona un 20,00 %, se obtiene:

$$Cant. \text{ de polvo} = 975,01 \text{ kg/h} * 1,20 = 1.170,012 \text{ kg/h}$$

$$Cant. \text{ de polvo} = 1.170,012 \text{ kg/h} * \frac{1 \text{ t}}{1.000 \text{ kg}} = 1,17 \text{ t/h}$$

A.1.1. Adopción de equipos

Para el transporte del polvo al silo de almacenamiento, se elige un transporte neumático en fase densa VF02 de Palamatic.

La transferencia neumática aspirada fase densa permite transportar el producto de forma continua y confinada. La presencia del vibrador neumático permite un mejor flujo de polvos y productos a granel. El producto se aspira a través de una caja de engranajes instalada en el punto de inserción (sin válvula rotativa) por medio de una bomba de polvo de vacío (eléctrica o neumática) a un ciclón de entrada industrial (ciclofiltro) con entrada tangencial (cilíndrica), que está equipado con pequeños filtros que permiten que el aire se separe del producto. Este ciclón está equipado con una válvula mariposa (u otra si el proceso lo requiere) y un sensor de nivel que permite su vaciado a intervalos regulares. Se instala muy fácilmente y es fácilmente extendible, realizando la toma desde varios puntos de alimentación.

Posee tres funciones principales: transporte aspirado, dosificación del producto transportado, y pesaje y medición.

Las características que posee el transporte elegido son:

- Dimensiones totales (alto x ancho): 1.319,00 x 947,00 mm
- Diámetro de la tubería: 51,00 mm
- Diámetro de la salida del producto: 200,00 mm
- Capacidad: 1,00 - 2,00 t/h
- Potencia: 4,30 kW



Figura 10.22. Transporte neumático VF02 para polvos.

Fuente: <https://www.palamaticprocess.es/maquinas-industriales/transporte-neumatico/aspirado-fase-densa>

A.2. Transporte de polvo de PP del silo de polvo al extrusor y de pellets del secador al silo de homogeneización

El polvo de PP purificado en el silo de purga es transportado al extrusor para luego ser convertido en pellets. El flujo másico de polvo que se requiere transportar al extrusor es 975,01 kg/h. Se calcula el caudal a transportar, con la densidad del PP:

$$\text{Cant. a transportar} = \frac{975,01 \text{ kg/h}}{900,00 \text{ kg/m}^3} = 1,08 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se sobredimensiona un 20,00 % para poder satisfacer cualquier aumento de producción, por lo que la cantidad de polvo de PP a transportar es:

$$\text{Cant. a transportar} = 1,08 \text{ m}^3/\text{h} * 1,20 = 1,30 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por otra parte, el flujo de pellets desde el secador se envía al silo de homogeneización para su posterior mezcla y almacenamiento, por lo que la cantidad de pellets que se deben transportar hasta el silo de homogeneización es de 971,43 kg/h de acuerdo a lo calculado en la unidad N° 9:

$$\text{Cant. a transportar} = \frac{971,43 \text{ kg/h}}{900,00 \text{ kg/m}^3} = 1,079 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se sobredimensiona un 20,00 %, por lo que la cantidad de pellets de PP a transportar es:

$$\text{Cant. a transportar} = 1,079 \text{ m}^3/\text{h} * 1,20 = 1,29 \text{ m}^3/\text{h}$$

A.2.1. Adopción de equipos

Para transportar el polvo desde el silo de polvo al extrusor, y los pellets del secador al silo de homogeneización, se elige un sistema de transporte tubular a cadenas TDC (Tubular Drag Conveyor) de SolidPro, debido a que desplaza sólidos de manera suave, haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica. Este equipo, permite desplazamientos en los tres planos del espacio, sin dañar el producto, evitando también disgregación por tamaños de partículas.

Al ser completamente estancos, este transporte evita la pérdida de producto, y se pueden configurar con múltiples entradas y salidas según corresponda. Permite transportar sólidos granulares o polvos micronizados, alimentos para consumo humano o desechos, sólidos secos o lodos pegajosos.

Posee los siguientes componentes: 1) cabezal conductor, 2) válvulas de descarga, 3) curvas, 4) visores, 5) accesorios de montaje, 6) bocas de ingreso, y 7) cabezal conducido; con las siguientes características.

- Materiales de construcción: acero inoxidable o acero al carbono.
- Curvas con un radio de 90° (alternativas de 35°, 40° y 60°).
- Caudal máximo de 3,00 m³/h.
- Dimensiones: según cada requerimiento.
- Potencia: 1,50 kW

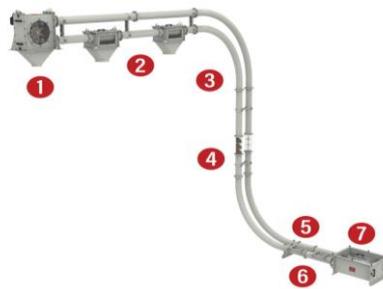


Figura 10.23. Transportador TDC para el polvo y pellets de PP.
Fuente: <https://solidpro.com.ar/tdc/>

A.3. Transporte de los pellets del silo de homogeneización a la envasadora

Para el transporte de los pellets desde el silo de homogeneización a la etapa de envasado, se requiere un transporte de sólidos apropiado. Para la selección del mismo, se tiene en cuenta el caudal másico de pellets de PP a la salida del silo de homogeneización calculado en la unidad N° 9. El mismo es de 971,43 kg/h.

Se calcula el caudal volumétrico que es necesario transportar, con la densidad del PP:

$$\text{Cant. de pellets a transportar} = \frac{971,43 \text{ kg/h}}{900,00 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Cant. de pellets a transportar} = 1,08 \text{ m}^3/\text{h}$$

Sobredimensionando un 20,00 % para asegurar la capacidad del transporte a elegir, se obtiene:

$$\text{Cant. de pellets a transportar} = 1,08 \text{ m}^3/\text{h} * 1,20 = 1,29 \text{ m}^3/\text{h}$$

A.3.1. Adopción de equipos

Se considera apropiado un transportador sinfín tubular, debido a que se emplean comúnmente para el transporte de sólidos pulverulentos o a granel, productos molidos o mezclas, en la industria alimentaria, química, farmacéutica y plástica. El sinfín del tipo RFS-180/150 seleccionado, de conexión inclinado para pellets, está compuesto de un tubo de transporte y espiral, cojinetes con bridas frontales, entrada y salida sin transiciones, y un motorreductor con tornillo sinfín de inserción.

Las principales características de este transporte son:

- Caudal a transportar: 1,00 - 5,00 m³/h
- Diámetro del sinfín: 150,00 mm
- Potencia: 0,55 - 1,50 kW

- Longitud: 2,00 - 8,00 m
- Diámetro del tubo: 180,00 mm



Figura 10.24. Transportador sinfín tubular RFS-180/150.

Fuente: <https://www.jpa-tec.com/es/productos/componentes-de-tecnica-de-transporte/transportadores-sinfin/type-rfs/>

A.4. Transportador de rodillos

El transportador de rodillos, comunica la envasadora con el paletizador automático. Un operario acomoda las bolsas de pellets en un pallet para luego ser enfilmado. Este equipo está conformado por un eje de giro que permite el movimiento de rodamiento de los rodillos y el traslado de la carga. Las ventajas que poseen estos tipos de transportadores es que reducen la resistencia al movimiento y permiten trasladar las bolsas mediante un impulso.

A.4.1. Adopción de equipos

El equipo seleccionado es la cinta transportadora de rodillos larga marca Maquin Pack y cuenta con las siguientes características:

- Material: acero inoxidable
- Patas regulables en altura
- Altura: regulable (mínimo 600,00 mm)
- Ancho de los rodillos: 530,00 mm
- Largo del transportador: 2.000,00 mm



Figura 10.25. Transportador de rodillos largo Maquin Pack.

Fuente: <http://maquinpack.com.ar/2018/11/29/cinta-transportadora-de-rodillos-larga/>

A.5. Palletizadora

Una máquina paletizadora, conocida también como estibadora, se refiere a un equipo capaz de posicionar los productos que están almacenados, en este caso, bolas, sobre pallets. Su finalidad es procurar el transporte de gran volumen de producto en su estado final. Contar con una paletizadora automatiza el proceso, por lo tanto, genera un significativo ahorro de tiempo y dinero para la empresa.

El operario debe ser el encargado de colocar la cantidad de pallets necesarios para cubrir con la demanda de la máquina paletizadora. Cuando el pallet se completa, se traslada hacia la zona de embalaje para así ser recubiertos por el film que permitirá mantener todas las bolsas en su lugar, para poder ser transportadas fácilmente y con seguridad en camiones.

La producción diaria estimada es de 22,70 t/d. Las dimensiones de la bolsa son aproximadamente de 0,65 m de largo por 0,55 m de ancho, y se producen únicamente bolsas de 25,00 kg. Se considera un sobredimensionamiento del 20,00 %. Con estos datos es posible obtener la cantidad de bolsas por hora que se necesitan palletizar ya que se trabajan las 24 h del día.

$$22,70 \frac{t}{d} * 1,20 * \frac{1.000 \text{ kg}}{1 t} = 27.240,00 \text{ kg/d}$$

Para calcular la cantidad de bolsas/d se divide por el peso de la bolsa.

$$\frac{27.240,00 \text{ kg/d}}{25 \text{ kg}} = 1.089,60 \text{ bolsas/d}$$

Y por último para obtener la cantidad de bolsas/h a paletizar se divide por las 24 h/d. Este dato es importante ya que todas las máquinas paletizadoras se clasifican por la cantidad de bolsas/h que pueden acomodar.

$$\frac{1.089,60 \text{ bolsas /d}}{24 \text{ h/ d}} = 45,40 \approx 46 \text{ bolsas/h}$$

El equipo necesario para realizar esta paletización será entonces un brazo robótico, con una velocidad mínima de 46 bolsas/h.

Las paletizadoras automáticas producen mejor orden y disposición de las bolsas en comparación con el esfuerzo humano. Además, se genera menor daño en el producto ya que se apilan las bolsas de la manera más organizada posible, evitando posiciones irregulares. Para elegir una paletizadora se debe tener en cuenta el espacio físico disponible, el tránsito en la zona de paletizado, la distancia entre la envasadora y la paletizadora, entre otros.

A.5.1. Adopción de equipos

La paletizadora elegida cuenta con las siguientes características:

- Dimensiones (largo x ancho x alto): 2.000,00 x 1.000,00 x 1.800,00 mm
- Modelo: ABB/Kuka/Fanuc/Estun/Kawasaki
- Velocidad: 600 - 1.000 rph
- Potencia: 9,00 kW
- Precisión: 0,20 mm
- Capacidad de ensacado: hasta 10 bolsas/min



Figura 10.26. Palletizadora.

Fuente: https://www.alibaba.com/product-detail/High-Quality-New-Production-Line-Automatic_1600933098479.html

A.6. Estrichadora

Una máquina envolvedora con film se utiliza posterior a la palletización. Una vez que se obtienen los pallets con la disposición de las bolsas, con cantidad y dimensiones estipuladas, para garantizar el buen manejo tanto dentro de la planta, como en el transporte a clientes, se proporciona una o varias capas de un film stretch.

La actividad se puede realizar de manera manual o automática a través de una envolvedora. Debido al tamaño de los pallets, y a la cantidad que deben realizarse por hora, se decide por la opción automática. Cabe aclarar que el envasado se realiza por hora, es decir que se deben estrichar 200 bolsas en un período máximo de 3 h. Esta etapa consiste entonces en colocar el pallet sobre una base giratoria y una columna que contiene el film. De esta manera, con una velocidad previamente establecida, el pallet comienza a ser recubierto verticalmente, y desde la parte inferior hacia la parte superior, por el film, generando así una estructura segura y fácil de transportar.

A.6.1. Adopción de equipos

Teniendo en cuenta los datos proporcionados con anterioridad, y el sobredimensionamiento del 20,00 % se adopta el siguiente equipo:

- Estrichadora FP-200 marca FORMAC
- Dimensiones del disco: diámetro 1.500,00 mm y altura de 70,00 mm
- Dimensiones de la columna: 2.200,00 mm de alto
- Velocidad de disco variable electrónicamente
- Sensor para la altura de pallet
- Potencia de motor: 0,37 kW
- Capacidad de carga máxima: 2.000,00 kg



Figura 10.27. Estrichadora Formaco automática.
Fuente: <https://formaco.com.ar/product/fp-200/>

A.7. Transporte de pallets

Para el transporte de pallets se emplean dos tipos de equipos, uno para utilizar dentro de planta y otro para descargar los camiones de los proveedores.

A.7.1. Transporte de pallets dentro de planta

Para mover los pallets de los diferentes insumos empleados (aditivos y catalizadores), desde el depósito al área productiva y para transportar los pallets de producto terminado hasta el área de almacenamiento, se emplea una transpaleta eléctrica modelo LPE250 de la marca Toyota, con las siguientes características:

- Conducción a bordo
- Longitud total: 1.864,00 mm
- Capacidad nominal de carga: 2.500,00 kg
- Capacidad máxima de batería: 600,00 Ah
- Velocidad máxima: 12,50 km/h
- Altura de elevación: 205,00 mm
- Clasificación del motor de desplazamiento S2 60 min: 2,80 kW
- Clasificación del motor de elevación a S3 10,00 %: 2,20 kW



Figura 10.28. Transpaleta eléctrica LPE250 Toyota.

Fuente: <https://www.toyota-industries.com.ar/equipo/transpaleta-electrica-hombre-a-bordo-toyota-levio-p-series/>

A.7.2. Transporte de pallets fuera de planta

Para el transporte de pallets de los insumos a utilizar, o de producto terminado desde la zona de producción al área de almacenamiento, o para descarga de los pallets de camiones, se emplea un autoelevador con sistema SAS modelo 8FD25 de la marca Toyota, que posee las siguientes características:

- Capacidad nominal de carga: 2.500,00 kg
- Centro de carga: 500,00 mm
- Ancho total: 1.150,00 mm
- Radio de giro exterior: 2.280,00 mm
- Altura del techo: 1.110,00 mm
- Largo sin uñas: 2.620,00



Figura 10.29. Autoelevador modelo 8FD25 Toyota.

Fuente: <https://www.toyota-industries.com.ar/equipo/autoelevador-diesel-glp-toyota-8-series/>

B. TRANSPORTE DE LÍQUIDOS

B.1. Bombeo del propileno condensado al reactor

El objetivo principal de las bombas es el de aumentar la energía mecánica del líquido, incrementando así la velocidad, presión, o elevación del mismo. Existen dos tipos de bombas: las de desplazamiento positivo y las centrífugas.

En las bombas de desplazamiento positivo, la transferencia de energía al fluido es hidrostática, lo que implica que un cuerpo de desplazamiento reduce el espacio de trabajo lleno de fluido y lo bombea a la tubería. El cuerpo de desplazamiento ejerce una presión sobre el fluido, y al aumentar el espacio de trabajo, este se vuelve a llenar con fluido de la tubería.

Por otra parte, las bombas centrífugas aumentan la velocidad de los fluidos para que puedan desplazarse grandes distancias. Debido a sus características, conforman la clase de bombas hidráulicas de más aplicación dentro de la industria ya que son las más utilizadas para bombear líquidos en general. El fluido que se bombea entra continuamente a través de la boquilla de succión de la bomba en el centro del impulsor, se acelera en dirección radial, adquiere energía, principalmente en forma de un aumento en su velocidad promedio (energía cinética).

Para el cálculo de la potencia de la bomba a emplear para el caso del transporte de propileno líquido al reactor, se debe obtener la altura manométrica (H_{man}) mediante la ecuación de Bernoulli, la cual es la diferencia de alturas totales entre la salida y la entrada de la bomba, o sea, es el incremento de altura que le brinda la bomba al fluido para su desplazamiento. Para el cálculo, se definen dos puntos de referencia y se emplea la siguiente ecuación:

$$\frac{P_1}{\omega} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + H_{man} = \frac{P_2}{\omega} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + hf_T \quad (\text{Ec. 10.16})$$

donde $\frac{P}{\omega}$ es la altura aportada por la presión; $\frac{v^2}{2g}$ la velocidad; z la altura; y hf_T las pérdidas por fricción entre el fluido, la longitud de la tubería y los accesorios. Estas pérdidas se determinan mediante la sumatoria entre las pérdidas por longitud o mayores (hf_L), y las pérdidas por accesorios o menores (hf_{acc}):

$$hf_T = hf_L + hf_{acc} \quad (\text{Ec. 10.17})$$

Las pérdidas mayores se deben al flujo del líquido en las tuberías y se obtienen mediante la siguiente fórmula:

$$hf_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2 * g} \quad (\text{Ec. 10.18})$$

donde v es la velocidad del flujo, L la longitud de la cañería, D el diámetro de esta, y f el factor de fricción de Darcy. Dicho factor de fricción, depende de si el flujo es laminar o turbulento, y para ello se requiere calcular el número de Reynolds:

$$N_{Re} = \frac{\rho * v * D}{\mu} \quad (\text{Ec. 10.19})$$

ρ es la densidad del fluido, v la velocidad a la que circula, D el diámetro de la tubería seleccionada y μ viscosidad dinámica. Si $N_{Re} < 2.000$, el flujo es laminar y se calcula el factor de fricción de la siguiente manera:

$$f = \frac{64}{N_{Re}} \quad (\text{Ec. 10.20})$$

Si $N_{Re} > 2.000$ el flujo se considera turbulento y f se debe obtener por diagrama de Moody. Al mismo se ingresa con N_{Re} de forma vertical hasta la curva de la relación entre la rugosidad y el diámetro de la tubería (ϵ/D). Por último, se observa el factor de fricción desde el punto encontrado, horizontalmente hacia la izquierda y se calculan las pérdidas por longitud.

Por otro lado, las pérdidas menores se deben a los accesorios existentes a lo largo de la tubería de aspiración-impulsión (válvulas, té, codos), y son consideradas el 25,00 % de las pérdidas mayores. Por lo tanto:

$$hf_{acc} = hf_L * 0,25 \quad (\text{Ec. 10.21})$$

Finalmente, con los datos obtenidos se calcula la potencia teórica de la bomba en W (rendimiento $\eta = 100,00 \%$):

$$P = H_{man} * Q * g \quad (\text{Ec. 10.22})$$

donde H_{man} es la altura manométrica calculada en m, Q es el caudal másico en kg/s, y g es la aceleración de la gravedad.

Y la potencia real, considerando un rendimiento del 80,00 %:

$$P_{real} = \frac{P}{\eta} = \frac{H_{man} * Q * g}{\eta} \quad (\text{Ec. 10.23})$$

B.1.1. Cálculo de equipos

La bomba que se requiere adoptar permite el transporte de propileno líquido que sale del intercambiador de calor al reactor, con el objetivo de mantener la temperatura de reacción.

Las variables que intervienen son las siguientes:

Tabla 10.5. Variables para el cálculo de potencia

Variable	Símbolo	Valor	Unidad
Presión de aspiración	P_1	0,30	MPa
Presión de impulsión	P_2	0,30	MPa

Variable	Símbolo	Valor	Unidad
Altura de aspiración	Z ₁	0,60	m
Altura de impulsión	Z ₂	1,00	m
Diámetro cañería de aspiración	D ₁	0,02	m
Diámetro cañería de impulsión	D ₂	0,02	m
Longitud de la cañería	L	3,00	m
Caudal	Q	0,13	kg/s
Aceleración de la gravedad	g	9,81	m/s ²
Viscosidad del fluido	μ	0,002	Pa.s
Densidad del fluido	ρ	420,13	kg/m ³

Como punto 1 de referencia se considera el flujo en la cañería a la salida del intercambiador de calor, mientras que el punto 2 se toma en la boca de la cañería que comunica con el reactor.

La velocidad 1 y la velocidad dos son iguales por lo que en la ecuación del cálculo de H_{man} se cancelan. La velocidad 2 se calcula de la siguiente manera:

$$v_2 = \frac{Q}{A * \rho} \quad (\text{Ec. 10.24})$$

donde A es el área que se calcula como $A = \pi * \frac{D^2}{4}$, siendo D el diámetro de la tubería.

$$v_2 = \frac{0,13 \text{ kg/s} * 4}{\pi * (0,02093 \text{ m})^2 * 420,13 \text{ kg/m}^3}$$

$$v_2 = 0,90 \text{ m/s}$$

Una vez calculada la velocidad, se puede determinar el N_{Re}:

$$N_{Re} = \frac{420,13 \text{ kg/m}^3 * 0,90 \text{ m/s} * 0,02093 \text{ m}}{0,0018 \text{ kg/m s}}$$

$$N_{Re} = 4.396,66$$

Como N_{Re} es mayor a 2.000, el flujo es turbulento, por lo que el factor de fricción se calcula con el diagrama de Moody:

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,002 \text{ mm}}{20,93 \text{ mm}}$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = 9,50 \times 10^{-5}$$

$$f = 0,038$$

Se procede a calcular las pérdidas por fricción:

$$hf_L = \frac{0,038 * 3,00 \text{ m} * (0,90 \text{ m/s})^2}{0,02093 \text{ m} * 2 * 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$hf_L = 0,25 \text{ m}$$

$$hf_{acc} = 0,25 \text{ m} * 0,25$$

$$hf_{acc} = 0,063 \text{ m}$$

$$hf_T = 0,25 \text{ m} + 0,063 \text{ m} = 0,31 \text{ m}$$

Con los valores calculados, se determina la H_{man} despejando de la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{v_1^2}{2g} + H_{man} = \frac{v_2^2}{2g} + z_2 - z_1 + hf_T$$

$$H_{man} = 1,00 \text{ m} - 0,60 \text{ m} + 0,31 \text{ m}$$

$$H_{man} = 0,71 \text{ m}$$

La potencia teórica de la bomba es:

$$P = 0,71 \text{ m} * 0,13 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P = 0,91 \text{ W}$$

Con un rendimiento del 80,00 %, la potencia real de la bomba es:

$$P_r = \frac{0,91 \text{ W}}{0,80}$$

$$P_r = 1,14 \text{ W}$$

B.2. Adopción de equipos

Se adopta una bomba centrífuga industrial modelo QP-160 marca DESSOL. La misma está diseñada para satisfacer las necesidades de la industria química, minera, azucarera, petrolera, entre otras. Es robusta y de bajo mantenimiento. Las principales características son:

- Caudal máximo: 9,00 m³/h

- Potencia máxima: 0,37 kW
- Velocidad angular máxima: 1.500 rpm
- Intensidad: 1,17 A
- Peso: 15,50 kg
- Dimensiones (largo x ancho x alto): 308,00 x 230,00 x 231,00 mm



Figura 10.30. Bomba centrífuga para propileno líquido.
Fuente: <https://dessol.com.ar/bombas-y-equipos/serie-qp-4p-033-a-55-hp>

C. ALMACENAMIENTO DE INSUMOS

C.1. Almacenamiento del propano

Luego del acondicionamiento, el propano extraído se almacena líquido en un tanque de almacenamiento presurizado para su posterior devolución a YPF (proveedor de la materia prima del proceso).

El caudal másico a almacenar es 605,13 kg/h, mientras que el caudal volumétrico empleando la densidad del propano a una presión de 1,20 MPa, es:

$$V_{propano} = \frac{F_3}{\rho_{propano}} = \frac{605,13 \text{ kg/h}}{475,73 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{propano} = 1,27 \text{ m}^3/\text{h}$$

C.1.1. Adopción de equipos

En esta ocasión, se decide adoptar un tanque de almacenamiento de una capacidad mayor a la requerida por hora ya que el propano queda almacenado allí y una vez cada 15 d se devuelve a YPF. Por lo tanto:

$$V_{propano} = 1,27 \text{ m}^3/\text{h} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} * 15 \text{ d}$$

$$V_{propano} = 457,20 \text{ m}^3$$

Con un sobredimensionamiento del 20,00 %, el caudal volumétrico semanal a almacenar es de:

$$V_{propano} = 213,69 \text{ m}^3 * 1,20 = 548,64 \text{ m}^3$$

Se adopta un tanque esférico presurizado de acero al carbono (SA516) marca CIMC HONTO, con las siguientes características:

- Capacidad: 600,00 m³
- Relación de llenado: 0,90
- Peso neto del tanque: 84,39 t
- Presión de diseño: 1,80 MPa



Figura 10.31. Tanque de almacenamiento de propano.

Fuente: <https://cimchonto.en.made-in-china.com/productimage/eZCaOmJEJAYI-2f1j00DkIhMfAnZogY/China-3000-4000-5000-6000-8000-10000m3-LPG-Teriminal-Development-Project-Spherical-Tank-for-Nigeria.html>

C.2. Almacenamiento de hidrógeno

Para la reacción de polimerización se hace circular por dentro del reactor una corriente de hidrógeno que, según lo calculado en la unidad anterior, es de 0,67 kg/h. Esta corriente, sirve para aumentar y mantener el peso molecular del polímero ya que ayuda al enlace de monómeros de propileno entre sí.

El hidrógeno que se emplea, se encuentra almacenado en tanques de almacenamiento bajo presión. Se calcula la cantidad de hidrógeno que se requiere almacenar en un mes, de manera que mensualmente se compra y recepciona hidrógeno.

$$Cant. \text{ hidrógeno} = 0,67 \text{ kg/h} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} * \frac{30 \text{ d}}{1 \text{ mes}}$$

$$Cant. \text{ hidrógeno} = 482,40 \text{ kg/mes}$$

Se sobredimensiona un 20,00 % para cubrir cualquier eventualidad, por lo que la cantidad de hidrógeno a almacenar es:

$$Cant. \text{ hidrógeno} = 482,40 \text{ kg/mes} * 1,20$$

$$Cant. \text{ hidrógeno} = 578,88 \text{ kg/mes}$$

C.2.1. Adopción de equipos

Se selecciona un tanque de almacenamiento vertical de hidrógeno bajo presión marca Lapesa modelo LH200V, que posee las siguientes características:

- Material de construcción: acero al carbono
- Máxima presión de almacenamiento: 0,40 MPa
- Estado de almacenamiento: gas comprimido
- Volumen nominal: 200,00 m³
- Diámetro exterior (D): 3.500,00 mm
- Altura total (L): 22.800 mm
- Peso en vacío: 69,00 t
- Peso contenido de H₂: 720,00 kg



Figura 10.32. Tanque vertical de almacenamiento de H₂ presurizado.

Fuente: https://www.lapesa.es/sites/default/files/ficha_depositos_hidrogeno_h2_2201-01_es.pdf

C.3. Almacenamiento de nitrógeno

Para la etapa de separación de polvo de PP del gas residual, se necesita un flujo de nitrógeno que es inyectado en el silo de purga para tal propósito.

Según los cálculos realizados en la unidad N° 9, el caudal másico de nitrógeno que se necesita para esta separación es de 144,17 kg/h, pero como se almacena en estado líquido, se calcula el caudal volumétrico de nitrógeno empleando la densidad de dicho gas, pero en estado líquido.

$$V_{N_2} = \frac{144,17 \text{ kg/h}}{807,00 \text{ kg/m}^3} = 0,178 \text{ m}^3/\text{h}$$

Teniendo en cuenta que se sobredimensiona un 20,00 %, el volumen total a almacenar es:

$$0,178 \text{ m}^3/\text{h} * 1,20 = 0,21 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para la adopción del tanque, se considera la cantidad de nitrógeno que se necesita almacenar 15 d de producción. Cabe aclarar que este tanque debe ser llenado dos veces al mes.

$$\text{Capacidad requerida} = 0,214 \text{ m}^3/\text{h} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} * 15 \text{ d} = 77,04 \text{ m}^3/\text{sem}$$

C.3.1. Adopción de equipos

Teniendo en cuenta el caudal volumétrico calculado, se adopta un tanque criogénico presurizado de acero al carbono marca CNCO. El uso de estos tanques es muy ventajoso ya que favorecen la distribución interna, mejoran el proceso de carga, permiten una mayor pureza, ahorro de espacio, eficiencia energética, y aumento de la seguridad.

Las características que posee el tanque de almacenamiento de nitrógeno son:

- Capacidad: 100,00 m³
- Material: acero al carbono
- Cumplimiento de normas internacionales
- Presión de trabajo: 0,80 Mpa
- Diámetro: 3.600,00 mm
- Altura: 15.947,00 mm
- Peso: 34,48 t



Figura 10.33. Tanque criogénico presurizado de acero al carbono para almacenamiento de nitrógeno líquido.

Fuente: <http://www.cncdtank.com/cryogenic-tank/20m3-8bar-carbon-steel-cryogenic-liquid.html>

D. ACONDICIONAMIENTO DE SUSTANCIAS

D.1. Compresión del propano extraído

El propano extraído de la mezcla propileno-propano en la unidad de purificación PSA, se debe comprimir para alcanzar la presión del almacenamiento (1,20 MPa), similar a lo que ocurre previo al almacenamiento del propileno.

De acuerdo con lo calculado en la unidad N° 9, el flujo másico de propileno que se debe comprimir es 605,13 kg/h. De este modo, se calcula el flujo volumétrico de propano, empleando la presión del mismo en las condiciones de salida de la unidad de purificación (0,80 MPa), y una densidad de propano (ρ_{propano}) de 18,11 kg/m³.

$$V_{\text{propano}} = \frac{605,13 \text{ kg/h}}{18,11 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{\text{propano}} = 33,41 \text{ m}^3/\text{h}$$

D.1.1. Adopción de equipos

Se sobredimensiona un 20,00 % el flujo volumétrico para seleccionar un compresor que se adapte a cualquier aumento de producción, por lo que:

$$V_{\text{propano}} = 33,41 \text{ m}^3/\text{h} * 1,20 = 40,09 \text{ m}^3/\text{h}$$

Al igual que para el GLP y el propileno, para el propano se selecciona un compresor marca Blackmer de la línea LB360, más precisamente el compresor LB361. Las características del mismo son:

- Diámetro nominal del pistón: 101,60 mm
- Carrera de 72,20 mm
- Máximo desplazamiento del pistón (capacidad) a 825 rpm de 61,20 m³/h
- Velocidad mínima de 350 rpm y velocidad máxima de 825 rpm
- Máxima presión de trabajo: 2,41 MPa
- Máxima potencia de frenado: 11,00 kW
- Máxima temperatura de descarga: 177,00 °C
- Diámetro de la tubería de vapor 38,00 - 50,00 mm
- Diámetro de la tubería de líquido 80,00 mm
- Número de cilindros: 2
- Peso: 166,00 kg



Figura 10.34. Compresor LB361

Fuente: https://www.psgdover.com/docs/default-source/blackmer-docs/brochures/19-blkm-1827-lb-compressor-brochure_es_web.pdf?sfvrsn=19b07601_5

D.2. Filtración del gas de monómero

El gas de monómero separado del polvo en el tanque de descarga, se envía a un filtro para polvo debido a que dicho gas arrastra algo del polvo de PP sintetizado, y luego se comprime para ser posteriormente almacenado en el tanque de almacenamiento de propileno al 99,50 %.

De acuerdo con los cálculos realizados en la unidad N° 9, el caudal másico de gas de monómero más polvo que debe atravesar el filtro es 315,83 kg/h.

D.2.1. Adopción de equipos

El tipo de filtro seleccionado es un tipo de filtro clarificante; precisamente se opta por cartuchos filtrantes cilíndricos ideales para montaje horizontal y vertical con jaula de soporte integrada en distintas longitudes. Se caracteriza por su sencillo montaje por medio de varilla roscada interior.

El gas que entra en el recipiente fluye hacia los cartuchos filtrantes de afuera hacia adentro, asegurando que la corriente de gas encuentre la mayor superficie para la mayor capacidad de retención de contaminantes. El cartucho filtrante de fibra de vidrio es el más económico y es excelente para capturar sólidos. El cartucho filtrante plisado, ya sea de polipropileno o poliéster, es una buena opción ya que tiene una caída de presión limpia muy baja.

Las características generales del filtro a emplear son las siguientes:

- Diámetro nominal: 327,00 mm
- Longitud nominal: 660,00 mm
- Superficie filtrante: 11,00 m²
- Material filtrante: PP
- Cartucho estándar DIN



Figura 10.35. Filtros de gas seco.

Fuente: <https://winston-royalguard.com/wp-content/uploads/Folleto-del-Filtros-de-gas-seco-tipo-65-1.pdf>

D.3. Compresión del propileno filtrado

Luego de la filtración, el gas de monómero recuperado debe comprimirse para luego enviarse al tanque de almacenamiento de propileno 99,50 %. Adoptando una recuperación del gas del 100,00 %, y de acuerdo a lo calculado en la unidad N° 9, el flujo másico de gas de propileno limpio que debe comprimirse es de 284,25 kg/h. Se calcula el flujo volumétrico para la selección del equipo más apropiado:

$$V_{gas\ recuperado} = \frac{284,25\ kg/h}{12,33\ kg/m^3} = 23,05\ m^3/h$$

D.3.1. Adopción de equipos

Se sobredimensiona un 20,00 % el flujo volumétrico para seleccionar un compresor que se adapte mejor, por lo que:

$$V_{gas\ recuperado} = 23,05\ m^3/h * 1,20 = 27,66\ m^3/h$$

Al igual que para el resto de las etapas que requieren un compresor, para comprimir el gas de propileno recuperado se selecciona un compresor marca Blackmer de la línea LB160, más precisamente el compresor LB161. Las características del mismo son:

- Diámetro nominal del pistón: 72,20 mm
- Carrera de 63,50 mm
- Máximo desplazamiento del pistón (capacidad) a 825 rpm de 28,70 m³/h
- Velocidad mínima de 350 rpm y velocidad máxima de 825 rpm
- Máxima presión de trabajo: 2,41 MPa
- Máxima potencia de frenado: 6,00 kW
- Máxima temperatura de descarga: 177,00 °C
- Diámetro de la tubería de vapor 32,00 mm
- Diámetro de la tubería de líquido 50,00 mm
- Número de cilindros: 2
- Peso: 102,00 kg



Figura 10.36. Compresor LB161

Fuente: https://www.psgdover.com/docs/default-source/blackmer-docs/brochures/19-blkm-1827-lb-compressor-brochure_es_web.pdf?sfvrsn=19b07601_5

D.4. Condensación del propileno gaseoso para mantenimiento de temperatura de reacción

Para mantener la temperatura de una reacción tan exotérmica como la polimerización del propileno, se utiliza un intercambiador de calor, con el objetivo de condensar el propileno que se evapora dentro del reactor. El propileno debe pasar de una temperatura de 90,00 °C, a la temperatura del reactor, es decir 70,00 °C. El servicio que se utiliza es agua de enfriamiento a 5,00 °C.

D.4.1. Adopción de equipos

Para la adopción del equipo, se debe tener en cuenta que el flujo de propileno gaseoso que ingresa al intercambiador es de 463,41 kg/h;

$$R_7 = 463,41 \text{ kg/h} * \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} = 0,13 \text{ kg/s}$$

Se sobredimensiona un 20,00 % para la selección del intercambiador más apropiado, por lo que el caudal másico a enfriar es:

$$R_7 = 0,13 \text{ kg/s} * 1,20 = 0,15 \text{ kg/s}$$

Se adopta entonces un intercambiador de calor de placas de Alfa Laval, ya que es ideal para el calentamiento o enfriamiento de gases. Se caracteriza por poseer placas de 0,40 mm de espesor, normalmente en acero inoxidable y de gran resistencia, que consiguen una transferencia de calor altamente eficiente. Además, como los flujos son paralelos, sólo se requiere un único tipo de placa y un único tipo de junta en el intercambiador de calor. Esto se traduce en un menor requerimiento de piezas de recambio y en una instalación y mantenimiento más simple.

El intercambiador elegido posee las siguientes características:

- Caudal de fluido máximo de 1,50 kg/s.

- Presión de diseño: 1,60 MPa
- Temperatura de diseño: 160,00 °C
- Superficie máxima de intercambio: 1,00 m²
- Largo de las placas: 380,00 mm
- Ancho de las placas: 140,00 mm
- Tipo de placa: T2B
- Conexión vertical: 298,00 mm
- Conexión horizontal: 50,00 mm
- Placa bastidor: acero al carbono pintado con epoxi
- Boquillas y placas de acero inoxidable.
- Conexiones: Rosca en tubo recto ISO-G 19,05 mm

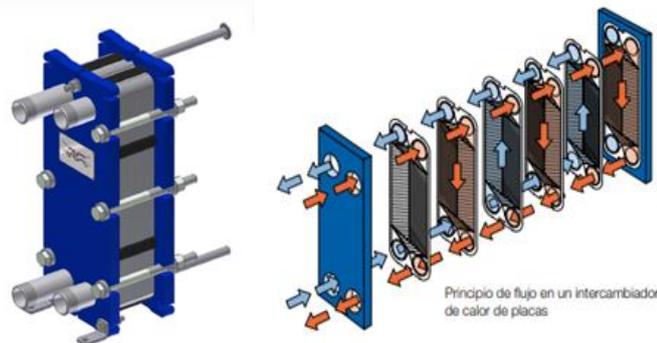


Figura 10.37. Intercambiador de placas Alfa Laval

Fuente: <https://t-solucion.com/wp-content/uploads/2013/01/Catalogo-modelo-T2.pdf>

E. INSUMOS A EMPLEAR A LO LARGO DEL PROCESO

E.1. Adsorbente de la columna PSA

Tal como se estableció en la sección del cálculo y diseño de las columnas PSA para la purificación, se requieren 14 bolsas de Zeolita 4A de 50,00 kg para rellenar las cuatro columnas de purificación. Dicho adsorbente se cambia cada 24 meses por lo que, se receptiona 1 pallet cada dos años de 15 bolsas de adsorbente.

E.2. Catalizador y co-catalizador

Para la reacción de polimerización se emplea un catalizador en polvo denominado dicloruro de bis(ciclopentadienil)zirconio(IV) que se comercializa en frascos de plástico de 100,00 g; y un co-catalizador (metilaluminóxano) que es líquido y se comercializa en frascos de 100,00 mL. Cada uno de ellos, es añadido al reactor de forma manual.

A continuación, se calcula la cantidad de frascos que se necesitan de estas sustancias para un semestre de producción, en base al cálculo de balance de masa realizado en la unidad N° 9.

$$\text{Catalizador} = 0,05 \text{ kg/h} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} * 180 \text{ d} = 216,00 \text{ kg}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de frascos catalizador} = \frac{216,00 \text{ kg}}{100,00 \text{ g}} * \frac{1.000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de frascos catalizador} = 2.160 \text{ frascos/semestre}$$

Para el cálculo de co-catalizador, se emplea la densidad del mismo que está dada por la ficha técnica del producto y es de 895,00 kg/m³.

$$\text{Co - cat} = \frac{0,46 \text{ kg/h}}{\rho_{\text{co-cat}}} = \frac{0,46 \text{ kg/h}}{895,00 \text{ kg/m}^3} * \frac{1.000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 0,514 \text{ L/h}$$

$$\text{Co - cat} = 0,514 \text{ L/h} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} * 180 \text{ d} = 2.220,33 \text{ L}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de frascos co - cat} = \frac{2.220,33 \text{ L}}{100,00 \text{ mL}} * \frac{1.000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de frascos co - cat} = 22.203,35 \approx 22.204 \text{ frascos/semestre}$$

Se reciben pallets de 1.300,00 mm x 1.100,00 mm, en cada uno de ellos caben 72 cajas. Cabe aclarar que las cajas son de 194,00 mm de alto x 472,00 mm de largo x 313,00 mm de ancho. Para el caso del catalizador que viene en frascos de plásticos de 100,00 g, cada caja almacena 30 frascos; por lo tanto, se recibe 1 pallet de esta sustancia por semestre.

En el caso del co-catalizador al ser frascos de vidrio de 100,00 mL, las cajas poseen 25 frascos, ya que entre frasco y frasco se encuentran placas de cartón rígido que cumplen la función de proteger a los mismos evitando que choquen y se rompan. Se reciben 13 pallets por semestre de co-catalizador.

E.3. Aditivos

Los aditivos son sustancias que se incorporan intencionalmente con el fin de modificar caracteres, propiedades o facilitar el procesamiento.

La cantidad de aditivos empleados corresponden a aproximadamente un 1,00 % en masa con respecto al polvo de PP alimentado al extrusor. Según los cálculos realizados en la unidad N° 9, el flujo másico total de aditivos es de 9,75 kg/h.

Como los aditivos incorporados son varios (ocho), y no se conoce la cantidad exacta que se añade de cada uno, se estima que la cantidad añadida de cada uno es la misma, para que de esta forma la suma de todos sea 9,75 kg/h.

$$\text{Cantidad añadida por aditivo: } \frac{9,75 \text{ kg/h}}{8 \text{ aditivos}} = 1,23 \text{ kg/h}$$

Por lo tanto, se añaden 1,23 kg/h de cada aditivo.

E.3.1. Plastificantes

Para la producción de pellets de PP se utiliza DBS como plastificante, que se comercializa en bidones de 200,00 L. Se calcula la cantidad de aditivo plastificante a comprar para tener un stock suficiente como para producir durante un mes.

$$\text{Cant. plastificante.} = 1,23 \text{ kg/h} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} * 30 \text{ d}$$

$$\text{Cant. plastificante.} = 876,96 \text{ kg/mes}$$

Teniendo en cuenta que este tipo de aditivo es líquido, se calcula el volumen necesario, utilizando como densidad del DBS 938,00 kg/m³.

$$V_{DBS} = \frac{876,96 \text{ kg/mes}}{\rho_{DBS}} = \frac{876,96 \text{ kg/mes}}{938,00 \text{ kg/m}^3} * \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 934,92 \text{ L/mes}$$

$$\text{Bidones} = \frac{934,92 \text{ L/mes}}{200,00 \text{ L}} = 4,67 \approx 5 \text{ bidones}$$

Se reciben 5 bidones por mes. En un pallet caben 4 bidones, por lo que, para alcanzar la demanda de plastificante, se van a tener que recibir 2 pallets con las siguientes medidas: ancho y profundidad de 1.245,00 mm, y altura de 260,00 mm.



Figura 10.38. Bidón de plástico de 200,00 L de plastificante DBS.

Fuente: https://es.made-in-china.com/co_chinachemsupplier/product_High-Quality-Dibutyl-Sebacate-Manufacturer-with-Factory-Price_enehiy.html

E.3.2. Antioxidante

Como aditivo para el polvo de PP que pasa a la extrusora, se emplea el antioxidante ADK STAB AO-60, que se comercializa en frascos de plástico de 500,00 g. Se calcula la cantidad de aditivo antioxidante a comprar para tener un stock suficiente como para producir durante 180 d.

$$Cant. \text{ antioxidante} = 1,23 \text{ kg/h} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} * 180 \text{ d}$$

$$Cant. \text{ antioxidante} = 5.261,76 \text{ kg}$$

Como los frascos son de 500,00 g, se calcula la cantidad de frascos a recepcionar cada 180 d:

$$Frascos = \frac{5.261,76 \text{ kg}}{500,00 \text{ g}} * \frac{1.000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}$$

$$Frascos = 10.523,52 \approx 10.524 \text{ frascos/semestre}$$

Cada 6 meses, se necesitan recepcionar 10.524 frascos de antioxidante de 500,00 g, que luego se almacenan en el depósito. Se recepcionan 6 pallets de 1.300,00 mm x 1.100,00 mm, en cada uno de ellos caben 72 cajas, y en cada caja 24 frascos. Cabe aclarar que las cajas son de 194,00 mm de alto x 472,00 mm de largo x 313,00 mm de ancho.



Figura 10.39. Frascos de antioxidante ADK STAB AO-60 de 500,00 g.

Fuente:

<https://www.sigmaaldrich.com/AR/es/substance/pentaerythritoltetrakis35ditertbutyl4hydroxyhydrocinamate1177636683198>

E.3.3. Estabilizante de luz UV

Como estabilizante UV se utilizan los benzotriazoles, que se comercializan en frascos de plástico de 100,00, 500,00 y 750,00 g.

Al igual que los aditivos anteriores, se calcula la cantidad de aditivo estabilizante a comprar para tener un stock suficiente como para producir durante 180 d (6 meses).

$$Cant. \text{ estabilizante UV} = 1,23 \text{ kg/h} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} * 180 \text{ d}$$

$$Cant. \text{ estabilizante UV} = 5.261,76 \text{ kg}$$

Se adoptan los frascos más grandes de 750,00 g, en base a esto se calcula la cantidad de frascos a recepcionar cada 7 d:

$$Frascos = \frac{5.261,76 \text{ kg}}{750,00 \text{ g}} * \frac{1.000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}$$

$$Frascos = 7.015,68 \approx 7.016 \text{ frascos/semestre}$$

Cada 6 meses se necesitan recepcionar 7.016 frascos de estabilizante UV de 750,00 g que son almacenados en el depósito. Al igual que en el aditivo anterior se utilizan pallets de 1.300,00 mm x 1.100,00 mm. Se recepcionan 4 pallets por semestre, con 72 cajas cada uno. La cantidad de frascos por caja es de 17.



Figura 10.40. Frascos de estabilizante UV benzotriazoles de 750,00 g.
Fuente: https://www.sigmaaldrich.id/id_en/b11400-100g-id

E.3.4. Lubricantes

Como aditivo lubricante para el PP, se emplean las ceras montanas WARADUR E, que se venden en bolsas de papel o big bags. La cantidad de aditivo lubricante a comprar para tener un stock suficiente como para producir durante 6 meses.

$$Cant. \text{ lubricante} = 1,23 \text{ kg/h} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} * 180 \text{ d}$$

$$Cant. \text{ lubricante} = 5.261,76 \text{ kg}$$

Se utilizan big bags estándar de 900,00 mm de largo x 900,00 mm de ancho x 1.000,00 mm de alto, de rafia de PP con 4 ansas. Cada bolsa soporta 1.000,00 kg, por ende, se necesitan 6 bolsas por semestre. Por pallets entra una big bag, por lo tanto, se recepcionan 6 pallets por semestre.

E.3.5. Agentes nucleantes, peróxidos, antibloqueantes y deslizantes

Todos estos tipos de aditivos se comercializan en bolsas de 25,00 kg. Por lo que, se calcula la cantidad de aditivo a comprar para tener suficiente stock para producir durante 180 d.

$$Cant. \text{ aditivos} = 1,23 \text{ kg/h} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} * 180 \text{ d}$$

$$Cant. \text{ aditivos} = 5.261,76 \text{ kg}$$

$$Bolsas = \frac{5.261,76 \text{ kg}}{25,00 \text{ kg}}$$

$$Bolsas = 210,47 \approx 211 \text{ bolsas/semestre}$$

Se reciben 211 bolsas por semestre de cada aditivo mencionado, que son almacenadas en el depósito. Cabe aclarar que las dimensiones de las bolsas son de 435,00 mm de ancho y 650,00 mm de alto; por lo tanto, si se utiliza un pallet estándar de 1.300,00 mm x 1.100,00 mm, entran 60 bolsas por pallet, se reciben por semestre 4 pallets de cada aditivo.



Figura 10.41. Bolsas de rafia de 25,00 kg de aditivos.

Fuente: <https://mpsoluciones.com/es/utillaje-construccion/2615-saco-rafia-25-kg.html>

E.3.6. Neutralizantes

El neutralizante comúnmente utilizado es el estearato metálico, principalmente el estearato metálico de calcio, vendido en bolsas de 20,00 kg de PP laminado. La cantidad de este aditivo a comprar para tener un stock suficiente como para producir durante 180 d.

$$Cant. \text{ neutralizante} = 1,23 \text{ kg/h} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} * 180 \text{ d}$$

$$Cant. \text{ neutralizante} = 5.261,76 \text{ kg}$$

Se adoptan bolsas de 20,00 kg confeccionadas con PP laminado, por lo tanto, la cantidad de bolsas necesarias por semestre son:

$$Sacos = \frac{5.261,76 \text{ kg}}{20,00 \text{ kg}}$$

$$Sacos = 263,088 \approx 264 \text{ sacos/semestre}$$

Se reciben 264 bolsas por semestre, que son almacenadas en el depósito. Se utiliza un pallet estándar de 1.300,00 mm x 1.100,00 mm, en el cual entran 60 bolsas por pallet. Se reciben por semestre 5 pallets de neutralizantes.



Figura 10.42. Bolsas de neutralizantes de 20 kg.

Fuente: <https://productosquimicos.cl/producto/estearato-de-calcio-20-kg-tec/>

E.4. Dimensionamiento del depósito de insumos

Todos los insumos nombrados con anterioridad implican el almacenamiento de 60 pallets de 1.300,00 mm x 1.100,00 mm. Teniendo en cuenta que, si bien no se pueden apilar los pallets, se cuenta con racks para poder organizarlos en dos niveles de acceso directo, con una capacidad de 30 pallets en cada nivel. Si se sobredimensiona un 50,00 % el espacio para favorecer la circulación, el área a ocupar es de:

$$\text{Área a ocupar} = \frac{N^{\circ} \text{ pallets}}{2} * A_{\text{pallet}}$$

$$\text{Área a ocupar} = 30 * (1,30 \text{ m} * 1,10 \text{ m})$$

$$\text{Área a ocupar} = 42,90 \text{ m}^2 * 1,50 = 64,35 \text{ m}^2$$

Suponiendo que el almacén tiene una altura de 6,00 m, el volumen total del mismo es:

$$\text{Volumen a ocupar} = 64,35 \text{ m}^2 * 6,00 \text{ m} = 386,10 \text{ m}^3$$

Se dimensiona un espacio de (alto x ancho x largo): 6,00 x 10,72 x 6,00 m.

CONCLUSIONES

A través de los cálculos realizados en los balances de masa y energía, se eligieron los equipos correspondientes a la línea principal de producción de pellets de PP y a los equipos accesorios. Se optaron por implementar equipos automáticos y semiautomáticos para mejorar la eficiencia del proceso y evitar el daño físico del personal.

Por cada etapa del proceso se realizó un cálculo de capacidad y una búsqueda exhaustiva para garantizar concordancia entre los resultados obtenidos y los equipos aportados por el mercado. Para la selección, se estimó un 20,00 % de sobredimensionamiento de capacidad productiva, y la maximización de algunos almacenamientos en caso de generarse inconvenientes que demanden la detención

parcial o total de la producción. Además, se tuvo en cuenta el arribo de materiales secundarios, como catalizadores, respecto a su cantidad, forma de empaque y periodicidad, para garantizar la prudente organización de materiales complementarios a la producción de pellets.

Por último, se concluye que teniendo en cuenta todas las características principales del proceso en sí, de las particularidades del producto en todas sus etapas y de las imposiciones físicas, y de seguridad individual y colectiva, se eligieron los equipos más adecuados para todas las etapas involucradas en la producción de los pellets.

Tabla 10.6. Resumen de los equipos principales de proceso

Etapa del proceso	Equipos	Cantidad	Potencia [kW]	Dimensiones L x A x H [mm]
Recepción y almacenamiento de materia prima	Tanque cilíndrico presurizado horizontal CJSE	1	-	4.676,00 x 1.216,00 x 1.728,00
Acondicionamiento de la materia prima	Compresor LB601	1	30,00	1.400,00 x 1.180,00 x 830,00
	Intercambiador de calor I-TMF-D	1	-	2.000,00 x 75,00
Purificación	Columna empacada con adsorbente Zeolita 4A	4	35,09	2.090,00 x 550,00
Acondicionamiento propileno 99,50 % para almacenamiento	Compresor LB601	1	30,00	1.400,00 x 1.180,00 x 830,00
Almacenamiento del propileno a 99,50 %	Tanque de almacenamiento de propileno presurizado marca SHD	1	-	7.500,00 x 2.000,00 x 2.450,00
Polimerización	Reactor tanque agitado continuo isotérmico	1	346,48	1.900,00 x 1.900,00
Separación del polvo de PP del gas de monómero no convertido	Separador ciclónico FX75	1	0,16	456,00 x 75,00
Separación del polvo del monómero residual	Tanque agitador modelo SJBF-7.5 Dispositivo de purga NEPS 1.000 ADVANTAGE PURGE SYSTEMS	1	7,50	1.330,00 x 1.330,00
Almacenamiento	Silo de almacenamiento	1	-	9.570,00 x 3.000,00

Etapa del proceso	Equipos	Cantidad	Potencia [kW]	Dimensiones L x A x H [mm]
del polvo de PP	de polvo SODIMATE			
Extrusión	Extrusora DYSXQ150	1	5,50	3.300,00 x 1.200,00 x 2.100,00
Secado	Secadora modelo 5.000U	1	11,00	4.775,00 x 2.010,00
Homogeneización y almacenamiento	Mezclador con sinfín cónico Hosokava MICRON B.V	1	22,00	5.000,00 x 3.500,00
Envasado	Envasadora semiautomática LCS-TYZW-25	1	4,00	2.745,00 x 3.000,00

Tabla 10.7. Resumen de los equipos accesorios de proceso

Función	Subfunción	Equipos	Cantidad	Potencia [kW]	Dimensiones L x A x H [mm]
Transporte de sólidos	Transporte del silo de purga al silo de polvo	Transporte neumático en fase densa VF02	1	4,30	1.319,00 x 947,00
	Transporte del silo de polvo al extrusor; y del secador al silo de homogeneización	Transporte tubular a cadenas TDC SolidPro	2	1,50	5.000,00 x 100,00 x 10.000,00 5.000,00 x 100,00 x 7.000,00
	Transporte del silo de homogeneización a la envasadora	Transportador sinfín tubular RFS-180/150	1	0,71	180,00 x 7.000,00
	Transporte de bolsas de producto terminado	Transportador de rodillos Maquin Pack	2	-	2.000,00 x 1.000,00
	Palletizadora	Palletizadora Zhenheng	1	9,00	2.000,00 x 1.000,00 x 1.800,00
	Estrichadora	Palletizadora Automática FORMACOF-200	1	0,37	1.500,00 x 2.200,00

Función	Subfunción	Equipos	Cantidad	Potencia [kW]	Dimensiones L x A x H [mm]
	Transporte de pallets	Transpaleta eléctrica LPE250 Toyota	2	280,00 – 220,00	1.864,00 x 205,00
		Autoelevador modelo 8FD25 Toyota	2	44,00	1.150,00 x 2.620,00
Transporte de líquidos	Bombeo del propileno líquido al reactor	Bomba centrífuga QP-160	1	0,37	308,00 x 230,00 x 231,00
Almacenamiento de insumos	Almacenamiento de propano	Tanque esférico presurizado CIMC HONTO	1	-	10.464,44 x 12.464,44
	Almacenamiento de hidrógeno	Tanque vertical cilíndrico LH200V	1	-	3.500,00 x 22.800,00
	Almacenamiento de nitrógeno	Tanque criogénico presurizado CNCO	1	-	3.600,00 x 15.947,00
Acondicionamiento de sustancias	Compresión de propano	Compresor LB361	1	11,00	1.000,00 x 1.200,00
	Filtración del gas de monómero	Filtro clarificante de gas seco	1	-	327,00 x 660,00
	Compresión del propileno filtrado	Compresor LB161	1	6,00	1.000,00 x 1.650,00
	Condensación del propileno gaseoso	Intercambiador de placas Alfa Laval	1	-	380,00 x 140,00

UNIDAD Nº 11

SERVICIOS AUXILIARES

INTRODUCCIÓN

AGUA

AIRE COMPRIMIDO

REFRIGERACIÓN

GAS NATURAL

ENERGÍA ELÉCTRICA

SISTEMA DE CAÑERÍAS

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

Los servicios auxiliares son aquellos que poseen una distribución completa e integral dentro de la planta, y permiten concretar las actividades productivas. Proveen recursos como: energía (para la calefacción, refrigeración, funcionamiento de maquinarias e iluminación), de seguridad (agua para incendios), y operativos (para la transmisión de energías y atmósferas controladas).

En la presente unidad, se desarrollan los cálculos y descripción de los sistemas de servicios auxiliares necesarios para el funcionamiento adecuado de la planta. Su distribución debe ser cuidadosamente calculada debido a que los servicios auxiliares impactan en la seguridad y flexibilidad de las operaciones.

Los servicios que se utilizarán en el proceso de producción de pellets de PP son:

- Agua
- Aire comprimido
- Refrigeración
- Gas natural
- Energía eléctrica

AGUA

El agua potable en el proceso se emplea sólo para industrias alimenticias y farmacéuticas, por lo que en el caso de la producción de pellets de PP se emplea tanto para el proceso como para el lavado de superficies agua industrial proveniente de las napas.

A. AGUA INDUSTRIAL

A.1. Agua de proceso

Es aquella empleada directamente en las distintas etapas del proceso. Para el proceso de producción de pellets de PP, las etapas que emplean agua son: el acondicionamiento de GLP (intercambiador), la condensación del propileno gaseoso (condensador) y la extrusión.

En la siguiente tabla, se detallan el consumo diario y semanal del agua industrial para proceso.

Tabla 11.1. Consumo de agua industrial en el proceso

Etapa	Consumo [L/d]	Consumo [L/sem]
Acondicionamiento de GLP	5.520,00	38.640,00
Condensación de propileno gaseoso	1.490,00	1.490,00
Extrusión	6.000,00	42.000,00
Total	13.010,00	82.130,00

Dado a que el circuito del condensador de propileno es cerrado, sólo se considera la cantidad de agua que requiere por única vez ya que, en todo momento, luego de completado el ciclo, se recircula el 100,00 % del agua al enfriador.

Para el cálculo de agua del extrusor, se tuvo en cuenta la cantidad de agua que requiere inicialmente (2.500,00 L/h) menos la que se recircula (95,00 %), más lo que se debe añadir para completar la capacidad (5,00 % restante).

A.2. Agua de limpieza

Debido a la aplicación y a los fluidos que se emplean en el proceso de producción de pellets de PP, la línea de proceso no requiere una limpieza ni mucho menos emplear agua industrial para ello. Ocasionalmente las líneas de polvo se tapan y debe hacerse pasar nitrógeno a presión para restablecer el flujo normal, pero esto es lo máximo que se realiza¹⁹.

Por otra parte, lo que sí se deben limpiar con una frecuencia determinada son las instalaciones administrativas, recepción, pasillos, vestuarios, comedor, baños, el taller de mantenimiento y los pisos de la planta. Para efectuar la limpieza, se emplean 10,00 L/m² de agua industrial.

El área total edificada es de 981,68 m², en donde la zona de producción cubierta, los baños, el comedor y el laboratorio de calidad se limpian diariamente, representando un área total de 486,76 m², por lo que la cantidad de agua para limpieza que requieren es de 4.867,60 L/d. A su vez, las oficinas administrativas, los vestuarios, la recepción, el taller de mantenimiento y la portería, representan 200,10 m² y se limpian tres veces por semana, por lo que requieren 6.003,00 L/sem de agua.

A.3. Agua de riego y red contra incendios

Para el riego de las áreas parquizadas, se considera un consumo de 5 L/m²/sem. El área verde consiste en aproximadamente 346,06 m², por lo tanto, el consumo será de 1.730,30 L/sem.

Las instalaciones contarán con una red de agua contra incendios presurizada debido a que en la planta se procesan combustibles y sustancias que son inflamables,

¹⁹ Petrocuyo. (2023). Visita virtual planta Mendoza y planta Ensenada Petrocuyo.

y ante cualquier situación se debe estar equipado. Por este motivo, la actividad desarrollada se clasifica como una actividad de riesgo alto.

En primer lugar, para determinar la cantidad de agua a emplear en la red contra incendios, se debe calcular la superficie S que se obtiene como la sumatoria de las superficies cubierta total y descubiertas de plantas de proceso y depósitos al aire libre no separados por distancias libres. La superficie S para el caso de la planta productora de pellets de PP es de aproximadamente 1.968,42 m²:

Tabla 11.2. Caudal mínimo del sistema de incendios

Riesgo	Superficies S (m ²)			Tiempo (min)
	$S \leq 2\,500$ (L/min)	$2\,500 < S \leq 10\,000$ (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

Fuente: IRAM 3.597:2013. <https://seguridad3.files.wordpress.com/2016/10/iram-3597-27-12-2013-instalaciones-fijas-contra-incendios.pdf>

De acuerdo con la tabla anterior, a la S calculada y al tipo de riesgo (alto), se procede a determinar el volumen mínimo de agua que se requiere para la red de incendios:

$$V_{min} = 1.500,00 \text{ L/min} * 60 \text{ min}$$

$$V_{min} = 90.000,00 \text{ L}$$

La cantidad de bocas de incendio a instalar depende de la superficie S , por lo que de acuerdo a la norma IRAM 3.597:2013, para $S \leq 2.500,00$ L/min se requieren 3 bocas de incendio con un caudal de 500,00 L/min cada una. Por otra parte, en cuanto a la cantidad de bombas para impulsar el agua de incendio, por ley se sabe que se requieren como mínimo dos bombas principales que proveen de forma independiente el caudal anteriormente especificado, ubicadas a una distancia mínima de 10,00 m de los edificios a proteger.

Se adopta como caudal de bomba el 100,00 % del caudal de agua para el sistema (1.500,00 L/min), con una presión mínima de 0,50 MPa.

Para alimentación de las bombas se requiere un tanque de agua de uso exclusivo para incendios con una capacidad mínima de 90.000,00 L construido de poliéster, ubicado a más de 20,00 m de las áreas a proteger. Cabe aclarar que, como fuente de agua directa a una instalación de incendio, no se acepta la red pública de suministro de agua; pero sí esta puede alimentar al tanque o piletón en cuestión. Las cañerías de suministro deben ser por norma de acero al carbono.

B. AGUA POTABLE

Para el consumo humano e higiene se emplea agua potable. Según el CAA, en el capítulo N° XII art. 982, se detalla que: “el agua potable de suministro público y de uso domiciliario, apta para la alimentación: no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente.”

En la planta de producción industrial de pellets de PP, se emplea agua potable sólo para el consumo e higiene personal (en comedores, sanitarios, oficinas, sala de reuniones, entre otras).

El agua para consumo e higiene humana es aquella utilizada para beber e higienizarse (lavado de manos y uso de sanitarios). Se estima que el consumo es de 25 L/d/persona.

En la planta trabajarán 89 personas/d por lo que:

$$\text{Cant. Agua potable} = 89 \text{ personas/d} * 25,00 \text{ L/d/persona}$$

$$\text{Cant. Agua potable} = 2.225,00 \text{ L/d}$$

Los trabajadores de la planta consumirán en total 2.225,00 L/d y 15.575,00 L/sem.

C. CONSUMO TOTAL DE AGUA POTABLE E INDUSTRIAL

A continuación, en las tablas 11.3 y 11.4 se detalla el consumo total diario y semanal de agua industrial y potable.

Tabla 11.3. Consumo total de agua industrial

Tipo	Consumo diario [L/d]	Consumo semanal [L/sem]
Agua de proceso	13.010,00	91.070,00
Agua para limpieza	5.725,17	40.076,20
Agua para riego	247,18	1.730,30
Total	18.982,35	132.876,50

Tabla 11.4. Consumo total de agua potable

Tipo	Consumo diario [L/d]	Consumo semanal [L/sem]
Agua potable para consumo e higiene	2.225,00	15.575,00
Total	2.225,00	15.575,00

D. PROVISIÓN DE AGUA INDUSTRIAL Y AGUA POTABLE

El agua industrial la provee el parque industrial Campana que cuenta con agua subterránea como suministro para cada parcela. Por otra parte, el agua potable la provee Aguas Bonaerenses S.A. (ABSA), una de las operadoras de agua y saneamiento de mayor extensión de la Argentina, con la provisión de servicio que comprende 94 localidades de la provincia de Buenos Aires, entre ellas Campana.

E. ADOPCIÓN DE EQUIPOS

E.1. Tanques de almacenamiento

Para la selección de los tanques de almacenamiento, se debe tener en cuenta la cantidad de demanda de agua que se tiene.

Para la red de agua contra incendios que requiere como mínimo 90.000,00 L, se selecciona un tanque de almacenamiento cilíndrico horizontal de poliéster de la marca Karmod, con las siguientes características:

- Diámetro: 3.000,00 mm
- Altura: 3.200,00 mm
- Largo: 14.200,00 mm
- Espesor: 13,00 mm
- Conexión de salida: 50,80 mm
- Capacidad: 100.000,00 L
- Temperatura de funcionamiento: -5,00 - 60,00 °C



Figura 11.1. Tanque de almacenamiento de agua industrial para incendio.

Fuente: <https://karmodplastic.com/es/deposito-de-agua-horizontal-de-poliester-de-100000-litros#gallery--1>

Por otra parte, para el almacenamiento de agua potable se requiere un tanque de agua de PEAD de la marca Rotoplas, que cuenta con estas características:

- Volumen nominal: 2.750,00 L
- Altura: 1.800,00 mm
- Diámetro: 1.500,00 mm
- Conexión de salida lateral: 50,80 mm



Figura 11.2. Tanque de almacenamiento de agua potable.

Fuente: <https://www.sanitariosplasticos.com.ar/domicilio/tanques/plasticos/tanque-tricapa-rotoplas-gris-plata-2750-lts->

Finalmente, para el almacenamiento del agua industrial brindada por el parque industrial Campana, se adopta un tanque de vertical de polietileno virgen de Duraplas S.R.L. con una capacidad de 23.000,00 L, con las siguientes características:

- Capacidad: 23.000,00 L
- Diámetro: 2.950,00 mm
- Altura: 3.800,00 mm
- Provisto de válvula de 50,80 mm



Figura 11.3. Tanque de almacenamiento de agua industrial.

Fuente: <https://www.duraplas-argentina.com/producto/23-000-lts>

E.2. Bombas de extracción de agua

E.2.1. Bomba de extracción de agua industrial y agua potable

El agua industrial se extrae de una perforación realizada en la parcela en la que se ubica la planta y es llevada al tanque de almacenamiento. Para ello se requiere de una bomba centrífuga modelo Q-2P-160 marca Dessol que es ideal para aplicaciones de suministro de agua, de efluentes o aguas residuales, y posee las siguientes características:

- Caudal máximo: 10,00 m³/h
- Velocidad de giro de 2.800 rpm
- Máxima potencia: 0,37 kW

- Dimensiones (L x H): 384,00 x 231,00 mm
- Diámetro: 142,00 mm
- Material: acero inoxidable 316 L mecano-soldado.



Figura 11.4. Bomba centrífuga para extracción de agua industrial y potable.

Fuente: <https://dessol.com.ar/bombas-y-equipos/serie-q-2p-05-a-75-hp>

Para el transporte del agua potable que se adquiere de terceros al tanque de almacenamiento, se requiere una bomba centrífuga de las mismas características que la mencionada con anterioridad.

E.2.2. Bombas para red de incendio

Para extraer el agua del tanque de reserva de agua contra incendios se requieren, por norma, un mínimo de dos bombas que lleven el agua hasta los hidrantes de incendio. Como se requieren tres hidrantes en el predio, se decide utilizar tres bombas (uno para cada uno de los hidrantes), que transporten un caudal de 0,50 m³/min que fue calculado en la sección de agua para red contra incendios.

Las tres bombas son iguales, centrífugas modelo Q-2P-200-250 de la marca Dessol, con las siguientes características:

- Caudal máximo: 42,00 m³/h
- Velocidad de giro de 2.800 rpm
- Máxima potencia: 4,07 kW
- Dimensiones (L x H): 550,00 x 302,00 mm
- Diámetro: 224,00 mm
- Material: acero inoxidable 316 L mecano-soldado.



Figura 11.5. Bomba centrífuga para extracción de agua de incendio.

Fuente:

<https://dessol.com.ar/uploads/productos/tabla/Hk5nhT586N0K8tAeVcjkwXiAScV78AO1gWkNJATa.pdf>
f

AIRE COMPRIMIDO

El aire es una mezcla de gases, fundamentalmente se trata de una mezcla de nitrógeno (78,00 %) y oxígeno (21,00 %), y se compone de diferentes moléculas que tienen una cierta cantidad de energía cinética.

El aire comprimido, que básicamente es aire luego de atravesar un proceso de aumento de presión, es un medio excelente para almacenar y transmitir energía. Es flexible, versátil y relativamente seguro en comparación con otros métodos de almacenamiento de energía. La principal ventaja que posee es que tiene diversas aplicaciones: transporte, mezcla, mantenimiento, secado, enfriamiento, entre otros).

A. CALIDAD DEL AIRE COMPRIMIDO

La ISO 8573-1:2010 clasifica la pureza del aire teniendo en cuenta su concentración en partículas de agua, aceite o gas y contaminantes microbiológicos.

Tabla 11.5. Calidad del aire comprimido según norma ISO 8.753-1:2010

Clase	Partículas sólidas Cantidad máx. de partículas por m ³			Humedad Punto de Rocío a Presión (°C)	Contenido de aceite residual (Aceite, aerosol, vapor de aceite) mg/m ³
	0,1 µm < d ≤ 0,5 µm	0,5 µm < d ≤ 1,0 µm	1,0 µm < d ≤ 5,0 µm		
0	Según las especificaciones del gestor del equipo o del proveedor, requisitos más estrictos que la clase 1				
1	≤ 20.000	≤ 400	≤ 10	≤ - 70	≤ 0,01
2	≤ 400.000	≤ 6.000	≤ 100	≤ - 40	≤ 0,1
3	-	≤ 90.000	≤ 1.000	≤ - 20	≤ 1
4	-	-	≤ 10.000	≤ + 3	≤ 5
5	-	-	≤ 100.000	≤ + 7	> 5
6	-	-	-	≤ + 10	-

Fuente: <https://www.beko-technologies.com/es-es/conocimientos/aire-comprimido/calidad-segun-iso-85731/>

Las etapas del proceso que requieren aire comprimido son el secado centrífugo de pellets que requiere aire caliente para eliminar la humedad superficial del producto, y el transporte neumático de polvo desde el silo de purga al silo de almacenamiento.

De acuerdo con la norma ISO 8.573-1, el aire comprimido para el secador centrífugo es de calidad 4:4:3 (considerado como aire de producción en general), mientras que para el transporte neumático es 2:4:2.

B. CONSUMO DE AIRE COMPRIMIDO

De acuerdo con lo calculado en la unidad N° 9, para el secador centrífugo se requiere 8,01 m³/h de aire y la potencia del soplador es de 11,00 kW. Por otra parte, de acuerdo con el transporte neumático en fase densa seleccionado en la unidad N° 10, la velocidad del aire para este tipo de transportes es de 5,00 m/s, por lo que se calcula el caudal de aire requerido para el funcionamiento de dicho equipo ($Q_{\text{aire TN}}$):

$$Q_{\text{aire TN}} = v * A * \rho_{\text{aire}} = v * \pi * \frac{D^2}{4} * \rho_{\text{aire}} \quad (\text{Ec. 11.1})$$

siendo v la velocidad del aire, A el área de salida del producto (D el diámetro de salida del producto transportado) y ρ_{aire} la densidad del aire en condiciones estándar.

$$Q_{\text{aire TN}} = 5,00 \text{ m/s} * \pi * \frac{(0,20 \text{ m})^2}{4} * 1,20 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_{\text{aire TN}} = 0,19 \text{ m}^3/\text{s}$$

La presión máxima que se requiere para cada aplicación es de 0,70 MPa para el caso del secador y de 1,00 MPa para el transporte neumático.

B.1. Consumo total de aire comprimido

Se deben tener en cuenta y estimar las pérdidas por fugas y una probable ampliación de las instalaciones a corto/medio plazo; por ello sobredimensiona el tamaño de las conducciones principales en torno a un factor del 20,00 %.

$$Q_{\text{aire total}} = \left(8,01 \text{ m}^3/\text{h} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} + 0,19 \text{ m}^3/\text{s} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right) * 1,20$$

$$Q_{\text{aire total}} = 11,53 \text{ m}^3/\text{min} * 1,20$$

$$Q_{\text{aire total}} = 13,84 \text{ m}^3/\text{min}$$

El diámetro interior nominal de la cañería principal de aire comprimido se calcula teniendo en cuenta el caudal y la presión aproximada de trabajo (se considera la presión mayor de las aplicaciones). Para este caso, el diámetro de la tubería debe ser de 40,00 mm.

C. ADOPCIÓN DE EQUIPOS

En base al caudal de aire requerido para la totalidad de las operaciones del proceso que necesitan de este servicio, se elige el tipo de compresor de tornillo. En general, los compresores de aire de tornillo reemplazan a los compresores de pistón cuando se necesita un gran volumen de aire a alta presión, como es este el caso. Es

útil para grandes aplicaciones comerciales e industriales o para accionar herramientas neumáticas de alta potencia.

Se elige un compresor de aire KDS-14/14 de la marca KOTECH con las siguientes características:

- Suministro de aire: 14,00 m³/min
- Presión máxima de trabajo: 1,40 MPa
- Capacidad del tanque de combustible: 160,00 L
- Potencia nominal: 154,00 kW
- Dimensiones (L x W x H): 2.850,00 x 1.960,00 x 1.250,00 mm
- Peso: 1.200,00 kg



Figura 11.6. Compresor de aire KOTECH.

Fuente: https://www.kotechgroup.com/Portable-air-compressor696/kds-series-diesel-skid-mounted-air-compressor?gclid=CjwKCAiAg9urBhB_EiwAgw88mTkmv9G6bZkrJLsf8sBiFsaXCyE49t5j_VAmiDysHm6L3DHQtnUiTxoClvEQAvD_BwE

REFRIGERACIÓN

La refrigeración es el procedimiento de disminuir o conservar el nivel de calor de un cuerpo o de un ambiente. Es un proceso termodinámico que extrae el calor, disminuyendo el nivel térmico. Por lo general, para llevar a cabo la refrigeración se emplean sustancias refrigerantes, que absorben el calor del objeto o lugar en cuestión.

A. CONSUMO

Si bien a lo largo del proceso no se emplea el servicio auxiliar refrigeración; se emplea agua a 5,00 °C para poder condensar el propileno gaseoso en el intercambiador de calor para controlar la temperatura de reacción; y también agua a aproximadamente 13,00 °C para la camisa de intercambio del reactor de polimerización.

De acuerdo al BE realizado en la unidad N° 9, la cantidad de agua fría que se emplea para cada uso es de 2.845,27 kg/h para la camisa y de 1.493,70 kg/h para el condensador. En base a esto, se calcula la energía requerida para disminuir la temperatura ambiente del agua ($T_{a0} = 20,00 \text{ }^\circ\text{C}$) a $13,69 \text{ }^\circ\text{C}$ y $5,00 \text{ }^\circ\text{C}$ respectivamente (T_{afc} y T_{afIC2}).

La energía requerida para el enfriamiento del agua de la camisa es:

$$Q_{camisa} = W_{camisa} * C_{p_w} * (T_{a0} - T_{af})$$

$$Q_{camisa} = 2.845,27 \text{ kg/h} * 4,186 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C} * (20,00 - 5,00)^\circ\text{C}$$

$$Q_{camisa} = 75.153,99 \text{ kJ/h} = 20,87 \text{ kW}$$

Por otra parte, la energía requerida para el enfriamiento del agua del condensador de propileno gaseoso es:

$$Q_{IC2} = W_{IC2} * C_{p_w} * (T_{a0} - T_{af})$$

$$Q_{IC2} = 1.493,70 \text{ kg/h} * 4,186 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C} * (20,00 - 5,00)^\circ\text{C}$$

$$Q_{IC2} = 93.783,14 \text{ kJ/h} = 26,05 \text{ kW}$$

$$Q_{TOTAL} = Q_{camisa} + Q_{IC2} = 20,87 \text{ kW} + 26,05 \text{ kW}$$

$$Q_{TOTAL} = 46,92 \text{ kW}$$

Por lo tanto, el consumo total del servicio refrigeración en kWh/d es, siendo t el tiempo de funcionamiento por día de cada equipo (como es un proceso continuo se considera $t = 24 \text{ h}$):

$$\text{Consumo total} = (Q_{camisa} + Q_{IC2}) * t$$

$$\text{Consumo total} = (20,87 \text{ kW} + 26,05 \text{ kW}) * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}}$$

$$\text{Consumo total} = 1.126,08 \text{ kWh/d}$$

Cabe aclarar que el consumo total de refrigeración se contempla tanto para este servicio auxiliar como para el consumo de energía eléctrica total para el accionamiento de los motores del proceso.

B. ADOPCIÓN DE EQUIPOS

De acuerdo a los cálculos realizados anteriormente, se selecciona un chiller o enfriador de agua industrial modelo FB de la marca Frío21. Este equipo mantiene una temperatura constante gracias a su sistema de control de capacidad variable, se

caracteriza por la facilidad de uso y el circuito hidráulico estándar no ferroso. Además, permite una gran versatilidad aplicativa y un alto nivel de fiabilidad.

Las características del chiller FB son:

- Rango de capacidad de 1,16 - 116,28 kW
- Evaporador de placa
- Condensación aire/agua
- Gas refrigerante: 404/407
- Media temperatura: -5,00 - 10,00 °C
- Alta temperatura: 7,00 - 17,00 °C
- No requieren tanque de almacenamiento de agua lo que garantiza mayor rapidez para bajar la temperatura inicialmente.
- Dimensiones (L x A x H): 1.200,00 x 1.200,00 x 1.600,00 mm.



Figura 11.7. Chiller FB para enfriamiento de agua.

Fuente: <https://frio21.com.ar/portfolio/enfriadores-de-agua-para-circuitos-cerrados/#>

GAS NATURAL

El combustible que se emplea para calentar el agua que se emplea para el intercambiador de calor de GLP y para la calefacción de ambientes en la industria, es gas natural.

El gas natural es un hidrocarburo formado principalmente por metano, aunque también suele contener una proporción variable de nitrógeno, etano, CO₂, H₂O, butano, propano, mercaptanos y trazas de hidrocarburos más pesados. Es una de las fuentes de energía fósiles más limpia ya que es la que emite menos gases contaminantes por unidad de energía producida.

La potencia calorífica del gas natural en Argentina es de 34.727,20 kJ/m³. La misma indica la cantidad de energía que se puede generar durante la combustión de este hidrocarburo.

A. CONSUMO

A.1. Gas para el proceso

En la unidad N° 9 se calculó la cantidad de agua necesaria para el proceso de acondicionamiento de GLP, la cual es de 270,90 kg/h. En base a esto, se calcula la energía necesaria (Q_{AI}) para calentar dicha cantidad de agua de una temperatura inicial (T_0) de 20,00 °C, a una temperatura final (T_f) de 70,00 °C, siendo C_{pw} es calor específico del agua:

$$Q_{AI} = W_{IC1} * C_{pw} * (T_f - T_0) \quad \text{Ec. 11.5}$$

$$Q_{AI} = 270,90 \text{ kg/h} * 4,186 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} * (70,00 - 20,00)^\circ\text{C}$$

$$Q_{AI} = 56.699,37 \text{ kJ/h}$$

Considerando el poder calorífico inferior del gas natural (PCI_{GN}), se determina el volumen de combustible consumido por día para el calentamiento del agua del intercambiador de calor (GN_{IC1}).

$$GN_{IC1} = \frac{Q_{AI}}{PCI_{GN}} \quad (\text{Ec. 11.2})$$

$$GN_{IC1} = \frac{56.699,37 \text{ kJ/h}}{34.727,20 \text{ kJ/m}^3} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}}$$

$$GN_{IC1} = 39,18 \text{ m}^3/\text{d}$$

Para el calentamiento del agua se emplea un termotanque a gas cuyas características se describen en el inciso C de la sección de gas natural de la presente unidad.

A.2. Gas para calefacción de ambientes

Se utiliza gas natural para la calefacción de los distintos ambientes mediante el empleo de calefactores. La recepción, las oficinas, comedor, salas de reuniones, laboratorio, y la portería disponen de este servicio.

Para determinar la potencia calorífica (P_C), se emplea la siguiente ecuación:

$$P_C = 209,20 \text{ kJ/h m}^3 * V \quad (\text{Ec. 11.3})$$

Donde V es el volumen del ambiente a calefaccionar en m^3 y 209,20 es una constante en kJ/h.m^3 . A partir de esta ecuación, se confecciona la siguiente tabla con las dimensiones de cada ambiente y el consumo de gas natural en cada una de ellas.

Tabla 11.6. Potencia calorífica para la calefacción de áreas

Ambiente	Dimensiones [m]			Volumen [m ³]	Potencia [kJ/h]	Potencia calefactor [kJ/h]	Cantidad
	Largo	Ancho	Alto				
Oficina gerencia general	3,00	3,00	3,00	27,00	5.648,40	8.368,00	1
Oficina gerencia producción	3,00	3,00	3,00	27,00	5.648,40	8.368,00	1
Oficina gerencia de adm y comercialización	3,00	3,00	3,00	27,00	5.648,40	8.368,00	1
Oficina de producción	3,00	4,00	3,00	36,00	7.531,20	8.368,00	1
Oficina de calidad	3,00	2,50	3,00	22,50	4.707,00	8.368,00	1
Oficina de RR.HH	3,50	4,43	3,00	36,00	7.531,20	8.368,00	1
Oficina de marketing	5,33	3,00	3,00	47,97	10.035,32	12.552,00	1
Oficina de finanzas	5,54	3,50	3,00	58,17	12.169,16	12.552,00	1
Oficina de logística	3,00	4,00	3,00	36,00	7.531,20	8.368,00	1
Laboratorio de calidad	8,00	5,25	3,00	126,00	26.359,20	20.920,00	2
Oficina de mantenimiento	3,00	3,00	3,00	27,00	5.648,40	8.368,00	1
Comedor de planta	7,00	6,00	3,00	126,00	26.359,20	20.920,00	2
Portería	2,00	2,00	3,00	12,00	2.510,40	8.368,00	1
Sala de reuniones de planta	7,50	4,00	3,00	90,00	18.828,00	20.920,00	1
Sala de reuniones de administración	3,50	4,60	3,00	48,30	10.104,36	12.552,00	1
Total					156.259,84	175.728,00	17

En base al poder calorífico total calculado con anterioridad, se procede a determinar la cantidad de gas natural que se requiere para la calefacción de los ambientes.

$$GN_{ambientes} = \frac{175.728,00 \text{ kJ/h}}{34.727,20 \text{ kJ/m}^3} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}}$$

$$GN_{ambientes} = 121,45 \text{ m}^3/\text{d}$$

A.3. Consumo total de gas natural

A continuación, se muestran los valores totales máximos de consumo de gas en épocas de invierno para los ambientes y en el proceso en general.

Tabla 11.7. Consumo total de gas natural

Tipo	Consumo diario [m ³ /d]	Consumo semanal [m ³ /sem]
Gas para el proceso	39,18	274,26
Gas para ambientes	121,45	850,12
Total	160,63	1.124,41

B. PROVISIÓN

De acuerdo a lo expuesto en la unidad N° 2, el parque industrial Campana posee servicio de gas natural.

C. ADOPCIÓN DE EQUIPOS

Para el calentamiento del agua de intercambio se adopta un termotanque a gas natural de la marca EMEGÉ, con las siguientes características:

- Capacidad de 50,00 L
- Recuperación de 800,00 L
- Potencia: 87.864,00 kJ/h
- Quemador NP tipo caldera
- Diámetro (o ancho): 430,00 mm
- Altura: 1.070,00 mm



Figura 11.8. Termotanque EMEGÉ.

Fuente: <https://grupohogar.ar/productos/termotanque-a-gas-emege-tar-800lts-hs-50-lts-alta-recuperacion-gas-natural/>

Para la calefacción de los ambientes se adoptan calefactores a gas de tiro balanceado de la marca Longvie de 2.000 (modelo EBA2), 3.000 (modelo EBA3) y 5.000 kcal/h (modelo EBA5). Las características generales de estos equipos son:

- Encendido electrónico
- Válvula de seguridad y regulador de presión
- Reja de aluminio macizo inyectado

- Eficiencia energética tipo A y B (para el caso del calefactor de 5.000 kcal/h)
- Poseen cámara de combustión estanca

Se seleccionan 9 calefactores modelo EBA2, 3 calefactores modelo EBA3, y 5 calefactores modelo EBA5.



Figura 11.9. Calefactores Longvie

Fuente: <https://www.longvie.com/Front/showCategory/7>

ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica o electricidad es un fenómeno físico que se produce a raíz de las cargas eléctricas y de la interacción entre ellas. Los electrones son pequeñas partículas con carga eléctrica negativa, que rodean al núcleo de un átomo, y en algunos casos se pueden perder fácilmente, pasando de un átomo a otro, creando una corriente de electricidad. De manera que, cuando dos puntos tienen una diferencia de potencial y se conectan a través de un conductor eléctrico se genera lo que conocemos como energía eléctrica.

En el presente proyecto, se emplea energía eléctrica para el accionamiento de los motores eléctricos necesarios a lo largo del proceso productivo, y para la iluminación interna y externa del predio.

A. CONSUMO

A.1. Fuerza Electromotriz

Para la disposición de tableros eléctricos, se deben calcular la intensidad de corriente y la sección de los conductores para los motores empleados a lo largo del proceso. Se considera que un motor posee voltaje tipo monofásico cuando su potencia es menor a 0,74 kW, teniendo accionamiento directo. Por otro lado, cuando la potencia es mayor al valor anteriormente planteado, se utilizan motores trifásicos

que van a tener un accionamiento directo cuando la potencia es menor a 2,24 kW, y un accionamiento tipo estrella-triángulo cuando la potencia es mayor a este valor²⁰.

En las láminas N° 6 y N° 6'', se detalla el consumo total de energía eléctrica por parte de los motores del proceso.

La intensidad de corriente en A de cada motor, se calcula de la siguiente manera, de acuerdo al voltaje (monofásico o trifásico):

- Motores monofásicos:

$$I = \frac{P}{U * \cos(\phi) * \eta} \quad (\text{Ec. 11.4})$$

- Motores trifásicos:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos(\phi) * \eta} \quad (\text{Ec. 11.5})$$

donde I es la intensidad de corriente en A, U es el voltaje o diferencia de potencial en V (380 V), P es la potencia en W, Φ el factor de potencia cuyo coseno se considera 0,95, y η el rendimiento (se adopta un rendimiento de 0,80).

La intensidad de corriente máxima admisible por conductor, de acuerdo a la sección que posee, se establece en la norma IRAM 2.183. En la siguiente tabla se determina cuánto debe ser la sección del conductor para una corriente en particular y se elige la sección más adecuada, siempre considerando un 10,00 % más en la corriente para asegurar el correcto funcionamiento de la instalación.

²⁰ (2022). Apunte de Integración V. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional San Francisco.

Tabla 11.8. Intensidad de corriente máxima admisible según la sección del conductor

Sección del conductor [mm ²]	Corriente máxima admisible [A]
1,00	9,60
1,50	13,00
2,50	18,00
4,00	24,00
6,00	31,00
10,00	43,00
16,00	59,00
25,00	77,00
35,00	96,00
50,00	116,00
70,00	148,00
95,00	180,00
120,00	207,00
150,00	228,00
185,00	260,00
240,00	290,00
300,00	340,00
400,00	385,00

Fuente: Norma IRAM 2.183. [www.enre.gov.ar/web/web.nsf/Files/vol2o04.pdf/\\$FILE/vol2o04.pdf](http://www.enre.gov.ar/web/web.nsf/Files/vol2o04.pdf/$FILE/vol2o04.pdf)

Como la norma no especifica secciones para corrientes de más de 385,00 A, para conocer la sección de cable más apropiada para la conexión del reactor (que posee 692,66 A) se decide recurrir al catálogo de Prysmian, reconocido proveedor de cables, que presenta diferentes variedades de corrientes con sus respectivas secciones. Se elige un cable HARMOHNY Class XZ1 (S) AI - Libre de halógenos 0,6/1,00 kV con una corriente máxima admisible de 814,00 A y sección de 400,00 mm². Para mayor seguridad, este se encontrará bajo tierra²¹.

²¹ Weg Equipamientos Eléctricos. Información brindada por un especialista.

Tabla 11.9. Catálogo Prysmian Group

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro conductor* (mm)	Espesor de aislam.* (mm)	Diá. nom. aislam. (mm)	Diámetro exterior* (mm)	Radio mínimo de curvatura (posición final) (mm)	Peso aprox. (kg/km)	Intensidad máxima de corriente al aire			Intensidad máxima de corriente directamente enterrado			Intensidad máxima de corriente bajo tubo y enterrado		Resistencia del cond. (Ω/km)	Máx. caída de tensión dc (90°C) (V/(A.km))
							(1)			(2)			(3)			
							2 Cables (A)	3 Cables (A)	1 Cable (A)	2 Cables (A)	3 Cables (A)	2 Cables (A)	3 Cables (A)			
1x16	4,65	0,7	6,1	8,3	41,5	85	95	76	140	76	64	71	59	1,910	3,82	
1x25	5,85	0,9	7,7	9,9	49,5	124	121	103	180	98	82	90	75	1,200	2,40	
1x35	6,75	0,9	8,6	10,8	54	153	150	129	215	117	98	108	90	0,868	1,736	
1x50	8,0	1	10,1	12,5	62,5	200	184	159	255	139	117	128	106	0,641	1,282	
1x70	10,0	1,1	11,9	14,5	72,5	265	237	206	312	170	144	158	130	0,443	0,886	
1x95	11,2	1,1	13,8	15,8	79	340	289	253	375	204	172	186	154	0,320	0,640	
1x120	12,6	1,2	15,3	17,4	87	420	337	296	428	233	197	211	174	0,253	0,506	
1x150	13,85	1,4	17	19,3	96,5	515	389	343	480	261	220	238	197	0,206	0,412	
1x185	16,0	1,6	19,4	21,4	107	645	447	395	544	296	250	267	220	0,164	0,328	
1x240	18,0	1,7	22,1	24,2	121	825	530	471	630	343	290	307	253	0,125	0,250	
1x285	20,0	1,8	24,3	26,7	133,5	1.035	613	547	717	386	326	346	286	0,100	0,200	
1x400	22,6	2,0	27,0	30,0	150	1.345	740	663	814	448	370	415	350	0,0778	0,156	
1x500	26,0	2,2	30,4	33,6	252	1.660	856	770	931	510	420	470	400	0,0605	0,121	
1x630	30,0	2,4	34,8	38,6	290	2.160	996	899	1.076	590	480	545	460	0,0469	0,094	

■ Instalación al aire ■ Directamente enterrada ■ Enterrada bajo tubo

Fuente: <https://es.prysmiangroup.com/catalogos-online>

A.2. Iluminación²²

La iluminación dentro y fuera de planta, así como también en los sectores administrativos, es de suma importancia debido a que influye en la calidad del trabajo, afecta el estado de ánimo y produce fatiga a la vista. Sumado a que una mala iluminación es responsable de muchos accidentes ocurridos en el ambiente de trabajo, tal como se expuso en la unidad N° 5, inciso E.3.

El nivel de iluminación se debe adaptar a las tareas a realizar y a las características del establecimiento. La intensidad media de iluminación (E) para cada sector de la planta se establece en la tabla 5.1. Si bien se aprovecha la luz natural con grandes ventanales, se complementa la iluminación con luz artificial, principalmente para el turno tarde y noche.

A.2.1. Iluminación interior

Para el cálculo de la luminaria interna, se emplea el método de los lúmenes. En primer lugar, se determina el plano de iluminación. La determinación del plano de iluminación artificial sobre los puestos de trabajo, en relación con la altura existente

²² Manual de Estándares de Espacios de Trabajo del Estado Nacional. ANEXO. Cálculo de iluminación interior en oficinas. Método de los lúmenes. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/calculo_de_iluminacion_interior_en_oficinas_-_metodo_de_los_lumenes.pdf

en los espacios de oficina, define la colocación de los artefactos, ya sea que se coloquen aplicados al cielorraso, embutidos en este o suspendidos.

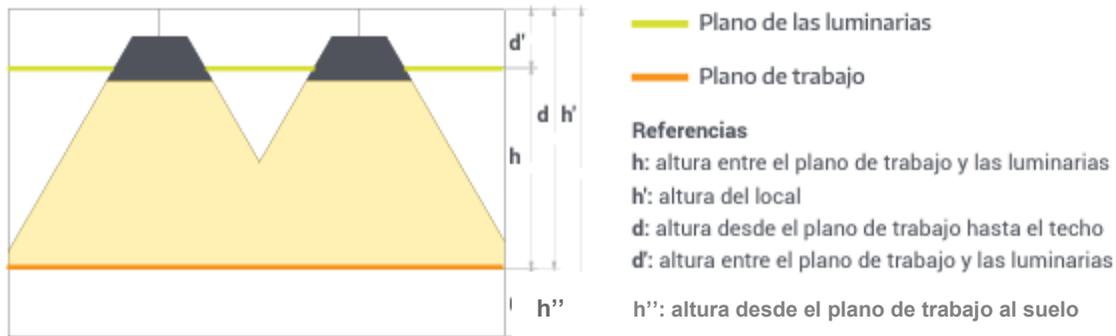


Figura 11.10. Plano de trabajo y plano de las luminarias interiores.

Fuente: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/calculo_de_iluminacion_interior_en_oficinas_-_metodo_de_los_lumenes.pdf

En el caso de locales de altura normal, como las oficinas, las luminarias se colocarán lo más altas posible, de forma que el ángulo de visión sea superior a 30° respecto de la visión horizontal, y su ubicación relativa dentro de la planta deberá posibilitar que la reflexión sobre la superficie de trabajo no coincida con el ángulo de visión del trabajador. La distancia que se adopta entre el plano de trabajo y el piso (h'') para el caso de las oficinas es de 0,85 m, mientras que para los trabajos de planta se adopta una distancia de 0,95 m.

Una vez definido esto, se calcula el índice del local (k) a partir de la geometría del ambiente a iluminar.

- Para iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa, k se calcula como:

$$k = \frac{a * b}{h * (a + b)} \quad (\text{Ec. 11.6})$$

siendo a el ancho de la sala, b el largo, y h la altura entre el plano de trabajo y las luminarias. Todas las medidas en m.

- Para iluminación indirecta y semiindirecta, k se calcula de la siguiente manera:

$$k = \frac{3 * a * b}{2 * (h + h'') * (a + b)} \quad (\text{Ec. 11.7})$$

siendo h'' la altura entre el plano de trabajo y el piso en m.

Cabe aclarar que k es un valor entre 1 y 10.

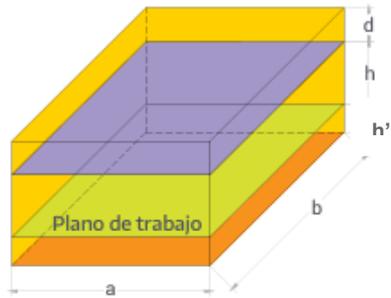


Figura 11.11. Geometría del local y plano de trabajo.

Fuente: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/calculo_de_iluminacion_interior_en_oficinas_-_metodo_de_los_lumenes.pdf

El método que se describe, considera que la luz producida por una lámpara es reflejada por todas las superficies del local. Esa reflexión más la luz de la lámpara, genera la luz real en el plano de trabajo. En estos casos, el color de las paredes, techos y pisos influye en la reflexión y por ende en la propia iluminación, brindando un coeficiente de reflexión determinado para cada caso, que se encuentra tabulado. Se adoptan los siguientes coeficientes de reflexión de las superficies: para techos y paredes un valor de 0,30 (color medio), y para suelos se adopta un valor de 0,10 (color oscuro).

A partir de los datos de k y de los factores de reflexión de techos y paredes, se determina el coeficiente de utilización (C_u) que es la cantidad de flujo luminoso aprovechado en el plano de trabajo después de interactuar con las superficies y las luminarias. Este coeficiente se determina por tabla ingresando con el coeficiente de reflexión del techo y luego de paredes por la parte superior, y por la izquierda con el valor del índice del local. En caso de no poder obtener C_u por lectura directa, se interpolan dichos datos. Para $k < 0,60$, se decide emplear un C_u de 0,23.

Tabla 11.10. Determinación de C_u

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)											
		Factor de reflexión del techo						Factor de reflexión de las paredes					
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0
	0.6	.27	.24	.21	.27	.23	.21	.27	.23	.21	.23	.21	.20
	0.8	.33	.29	.26	.32	.29	.26	.32	.28	.26	.28	.26	.25
	1.0	.36	.33	.30	.36	.33	.30	.35	.32	.30	.32	.30	.29
	1.25	.40	.36	.34	.39	.36	.34	.38	.36	.34	.36	.34	.33
	1.5	.42	.39	.37	.42	.39	.37	.41	.38	.36	.38	.36	.35
	2.0	.45	.42	.40	.44	.42	.40	.44	.42	.40	.41	.40	.39
	2.5	.47	.44	.43	.46	.44	.42	.45	.44	.42	.43	.42	.41
	3.0	.48	.46	.44	.47	.46	.44	.47	.45	.44	.44	.43	.42
	4.0	.50	.48	.46	.49	.48	.46	.48	.47	.46	.46	.45	.44
	5.0	.50	.49	.48	.50	.49	.48	.49	.48	.47	.47	.46	.45

H_m : altura luminaria-plano de trabajo

Fuente: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/calculo_de_iluminacion_interior_en_oficinas_-_metodo_de_los_lumenes.pdf

Por otra parte, se debe determinar el factor de mantenimiento (C_m) o de conservación de la instalación, el cual va a depender del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual, se considera que un ambiente limpio posee un C_m de 0,80; mientras que, para un ambiente sucio, $C_m = 0,60$. Para el presente proyecto, se decide utilizar un C_m de 0,80 debido a que las etapas del proceso no requieren constante limpieza.

A partir de los coeficientes y factores extraídos, se calcula el flujo luminoso total necesario y el número de luminarias a colocar:

$$\phi_T = \frac{E * S}{C_u * C_m} \quad (\text{Ec. 11.8})$$

en donde ϕ_T es el flujo necesario total en lúmenes (lm), E es el nivel de iluminación medido en lx, S es la superficie del plano de trabajo a iluminar en m^2 , C_u es el factor de utilización y C_m el de mantenimiento.

$$N = \frac{\phi_T}{\eta * \phi_L} \quad (\text{Ec. 11.9})$$

en donde N es el número de luminarias, ϕ_T es el flujo necesario total en lm, ϕ_L es el flujo luminoso de la lámpara en el catálogo en lm, y η es el número de lámparas por luminaria (que se considera 1).

A.2.1.1. Adopción de equipos

Se sabe que parte de las instalaciones del proceso productivo estarán por fuera del local, mientras que las instalaciones luego de la etapa de reacción, se encontrarán bajo techo. Es por esto que, para las instalaciones del sector productivo bajo techo y la sala de servicios auxiliares, se seleccionan 15 luminarias y 1 luminaria respectivamente modelo STAR PRO 150 L90 de la empresa Bael, desarrolladas para iluminar depósitos, naves industriales, estadios cubiertos, supermercados, talleres, gimnasios, entre otros, gracias a su grado de estanqueidad. Cuenta con una potencia de 150,00 W, un flujo luminoso de 24.000 lm, un ángulo de apertura de 90°, un difusor de gran calidad y transparencia, dando una amplia cobertura; y posee unas dimensiones de 330,00 mm de diámetro por 160,00 mm de alto.

Por otra parte, para el almacenamiento de insumos y del producto terminado, se emplean 1 y 2 luminarias respectivamente modelo STAR PRO 200 L90 de la empresa Bael, que cuenta con una potencia de 200,00 W, un flujo luminoso de 32.000 lm, un ángulo de apertura de 90° y unas dimensiones de 370,00 x 160,00 mm.



Figura 11.12. Luminaria STAR PRO 150/200 L90 para el sector productivo y depósitos.
Fuente: <https://www.bael.com.ar/producto/star-pro/>

Para el sector administrativo y las oficinas que se encuentran en el sector productivo, así como también comedores, pasillos, recepciones, cocina y salas de reuniones, se selecciona la luminaria embutida redonda modelo SURF de 15,00 W con un flujo luminoso de 1.200 lm y la luminaria embutida rectangular WAVE de 48,00 W y 4.800 lm de flujo luminoso, ambas de la empresa bael. El aspecto sobrio y minimalista las hace ideales para embutir en gran variedad de ambientes residenciales y comerciales, como oficinas, salas de espera, consultorios, pasillos, etc. Se emplean de estas luminarias un total de 164.



Figura 11.13. Luminaria embutida redonda SURF 15,00 W.
Fuente: <https://www.bael.com.ar/producto/surf/>



Figura 11.14. Luminaria embutida rectangular WAVE 48,00 W.
Fuente: <https://www.bael.com.ar/producto/wave/>

En la lámina N° 6 adjunta se presenta una tabla resumen de las características y consumo energético total de las luminarias interiores para la planta y el sector administrativo.

A.2.2. Iluminación exterior

La iluminación exterior se calcula de forma sencilla, teniendo en cuenta la altura del foco luminoso respecto al suelo (que para exteriores es de 4,00 - 6,00 m) y el perímetro iluminado. A partir de estos datos, se obtiene la distancia entre las luminarias que es igual a cuatro veces la altura del foco o luminaria. Cabe aclarar que, la distancia entre luminarias incide sobre el costo de la instalación ya que, a menor distancia, mayor número de luminarias y en consecuencia se requiere un mayor mantenimiento.

Para el cálculo de la cantidad de luminarias, se realiza el cociente entre el perímetro iluminado y la distancia entre luminarias, previamente calculada.

A.2.2.1. Adopción de equipos

En el sector descubierto del proceso y en el estacionamiento se emplean 34 luminarias GARDEN PRO 200, que emplean una potencia de 200,00 W y emiten un flujo luminoso de aproximadamente 24.000 lm. Por otra parte, para calles y veredas (o sendas peatonales), se emplean las luminarias GARDEN PRO 150 que requieren de 150,00 W de potencia y poseen un flujo luminoso de 18.000 lm.

En ambas luminarias, la luz emitida es modulada por lentes de alta calidad y transparencia, de excelente apertura lumínica. Están selladas al conjunto con un anillo de silicona resistente al calor y al envejecimiento, que le confiere una alta hermeticidad; y cuenta con tornillería de acero inoxidable.



Figura 11.15. Luminaria GARDEN PRO para exteriores.
Fuente: <https://www.bael.com.ar/producto/garden-pro/>

A continuación, se determina el consumo energético total de la iluminación exterior.

Tabla 11.11. Consumo energético total de la iluminación exterior

Área	Perímetro iluminado [m]	Altura del foco [m]	Distancia entre focos [m]	N° de luminarias	Pot. luz [W]	Pot. Total [W]
Sector prod. descubierto	62,20	6,00	24,00	3	200,00	600
Estacionamiento	79,70	4,00	16,00	5	200,00	1.000,00
Veredas	170,80	4,00	16,00	11	150,00	1.650,00
Calles	357,33	6,00	24,00	15	150,00	2.250,00
TOTAL				34	-	5.500,00

A.3. Consumo energético total

En la siguiente tabla, se resume el consumo total de energía eléctrica necesaria diaria y semanalmente para el funcionamiento de motores e iluminación interior y exterior.

Tabla 11.12. Consumo energético total

Tipo	Potencia total [kW]	Consumo diario [kWh/d]	Consumo semanal [kWh/sem]
Motores	574,48	13.787,57	96.512,99
Iluminación interior	9,04	195,56	1.368,92
Iluminación exterior	5,50	66,00	462,00
TOTAL	589,02	14.049,13	98.343,91

B. PROVISIÓN

La energía eléctrica necesaria para la planta proviene del Parque Industrial Campana, ya que es un servicio que ofrece el mismo. La alimentación de energía eléctrica al parque proviene de la Subestación Transformadora Campana 1.

C. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Toda instalación eléctrica debe respetar determinadas normativas para garantizar la seguridad de las personas, la preservación del medio ambiente y reducir a la mínima expresión los posibles accidentes que se pudieran desencadenar.

La electricidad no se puede almacenar, por lo que una vez generada hay que transportarla a los núcleos de consumo (que suelen situarse alejados del lugar de producción). La electricidad se transporta mediante las redes de transporte y distribución eléctricas, desde las plantas generadoras hasta la industria.

Un tablero eléctrico o cuadro eléctrico es uno de los componentes principales de una instalación eléctrica, es un gabinete individual al que llega la línea principal, contiene el interruptor principal, y desde donde se derivan los circuitos seccionales o terminales. En un tablero eléctrico se protegen cada uno de los distintos circuitos en los que se divide la instalación a través de fusibles, protecciones magnetotérmicas y diferenciales. De hecho, está formado por un Interruptor de Control de Potencia (ICP o limitador) que es un interruptor que instala la compañía eléctrica, y sirve para limitar el consumo de energía del cliente a la potencia que se ha contratado de forma que, si la potencia consumida por los aparatos eléctricos conectados es superior a la contratada, interrumpe el suministro.

De acuerdo a la ubicación que tengan los tableros dentro de una instalación, pueden clasificarse en:

- Tablero principal: es el centro de distribución de toda la instalación eléctrica ya que recibe los cables que provienen del medidor, aloja los dispositivos de protección, y de él parten los circuitos terminales que alimentan a los siguientes tableros.

- Tablero seccional: es aquel al que acomete la línea seccional y del cual se derivan otras líneas seccionales o de circuito finales como los tomacorrientes e iluminación.

Cabe aclarar que los tableros eléctricos deben instalarse en lugares secos, de fácil acceso y alejados de otras instalaciones (gas, agua, entre otras). En lugares húmedos, mojados, a la intemperie o polvorientos deben tener un grado de IP adecuado. Por otra parte, la iluminación del recinto en donde se ubican los tableros debe ser de 200 lx como mínimo.

C.1. Tablero principal

El tablero eléctrico principal es aquel al que acomete la línea principal, y del que se pueden alimentar directamente los consumos, los tableros seccionales generales y los tableros seccionales particulares. Se debe instalar dentro de la planta, en lugares de inmediata localización para facilitar la realización de trabajos y operaciones.

Todos los tableros eléctricos de distribución deben ser fácilmente identificables, por lo que en la parte frontal exterior de los marcos o de las puertas, se coloca el símbolo de “riesgo eléctrico” con una descripción de la funcionalidad del tablero. La puerta de la sala en donde se ubique el tablero principal debe abrir hacia afuera del mismo, sin impedimento desde el interior.

C.2. Tableros seccionales

Un tablero seccional es aquel que recibe energía desde el tablero principal y la deriva a sus propios circuitos terminales o a otros tableros “aguas abajo”. Cumplen la función de cubrir las demandas energéticas en los distintos sectores de la planta, ubicándose de forma estratégica para proveer energía a los motores de los equipos y luminarias, teniendo en cuenta el menor costo posible.

La distribución de los tableros principales y seccionales correspondientes a los motores, se expone en la lámina N° 7.

C.2.1. Tablero seccional N° 1

El tablero seccional N° 1 se encuentra en el sector productivo, particularmente es el encargado de administrar y suministrar la energía eléctrica a la fracción de motores de los equipos que se encuentran en la parte descubierta de la planta. Tiene una potencia instalada de 159,38 kW.

C.2.1.1. Tablero seccional N° 1.1

El tablero seccional N° 1.1, corresponde a los motores 1 al 3, y posee una potencia instalada de 76,09 kW.

C.2.1.2. Tablero seccional N° 1.2

El tablero seccional N° 1.2, corresponde a los motores 4 al 7, y posee una potencia instalada de 83,29 kW.

C.2.2. Tablero seccional N° 2

El tablero seccional N° 2 se encuentra en el sector productivo, particularmente es el encargado de administrar y suministrar la energía eléctrica al reactor de polimerización (motor 8). Tiene una potencia instalada de 346,48 kW.

C.2.3. Tablero seccional N° 3

El tablero seccional N° 3 se encuentra en el sector productivo, particularmente es el encargado de administrar y suministrar la energía eléctrica a la fracción de motores de los equipos que se encuentran en la parte cubierta de la planta. Tiene una potencia instalada de 67,54 kW.

C.2.3.1. Tablero seccional N° 3.1

El tablero seccional N° 3.1, corresponde a los motores 9 al 14, y posee una potencia instalada de 29,96 kW.

C.2.3.2. Tablero seccional N° 3.2

El tablero seccional N° 3.2, corresponde a los motores 15 al 20, y posee una potencia instalada de 37,58 kW.

C.2.4. Tablero seccional N° 4

El tablero seccional N° 4 se encuentra en el sector productivo, particularmente es el encargado de administrar y suministrar la energía eléctrica a las bombas de servicios auxiliares y al compresor de aire. Tiene una potencia instalada de 166,95 kW.

C.2.4.1. Tablero seccional N° 4.1

El tablero seccional N° 4.1, corresponde a los motores 21 al 23, y posee una potencia instalada de 12,21 kW.

C.2.4.2. Tablero seccional N° 4.2

El tablero seccional N° 4.2, corresponde a los motores 24 al 26, y posee una potencia instalada de 154,74 kW.

C.2.5. Tablero seccional N° 5

El tablero seccional N° 5 es el encargado de administrar y suministrar energía eléctrica a las luminarias interiores del sector productivo cubierto, incluyendo las de las oficinas, baños, vestuarios, comedor y sala de servicios auxiliares. Tiene una potencia instalada de 6,90 kW.

C.2.6. Tablero seccional N° 6

El tablero seccional N° 6 es el encargado de administrar y suministrar energía eléctrica a las luminarias interiores del sector administrativo y portería, y posee una potencia instalada de 2,13 kW.

C.2.7. Tablero seccional N° 7

El tablero seccional N° 7 se encarga de la iluminación exterior de la planta (sector productivo descubierta e iluminación del predio en general), y cuenta con una potencia instalada de 5,50 kW.

SISTEMA DE CAÑERÍAS

Según lo establecido por la norma IRAM 2.407, el concepto cañería se entiende como todo sistema formado por caños, uniones, válvulas, tapones, todas las conexiones para el cambio de dirección de la cañería y el eventual aislamiento exterior. La misma se emplea para la conducción de gases, líquidos, semilíquidos, vapores, polvos, plásticos, cableados eléctricos, entre otros.

Las cañerías se clasifican en dos grupos:

- Cañerías destinadas a conducir materias primas, productos en proceso y productos terminados. Las cañerías destinadas a conducir productos terminados o en proceso de fabricación que sean inofensivos para la seguridad personal se identifican pintándolos de color gris en toda su longitud, cualquiera sea el producto que conduzcan. De lo contrario, aquellas cañerías destinadas a conducir materias primas, productos terminados o en proceso que sean peligrosos para la seguridad personal, son identificados con color gris en toda su longitud y se pinta sobre este, franjas color naranja.
- Cañerías destinadas a conducir productos de servicio como agua, vapor, combustible, entre otros, que se identifican pintándolas en toda su longitud con los colores establecidos según la norma

A. CAÑERÍAS PARA MP, PP, PE

Debido a que en todo el proceso de producción las cañerías se utilizan para el transporte de combustibles (en estado gaseoso o condensado) como: GLP, propileno al 99,50 %, propano, propileno condensado, hidrógeno, nitrógeno y gas de monómero; se utilizan cañerías multicapa de aluminio y polietileno identificados con color amarillo. El largo de la cañería dependerá de la distancia a la que se quiera transportar el gas de una etapa a otra. El diámetro de todas estas cañerías es de 38,10 mm.

A.1. Cañería de GLP

Se utiliza para transportar el GLP en tres tramos. El primer tramo corresponde al transporte desde el tanque cilíndrico de almacenamiento hasta el compresor. El segundo tramo es desde el compresor hasta el intercambiador de calor; y finalmente el tercer tramo donde se transporta el GLP desde el intercambiador de calor hasta la etapa de purificación (columna de adsorción PSA). En todos los tramos el caudal a transportar es de 98,44 m³/h.

A.2. Cañería de propileno al 99,50 %

Se utiliza para transportar el propileno con pureza de 99,50 % en cuatro tramos. El primer tramo de cañería transporta el propileno ya purificado en la membrana PSA hasta el compresor, para alcanzar la presión de almacenamiento requerida. El caudal a transportar es de 102,00 m³/h. El segundo tramo transporta el caudal (3,31 m³/h) de materia prima que se necesita almacenar en el tanque de almacenamiento presurizado a 1,20 MPa.

Desde el almacenamiento, el propileno a 99,50 % es transportado al reactor para que se produzca la polimerización (tercer tramo). En este tramo el flujo a transportar es de 1.394,87 kg/h.

Una vez dada la reacción, el propileno evaporado se envía a un intercambiador de calor para condensarlo y luego recircularlo al reactor. En este último tramo de cañería el flujo a transportar es de 540,00 kg/h

A.3. Cañería de propano

Se utiliza para transportar el propano en dos tramos. El primer tramo se utiliza para enviar el propano extraído de la mezcla propileno-propano en la unidad de purificación PSA, hasta el compresor donde se desea alcanzar la presión del almacenamiento (1,20 MPa). El segundo tramo transporta propano ya acondicionado hasta el tanque de almacenamiento presurizado de propano para su posterior devolución a YPF (proveedor de la materia prima del proceso).

A.4. Cañería de propileno condensado

Se utiliza para el transporte de propileno líquido que sale del intercambiador de calor y se dirige al reactor.

A.5. Cañería de hidrógeno

Se utiliza para el transporte de hidrógeno que se encuentra almacenado en el tanque de almacenamiento bajo presión, hasta el reactor para la reacción de polimerización.

A.6. Cañería de nitrógeno

Se utiliza para transportar el nitrógeno que se debe inyectar en el silo de purga para la etapa de separación de polvo de PP del gas residual.

A.7. Cañería de gas de monómero

Se utiliza para transportar el gas de monómero separado del polvo en el tanque de descarga, hasta el filtro para polvo. Una vez filtrado, se envía a un compresor donde se comprime para ser posteriormente almacenado en el tanque de almacenamiento de propileno al 99,50 %.



Figura 11.16. Cañerías para el transporte de combustibles y gases.
Fuente: <https://www.riifo.com.ve/product/detail5500.html>

B. CAÑERÍAS DE SERVICIOS

B.1. Cañería para agua

Se emplea para el transporte del agua, tanto el agua potable que se encuentra almacenada en el tanque de almacenamiento y es utilizada para el consumo diario del personal de la empresa, como así también para el transporte de agua industrial que se utiliza para el proceso productivo. Además, se utilizan cañerías de agua para transportar el agua de riego y de red contra incendios. Las cañerías de agua según la norma IRAM 2.407 se identifican con color verde. Aquellas que transportan agua fría poseen color verde en su totalidad, mientras que las que transportan agua caliente son de color verde con franjas naranjas. El diámetro de estas cañerías es:

- Diámetro de cañería de agua industrial: 38,10 mm.

- Diámetro de cañería de agua potable: 38,10 mm.
- Diámetro de cañería de agua para red de incendio: 63,50 mm.



Figura 11.17. Cañería para el transporte de agua.
Fuente: <https://tubofusion.com.ar/#productos>

B.2. Cañería para gas natural

Se utiliza para transportar el gas proveniente de la red y distribuirlo dentro del proceso y la calefacción de los ambientes. Las tuberías son de acero galvanizado y polietileno, y se encuentran identificadas de color amarillo. Poseen un diámetro de 25,40 mm.



Figura 11.18. Cañería para el transporte de gas natural.
Fuente: <https://sanitariosgaona.com.ar/producto/fusio-gas-tubo-25-mm-x-4-mts-0200025-saladillo/>

B.3. Cañerías para electricidad

Según la norma IRAM 2.507 las cañerías de electricidad se encuentran identificadas en color negro, el material de la cañería es de acero galvanizado. Las mismas poseen un diámetro de 25,40 mm. Además, para el traslado seguro de los conductores eléctricos se utilizan bandejas portacables de acero de 100,00 mm de ancho.



Figura 11.19. Cañería para el transporte de cables.
Fuente: <https://distribuidoraminetto.com/producto/cano-rigido-metalico/>



Figura 11.20. Portacables.

Fuente: <https://paternal srl.com.ar/product-category/herramientas-y-construccion/>

B.4. Cañerías para aire comprimido

Se utilizan para transportar aire comprimido, que de acuerdo a lo que establece la norma el color adecuado de la cañería es azul. El material de la cañería es de acero galvanizado ya que no se corroe, y su interior no rugoso produce poca pérdida de presión.

El diámetro interior nominal de la cañería principal de aire comprimido se calcula teniendo en cuenta el caudal y la presión aproximada de trabajo. Para este caso, el diámetro de la tubería debe ser de 40,00 mm.



Figura 11.21. Cañería para el transporte de aire comprimido.

Fuente: <https://kaesertalk.com.ar/2019/10/01/sistema-de-tuberia-para-distribucion-de-aire-comprimido/>

CONCLUSIONES

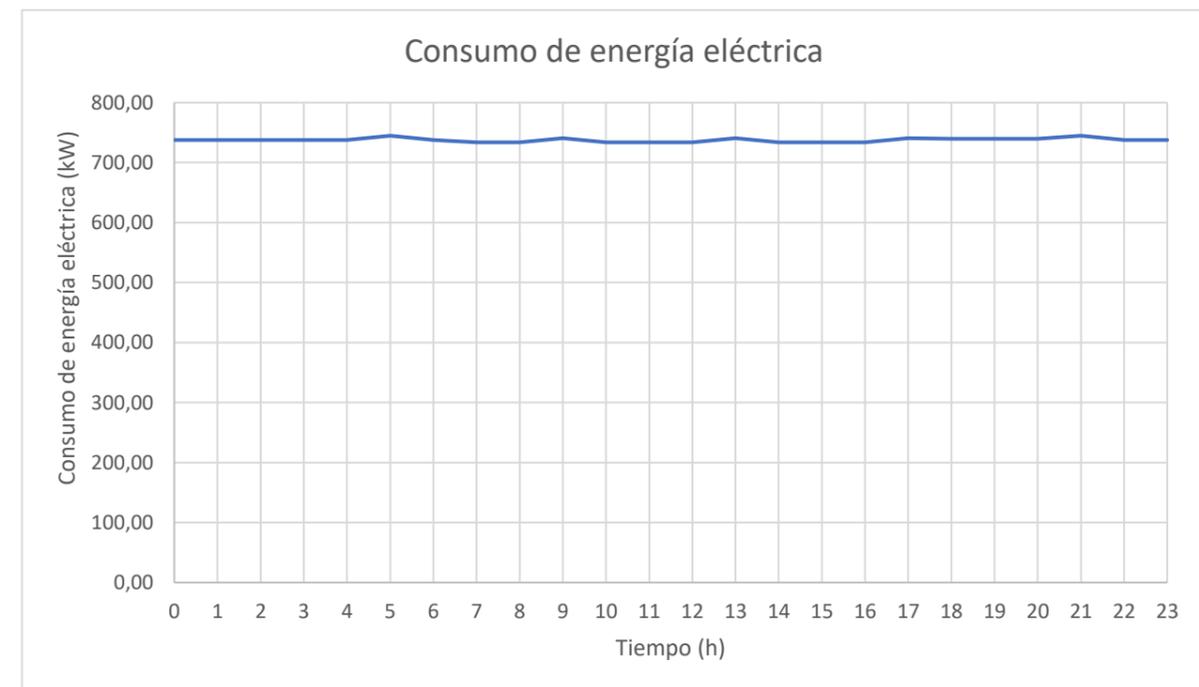
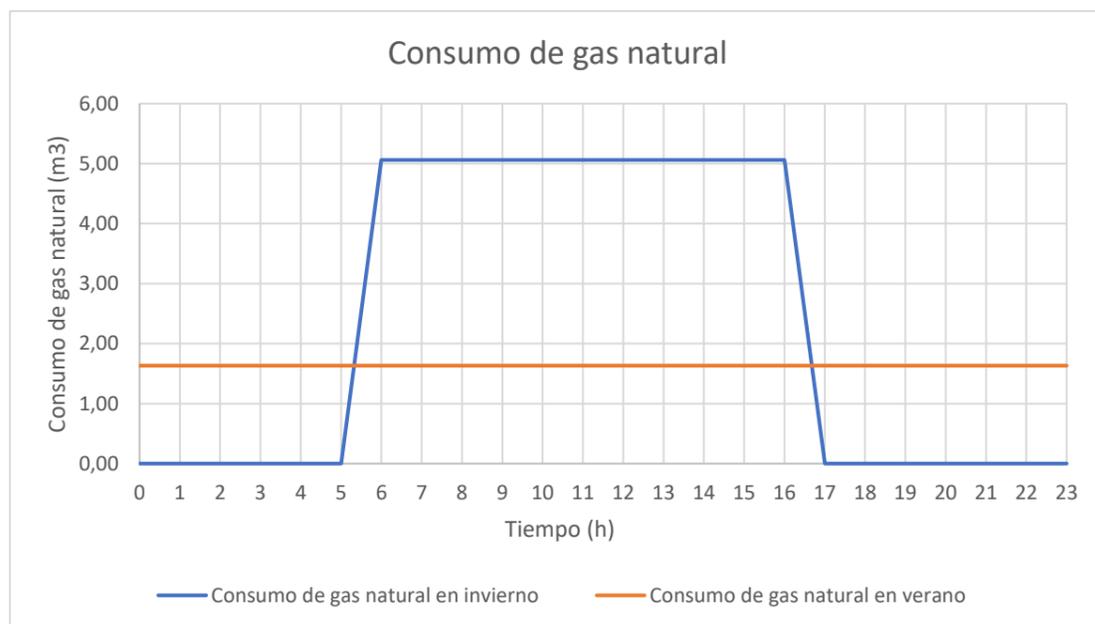
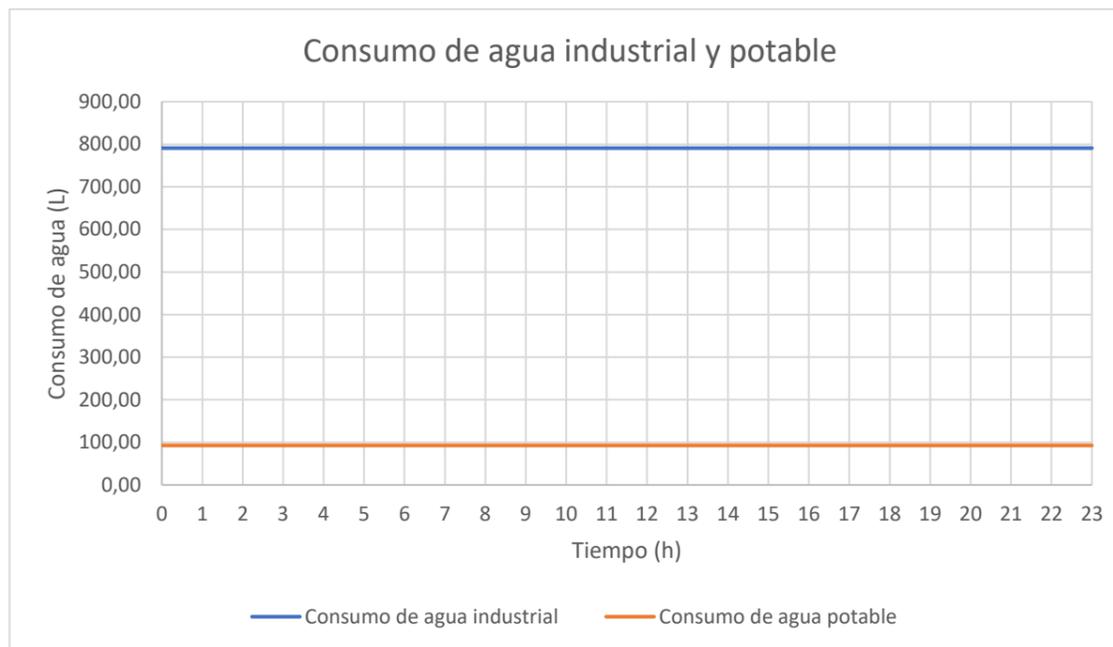
En la unidad anteriormente desarrollada, se detallaron los servicios auxiliares que se utilizan para el funcionamiento de la planta de pellets de PP. Los mismos son: agua, aire comprimido, refrigeración, gas natural, y energía eléctrica. A su vez, se determinaron las cañerías a utilizar con su respectiva identificación para el transporte de cada uno de ellos, como así también para la distribución de los demás fluidos utilizados en el proceso (GLP, propileno puro, hidrógeno y nitrógeno).

A modo de resumen, se detallan a continuación los consumos diarios y semanales de cada servicio auxiliar.

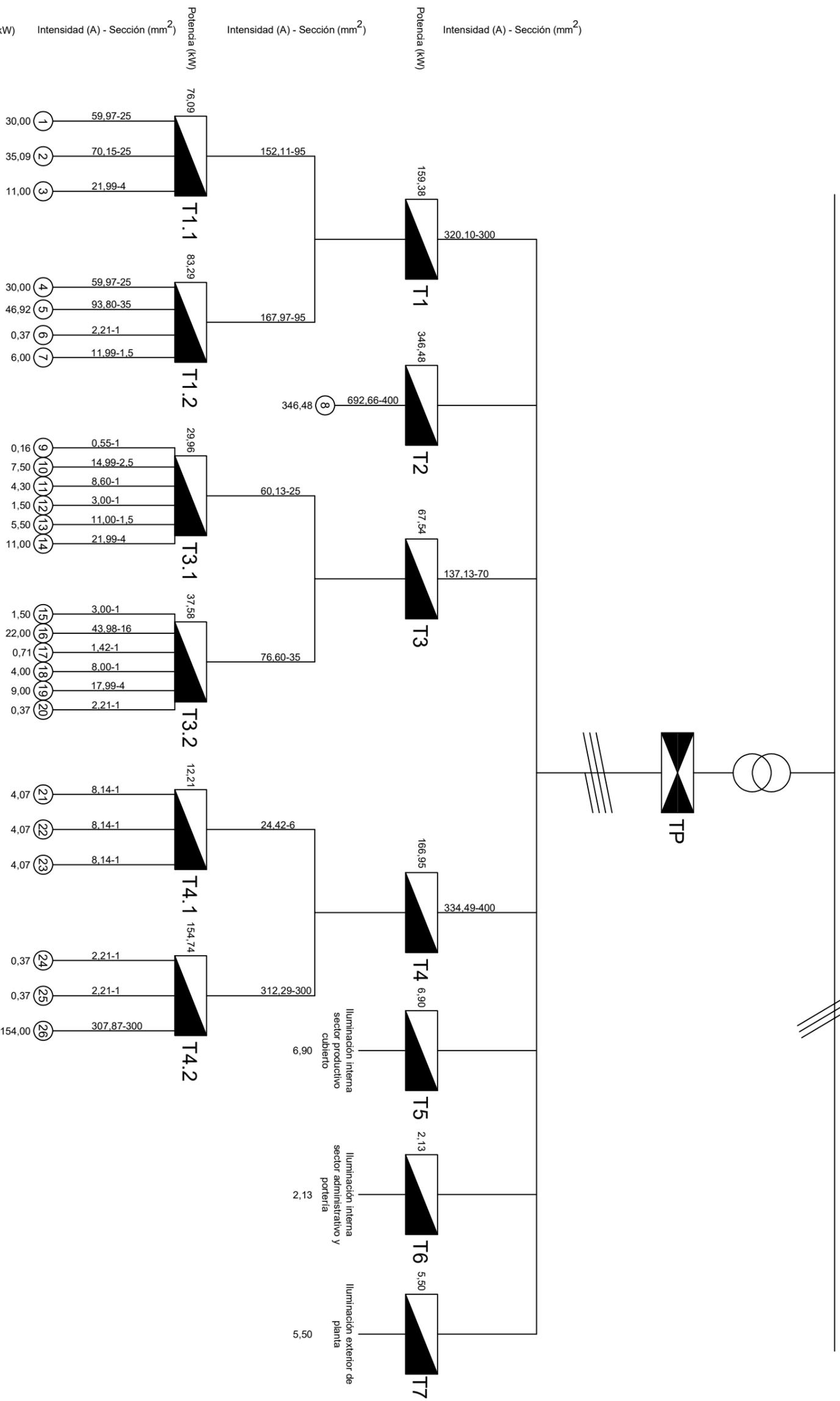
- Agua de pozo: 18.982,35 L/d y 132.876,50 L/sem
- Agua potable: 2.225,00 L/d y 15.575,00 L/sem
- Aire comprimido: 19.929,60 m³/d y 139.507,20 m³/sem

- Refrigeración: 1.126,08 kWh/d y 7.882,56 kWh/sem
- Gas natural: 160,63 m³/d y 1.124,41 m³/sem
- Energía eléctrica: 14.049,13 kWh/d y 98.343,91 kWh/sem

Además, se realizaron gráficas de los consumos de cada uno de los servicios auxiliares en la lámina N° 4.



UTN FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO Especialidad Ingeniería Química		PROYECTO: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO
Realizó	Ontivero, Julieta – Toranzo, Virginia – Viola, Sofía	
Firma		Lámina N° 4
Controló		
Fecha		
Escala	-	GRÁFICAS DE CONSUMO DE SERVICIOS AUXILIARES



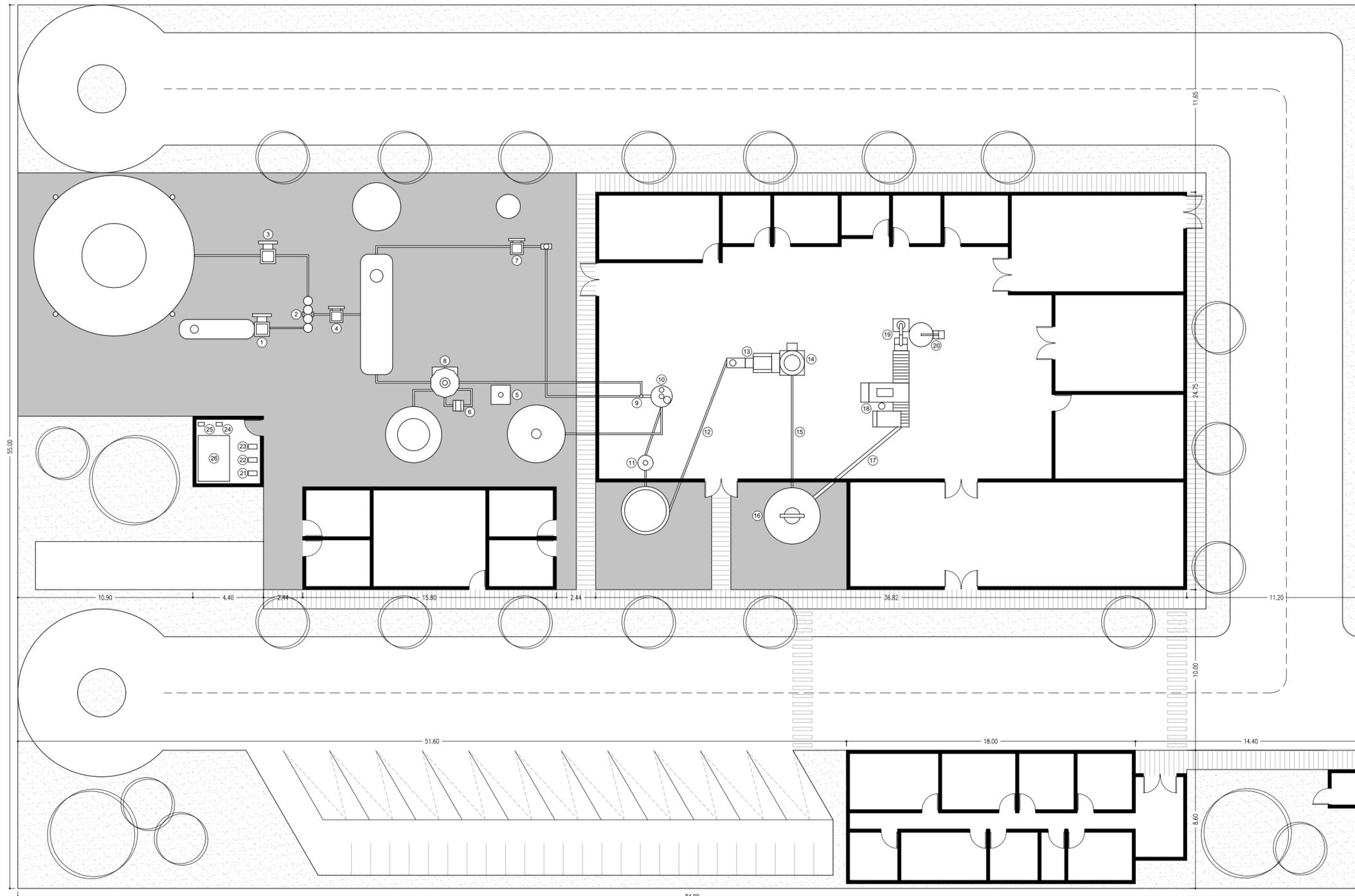
26	Compresor de aire
25	Bomba extracción agua industrial
24	Bomba extracción agua potable
23	Bomba de incendio N° 3
22	Bomba de incendio N° 2
21	Bomba de incendio N° 1
20	Estrichadora
19	Palletizadora
18	Envasadora
17	Transporte sírfin
16	Silo de homogenización
15	Transporte tubular N° 2
14	Secador centrífugo
13	Extrusora
12	Transporte tubular N° 1
11	Transporte neumático
10	Silo de purga
9	Ciclón de desarga
8	Reactor de polimerización
7	Compresor propileno N° 2
6	Bomba IC reactor
5	Chiller
4	Compresor propileno N° 1
3	Compresor propano
2	Columna de purificación PSA
1	Compresor GLP

Referencia	Denominación
	Línea trifásica con neutro
	Línea trifásica
	Transformador
	Tablero principal
	Tablero seccional
	Motor

UTN FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO		PROYECTO: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO
Especialidad Ingeniería Química		
Realizó	Ontivero, Julieta - Toranzo, Virginia - Viola, Sofía	Lámina N° 5
Firma		
Controló	Fecha	
Escala		DIAGRAMA UNIFILAR

SECTOR	ÁREA	b [m]	a [m]	S [m]	h [m]	k	C _u	C _m	E	Φ _T [lm]	Φ _L [lm]	N _L	Potencia luz [W]	Potencia total [W]
ADMINISTRACIÓN	Oficina de Gerencia General	3,00	3,00	9,00	2,00	0,75	0,26	0,80	500,00	22.058,82	4.800,00	5	48,00	240,00
	Oficina de Gerencia de Administración y Comercialización	3,00	3,00	9,00	2,00	0,75	0,26	0,80	500,00	22.058,82	4.800,00	5	48,00	240,00
	Oficina de RR.HH	3,43	3,50	12,01	2,00	0,87	0,29	0,80	500,00	25.520,83	4.800,00	5	48,00	240,00
	Oficina de Marketing	5,33	3,00	15,99	2,00	0,96	0,31	0,80	500,00	32.237,90	4.800,00	7	48,00	336,00
	Oficina de Finanzas	5,54	3,50	19,39	2,00	1,07	0,33	0,80	500,00	36.723,48	4.800,00	8	48,00	384,00
	Hall de entrada sector administración	3,00	5,00	15,00	2,00	0,94	0,31	0,80	200,00	12.096,77	1.200,00	10	15,00	150,00
	Portería	2,00	2,00	4,00	2,00	0,50	0,23	0,80	200,00	4.347,83	1.200,00	4	15,00	60,00
	Sala de Reuniones de Administración	3,50	4,60	16,10	2,00	0,99	0,32	0,80	500,00	31.445,31	4.800,00	7	48,00	336,00
	Cocina	1,47	3,00	4,41	2,00	0,49	0,23	0,80	100,00	2.396,74	1.200,00	2	15,00	29,96
	Baños Administración Mujeres	3,43	3,50	12,01	2,00	0,87	0,29	0,80	100,00	5.174,57	1.200,00	4	15,00	60,00
	Baños Administración Hombres	3,00	4,00	12,00	2,00	0,86	0,29	0,80	100,00	5.172,41	1.200,00	4	15,00	60,00
TOTAL LUMINARIAS ADMINISTRACIÓN												61	2.135,96	
PRODUCCIÓN	Oficina de Gerencia de Producción	3,00	3,00	9,00	2,00	0,75	0,26	0,80	500,00	21.634,62	4.800,00	5	48,00	240,00
	Oficina de Producción	3,00	4,00	12,00	2,00	0,86	0,29	0,80	500,00	25.862,07	4.800,00	5	48,00	240,00
	Oficina de Calidad	3,00	2,50	7,50	2,00	0,68	0,25	0,80	500,00	18.750,00	4.800,00	4	48,00	192,00
	Laboratorio de Calidad	8,00	5,25	42,00	2,00	1,58	0,38	0,80	600,00	82.894,74	4.800,00	17	48,00	816,00
	Oficina de Mantenimiento	3,00	3,00	9,00	2,00	0,75	0,26	0,80	500,00	21.634,62	4.800,00	5	48,00	240,00
	Oficina de Logística	3,00	4,00	12,00	2,00	0,86	0,29	0,80	500,00	25.862,07	4.800,00	5	48,00	240,00
	Taller de Mantenimiento	6,00	8,00	48,00	2,00	1,71	0,39	0,80	500,00	76.413,65	4.800,00	16	48,00	768,00
	Sector Producción (parte interna)	28,22	13,45	379,56	5,00	1,82	0,40	0,80	300,00	355.836,56	24.000,00	15	150,00	2.250,00
	Depósito Almacenamiento de Insumos	10,72	6,00	64,32	5,00	0,77	0,27	0,80	100,00	29.777,78	32.000,00	1	200,00	200,00
	Depósito Almacenamiento de Producto Terminado	20,77	6,50	135,01	5,00	0,99	0,32	0,80	100,00	52.736,33	32.000,00	2	200,00	400,00
	Sala de servicios auxiliares	4,00	4,00	16,00	2,00	1,00	0,32	0,80	100,00	6.250,00	4.800,00	1	48,00	48,00
	Baño Producción Mujeres	2,90	4,00	11,60	2,00	0,84	0,29	0,80	100,00	5.000,00	1.200,00	4	15,00	60,00
	Baño Producción Hombres	2,90	4,00	11,60	2,00	0,84	0,29	0,80	100,00	5.000,00	1.200,00	4	15,00	60,00
	Sala de Reuniones Planta	7,50	4,00	30,00	2,00	1,30	0,22	0,80	500,00	85.227,27	4.800,00	18	48,00	864,00
	Comedor de Planta	7,00	6,00	42,00	2,00	1,62	0,40	0,80	100,00	13.190,95	1.200,00	11	15,00	164,89
	Vestuarios Mujeres	2,90	4,00	11,60	2,00	0,84	0,29	0,80	100,00	5.000,00	1.200,00	4	15,00	60,00
	Vestuarios Hombres	2,90	4,00	11,60	2,00	0,84	0,29	0,80	100,00	5.000,00	1.200,00	4	15,00	60,00
TOTAL LUMINARIAS PRODUCCIÓN												121	6.902,89	
TOTAL												182	9.038,85	

UTN FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO Especialidad Ingeniería Química		PROYECTO: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO
Realizó	Ontivero, Julieta – Toranzo, Virginia – Viola, Sofía	
Firma		
Controló		Fecha
Escala	-	Lámina N° 6
CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LUMINARIAS INTERIORES		

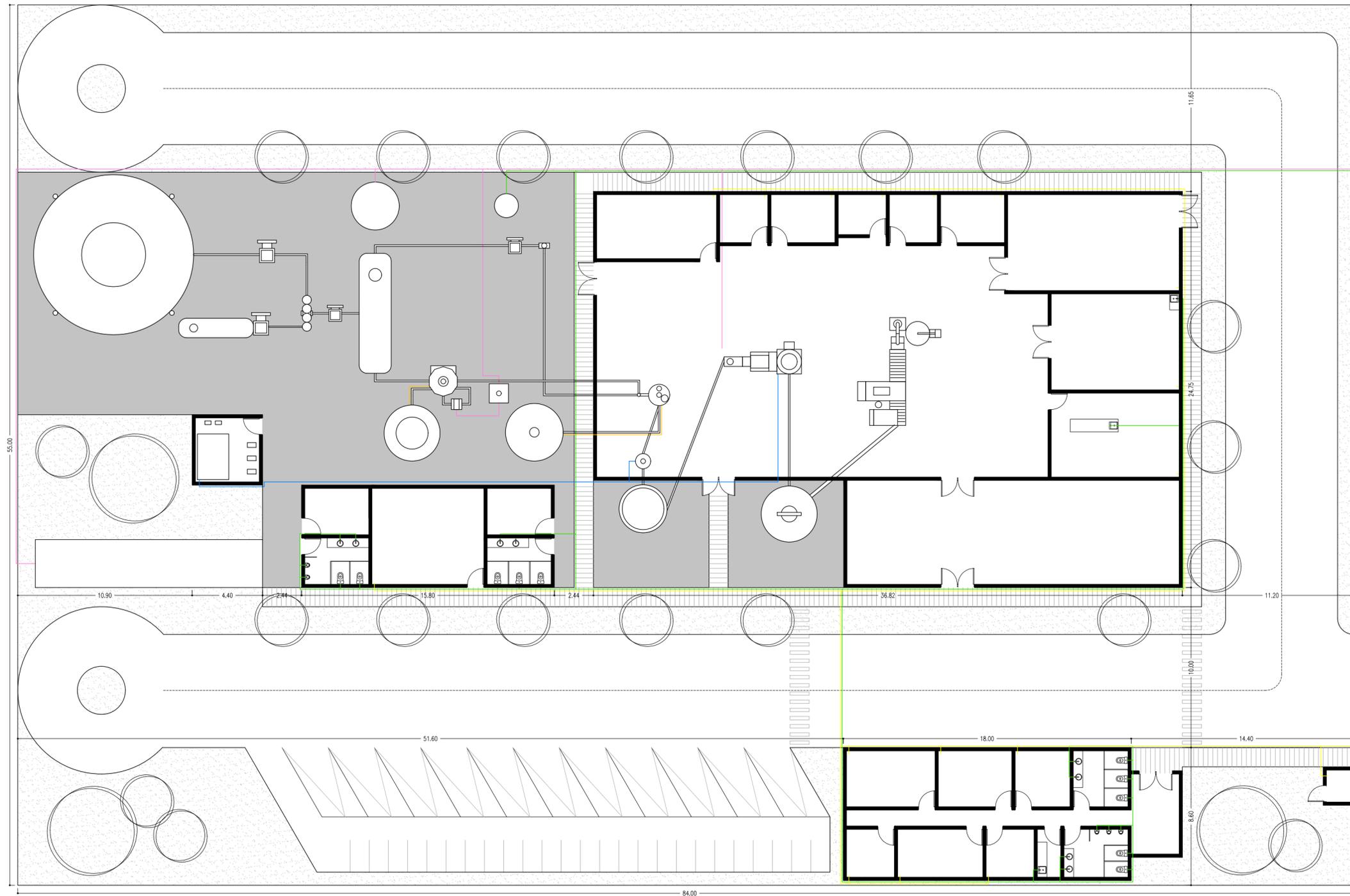


N°	EQUIPO QUE ACCIONA
26	Compresor de Aire
25	Bomba de Extracción de Agua de Pozo
24	Bomba de Extracción de Agua Potable
23	Bomba Centrífuga de Incendio N°3
22	Bomba Centrífuga de Incendio N°2
21	Bomba Centrífuga de Incendio N°1
20	Estrinchadora
19	Palletizadora
18	Envasadora Semiautomática
17	Transportador Sinfin Tubular
16	Tanque de Homogeneización
15	Transporte Tubular a Cadenas N°2
14	Secador Centrífugo
13	Extrusora
12	Transporte Tubular a Cadenas N°1
11	Transporte Neumático
10	Silo de Purga
9	Ciclón de Descarga
8	Reactor de Polimerización
7	Compresor de Propileno
6	Bomba Centrífuga de Propileno
5	Chiller
4	Compresor de Propileno
3	Compresor de Propano
2	Columna de Purificación PSA
1	Compresor GLP

UTN FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO Especialidad Ingeniería Química		PROYECTO: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO
Realizó	Ontivero, Julieta - Toranzo, Virginia - Viola, Sofía	
Firma		
Controló		Firma
Escala 1:200	PLANO DE UBICACIÓN DE MOTORES	Lámina N°7

N° de motor	Equipo que acciona	Potencia (kW)	Características	Tipo de arranque	Cos φ	Horas funcionamiento (h/d)	Consumo diario (kWh/d)	Intensidad (A)	Sección (mm ²)	Tablero seccional N°
1	Compresor GLP	30,00	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	24	720,00	59,97	25,00	1.1
2	Columna de purificación PSA	35,09	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	24	842,16	70,15	25,00	
3	Compresor propano	11,00	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	24	264,00	21,99	4,00	
4	Compresor propileno N° 1	30,00	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	24	720,00	59,97	16,00	1.2
8	Reactor de polimerización	346,48	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	24	8.315,52	692,66	400,00	2
5	Chiller	46,92	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	24	1.126,08	93,80	35,00	1.2
6	Bomba centrífuga IC reactor	0,37	Mofásico	Directo	0,95	24	8,88	2,21	1,00	
7	Compresor propileno N° 2	6,00	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	24	144,00	11,99	1,50	
9	Ciclón de descarga	0,16	Mofásico	Directo	0,95	24	3,84	0,96	1,00	3.1
10	Silo de purga	7,50	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	24	180,00	14,99	2,50	
11	Transporte neumático	4,30	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	24	103,20	8,60	1,00	
12	Transporte tubular a cadenas N° 1	1,50	Trifásico	Directo	0,95	24	36,00	3,00	1,00	
13	Extrusora	5,50	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	24	132,00	11,00	1,50	
14	Secador centrífugo	11,00	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	24	264,00	21,99	4,00	
15	Transporte tubular a cadenas N° 2	1,50	Trifásico	Directo	0,95	24	36,00	3,00	1,00	3.2
16	Tanque de homogenización	22,00	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	24	528,00	43,98	16,00	
17	Transportador sinfín tubular	0,71	Trifásico	Directo	0,95	24	17,04	1,42	1,00	
18	Envasadora semiautomática	4,00	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	5	20,00	8,00	1,00	
19	Palletizadora	9,00	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	1,66	14,94	17,99	4,00	
20	Estrichadora	0,37	Mofásico	Directo	0,95	3	1,11	2,21	1,00	
21	Bomba centrífuga de incendio N° 1	4,07	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	24	97,68	8,14	1,00	4.1
22	Bomba centrífuga de incendio N° 2	4,07	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	24	97,68	8,14	1,00	
23	Bomba centrífuga de incendio N° 3	4,07	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	24	97,68	8,14	1,00	
24	Bomba extracción agua potable	0,37	Mofásico	Directo	0,95	24	8,88	2,21	1,00	4.2
25	Bomba extracción agua pozo	0,37	Mofásico	Directo	0,95	24	8,88	2,21	1,00	
26	Compresor de aire	154,00	Trifásico	Estrella/triángulo	0,95	24	3.696,00	307,87	300,00	
CONSUMO TOTAL							13.787,57			

UTN FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO Especialidad Ingeniería Química		PROYECTO: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO
Realizó	Ontivero, Julieta – Toranzo, Virginia – Viola, Sofía	
Firma		
Controló		Fecha
Escala -	PLANILLA DESCRIPTIVA DE MOTORES	
		Lámina N° 7''



COLOR	REFERENCIAS
— (Green)	Agua Potable
— (Pink)	Agua industrial o de pozo
— (Yellow)	Gas Natural
— (Orange)	Hidrógeno y Nitrógeno
— (Blue)	Aire Comprimido

UTN FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO Especialidad Ingeniería Química		PROYECTO: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO
Realizó	Ontivero, Julieta - Toranzo, Virginia - Viola, Sofía	
Firma		
Controló		Firma
Escala 1:200	PLANO DE SERVICIOS AUXILIARES	
		Lámina N°8

UNIDAD Nº 12

PLANIFICACIÓN Y EDIFICACIÓN

INTRODUCCIÓN

DISTRIBUCIÓN DE EDIFICIOS

INSTALACIONES CIVILES

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

En la presente unidad se realiza la distribución de los sectores y áreas que conforman la planta, describiendo la superficie que ocupa cada uno, los materiales constructivos y las características que presentan, así como también se consideran las vías de acceso y las áreas de desplazamiento dentro y fuera del establecimiento.

Cada área está pensada para lograr optimización en los tiempos productivos, y una correcta distribución de los espacios teniendo en cuenta las dimensiones de los equipos, cantidad de colaboradores, cuidados que se requieren y transportes de materias primas, productos en proceso y producto terminado.

El objetivo primordial que se persigue en la distribución en planta es hallar un orden de las áreas de trabajo y del equipamiento, que sea la más económica para el trabajo, y al mismo tiempo más segura y satisfactoria para los empleados.

DISTRIBUCIÓN DE EDIFICIOS

La distribución de los edificios y áreas que conforman la planta industrial es uno de los factores que afecta la eficiencia productiva, la distancia recorrida por los materiales, operarios y productos, y el tiempo total requerido. Realizando una correcta distribución, se logra mayor productividad y abaratamiento de costos, debido a que, si se logra un correcto aprovechamiento de los espacios, se emplea menor superficie y por lo tanto menor inversión en construcción.

El predio industrial cuenta con una superficie aproximada de 4.452,00 m². La superficie total cubierta, que incluye el sector administrativo y productivo, es de 981,68 m². Además, la superficie total descubierta es de 3.470,31 m², la cual incluye la parte del sector productivo que se encuentra a la intemperie, el estacionamiento, las calles interiores, veredas, sendas peatonales, y la zona parqueada.

A continuación, se detalla la distribución de las distintas áreas cubiertas y descubiertas de la planta.

Tabla 12.1. Distribución del área total de la empresa

ZONA	SECTOR	ÁREA	L [m]	A [m]	S [m]
CUBIERTA	ADMINISTRACIÓN	Oficina de Gerencia General	3,00	3,00	9,00
		Oficina de Gerencia de Administración y Comercialización	3,00	3,00	9,00
		Oficina de R.R.H.H.	3,43	3,50	12,01
		Oficina de Marketing	5,33	3,00	15,99
		Oficina de Finanzas	5,54	3,50	19,39

ZONA	SECTOR	ÁREA	L [m]	A [m]	S [m]	
CUBIERTA	ADMINISTRACIÓN	Hall de entrada sector administración	3,00	5,00	15,00	
		Portería	2,00	2,00	4,00	
		Sala de Reuniones de Administración	3,50	4,60	16,10	
		Cocina	1,47	3,00	4,41	
		Baños Administración Mujeres	3,43	3,50	12,01	
		Baños Administración Hombres	3,00	4,00	12,00	
	TOTAL ADMINISTRACIÓN					128,90
	PRODUCCIÓN	PRODUCCIÓN	Oficina de Gerencia de Producción	3,00	3,00	9,00
			Oficina de Producción	3,00	4,00	12,00
			Oficina de Calidad	3,00	2,50	7,50
			Laboratorio de Calidad	8,00	5,25	42,00
			Oficina de Mantenimiento	3,00	3,00	9,00
			Oficina de Logística	3,00	4,00	12,00
			Taller de Mantenimiento	6,00	8,00	48,00
			Sector Producción (parte interna)	28,22	13,45	379,56
			Depósito Almacenamiento de Insumos	10,72	6,00	64,32
			Depósito Almacenamiento de Producto Terminado	20,77	6,50	135,01
			Sala de servicios auxiliares	4,00	4,00	16,00
			Baño Producción Mujeres	2,90	4,00	11,60
			Baño Producción Hombres	2,90	4,00	11,60
			Sala de Reuniones Planta	7,50	4,00	30,00
			Comedor de Planta	7,00	6,00	42,00
			Vestuarios Mujeres	2,90	4,00	11,60
			Vestuarios Hombres	2,90	4,00	11,60
	TOTAL PRODUCCIÓN					852,78
	TOTAL ZONA CUBIERTA					981,68
	DESCUBIERTA	EXTERIOR	Sector productivo descubierto	41,20	23,95	986,74
Estacionamiento			32,07	7,78	249,51	
Veredas			-	-	290,68	
Calles			-	-	1.597,33	
Parquizado			-	-	346,06	
TOTAL ZONA DESCUBIERTA					3.470,31	
TOTAL					4.452,00	

INSTALACIONES CIVILES

El acceso general al predio cuenta con 2 entradas independientes: una para peatones, la cuál es la portería, y otra para vehículos (autos y camiones) con un portón de 10,00 m de ancho.

A. ÁREA CUBIERTA

A.1. Sector Administrativo

Las dimensiones de las áreas que pertenecen al sector administrativo se detallan en la tabla 12.1. La entrada al edificio administrativo posee una puerta de vidrio con freno de piso, que da directamente al hall de entrada de administración. Este último a su vez posee puertas de aluminio que comunican con las distintas oficinas en el sector.

Las paredes se construyen con ladrillos de arcilla de 0,20 m de espesor, sobre cimientos de 0,50 m de ancho y 0,60 m de profundidad. Para mejorar la iluminación, las paredes están revocadas y pintadas con pintura látex de color claro.

El techo se construye por fuera con chapa trapezoidal Cincalum T980 con aleación de aluminio/cinc en ambas caras, y de 0,50 mm de espesor. En el interior, todas las oficinas poseen cielorraso con placas de yeso; mientras que los sanitarios cuentan con cielorraso PVC blanco liso de 0,10 mm de espesor, para facilitar la tarea de limpieza.

El piso de todas las áreas, a excepción de los baños, está construido de hormigón recubierto con porcelanatos color beige de 0,60 x 0,60 m, los cuales poseen alta resistencia a los cambios de temperatura y al desgaste, son fáciles de limpiar y aptos para el alto tránsito de personas.

A.1.1. Oficinas, recepción, cocina y sala de reuniones

Las oficinas destinadas tanto para la gerencia general, gerencia de administración y comercialización, como así también para el área de R.R.H.H. y marketing presentan las mismas características constructivas que se detallan en la sección A.1. Disponen de escritorios de melamina, computadoras, impresoras, sillas e incluso teléfono fijo; elementos esenciales para el desarrollo óptimo de las tareas a realizar. Para una mayor privacidad las mismas se separan mediante placas de yeso de 12,50 mm de espesor.

El hall de entrada al sector de administración (recepción), se encuentra destinado a aquellas personas ajenas que concurren a la empresa; tiene comunicación con las oficinas, cocina, baños y sala de reuniones.

La cocina posee electrodomésticos (heladera, microondas, y horno eléctrico), mesada de mármol, alacena de insumos (té, café, entre otros) y tacho para basura. Además de contar bajo mesada con bacha y grifería, con utensilios de cocina de repuesto.

La sala de reuniones es un espacio donde se toman la mayoría de las decisiones de la empresa y donde se discuten todo tipo de cuestiones que tienen que ver con la administración. El espacio debe ser amplio y cómodo, para lograr una

reunión exitosa. Cuenta con una mesa de 2,50 m de largo y 1,50 m de ancho con diez sillas a su alrededor. Posee además un proyector para presentaciones.

Para estos espacios se utilizan ventanas de aluminio corredizas color blanco con vidrio reforzado resistente a los impactos. Las ventanas son estándar de 1,20 m de largo y 1,10 m de ancho. Las puertas poseen un alto de 2,00 m y 0,80 m de ancho, las mismas son de aluminio y de color blanco.

A.1.2. Baños

Las paredes están construidas con ladrillos comunes revocados de 20,00 cm de espesor y revestidos con cerámicos pulidos color blanco de 0,30 x 0,60 m. El techo y piso posee las mismas características constructivas que el sector desarrollado en el inciso A.1.

Los sanitarios poseen lavabo con agua fría y caliente, dispenser de jabón líquido y toallas descartables de papel, inodoro, y recipientes para residuos.

La puerta de ingreso es de color blanco, laminada de 2,00 m de alto y 0,80 m de ancho. Se colocan dos ventanas pequeñas de aluminio, una para cada baño de 0,30 x 0,40 m permitiendo una mayor ventilación.

A.1.3. Portería

La portería se encuentra en la entrada del lote, ya que la función principal de la misma es el control de personas y vehículos que entran y salen del predio.

Se dispone de un escritorio, silla y computadora para el registro diario de todos los ingresos y egresos. Además, cuenta con un fichero para que los empleados se registren al entrar y salir del establecimiento en caso de que no posean la credencial de ingreso.

El ingreso a la portería cuenta con una puerta de aluminio blanca de 1,00 m de ancho y 2,00 m de alto, y una ventana corrediza de 1,20 m de largo y 1,10 m de ancho.

Las paredes, techo y piso coinciden con las características constructivas detalladas en el inciso A.1.

A.2. Sector productivo

El sector productivo tiene la particularidad que se encuentra dividido, una fracción de los equipos del proceso se encuentran fuera y la otra fracción bajo techo, tal como se detalla en la tabla 12.1.

A.2.1. Planta productiva (sector cubierto)

Al sector productivo cubierto ingresan las cañerías y tuberías provenientes del reactor, continuando con las etapas restantes del proceso allí. Por otra parte, en un

extremo se encontrarán las oficinas correspondientes al sector, depósito de insumos y producto terminado distribuidos en forma de “j” invertida, alrededor del sector productivo cubierto.

Las etapas de proceso que se encuentran bajo techo son: separación del gas de monómero (ciclón de descarga), separación del monómero residual (silo de purga), transporte de polvos y pellets, extrusión, secado, envasado, palletizado y almacenamiento. Los silos de polvo y de homogeneización se ubican por fuera y se comunican con el sector cubierto con los transportes de sólidos, debido a su gran altura.

Las paredes están construidas con ladrillos de 0,30 m de espesor, sobre cimientos de 0,50 de ancho y 1,00 m de profundidad; y están revocadas interior y exteriormente. Por otro lado, el piso se construye de hormigón armado de cemento.

El techo está construido en hormigón revocado y pintado de color blanco en el interior, y en el exterior está recubierto con chapa trapezoidal Cincalum T980. Además, se ubican respiraderos para permitir la recirculación del aire y ventilación del ambiente, en los sectores que no estén completamente abiertos y que requieran de mucha ventilación (como en las etapas de manipulación de polvos de PP).

Este sector cuenta con salidas de emergencia de chapa con barral antipánico de 2,00 m de alto y 0,90 de ancho; con ventanas de aluminio PVC de 1,00 x 0,60 m para aprovechar la luz natural diurna; y con portones levadizos construidos en chapa trapezoidal T980 color gris de 4,00 m de ancho y 3,00 m de alto. Uno de ellos comunica el depósito de producto terminado con el sector productivo cubierto, y otro con el depósito de insumos.

Posee a su vez una puerta de aluminio de 2,00 m de alto por 0,80 m de ancho, que comunica el sector cubierto y descubierto, para facilitar la entrada y salida del personal.

A.2.2. Oficinas y sala de reuniones

En el sector productivo cubierto se encuentran las oficinas del gerente de producción, jefe de producción, de mantenimiento, de calidad, de logística, la sala de reuniones, y el taller de mantenimiento. Las características constructivas de estas áreas son las que se detallaron en el inciso A.1 y A.1.1.

Cabe aclarar que todas las oficinas se comunican directamente con la planta mediante puertas de aluminio de 2,00 x 0,80 m color blanco.

A.2.3. Comedor

Este espacio se utiliza para el momento de almorzar/cenar y descanso del personal. Cuenta con dos mesas de 2,50 x 1,50 m, 20 sillas, cesto para residuos,

alacena y bajo mesada con grifería; microondas, horno eléctrico, heladera y dispenser de agua fría y caliente.

Las ventanas son de aluminio color blanco, corredizas y reforzadas de 1,20 x 1,10 m. Cuenta con dos ventanas que dan al predio de la planta para una mayor iluminación y ventilación. La puerta de ingreso y egreso al comedor es una puerta vaivén con dos hojas de vidrio que se abren hacia el interior o exterior, con aberturas de aluminio color blanco de 2,00 x 1,80 m.

A.2.4. Laboratorio de calidad

El laboratorio de calidad cuenta con todos los equipamientos y accesorios para realizar los ensayos adecuados de calidad tanto al producto final como en las distintas etapas intermedias del proceso, detallados en la unidad N° 4. Dichos análisis se realizan por analistas de laboratorio en el turno correspondiente.

Debido al tamaño y número de equipos presentes, el laboratorio cuenta con dos mesadas (una de ellas con lavabo) que sirven para su soporte. Su superficie consta de un laminado plástico compuesto por resina termoendurecible de acrilato de uretano, y está sostenidas por bajo mesadas de madera recubierta con esmalte sintético blanco Alba "albalux". El alto de dichas mesadas es de 0,90 m. Además, se posee un escritorio con computadora y teléfono fijo, silla y un armario con espacio para los elementos secundarios de los equipos y las carpetas de registro, normas certificadas, entre otros.

Para las paredes se utilizan ladrillos comunes de 0,20 m de espesor, con cimientos de 0,60 m de profundidad y 2,50 m de alto. Las mismas están revocadas y pintadas con pintura látex de color blanco. Las paredes que se comparten con la planta poseen una altura de 1,40 m, mientras que el resto (hasta llegar al techo) es vidriado para poder apreciar el proceso productivo.

El piso es de hormigón recubierto con porcelanato rectificado pulido beige de 0,60 m de ancho y de largo. El techo es el mismo que el del sector administrativo explicado en la sección A.1. Por último, cuenta con una puerta de aluminio de medidas estándar (0,80 m de ancho y 2,00 m de alto) que se comunica con la planta de producción, y una ventana corrediza de 1,10 m de alto y 1,20 m de ancho, con vista hacia el predio verde.

A.2.5. Baños y vestuarios

Se cuenta con un baño y un vestuario dividido por sexo para el sector productivo. Las características constructivas de estos espacios (pisos, paredes y techos) son las definidas en la sección A.1 y A.1.2.

Los vestuarios poseen un casillero para cada colaborador que se emplea para guardar las pertenencias personales, espejos, bancos y lavabos de agua fría y caliente.

A.2.6. Almacenamiento de insumos y producto terminado

Las áreas de almacenamiento de producto terminado e insumos poseen una ubicación estratégica de acuerdo a las etapas en las que se emplea cada uno, con el objetivo de disminuir el tiempo empleado en el transporte interno de materiales.

Las paredes, el techo y el piso son del mismo material que el sector productivo cubierto, detallado en el inciso A.2.1 de la presente unidad.

Ambos depósitos se comunican con la planta productiva y con el exterior mediante una puerta automática de lona enrollable construida con perfiles de aluminio.

A.2.7. Taller de mantenimiento

El taller de mantenimiento cuenta con todos los elementos y herramientas necesarias para responder a cualquier eventualidad que surja en la planta y requiera de reparación, mantenimiento u otro servicio relacionado.

El taller cuenta con una pared compartida con la oficina de mantenimiento, y tres paredes libres. Estas últimas poseen iguales características a las paredes de la planta productiva, debido a que se necesita mayor grosor de pared para aislar el ruido y calor emitidos por las maquinarias a utilizar. En cuanto a techos, también comparte sus características con el área productiva. Todas estas características se encuentran detalladas en la sección A.2.1.

Las aberturas presentes en el taller son un portón corredizo de acero doble galvanizado con placas de 0,45 mm de espesor. El alto del portón es de 3,00 m y su ancho es de 5,00 m. Posee una puerta en su extremo inferior izquierdo de medidas estándar. También, tiene una ventana de 2,00 m de alto y 2,00 m de ancho de aluminio corrediza, orientada hacia el sector de reactores y tanques.

A.2.8. Sala de servicios auxiliares

La sala de servicios auxiliares está construida pura y exclusivamente para albergar los equipos que se requieran para la distribución de aire comprimido, agua industrial, potable y para incendios.

Las características constructivas de este sector son las mismas que las descritas en la sección A.1 y A.1.1.

B. ÁREA DESCUBIERTA

El área descubierta está conformada por la parte del sector productivo desde el almacenamiento de materias primas hasta la reacción de polimerización, debido a que son etapas riesgosas por el tipo de sustancias que manejan, y requieren de mucha ventilación. Además, en la parte descubierta se encuentran las calles, veredas, estacionamiento, zona parquizada, tanques de agua, de nitrógeno e hidrógeno.

El perímetro total del predio es de 272,00 m. Está cercado con alambre de tejido rómbico, de 2,50 m de alto y postes de cemento, colocados cada 5,00 m, con zócalo inferior de 30,00 cm de alto y 3 hilos de alambre de púa en la parte superior.

B.1. Sector productivo descubierto

El sector productivo descubierto, de acuerdo a la tabla 12.1, posee un área total de 986,74 m². El mismo incluye desde el almacenamiento de materia prima hasta la etapa de polimerización, que también se encuentra a la intemperie. Se distribuye de esta manera debido a que, en las primeras etapas del proceso productivo, se trabaja con materiales inflamables, peligrosos y con riesgo de asfixia que requieren de muy buena ventilación.

Todos los equipos que están incluidos en estas etapas, se encuentran sobre un piso de hormigón armado.

B.2. Calles interiores

Las calles interiores comunican principalmente las entradas al predio, los depósitos de producto terminado, y el sector de almacenamiento de materia prima, ya que están pensadas para el fácil ingreso y salida de los camiones. Son de pavimento y de 10,00 m de ancho para permitir el paso de dos camiones al mismo tiempo.

B.3. Veredas

Las veredas poseen 1,50 m de ancho, están construidas en cemento Portland, comunican y circundan el sector productivo, los depósitos, el sector administrativo, el estacionamiento y la portería.

B.4. Sendas peatonales

Las sendas peatonales permiten el paso de peatones de un edificio a otro, en el sector productivo descubierto, y comunican con el estacionamiento. Están delimitadas por líneas transversales blancas de 2,00 m de largo y 0,50 m de ancho.

B.5. Estacionamiento

El estacionamiento es un espacio pavimentado no techado pero que cuenta con media sombra de PEAD, para estacionar los vehículos del personal. Se encuentra al suroeste del predio, como se observa en la lámina N° 12.

B.6. Tanques de agua, de nitrógeno e hidrógeno

Los tanques de agua potable e industrial, se encuentran al este del predio en las cercanías al inicio del sector productivo cubierto y al final del sector productivo descubierto. Por otra parte, los tanques de nitrógeno e hidrógeno se encuentran en la zona descubierta, pero en las cercanías al reactor y silo de purga. Esto se hace para facilitar y lograr una correcta distribución de insumos.

B.7. Silos de polvo y de homogeneización

El silo de polvo y de homogeneización, se ubican por fuera del sector cubierto de procesos, pero en las cercanías y de manera contigua al mismo para optimizar los espacios y las distancias hacia las siguientes etapas. Los mismos se comunican mediante los transportes de sólidos correspondientes, con los equipos que se encuentran dentro del área techada.

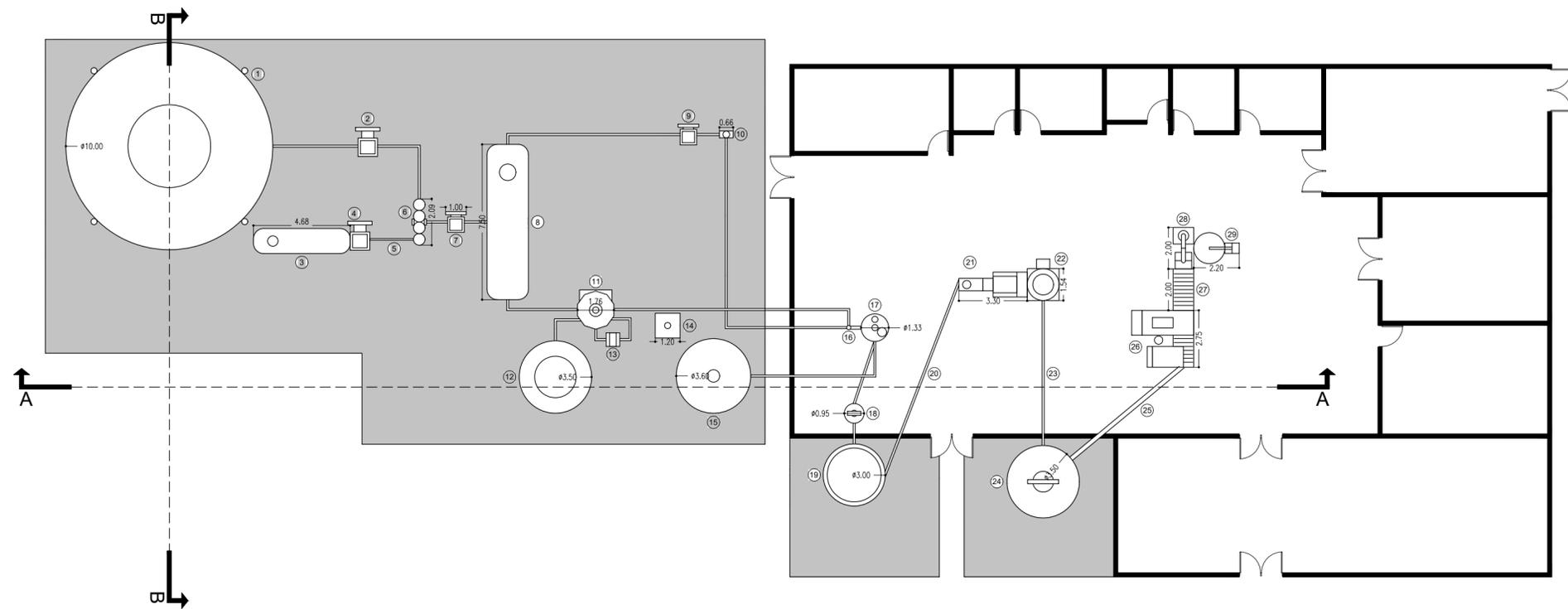
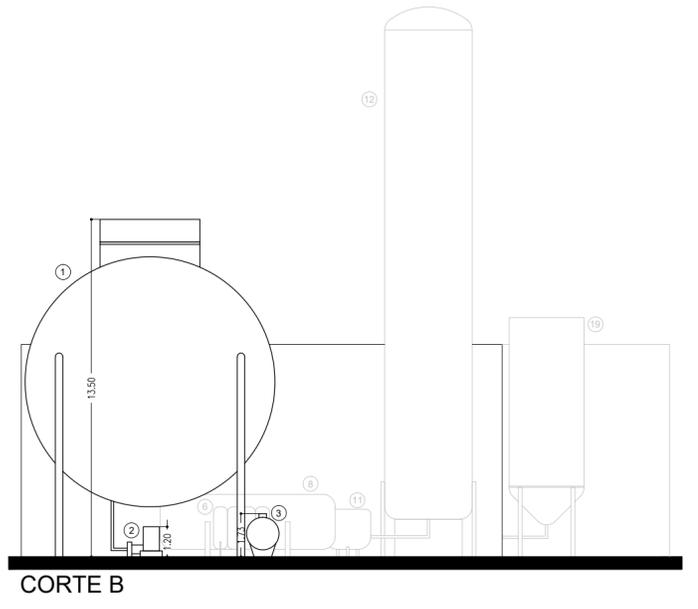
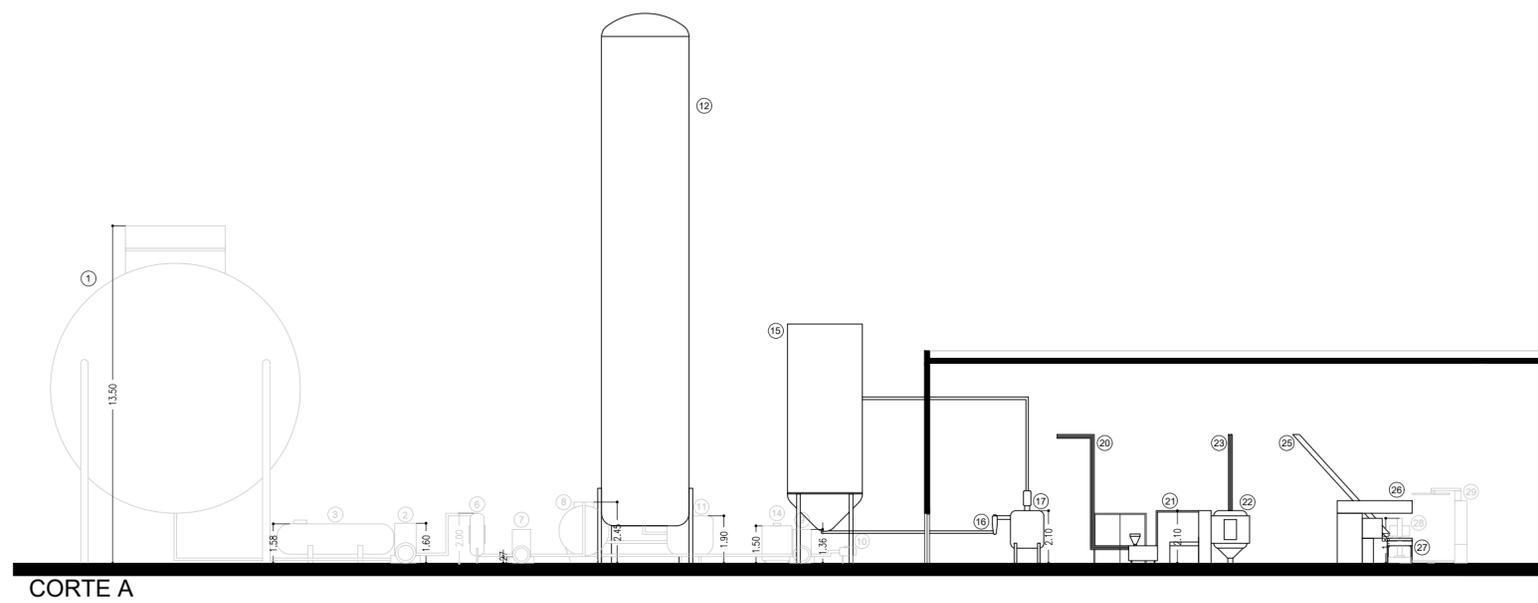
B.8. Zona parqueada

Tal como se detalla en la tabla 12.2, el área parqueada es de 346,06 m² y cuenta con césped y árboles para dar un mejor aspecto visual al predio y, a su vez, contribuir al medioambiente.

CONCLUSIONES

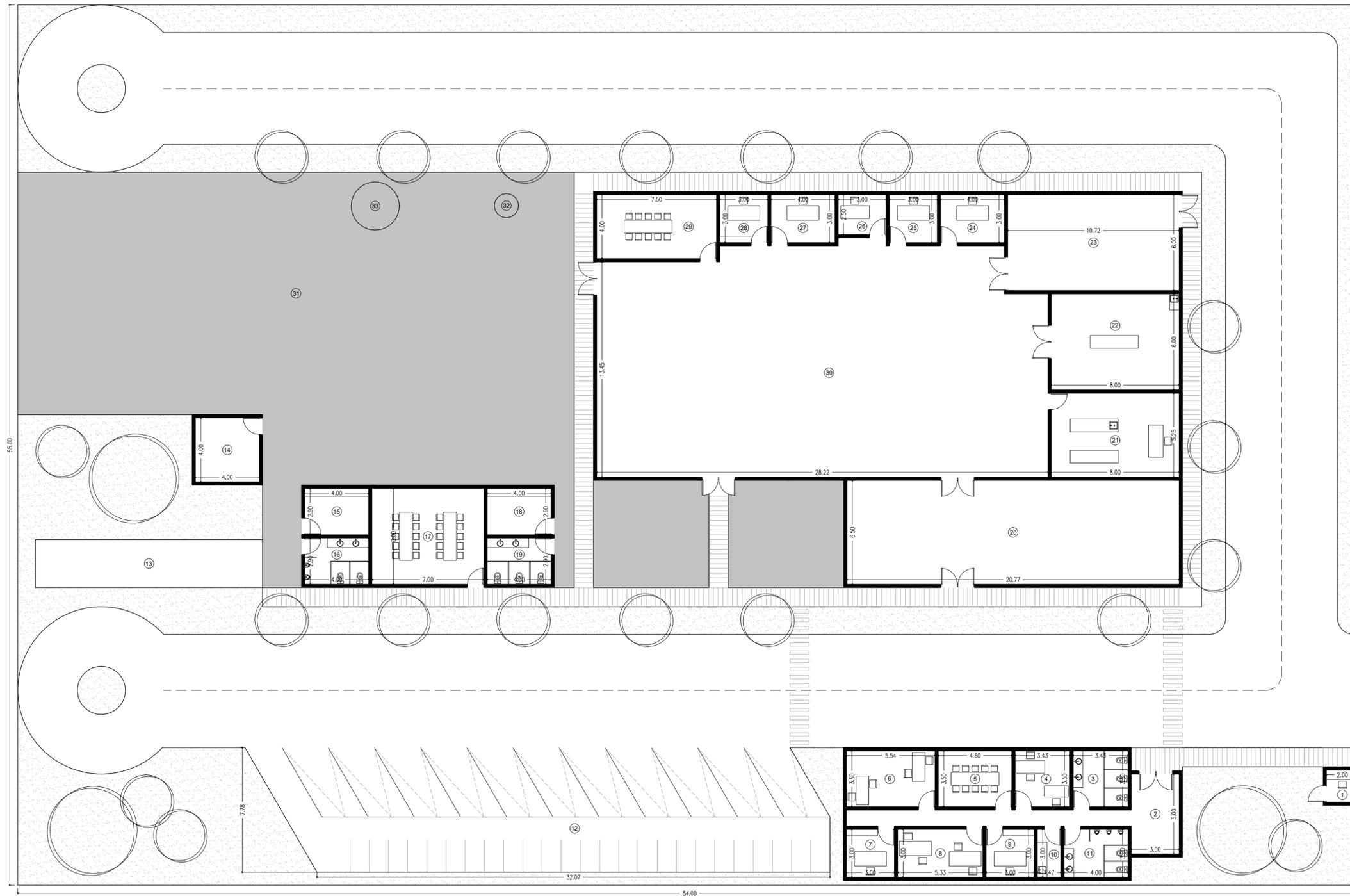
En la presente unidad se definieron las características constructivas de los edificios de administración y producción de la empresa PellcomP, así como también los espacios destinados al proceso productivo en sí. Se detallan las dimensiones, materiales y características generales de construcción con las que cuenta cada sector.

También se definió la distribución de estos espacios que es de suma importancia debido a que una buena distribución de áreas y sectores, permite la disminución de costos de transportes de materias primas, productos en proceso y productos terminados, así como un funcionamiento eficiente de la línea de proceso y optimización de los espacios.



N°	LOCALES	N°	LOCALES
29	Estrinchadora	14	Chiller
28	Palletizadora	13	Intercambiador de calor de placas
27	Transportador de Rodillos		
26	Envasadora	12	Tanque de Hidrógeno
25	Transporte Sinfín	11	Reactor
24	Silo de Homogeneización	10	Filtro Clarificante
23	Transporte Tubular	9	Compresor de Propileno
22	Secador Centrifugo	8	Tanque de Almacenamiento de Propileno
21	Extrusor		
20	Transporte Tubular	7	Compresor para Propileno
19	Silo de Almacenamiento de Polvo	6	Unidad PSA
		5	Intercambiador de Calor
18	Transporte Neumático	4	Compresor de GLP
17	Silo de Purga	3	Tanque de GLP
16	Ciclón para Polvo y Gas	2	Compresor de Propano
15	Tanque de Criogénico Presurizado	1	Tanque de Propano

UTN FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO Especialidad Ingeniería Química		PROYECTO: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO
Realizó	Ontivero, Julieta - Toranzo, Virginia - Viola, Sofía	
Firma		Lámina N°9
Controló	Firma	
Escala 1:200	PLANO GENERAL DE PLANTA CON CORTES Y PROYECCIONES	



N°	LOCALES
33	Tanque de Agua Industrial
32	Tanque de Agua Potable
31	Sala de Producción Descubierta
30	Sala de Producción Cubierta
29	Sala de Reuniones de Producción
28	Oficina de Gerencia de Producción
27	Oficina de Producción
26	Oficina de Calidad
25	Oficina de Mantenimiento
24	Oficina de Logística
23	Depósito de Almacenamiento de Insumos
22	Taller de Mantenimiento
21	Laboratorio de Calidad
20	Depósito de Producto Terminado
19	Baños de Mujeres
18	Vestuarios de Mujeres
17	Comedor
16	Baños de Hombres
15	Vestuarios de Hombres
14	Sala de Servicios Auxiliares
13	Tanque de Agua de Incendios
12	Estacionamiento
11	Baño de Hombres
10	Cocina
9	Oficina de Comercialización y Administración
8	Oficina de Marketing
7	Oficina de Gerencia General
6	Oficina de Finanzas
5	Sala de Reuniones de Administración
4	Oficina de Recursos Humanos
3	Baño de Mujeres
2	Recepción
1	Portería

UTN FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO Especialidad Ingeniería Química		PROYECTO: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO
Realizó	Ontivero, Julieta - Toranzo, Virginia - Viola, Sofía	
Firma		Lámina N°10
Controló		
Fecha		
Escala 1:200	PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE EDIFICIOS	

UNIDAD Nº 13

ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

INTRODUCCIÓN

SOCIEDADES COMERCIALES

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

RÉGIMEN LABORAL

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

Una organización es un sistema social formado por un conjunto de personas ordenadas bajo una determinada estructura jerárquica, que interactúan con los recursos y desarrollan actividades para cumplir con los fines y objetivos propuestos al momento de su constitución.

El fin de establecer una estructura es lo que permite llevar un control sobre los miembros, determinar las funciones que cada uno debe realizar y de esta manera poder agrupar las actividades de la empresa para poderla administrar eficientemente. Además, gracias a esta estructura se eliminan obstáculos derivados de la confusión e incertidumbre de las asignaciones sobre cuáles son las tareas que debe realizar cada uno. Se busca que las personas trabajen en equipo y se coordinen entre sí para trabajar con armonía, eficiencia, efectividad y, por lo tanto, eficacia.

La organización es un sistema abierto, está constantemente en relación con el medio exterior y es muy influida por éste. Por lo que el tamaño de la organización es un factor muy importante, ya que es lo que le va a permitir entrar en el mercado y poder competir a escala global. El tamaño o dimensión de la empresa expresa el mayor o menor volumen de cada una de las magnitudes que sirven para explicar lo que es y lo que hace la unidad económica.

A continuación, se determina la estructura que poseerá la empresa, con sus respectivas áreas y departamentos, y se establecerán las funciones que deberán llevar a cabo los miembros, según el área correspondiente. Además, se definirá el tipo de sociedad comercial adoptado, el tamaño de la organización y el régimen laboral a seguir por el personal que compone la organización con base en la Ley de Contrato de Trabajo (Ley N° 20.744).

SOCIEDADES COMERCIALES

A. TIPO DE SOCIEDAD COMERCIAL ADOPTADO

El tipo de sociedad comercial adoptado por PellcomP, de acuerdo con la Ley de Sociedades Comerciales N° 19.550, será Sociedad Anónima (S.A.).

El capital de la sociedad está dividido en acciones que pueden heredarse, venderse o transferirse sin problema alguno. Por este motivo, se dice que las S.A. poseen más dinamismo y simplicidad que las S.R.L., permitiendo el ingreso y egreso de los accionistas a la organización en forma fluida. Cabe aclarar que el estatuto puede limitar la transmisibilidad de las acciones, siempre que dicha limitación no implique su restricción absoluta.

Las acciones deben ser registrables, pudiendo ser nominativas no endosables, o escriturales. A su vez, pueden emitirse acciones ordinarias, que otorgan el derecho

Ontivero Julieta | Toranzo Virginia | Viola Sofía

a un voto por acción; o privilegiadas, que otorgan el derecho de hasta cinco votos por acción.

Para la conformación, se requiere la existencia de al menos dos accionistas (careciendo de un límite máximo), que pueden ser personas físicas o jurídicas. Cada accionista debe suscribir una participación relevante de las acciones de la sociedad, no estando permitida la suscripción de las mismas en una proporción de 99,00 – 1,00 %. Por otra parte, en las sociedades que posean sindicatura, las acciones pueden ser suscriptas en una relación mínima de 98,00 – 2,00 %, mientras que en las sociedades que carecen de sindicatura, podrán ser suscriptas en una relación mínima de 95,00 – 5,00 %.

En el caso que deban realizar aportes de capital desde el exterior, la participación mínima del socio minoritario debe ser de al menos el 10,00 %, debido a que las normas del Banco Central establecen que se inmovilizarán por un año el 30,00 % de los montos enviados desde el exterior para aportes de capital menores al 10,00 % del capital social.

Para constituir una S.A. en Argentina, se debe aportar un capital social mínimo de \$100.000,00. Se puede iniciar sólo con el 25,00 % de esa suma, y lo restante se debe aportar por los accionistas en un plazo no mayor a dos años, contados a partir de la fecha de constitución de la sociedad. El capital aportado por cada socio va a determinar la cantidad de acciones que posee este en la empresa.

Los accionistas de la S.A. deben reunirse en una Asamblea General Ordinaria, al menos una vez al año, con el objetivo de tratar los estados contables de la sociedad, determinar el destino del resultado del ejercicio social, aprobar la gestión del Directorio y designar nuevos directores, en caso de que sea necesario.

Con respecto a la fiscalización interna, la sociedad puede designar un órgano denominado sindicatura que se encargue de esta, el cual está a cargo de uno o más síndicos titulares e igual o menos número de síndicos suplentes, designados todos ellos por la Asamblea de Accionistas. Los síndicos deben ser abogados o contadores públicos con título habilitante y tener domicilio real en el país. Las sociedades cuyo capital social sea menor a \$10.000.000,00 pueden prescindir de la sindicatura.

La S.A. debe poseer un directorio que es el órgano de administración de la sociedad, que puede estar compuesto por uno o más directores titulares e igual o menor número de directores suplentes, todos designados por la Asamblea de Accionistas. En caso de poseer un capital social superior a \$10.000.000,00 el directorio debe estar conformado por al menos tres personas.

Los directores pueden ser nacionales o extranjeros; sin embargo, la mayoría absoluta de ellos debe residir en Argentina, y constituir un domicilio legal para notificar distintas cuestiones sobre su ejercicio.

Los directores titulares deben generar una garantía por el ejercicio de sus funciones por un monto de dinero determinado. La garantía puede consistir en bonos, títulos públicos o sumas de moneda nacional o extranjera depositados en entidades financieras o cajas de valores, a la orden de la sociedad; o en fianzas, avales bancarios o seguros de caución o de responsabilidad civil a favor de la misma.

La empresa PellcomP será una S.A. debido a que, luego de una búsqueda exhaustiva de información, se pudo concluir que la mayoría de las organizaciones industriales pertenecientes al rubro petroquímico son sociedades de este tipo. Además, se considera que una de las ventajas más importantes que posee es que las acciones pueden transferirse y adquirirse libremente por lo que facilita la incorporación de gran cantidad de inversores, y los socios no responden con su patrimonio personal en caso de quiebra.

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Cada empresa funciona de manera diferente, es por esto que cada una de ellas debe adoptar una estructura organizacional que le permita definir cómo se distribuirán, agruparán y coordinarán las tareas, para de esta manera poder alcanzar las metas y objetivos establecidos.

En primer lugar, la empresa posee una estructura formal es decir una estructura planeada y definida, en donde se establecen las relaciones entre cada una de las áreas para alcanzar los objetivos de una manera efectiva. Este tipo de estructura se representa por medio de un organigrama e incluye la descripción de cargos y manual de funciones en donde se determinan las interacciones entre las áreas de la organización.

Es un mecanismo que permite que las personas o las áreas trabajen conjuntamente de una forma eficiente, y en donde cada miembro de la organización contribuye de la mejor forma para la consecución del objetivo común de la organización.

Una vez establecida la formalidad o informalidad se procede a elegir el modelo básico de estructura de la organización, que se puede clasificar como: estructura lineal o militar, funcional, lineo-asesora-funcional, burocrática y matricial.

La organización posee una estructura lineo-asesora-funcional, es decir una fusión entre tres estructuras. En esta se combinan los tipos de organización lineal, asesora y funcional, aprovechando las ventajas y evitando las desventajas inherentes a cada una.

De la estructura funcional, se conserva la especialización de cada actividad en una función, lo que consiste en dividir el trabajo y establecer la especialización de cada área; y facilita la supervisión ya que cada gerente sólo debe controlar y ser

experto en un área determinada. Este tipo de estructura es ideal para el caso de medianas empresas.

Por otro lado, de la lineal se conserva la autoridad y responsabilidad que se transmite a través de un solo jefe por cada función particular, de modo que el jefe superior asigna y distribuye el trabajo a los supervisores y a su vez estos a sus subordinados.

Finalmente, se conserva de la estructura staff (asesora) la idea de contar con información brindada por expertos en el tema; la actividad principal consiste en pensar, planear, sugerir, recomendar, asesorar y prestar servicios especializados; si bien el asesor tiene voz en la empresa, no puede tomar decisiones.

Este tipo de estructura es ideal para implementar en PyMes, ya que facilita el desarrollo de los proyectos, se cuenta con el respaldo de expertos en cada una de las áreas en las que se desarrollan los mismos, permite que la responsabilidad del éxito del proyecto no quede recargada hacia un solo lado y que las funciones tengan responsables definidos.

A. ORGANIGRAMA

Un organigrama muestra la estructura interna de una organización o empresa. Es la representación parcial de la estructura formal de una empresa, mostrando en él las funciones, sectores, jerarquías y dependencias internas.

En PellcomP existen cinco niveles jerárquicos:

Tabla 13.1. Niveles jerárquicos de la organización

Primer nivel	Gerente general
Segundo nivel	Gerente de producción
	Gerente de administración y comercialización
Tercer nivel	Jefe de producción
	Jefe de calidad
	Jefe de recursos humanos
	Jefe de marketing
	Jefe de logística
	Jefe de finanzas
Cuarto nivel	Supervisor de producción
	Supervisor de mantenimiento
	Supervisor de almacén
Quinto nivel	Operarios de producción
	Operarios de mantenimiento
	Personal de calidad
	Personal administrativo

A. DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONES

B.1. Departamento de dirección

La dirección implica la gestión de los recursos productivos de la organización con el fin de lograr las metas establecidas de la manera más eficiente posible. Las tareas administrativas pueden ser realizadas por una o varias personas, dependiendo del tamaño de la empresa. Cuanto más grande es la empresa, más complejo es el departamento de gestión.

Dentro de la alta dirección se encuentran los presidentes y directores generales, además de un equipo asesor. Son los máximos responsables de que se cumplan los objetivos.

El estilo de dirección es propio de cada empresa, ya que depende de sus gerentes y de aspectos como la cultura de la empresa.

Las funciones que cumple la dirección son las de organización, planificación, asignación y coordinación de recursos, control y promoción de la buena relación y comunicación entre los empleados de la empresa; diseñar la estrategia y fijar objetivos para el crecimiento, controlar presupuestos y optimizar gastos.

B.1.2. Gerencia de producción

B.1.2.1. Departamento de producción

El departamento de producción se encarga de confeccionar el producto, pero además de otras tareas, tales como:

- Medición de tiempos de elaboración
- Seguridad e Higiene
- Formas de realización de los trabajos
- Control de inventarios
- Mantenimiento de los equipos y herramientas

Este departamento tiene la función imprescindible de generar las condiciones para que el producto llegue de forma óptima al consumidor. Por ello tiene que tener en cuenta la planificación de la producción, la minimización de los costos, el aseguramiento de una calidad óptima, etc.

El departamento de producción incluye las áreas de producción, mantenimiento, almacén y compras.

B.1.2.1.1. Área de producción

Se encarga específicamente de todas las actividades que tengan que ver con el proceso productivo que lleva adelante la organización.

Las funciones más comunes que se llevan adelante son:

- Identificación y planificación de los insumos necesarios en el proceso productivo
- Planificación de la producción
- Minimización de costos de producción
- Control de que el proceso productivo se lleve adelante de manera eficiente
- Detección de fallas

B.1.2.1.2. Área de mantenimiento

El área de mantenimiento es la encargada de generar todos los servicios que requiere una empresa en cuanto a mantenimiento preventivo y correctivo. El mismo se realiza de manera eficiente y en el momento deseado, tercerizando actividades en caso de ser necesario. Si bien existen muchas funciones que el área cumple, las principales son:

- Asistencia en la formulación del plan de distribución anual del presupuesto para gasto corriente e inversión física y participación en los respectivos programas.
- Supervisión de los trabajos de los contratistas y de los servicios prestados, de modo que se correspondan con las especificaciones y condiciones establecidas en los contratos.
- Gestión de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo sobre las instalaciones.
- Realización de chequeos periódicos para detección de necesidades de mantenimiento.
- Acondicionamiento de laboratorios, estacionamientos, espacios verdes, y demás instalaciones afines a la planta.
- Preparación de la información trimestral para generación de informes para presentación a la Junta Directiva.

B.1.2.1.3. Área de almacén

El área de almacenes se encarga de garantizar el abastecimiento de los artículos y productos recurrentes, y también del manejo apropiado de los mismos. Además, se encarga del cuidado de los materiales de laboratorio, refacciones y muebles, analizando y comprobando que los registros se encuentren realizados con exactitud.

Las funciones del área son las siguientes:

- Proyección y control de las actividades de admisión, despacho, registro y control de los bienes destinados al consumo.
- Comprobación de que los bienes que son recibidos cumplan con las especificaciones establecidas.

- Registro de máximos y mínimos de existencias de bienes, realizando pedidos al área de compra para la reposición de inventario.
- Relevamiento del inventario físico en los almacenes.

B.1.2.2. Departamento de calidad

El departamento de calidad es aquel que se ocupa de asegurar el cumplimiento de la política de la empresa viéndose representada en la condición y cualidad del producto. Como en el departamento de dirección, las funciones del departamento de calidad y la cantidad de empleados que dependen de ella, es proporcional al tamaño y la complejidad de la organización. Generalmente, si se cuenta con más de 100 empleados, pero menos de 1.000, se debe optar por tener un responsable de calidad a tiempo completo. En cuanto a las funciones primordiales, se pueden nombrar:

- Evaluación de riesgos.
- Verificación de las propiedades del producto para el cumplimiento de las especificaciones.
- Gestión de documentación.
- Aplicación de auditorías internas.
- Diseño e implementación de acciones correctivas según resultados de auditoría.
- Gestión de programas de auditoría.
- Realización de iniciativas de mejora.

B.1.3. Gerencia de administración y comercialización

La gerencia de administración y comercialización incluye los departamentos de logística, marketing, finanzas y de recursos humanos.

B.1.3.1. Departamento de logística

El departamento de logística se basa en procurar el mejor servicio al cliente. Por eso, existen ciertas funciones que deben ser tenidas en cuenta:

- Control del inventario.
- Procesos operativos en el almacén.
- Transporte de distribución.
- Trazabilidad.
- Logística inversa.

B.1.3.2. Departamento de marketing

El departamento de marketing es responsable de satisfacer los deseos y necesidades del cliente, ya que esto tiene un impacto directo en la obtención de ganancias. Recopila información, y sus resultados de las investigaciones impactan en las decisiones de otras áreas con el objetivo de encontrar el momento, la forma, el lugar, la cantidad y el precio adecuados para cautivar a los usuarios.

Las principales funciones del departamento de marketing son:

- Investigación de mercado: analiza las necesidades de los consumidores, junto con otras variables como preferencias, deseos y hábitos o comportamientos.
- Análisis del producto o servicio y sus competidores.
- Planificación y desarrollo de estrategias de marketing: se formulan estrategias destinadas a alcanzar los objetivos propuestos, primordialmente los que se refieren a satisfacción de los consumidores.
- Desarrollo de pronósticos: se puede hacer una previsión sobre timings (tiempo acerca de cuándo se podrían alcanzar los objetivos).
- Comunicación externa e interna: se refiere al manejo de los canales de comunicación y la comunicación en sí con los posibles o potenciales clientes y los que ya están afianzados. También se debe tener en cuenta la comunicación interna para compartir la información con el resto de personal para mantener a toda la empresa al tanto.

El departamento de marketing incluye las áreas de ventas y publicidad.

B.1.3.2.1. Área de ventas

Las funciones del área de ventas no sólo se ocupan de vender productos o servicios, sino que tienen en cuenta la planeación, ejecución y control de actividades para alcanzar objetivos y mejorar las ganancias.

Las principales funciones son:

- Establecimiento de metas: creación de objetivos claros y realistas, para generar el crecimiento de la empresa y la obtención de resultados positivos.
- Desarrollo de buenas estrategias: definición de los canales de desempeño, predicción de problemas y conocimiento de la metodología de servicio para que el equipo esté bien orientado.
- Mejora de la atención al cliente: la atención al cliente es necesaria para obtener información valiosa para la empresa a través de la creación de lazos significativos.

B.1.3.2.2. Área de publicidad

La publicidad es una rama de la mercadotecnia. La misma se encarga de promocionar el bien o mejorar la imagen de una marca. A estas actividades las realiza a través de la investigación, el análisis y estudio de numerosas disciplinas para captar a la población target.

Por lo tanto, las principales funciones son las siguientes:

- Planificación, dirección y coordinación de las actividades de publicidad y relaciones públicas de la empresa u organización.
- Diseño de la estrategia de publicidad y estudio de su eficacia.
- Realización y gestión de las actividades del personal de publicidad y relaciones públicas.
- Realización de tareas de selección, formación y rendimiento del personal.
- Supervisión de la publicidad en la organización.

B.1.3.3. Departamento de finanzas

El departamento de finanzas se encarga de la realización de movimientos y de la administración de los recursos financieros del Banco, que pueden ser parte tanto al activo como el pasivo de la organización. Posee incidencia en la administración de la liquidez de la institución, la contabilidad y los registros financieros.

El departamento financiero tiene la función de ocuparse de las responsabilidades económicas de una empresa. Así mismo, su principal función es la de realizar los pagos a los que está obligada la propia empresa, así como la gestión de las partidas de gastos e ingresos que tiene la misma.

Las funciones del departamento financiero son las siguientes:

- Planificación y elaboración de presupuestos.
- Elaboración del modelo de organización: prototipo económico que se aplicará en la actividad de la empresa.
- Pagos de las nóminas de los trabajadores.
- Gestión de los gastos asociados a la actividad de los empleados.
- Gestión de los problemas financieros.

El departamento de finanzas incluye las áreas de contabilidad y de compras.

B.1.3.3.1. Área de contabilidad

La información que aporta el área de contabilidad es importante para poder conocer y cuantificar la situación del negocio, definir estrategias y tomar decisiones; tener un control de los gastos e ingresos, de la situación financiera, del valor de las existencias y los activos; y saber qué cobros y pagos están pendientes.

Las funciones del área de contabilidad son:

- Actualización constante de los libros contables
 - Libro diario: donde se formalizan los asientos contables de las operaciones diarias.
 - Libros de registro: de facturas emitidas y recibidas, registro de los bienes de inversión y de las operaciones intracomunitarias si las hubiera.

- Cierre del ejercicio: preparación del balance, la cuenta de pérdidas y ganancias y la memoria de cuentas.
- Preparación de impuestos
- Control de las entradas y salidas monetarias, el flujo de caja, los cobros por ventas, las negociaciones por préstamos, entre otros.
- Acceso a los sistemas y circuitos de información internos de la empresa para poder cumplir con sus funciones.

B.1.3.3.2. Área de compras

El área de compras se encarga de conseguir los productos y tramitar los servicios que generen un buen funcionamiento de la organización, siempre teniendo en cuenta la obtención de los objetivos

Como el resto de las áreas, compras no puede lograr sus funciones de forma aislada. La organización debe coordinar la conexión con otros departamentos de la empresa.

Sus funciones son:

- Estudio y análisis de las tendencias del mercado.
- Análisis y cálculo de los envíos de los proveedores para el aseguramiento del cumplimiento en calidad y cantidad de material suministrado.
- Relaciones eficientes con los proveedores.
- Investigación y obtención de soluciones para disminuir los costes de la organización.
- Aprovisionamiento de materiales necesarios.

B.1.3.4. Departamento de recursos humanos

El departamento de RR.HH es en el que se realiza la gestión de las personas y todo lo relacionado a ellas. Abarca tareas de reclutamiento y selección de personal, contratación, formación, promoción, y despidos.

Los recursos humanos son imprescindibles para que cualquier organización funcione y pueda crecer. Además, y no menos importante, conlleva un papel fundamental en el desarrollo y crecimiento personal del trabajador.

Las principales funciones son:

- Gestión de asistencia y reloj checador.
- Control de vacaciones y ausencias.
- Confección de expedientes.
- Evaluación del desempeño.
- Redacción de la oferta de empleo.
- Búsqueda y selección de personal.

- Desarrollo del plan de compensación.
- Mediación entre empleados.
- Realización de despidos y bajas.
- Gestión del ambiente laboral.

C. SERVICIOS EXTERNOS

Se consideran cinco servicios externos necesarios para el funcionamiento de la empresa.

C.1. Asesoría jurídica y legal

La asesoría jurídica y legal ofrece información y asesoramiento en situaciones relacionadas con la aplicación del conjunto de normas que rigen una actividad, dentro de la rama del Derecho.

Las funciones que cumple la asesoría legal dentro de la organización son:

- Certificación de la correcta constitución de cualquier tipo de sociedad o estructura jurídica y la redacción de los documentos de cualquier naturaleza.
- Negociación y elaboración de todo tipo de contratos mercantiles, civiles y laborales.
- Control y solución de las situaciones de desequilibrio patrimonial.
- Realización de trámites y gestiones ante organismos públicos, registros, notarías.
- Asesoramiento en la aplicación de normas de cualquier tipo.

C.2. Higiene y seguridad

El consultor de higiene y seguridad contribuye con sus conocimientos a prevenir y brindar protección al personal sobre los riesgos de su actividad laboral. Además de un asesoramiento, brinda gestión permanente a través del cual se aplica la política de la empresa en materia de prevención de riesgos laborales y bajo el marco normativo vigente.

La puesta en funcionamiento del servicio comienza con un análisis general de riesgos laborales con el cual se establece el nivel de riesgo del objetivo, el de base según el cumplimiento normativo que posee, y se procede a confeccionar los desvíos detectados. Luego se elabora un plan de gestión anual, para cumplir con la documentación requerida, actualizar los protocolos y establecer parámetros para la regularización de desvíos y mejoras en las condiciones laborales.

La asesoría en Higiene y Seguridad es un servicio por abono mensual que comprende mediciones, capacitaciones, análisis y control de riesgos, y la gestión administrativa, con la que se confeccionan los protocolos e instructivos.

C.3. Transporte

La empresa dispone de un servicio externo de transporte terrestre del producto terminado a sus respectivos puntos de distribución y consumo debido a que esto disminuye los costos que debe afrontar la empresa y será más rentable. Contratar una empresa de transportes eficiente garantiza que la distribución se desarrolle perfectamente en tiempo y en forma; y esto también ayuda en la fidelización, atracción y retención de clientes.

C.4. Limpieza

La empresa contratada proporciona el mantenimiento de la higiene de las zonas comunes como baños, comedor, laboratorios, oficinas de administración, sala de recepción al público, entre otros. Además, periódicamente se solicita la limpieza de la zona productiva para mejores condiciones de trabajo.

C.5. Medicina laboral

La medicina laboral en la industria es útil para llevar adelante una auditoría de los tratamientos médicos llevados por la A.R.T. con el objetivo de preservar la salud integral del trabajador. Trabaja en conjunto con la Asesoría de Higiene y Seguridad, y se debe encargar de:

- Determinación de los requerimientos de los exámenes médicos a realizar, en función del puesto de trabajo, e información al empleador sobre la aptitud de cada trabajador.
- Evaluación del resultado de los exámenes, recomendaciones y aseguramiento de que el trabajador haya sido informado de las conclusiones de los estudios realizados.
- Registro de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.
- Evacuación de consultas médicas de los trabajadores cuando lo soliciten.
- Realización del primer auxilio cuando la situación lo requiera, y derivación al servicio correspondiente.
- Asesoramiento médico legal al empleador

C.6. Seguridad

Se contrata el servicio externo de seguridad con el objetivo de controlar el ingreso y egreso de terceros a la empresa, cuidar las inmediaciones a la misma y brindar servicios en la portería.

D. TAMAÑO DE LA ORGANIZACIÓN

Las organizaciones pueden clasificarse según distintos criterios, uno de los más importantes es el tamaño. Este criterio está relacionado con el número de

empleados que posee la empresa. Si se trata de una planta que posee como máximo 5 empleados es una micro empresa; si posee un personal de 6 - 50 empleados es una pequeña empresa; si posee entre 51 - 200 empleados se clasifica como mediana, y finalmente si cuenta con más de 200 empleados es una gran empresa.

En PellcomP se cuenta con un total de 89 trabajadores (tabla 13.2) por lo cual de acuerdo a las categorías establecidas anteriormente podemos decir que es una empresa mediana. Para definir esto, además, se tuvo en cuenta el tamaño de empresas del mismo rubro como lo son Petroquímica Cuyo (Mendoza) y la empresa Petroken S.A (Bs. As), ambas son PyMEs de gran cantidad de producción, y poseen alrededor de 200 empleados o menos.

RÉGIMEN LABORAL

A. RÉGIMEN LABORAL SEGÚN LEY N° 20.744. “LEY DE CONTRATO DE TRABAJO”

Dentro de la organización se seguirá un régimen laboral que consta de 3 turnos rotativos: turno mañana, tarde y noche; debido a que el proceso que se lleva a cabo es continuo. Esto se determinó debido a que la polimerización conlleva aproximadamente 3 h (tiempo de reacción relativamente largo), y porque las polimerizaciones discontinuas no pueden realizarse rápidamente con reproducibilidad y buen control, ya que los tiempos de reacción largos consecuentes con un buen control, no son económicos. Además, la ramificación de la cadena se hace excesiva para alta conversión, dando como resultado un producto de pobres propiedades físicas.

Se utilizará el régimen americano 7x2, es decir se trabajan 7 d seguidos y 2 d de descanso. Este ciclo se repetirá tres veces, pero en el último se agrega un día extra de descanso, contando con un total de 3 d al final.

Como se mencionó anteriormente se trabajan con tres franjas horarias. Cada una de ellas tendrá una duración de 8 h. En la jornada de la mañana el horario será de 6:00 - 14:00 h; el turno tarde será de 14:00 - 22:00 h, y finalmente la jornada nocturna será de 22:00 - 6:00 h.

Los trabajadores se dividirán en grupos de trabajo de acuerdo con las actividades del proceso que lleven adelante, de modo que, siguiendo el régimen 7x2, el turno de cada grupo irá cambiando cada una semana; el grupo que en la semana 1 trabajó por la mañana, en la semana 2 trabajará por la tarde y en la 3 por la noche. Lo mismo para con los otros grupos de trabajo que comiencen a la tarde o a la noche, se respetará el ciclo.

En cuanto a los supervisores, los turnos de trabajo se verán plasmados en relación a los respectivos turnos existentes para los operarios (mañana, tarde y

noche). Es decir, un supervisor estará a cargo de cada turno, cumpliendo las 8 h estipuladas por ley.

Los gerentes departamentales y jefes de área son trabajadores full time por lo que su jornada laboral semanal tiene un máximo de 48 h, distribuyendo 9 h de lunes a viernes, de la forma que prefieran, y el resto los sábados por la mañana. Por otra parte, el personal administrativo cumplirá con 8 h de trabajo de lunes a viernes.

En cuanto a los descansos, por ley, para todos aquellos que trabajen 8 h o más por día, les corresponden 30 min de descanso para almuerzo o cena, incluyendo el refrigerio. Dicho descanso debe estar comprendido entre las 12:00 - 14:00 h, las 20:00 - 22:00 h, las 4:00 - 6:00 h, según le corresponda a cada turno.

Tabla 13.2. Distribución de colaboradores en la organización

Puesto	Turnos	Trabajadores por turno	Total trabajadores por área
Gerente general	1	1	1
GERENCIA DE PRODUCCIÓN			
Gerente de producción	1	1	1
Departamento de Producción			
Jefe de producción	1	1	1
Área de producción			
Supervisor de producción	3	1	3
Operador de reactor	3	2	6
Operador de unidad de separación PSA	3	2	6
Operador de extrusor	3	2	6
Operador de recepción y almacenamiento de MP	3	1	3
Operador del ciclón de descarga, silo de purga y de almacenamiento	3	2	6
Operador del secador centrífugo	3	2	6
Operador de envasado	3	1	3
Operador palletizadora	3	1	3
Área de Mantenimiento			
Supervisor de mantenimiento	3	1	3
Personal de servicio mecánico	3	2	6
Personal de servicio eléctrico	3	2	6
Área de Almacén			
Supervisor de almacén	1	2	2
Personal de almacén	2	2	4

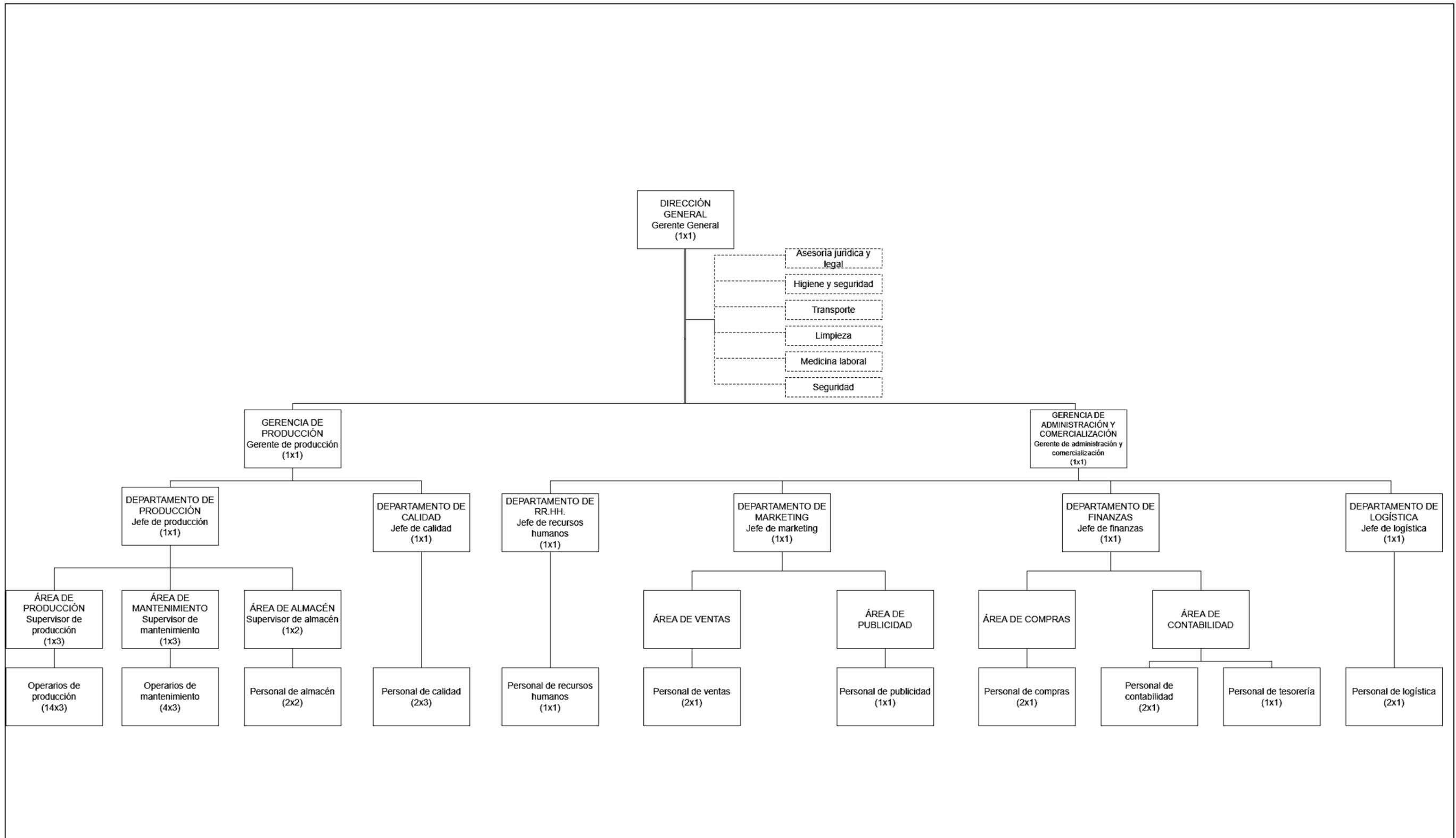
Puesto	Turnos	Trabajadores por turno	Total trabajadores por área
Departamento de Calidad			
Jefe de calidad	1	1	1
Analista de calidad	3	1	3
Analista de planta	3	1	3
GERENCIA DE ADMINISTRACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN			
Gerente de Administración y Comercialización	1	1	1
Departamento de Recursos Humanos			
Jefe de Recursos Humanos	1	1	1
Personal de Recursos Humanos	1	1	1
Departamento de Marketing			
Jefe de Marketing	1	1	1
Área de Ventas			
Personal de Ventas	1	2	2
Área de Publicidad			
Personal de Publicidad	1	1	1
Departamento de Finanzas			
Jefe de Finanzas	1	1	1
Área de Contabilidad			
Personal de Contabilidad	1	2	2
Personal de tesorería	1	1	1
Área de Compras			
Personal de compras	1	2	2
Departamento de Logística			
Jefe de Logística	1	1	1
Personal de Logística	1	2	2
TOTAL TRABAJADORES			89

CONCLUSIONES

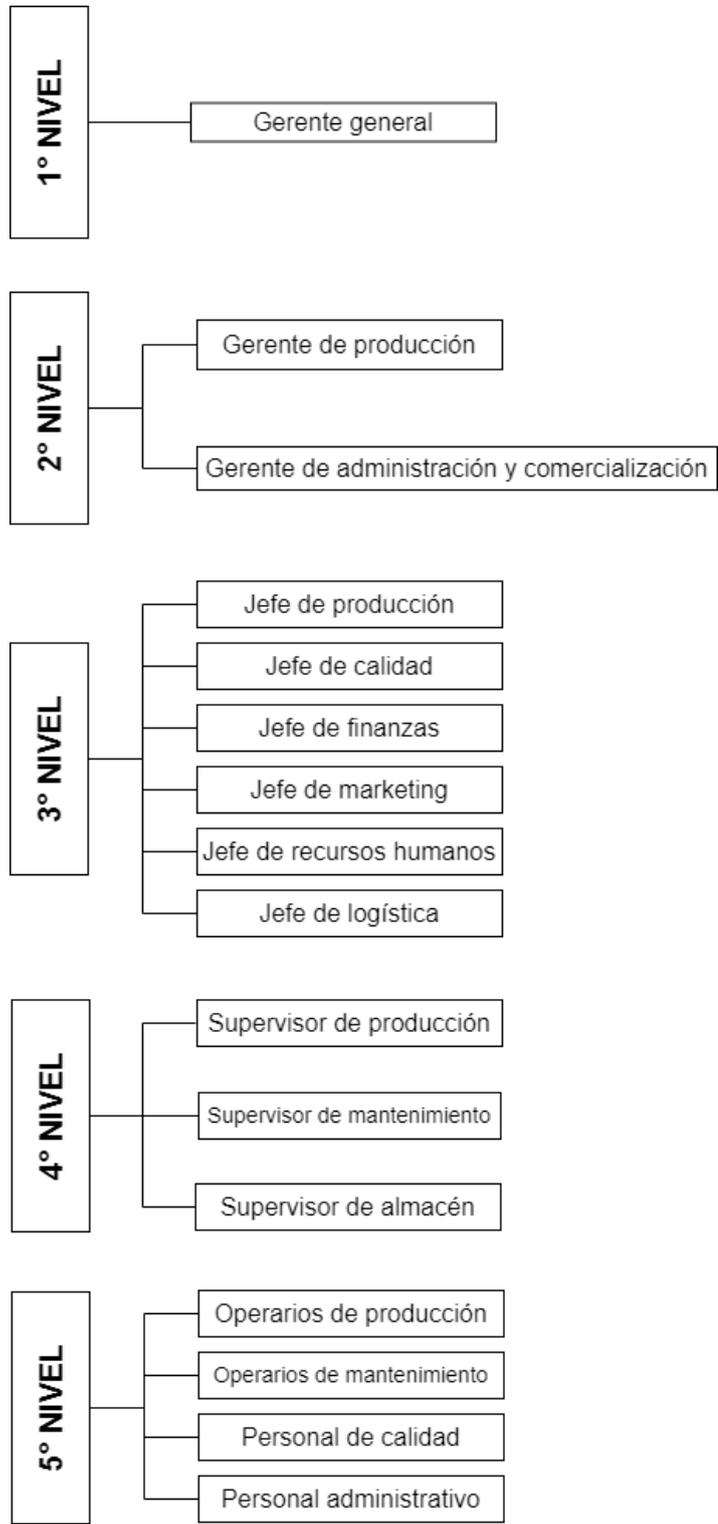
A lo largo de la unidad se logró definir, entre otras cosas, cómo debe ser la estructura de PellcomP. La misma está dividida en cinco niveles jerárquicos: gerente general, gerentes de departamentos, jefes de área, supervisores y operarios. Esto se informa al ingreso de cualquier colaborador a la organización, ya que para evitar cualquier tipo de problemas cada estamento debe responder a su superior inmediato, sin excepciones.

Mediante esta designación, en conjunto con el proceso productivo ya establecido en unidades anteriores, se definieron los turnos de trabajo de los

diferentes grupos de personas que forman parte de esta organización industrial, basados en la Ley N° 20.744 “Ley de Contrato de Trabajo”. Por otra parte, se eligió el tipo de sociedad a implementar, lo cual se encuentra en concordancia con el resto de las organizaciones de igual o similar actividad industrial.



UTN FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO Especialidad Ingeniería Química		PROYECTO: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO
Realizó	Ontivero, Julieta – Toranzo, Virginia – Viola, Sofía	
Firma		
Controló		Fecha
Escala	-	Lámina N°
ORGANIGRAMA		11



UTN FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO Especialidad Ingeniería Química		PROYECTO: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO Lámina N° 12	
Realizó	Ontivero, Julieta – Toranzo, Virginia – Viola, Sofía		
Firma			
Controló			Fecha
Escala	- NIVELES DEL ORGANIGRAMA		

UNIDAD Nº 14

INVERSIONES Y COSTOS

INTRODUCCIÓN

PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

COSTOS

PRECIO DE VENTA

RENTABILIDAD DEL PROYECTO

DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE RESULTADO PROFORMA: TMAR Y FNE

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

En esta unidad se realizará el análisis de costos, beneficios, sustentabilidad y capital disponible, para poder tomar la decisión sobre invertir o no en este proyecto. Básicamente lo que se realiza es un plan de inversión inicial, el cual es un documento en el que se detalla el destino de las inversiones a realizar, las acciones para hacer esas inversiones y los plazos en los que se van a llevar a cabo, con el principal objetivo de obtener la máxima rentabilidad y reducir el riesgo.

El análisis de la inversión permite justificar la forma de invertir elegida siempre y cuando el proyecto sea viable para su puesta en marcha.

A continuación, se describirán los rubros que forman parte del presupuesto de inversión y los costos necesarios para la producción de pellets de PP. Los montos serán expresados en pesos argentinos, siendo la tasa de cambio del dólar oficial a la fecha (febrero 2024) de US\$ 1 = \$ 879,81.

También, se incluirá el cálculo de la tasa mínima aceptable de rendimiento junto con el cálculo de los flujos netos de efectivo, considerando tres escenarios posibles.

- Sin inflación y sin financiamiento a producción constante.
- Con inflación y sin financiamiento a producción constante.
- Con inflación y con financiamiento a producción constante.

PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

Una inversión es la vinculación duradera a recursos financieros para activos tangibles e intangibles. Las inversiones no solo repercuten en los activos no corrientes de una empresa, sino también indirectamente en los activos corrientes. En base a esto, el presupuesto de inversión es un plan para la adquisición de diferentes propiedades tales como edificios, maquinaria, equipo y otro tipo de inversiones a largo plazo.

A. ACTIVO FIJO (AF)

Un activo fijo engloba a aquellos bienes de la empresa que no forman parte del circulante, es decir, aquellos que no tienen como finalidad la venta inmediata y no pertenecen a la actividad principal de la empresa, pero son necesarios para asegurar el funcionamiento de la misma. Se denomina activo no corriente ya que se espera que permanezca en la empresa durante, al menos, el siguiente ejercicio de explotación. Es un bien duradero y por lo tanto no se espera que se convierta en líquido en el corto plazo.

A.1. Rubro I: Terrenos y edificios

Tal como se mencionó en la unidad N° 2, la planta estará ubicada en el lote N° 18 en el Parque Industrial Campana. El mismo posee 4.452,00 m², siendo el costo del terreno de 43.552,00/m².

La superficie total edificada es 981,68 m², donde 852,78 m² corresponden al sector de producción con un costo de construcción de 806.621,20/m²; mientras que los 128,90 m² restantes corresponden al edificio administrativo el cual posee un costo de construcción de 444.352,91/m².

Por otra parte, la superficie ocupada por calles internas, veredas, estacionamiento y el sector de producción descubierto es de 3.470,31 m², teniendo un costo de 3.137,36/m².

A continuación, se presenta la tabla 14.1 con los costos de inversión del rubro I:

Tabla 14.1. Rubro I: Terrenos y edificios

Concepto	Área [m ²]	Costo unitario [\$]	Costo total [miles de \$]
Terreno	4.452,00	43.552,60	193.896,18
Edificación producción	852,78	803.621,20	685.312,09
Edificación administración	128,90	444.352,91	57.277,09
Calles internas, veredas, estacionamiento y sector productivo descubierto	3.470,31	3.137,86	10.889,35
TOTAL			947.374,70

A.2. Rubro II: Equipos y accesorios

En las unidades N° 10 y N° 11, se seleccionaron y describieron los equipos de proceso y accesorios a emplear para la producción de pellets de PP, así como también, se determinaron los equipos para servicios auxiliares necesarios. En la siguiente tabla, se presenta la inversión requerida para la adquisición de toda la maquinaria.

Tabla 14.2. Rubro II: Equipos y accesorios

Equipo	Cantidad	Costo unitario [\$]	Costo total [miles de \$]
Equipos principales de proceso			
Tanque cilíndrico presurizado de GLP		3.086.373,48	3.086,37
Compresor de GLP	1	1.715.629,50	1.715,63
Intercambiador de calor de GLP	1	290.337,30	290,34
Columna de adsorción	4	1.891.591,50	7.566,37
Compresor de propileno	1	1.715.629,50	1.715,63

Equipo	Cantidad	Costo unitario [\$]	Costo total [miles de \$]
Tanque de almacenamiento de propileno	1	3.079.335,00	3.079,34
Reactor tanque agitado continuo isotérmico	1	7.918.290,00	7.918,29
Separador ciclónico	1	527.886,00	527,89
Tanque agitador de polvo	1	791.829,00	791,83
Dispositivo de purga NEPS 1,000	1	1.346.109,30	1.346,11
Silo de almacenamiento de polvo	1	879.810,00	879,81
Extrusora	1	8.622.138,00	8.622,14
Secador centrífugo	1	483.895,50	483,90
Tanque de homogeneización	1	1.847.601,00	1.847,60
Envasadora semiautomática	1	2.023.563,00	2.023,56
TOTAL EQUIPOS PRINCIPALES			41.894,79
Equipos accesorios de proceso			
Transporte neumático	1	2.199.525,00	2.199,53
Transporte tubular a cadenas	2	4.399.050,00	8.798,10
Transportador sinfín tubular	1	1.319.715,00	1.319,72
Transportador de rodillos	2	63.346,32	126,69
Palletizadora	1	8.622.138,00	8.622,14
Estrichadora	1	1.583.658,00	1.583,66
Bomba centrífuga	1	255.144,90	255,14
Tanque de almacenamiento de propano	1	8.799.859,62	8.799,86
Tanque de almacenamiento de hidrógeno	1	6.070.689,00	6.070,69
Tanque de almacenamiento de nitrógeno	1	6.334.632,00	6.334,63
Compresor de propano	1	879.810,00	879,81
Filtro clarificante de gas seco	1	87.981,00	87,98
Compresor de propileno filtrado	1	1.099.762,50	1.099,76
Intercambiador de placas	1	351.924,00	351,92
Pallets	63	8.000,00	504,00
TOTAL EQUIPOS ACCESORIOS			47.033,63
Equipos de servicios auxiliares			
Tanque de agua para incendio	1	859.213,00	859,21
Tanque de agua potable	1	494.577,00	494,58
Tanque de agua industrial	1	1.340.659,00	1.340,66
Bomba de extracción de agua potable e industrial	2	38.316,00	76,63
Bomba para red de incendios	3	119.345,00	358,04

Equipo	Cantidad	Costo unitario [\$]	Costo total [miles de \$]
Compresor de aire	1	508.224,71	508,22
Chiller	1	1.899.999,00	1.900,00
Termotanque	1	493.999,00	494,00
TOTAL SERVICIOS AUXILIARES			6.031,34
TOTAL			94.959,76

A.3. Rubro III: Instalaciones eléctricas y de cañerías

En la siguiente tabla, se presenta el costo de inversión para el tendido de cañerías de materia prima y productos en proceso, así como también de servicios auxiliares. Además, se tiene en cuenta el costo de las instalaciones eléctricas a ser utilizadas por la fuerza motriz y la iluminación de la planta.

Tabla 14.3. Rubro III: Instalaciones eléctricas y de cañerías

Concepto	Cantidad	Costo unitario [\$]	Costo total [miles de \$]
Tableros eléctricos			
Tablero principal	1	1.184.978,00	1.184,98
Tableros seccionales	13	296.244,50	3.851,18
Iluminación			
Luminaria STAR PRO 150 W	15	133.369,00	2.000,54
Luminaria STAR PRO 200 W	3	186.543,00	559,63
Luminaria SURF 15 W	51	6.876,00	350,68
Luminaria WAVE 48 W	113	49.759,00	5.622,77
Concepto	Medida [m]	Costo unitario [\$/m]	Costo total [miles de \$]
Instalación eléctrica			
Materiales eléctricos	391,70	9.756,45	3.821,60
Red de cañerías			
Red de cañerías de materia prima	4,00	5.260,50	21,04
Red de cañerías de producto en proceso	43,00	5.260,50	226,20
Red de cañerías de hidrógeno	5,00	5.260,50	26,30
Red de cañerías de nitrógeno	8,00	5.260,50	42,08
Red de cañerías de agua potable	67,20	1.587,50	106,68
Red de cañerías de agua de pozo	50,00	1.587,50	79,38
Red de cañerías de agua de incendio	159,50	6.071,87	968,46

Concepto	Cantidad	Costo unitario [\$]	Costo total [miles de \$]
Red de cañerías de aire comprimido	23,60	1.550,25	36,59
Red de cañerías de gas natural	115,00	5.260,50	604,96
TOTAL			19.503,06

A.4. Rubro IV: Equipamiento para oficinas, muebles y útiles

Aquí se tiene en cuenta el equipamiento necesario para llevar a cabo los trabajos de oficina. En la siguiente tabla, se presenta la inversión total que se debe realizar en este rubro.

Tabla 14.4. Rubro IV: Equipamiento para oficinas, muebles y útiles

Concepto	Cantidad	Costo unitario [\$]	Costo total [miles de \$]
Escritorios	19	49.999,00	949,98
Sillas	44	51.659,00	2.273,00
Sillones recepción	5	99.061,00	495,31
Mesa ratona recepción	1	31.678,00	31,68
Mesada de laboratorio	2	95.000,00	190,00
Mesa sala de reuniones	1	150.000,00	150,00
Heladera	2	761.000,00	1.522,00
Horno eléctrico	2	75.955,00	151,91
Microondas	2	120.999,00	242,00
Computadoras	19	472.490,00	8.977,31
Impresoras	10	123.449,00	1.234,49
Teléfonos	13	12.000,00	156,00
Aires acondicionados	13	486.499,00	6.324,49
Calefactores	17	195.728,47	3.327,38
Biblioteca para oficinas	3	33.408,00	100,22
TOTAL			26.125,76

A.5. Rubro V: Rodados

Tal como se mencionó en la unidad N° 10, para el transporte de pallets dentro y fuera de planta se emplean autoelevadores y transpaletas eléctricas marca Toyota. En la tabla 14.5, se muestra la inversión requerida para este rubro.

Tabla 14.5. Rubro V: Rodados

Concepto	Cantidad	Costo unitario [\$]	Costo total [miles de \$]
Transpaleta eléctrica	2	4.369.535,00	8.739,07
Autoelevador	2	15.826.022,28	31.652,04
TOTAL			40.391,11

B. ACTIVO DIFERIDO (AD)

Se entiende por activo diferido al gasto pagado por anticipado. Es un indicador que da cuenta de los costos y gastos que la empresa realizará en el futuro, pero que se pagan con antelación. Su objetivo es no afectar la información financiera de la empresa en los periodos en los que aún no se han utilizado.

Ejemplos de activos diferidos son: arrendamientos, seguros, fondos de inversión, patentes, marcas, diseños comerciales, calibración e instaladores de equipos, estudios de ingeniería, capacitaciones e incluso insumos como papelería.

A continuación, se presentan los activos diferidos relevantes para la empresa PellcomP en su etapa inicial.

B.1. Rubro VI: Planeamiento de la inversión

Este rubro se considera que es el 3,00 % de la inversión en AF. Por lo que:

$$AD \text{ Rubro VI} = \Sigma AF(\text{Rubro I, II, III, IV}) * 3,00 \%$$

En la tabla que se presenta a continuación, se determina el valor de la inversión total para el rubro VI de AD.

Tabla 14.6. Rubro VI: Planeamiento de la inversión

Concepto	Costo total [miles de \$]
Rubro VI	33.850,63
TOTAL	33.850,63

B.2. Rubro VII: Ingeniería del proyecto

Este rubro engloba la instalación y puesta en marcha de todos los equipos que posee la empresa. Se estima que este representa el 3,50 % de la inversión realizada en el rubro II. Por lo que:

$$AD \text{ Rubro VII} = AF \text{ Rubro II} * 3,50 \%$$

Tabla 14.7. Rubro VII: Ingeniería del proyecto

Concepto	Costo total [miles de \$]
Rubro VII	3.323,59
TOTAL	3.323,59

B.3. Rubro VIII: Supervisión

La supervisión requerida en la empresa se estima que es del 1,50 % de la inversión en AF. Por lo que se calcula de la siguiente manera:

$$AD \text{ Rubro VIII} = \Sigma AF(\text{Rubro I, II, III, IV}) * 1,50 \%$$

Tabla 14.8. Rubro VIII: Supervisión

Concepto	Costo total [miles de \$]
Rubro VIII	16.925,32
TOTAL	16.925,32

B.4. Rubro IX: Administración del proyecto

La inversión en este rubro se considera que es de 0,50 % de la inversión en AF. Por lo que:

$$AD \text{ Rubro VIII} = \Sigma AF(\text{Rubro I, II, III, IV}) * 0,50 \%$$

Tabla 14.9. Rubro IX: Administración del proyecto

Concepto	Costo total [miles de \$]
Rubro IX	5.641,77
TOTAL	5.641,77

C. PRESUPUESTO TOTAL DE INVERSIÓN

El principal objetivo de un presupuesto de inversión es coordinar los distintos rubros para asegurar la puesta en marcha de la empresa en forma integral, aumentar la productividad, y facilitar la toma de decisiones estratégicas. Además, ayuda a alcanzar los objetivos y a que sea más rentable y competitiva.

En la tabla 14.10 se muestran los montos de inversión destinados a cada uno de los rubros mencionados con anterioridad, y la inversión en AF y AD. Como medida de protección al inversionista, ante cualquier inconveniente que pueda surgir, se agrega un 5,00 % más a dicho presupuesto.

Tabla 14.10. Inversión total

Rubro	Concepto	Inversión [miles de \$]
I	Terrenos y edificios	947.374,70
II	Equipos y accesorios	94.959,76
III	Instalaciones eléctricas y de cañerías	19.503,06
IV	Equipamiento de oficinas, muebles y útiles	26.125,76
V	Rodados	40.391,11
VI	Planeamiento de la inversión	33.850,63
VII	Ingeniería del proyecto	3.323,59
VIII	Supervisión	16.925,32
IX	Administración del proyecto	5.641,77
Total AF		1.128.354,40
Total AD		59.741,31
Subtotal Inversión		1.188.095,71
5,00 %		59.404,79
INVERSIÓN TOTAL		1.247.500,49

D. FINANCIAMIENTO DE LA INVERSIÓN

Una parte de la inversión total calculada anteriormente se financiará a través de un crédito otorgado por el Banco de Inversión y Comercio Exterior (BICE) dentro de la “CreAr Inversión Pyme”, destinado a inversión productiva para la compra de bienes de capital y la construcción de instalaciones necesarias para la producción. Este se destinará para cubrir el 30,00 % del total con una tasa de interés del 59,00 % anual, que incluye la inflación, en un plazo de 5 a.

Para saldar el pago de la deuda se determina la anualidad, la cual es una cantidad fija a pagar cada año.

En la siguiente ecuación se calcula el monto de la anualidad a pagar, siendo:

- A: anualidad (\$)
- A₀: monto total (\$ 374.250.147,96)
- i: tasa de interés total (0,59)
- n: período a saldar el crédito (5 a)

$$A = A_0 * \frac{i * (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \quad (\text{Ec. 14.1})$$

$$A = \$ 374.250.147,96 * \frac{0,59 * (1 + 0,59)^5}{(1 + 0,59)^5 - 1}$$

$$A = \$ 244.907.561,20$$

En la tabla que se presenta a continuación, se determina el valor del interés anual y capital por año, para lograr saldar la deuda en el período correspondiente:

Tabla 14.11. Pago de la deuda

Año	Interés [miles de \$]	Anualidad [miles de \$]	Pago a capital [miles de \$]	Deuda después del pago [miles de \$]
0	-	-	-	374.250,15
1	220.807,59	244.907,56	24.099,97	350.150,18
2	206.588,61	244.907,56	38.318,95	311.831,22
3	183.980,42	244.907,56	60.927,14	250.904,09
4	148.033,41	244.907,56	96.874,15	154.029,94
5	90.877,66	244.907,56	154.029,94	0,00

E. CRONOGRAMA DE INVERSIONES

El cronograma de inversiones tiene por objetivo el cálculo del tiempo apropiado para capitalizar o registrar los activos en forma contable, es decir, establece los períodos de tiempo para cada una de las inversiones y es una forma de visualizar la programación, dar un seguimiento sobre su avance, identificar el periodo en que se ejecuta parte o toda la inversión, para que los recursos no queden inmovilizados innecesariamente en los períodos previstos.

Dicho cronograma se representa mediante un diagrama de Gantt en la lámina N° 14.

F. DEPRECIACIONES Y AMORTIZACIONES

El término depreciación hace referencia al desgaste o agotamiento que sufre un activo fijo, debido a que con el uso y el paso del tiempo el valor de estos bienes se reduce. En cambio, la amortización es la cantidad de dinero que se ha recuperado de la inversión inicial con el paso de los años y se aplica a los activos diferidos o intangibles.

En la siguiente tabla se detallan cada uno de los conceptos con su correspondiente porcentaje de amortización (AD) o depreciación (AF). Además, se calcula el valor de salvamento (VS) que hace referencia al monto del activo que no llega a aplicarse la depreciación o amortización al término de los 5 a.

Tabla 14.12. Depreciación y amortización anual de servicios

Concepto (*)	%	Valor	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	VS
		miles de \$						
1	2,00	753.478,52	15.069,57	15.069,57	15.069,57	15.069,57	15.069,57	678.130,67
2	10,00	94.959,76	9.495,98	9.495,98	9.495,98	9.495,98	9.495,98	47.479,88
3	10,00	19.503,06	1.950,31	1.950,31	1.950,31	1.950,31	1.950,31	9.751,53
4	10,00	26.125,76	2.612,58	2.612,58	2.612,58	2.612,58	2.612,58	13.062,88
5	20,00	40.391,11	8.078,22	8.078,22	8.078,22	8.078,22	8.078,22	0,00
6	10,00	59.741,31	5.974,13	5.974,13	5.974,13	5.974,13	5.974,13	29.870,66
TOTAL			43.180,78	43.180,78	43.180,78	43.180,78	43.180,78	778.295,62

Concepto (*): (1) Edificios, (2) Equipos y accesorios, (3) Instalaciones eléctricas y cañerías, (4) Equipamientos de oficinas, muebles y útiles, (5) Rodados, (6) Activo Diferido

COSTOS

El costo es la cantidad de dinero que una empresa ha invertido en la elaboración de un bien o de un servicio en particular, para luego poder comercializarlo. Conocer el costo de una empresa permite conocer la cantidad de tiempo y esfuerzo que deben destinar a la elaboración de sus bienes y servicios; así como también sirve para hacer una previsión de la rentabilidad del negocio.

El costo se divide en tres grupos dependiendo de su origen:

- Costos de producción (CP)
- Costos de administración (CA)
- Costos de ventas (CV)

La sumatoria de estos nos da el costo total operativo (CTO).

$$CTO = CP + CA + CV \quad (\text{Ec. 14.2})$$

Cada uno de estos costos se calculan en base al volumen de producción que se realiza, según lo establecido en la unidad N° 9. El mismo es de 22,70 t/d.

A. COSTOS DE PRODUCCIÓN

Para la determinación de los CP, se realiza un análisis de los diferentes rubros, industriales y comerciales que inciden en el costo unitario del producto.

A.1. Costo de materia prima

En la tabla 14.13 detalla el consumo y los costos de la materia prima principal (GLP) y de los insumos que se requieren para la fabricación de PP.

Tabla 14.13. Costo de materia prima

Concepto	Cantidad [kg/h]	Costo unitario [\$/kg]	Costo por partida [\$]	Costo anual [miles de \$]
GLP	2.000,00	15,84	31.680,00	273.715,20
Zeolita 4A	0,04	1.319,72	52,79	456,10
Hidrógeno	0,67	3.079,34	2.063,16	17.825,68
Catalizador	0,05	578.955,63	28.947,78	250.108,83
Co-catalizador	0,46	552.350,12	254.081,06	2.195.260,32
Nitrógeno	144,17	2.314,40	333.667,05	2.882.883,29
Aditivos	9,75	20.160,08	196.560,78	1.698.285,14
TOTAL		1.158.195,13	847.052,61	7.318.534,56

A.2. Costo de mano de obra directa

La mano de obra directa (MOD) es aquella que se involucra directamente en el proceso de producción. Para su cálculo se tiene en cuenta la escala salarial correspondiente al convenio colectivo de trabajo N° 720/21.

A estos valores se le deben agregar las cargas sociales (aporte jubilatorio, obra social, vacaciones, días festivos, etc.), los cuales corresponden a un 35,00 % más.

Tabla 14.14. Costo de MOD

Concepto	Cantidad	Sueldo mensual [\$]	Costo mensual [miles de \$]	Costo anual [miles de \$]
Operario de producción	39	524.268,12	20.446,46	245.357,48
Carga social		183.493,84	7.156,26	85.875,12
TOTAL			27.602,72	331.232,60

A.3. Costo de gastos de fabricación

A.3.1. Energía eléctrica

El consumo de la energía eléctrica se calculó previamente en la unidad N° 11. Este valor comprende la fuerza motriz y la iluminación interna y externa del establecimiento.

A continuación, en la tabla 14.15 se presenta el costo total en energía eléctrica.

Tabla 14.15. Costo de energía eléctrica

Concepto	Consumo diario [kWh]	Costo unitario [\$]	Costo diario [\$]	Costo mensual [\$]	Costo anual [miles de \$]
Fuerza Motriz	13.787,57	21,86	301.396,28	9.041.888,41	108.502,66
Iluminación	261,56	21,86	5.717,70	171.531,05	2.058,37
TOTAL			307.113,98	9.213.419,45	110.561,03

A.3.2. Equipos para el personal

La empresa dispondrá a sus empleados la indumentaria y elementos de seguridad necesarios para llevar a cabo sus actividades, los cuales han sido detallados en la unidad N° 5. En la siguiente tabla se muestra el costo total requerido para este ítem teniendo en cuenta la cantidad de personas, las veces de recambio de cada elemento y el costo unitario.

Tabla 14.16. Costos de equipos para el personal

Concepto	Cantidad de trabajadores	Recambio por año	Valor unitario [\$]	Costo anual [miles de \$]
Indumentaria	43	2	118.990,00	10.233,14
Zapatos de seguridad	48	1	40.900,00	1.963,20
Casco	9	2	6.846,00	123,23
Protectores auditivos	21	1	27.652,00	580,69
Protectores faciales	21	1	8.227,00	172,77
Protección respiratoria	15	1	26.625,00	399,38
Guantes	9	2	7.103,00	127,85
TOTAL				13.600,26

A.3.3. Seguro de equipos y construcciones

Para el cálculo del seguro de los equipos y construcciones, se estima que este valor representa el 18,00 % del costo anual de los rubros I y II del presupuesto de inversión.

Tabla 14.17. Costos: seguro de equipos y construcciones

Concepto	Inversión [miles de \$]	Costo anual [miles de \$]
Rubro I	947.374,70	170.527,45
Rubro II	94.959,76	17.092,76
TOTAL		187.620,20

A.3.4. Gastos de envase, embalaje y rotulación

La comercialización de bolsas de pellets de PP no requiere de muchos gastos de envase, embalaje y rotulación; de hecho, solo se considera en este ítem el gasto de las bolsas de PEBD (con la rotulación correspondiente a la establecida en la unidad N° 1) que se emplean para almacenar los pellets y el film stretch que se utiliza para embalar los pallets.

Tabla 14.18. Costos de envase, embalaje y rotulación

Concepto	Cantidad por turno	Costo unitario [\$]	Costo por turno [\$]	Costo diario [miles de \$]	Costo mensual [miles de \$]	Costo anual [miles de \$]
Bolsa plástica 25 kg (PEBD)	310	1.200,00	372.000,00	1.116,00	33.480,00	401.760,00
Film Stretch	1	17.000,00	17.000,00	51.000,00	1.530,00	18.360,00
TOTAL				52.116,00	35.010,00	420.120,00

A.3.5. Gastos de combustible

El único gasto de combustible atribuible es el gas natural, el cual se utiliza para calefaccionar las oficinas durante los días de invierno. En la siguiente tabla se determina el costo mensual y anual del mismo considerando 5 meses para la determinación de este gasto.

Tabla 14.19. Costo de combustible

Concepto	Consumo diario [m3]	Costo unitario [\$]	Costo diario [\$]	Costo mensual [\$]	Costo anual [miles de \$]
Gas natural	160,63	20,13	3.233,48	97.004,46	485,02
TOTAL			3.233,48	97.004,46	485,02

A.3.6. Gastos de mantenimiento

Este costo incluye los sueldos de los operarios de mantenimiento, incluyendo las cargas sociales; los costos de las revisiones periódicas, el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, de las instalaciones y del inmueble.

El mantenimiento de los equipos y accesorios corresponde a un 4,00 % anual del costo de su adquisición, mientras que el costo del mantenimiento del inmueble se considera que un 2,00 % del costo de la adquisición de los edificios e instalaciones.

Tabla 14.20. Gastos de mantenimiento

Concepto	Inversión [miles de \$]	Costo anual [miles de \$]
Edificios	753.478,52	15.069,57
Equipos y accesorios	94.959,76	3.798,39
Instalaciones eléctricas y cañerías	19.503,06	390,06
TOTAL		19.258,02

A.3.7. Agua

Para la determinación del costo del agua potable consumida se tienen en cuenta los cálculos realizados en la unidad N° 11 y el ente que la provee. El costo de agua de pozo no se tiene en cuenta debido a que el Parque Industrial Campana emplea una parte de lo destinado a la compra del terreno, a realizar las perforaciones de donde se debe obtener dicho servicio.

Tabla 14.21. Costo de agua

Concepto	Consumo diario [m³]	Costo unitario [\$]	Costo diario [\$]	Costo anual [miles de \$]
Agua potable	2,23	80,60	179,74	64,71
TOTAL			179,74	64,71

A.4. Servicios de fábrica

A.4.1. Mano de obra indirecta (MOI)

La MOI se refiere a los trabajadores que no están directamente involucrados en la producción de bienes y servicios, pero que son necesarios para mantener la operación de una empresa. Entre ellos se encuentran personal de mantenimiento, jefes, personal de laboratorio, etc.

Para la determinación de los costos de la MOI se tiene en cuenta la escala salarial correspondiente al convenio colectivo de trabajo N° 790/21. Además, se considera un 35,00 % más correspondiente a las cargas sociales.

Tabla 14.22. Costo Mano de Obra Indirecta

Concepto	Cantidad	Sueldo básico [\$]	Costo mensual [miles de \$]	Costo anual [miles de \$]
Gerente de producción	1	1.495.000,00	1.495,00	17.940,00
Jefe de producción	1	957.500,00	957,50	11.490,00
Jefe de calidad	1	957.500,00	957,50	11.490,00
Supervisor de producción	3	625.000,00	1.875,00	22.500,00

Concepto	Cantidad	Sueldo básico [\$]	Costo mensual [miles de \$]	Costo anual [miles de \$]
Supervisor de mantenimiento	3	625.000,00	1.875,00	22.500,00
Supervisor de almacén	2	625.000,00	1.250,00	15.000,00
Personal de calidad	6	524.268,12	3.145,61	37.747,30
Personal de mantenimiento	12	524.268,12	6.291,22	75.494,61
Personal de almacén	4	524.268,12	2.097,07	25.164,87
Cargas sociales	-	-	6.980,36	83.764,37
TOTAL			26.924,26	323.091,16

A.4.2. Gastos operativos de servicios

Los gastos operativos de servicios corresponden al personal tercerizado, se considera que son el 58,00 % del costo de la mano de obra indirecta. En la siguiente tabla se muestra el costo total referido a este rubro.

Tabla 14.23. Gastos operativos de servicios

Concepto	Costo mensual [miles de \$]	Costo anual [miles de \$]
Gastos operativos de servicios	15.616,07	187.392,87
TOTAL	15.616,07	187.392,87

A.5. Depreciación y amortización

Tal como se mencionó con anterioridad, la depreciación se aplica para los bienes fijos y la amortización para los bienes diferidos. Para determinar este costo se tiene en cuenta el valor total de este concepto correspondiente al primer año.

Tabla 14.24. Costo de depreciación y amortización

Concepto	Costo mensual [miles de \$]	Costo anual [miles de \$]
Depreciación y amortizaciones	3.598,40	43.180,78
TOTAL	3.598,40	43.180,78

A.6. Costos totales de producción

A continuación, se detalla el costo total de producción en base a lo calculado con anterioridad.

Tabla 14.25. Costos totales de producción

Concepto	Costo mensual [miles de \$]	Costo anual [miles de \$]
Materia prima	609.877,88	7.318.534,56
Mano de Obra Directa	27.602,72	331.232,60
Gastos de fabricación	62.699,02	420.231,11
Servicios de fábrica	42.540,34	510.484,03
Depreciación y amortización	3.598,40	43.180,78
TOTAL	746.318,35	8.623.663,08

B. COSTOS DE ADMINISTRACIÓN

Está comprendido por todos los gastos con que cuenta la administración.

B.1. Personal de administración

Los sueldos de los empleados de administración son establecidos a partir de la escala salarial correspondiente al convenio colectivo de trabajo N° 790/21, teniendo en cuenta un 35,00 % de incremento debido a las cargas sociales.

Tabla 14.26. Costos de personal administrativo

Concepto	Cantidad	Sueldo básico [\$]	Costo mensual [miles de \$]	Costo anual [miles de \$]
Gerente general	1	1.521.685,00	1.521,69	18.260,22
Gerente de administración y comercialización	1	1.495.000,00	1.495,00	17.940,00
Jefe de RR.HH.	1	957.500,00	957,50	11.490,00
Jefe de finanzas	1	957.500,00	957,50	11.490,00
Jefe de marketing	1	957.500,00	957,50	11.490,00
Jefe de logística	1	957.500,00	957,50	11.490,00
Personal de RR.HH.	1	595.022,04	595,02	7.140,26
Personal de ventas	2	595.022,04	595,02	14.280,53
Personal de publicidad	1	595.022,04	595,02	7.140,26
Personal de compras	2	595.022,04	595,02	14.280,53
Personal de contabilidad	2	595.022,04	595,02	14.280,53
Personal de tesorería	1	595.022,04	595,02	7.140,26
Personal de logística	2	595.022,04	595,02	14.280,53
Cargas sociales	-	-	3.854,14	46.249,72
TOTAL			14.865,98	128.409,94

B.2. Gastos varios de administración

En la tabla 14.27 se detallan los gastos varios de administración, los cuales incluyen los gastos de oficina y de la depreciación de muebles y útiles. Este último representa un 10,00 % del rubro IV del presupuesto de inversión.

Tabla 14.27. Gastos varios de administración

Concepto	% anual	Costo anual [miles de \$]
Depreciación equipos de oficina	10,00	2.612,58
Gastos de oficina	-	576,00
TOTAL		3.188,58

B.3. Costos totales de administración

En la siguiente tabla se detalla el costo total de administración.

Tabla 14.28. Costos totales de administración

Concepto	Costo anual [miles de \$]
Personal administrativo	128.409,94
Gastos varios de administración	3.188,58
TOTAL	131.598,52

C. COSTOS DE VENTA

Los costos de ventas son aquellos requeridos para la comercialización del producto, de manera que incluyen tanto los costos publicitarios como los logísticos de la distribución del producto. En el caso de los PellcomP que tiene como clientes a otras empresas que a su vez elaboran productos para el consumidor final, no requiere de publicidad en los medios, solo va a contar con una página web y el encargado del área de publicidad se contactará con los clientes vía mail.

Tabla 14.29. Costos de venta: logística

Concepto	Costo anual [miles de \$]
Logística	421,00
TOTAL	421,00

D. COSTO TOTAL OPERATIVO (CTO)

El costo operativo total o costo total operativo (CTO) se calcula en base a los costos determinados anteriormente. En la tabla 14.30 se detalla dicho costo:

Tabla 14.30. Costo total operativo (CTO)

Concepto	Costo anual [miles de \$]
Costos de producción	8.623.663,08
Costos de administración	131.598,52
Costos de ventas	421,00
TOTAL	8.755.682,60

PRECIO DE VENTA

A. COSTO UNITARIO (CU)

El costo unitario (CU) es el valor promedio que cuesta producir una unidad, considerando un determinado volumen de producción. Es un valor que permite determinar a partir de cuándo se comienza a obtener ganancias, ayudando a colocarle un precio a los productos. Se calcula de la siguiente manera:

$$CU = \frac{CTO}{Producción\ anual} \quad (\text{Ec. 14.3})$$

donde se considera que CU es el costo unitario en \$, CTO es el costo total operativo en \$ y la producción anual es 6.811.500,00 kg/a con los que se pueden fabricar 272.460 bolsas/a, determinado en la unidad N° 8.

$$CU = \frac{8.755.682.600,00\ \$/a}{272.460\ bolsas/a}$$

$$CU = 32.135,66\ \$/bolsa$$

A partir de este valor, se calcula el precio de venta (PV) en \$, teniendo en cuenta un 20,00 % de ganancia. Por lo tanto, el PV es:

$$PV = (1 + \% \text{ de ganancia}) * CU \quad (\text{Ec. 14.4})$$

$$PV = (1 + 0,20) * 32.135,66\ \$/bolsa$$

$$PV = 38.562,79\ \$/bolsa$$

B. DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

El análisis del punto de equilibrio busca estudiar la relación que existe entre los ingresos, los costos fijos y los costos variables. Q es el nivel de producción donde la suma de los costos fijos y variables coinciden exactamente con los ingresos de ventas. Su principal objetivo es calcular el punto mínimo de producción que se debe alcanzar para no sufrir pérdidas económicas, en otras palabras, se calcula la cantidad de bolsas de PP que deben venderse para comenzar a tener ganancias en la empresa.

Existen dos métodos para calcular Q: de forma analítica a partir de la siguiente ecuación matemática o de forma gráfica.

$$Q = \frac{CF}{PV - CVU} \quad (\text{Ec. 14.5})$$

En donde:

- Q: Cantidad de bolsas
- CF: Costos fijos (\$)
- PV: Precio de venta (\$)
- CVU: Costo variable unitario (\$/bolsa)
- PA: Producción anual (bolsas)

Cabe aclarar que los costos fijos (CF) son aquellos cuyo monto permanece constante, sin importar el nivel de producción o ventas; mientras que los costos variables se modifican de manera proporcional a los volúmenes de producción. En las tablas 14.32 y 14.33, se detallan los CF y los costos variables.

Tabla 14.31. Costos fijos

Concepto	Costo anual [miles de \$]
MOD	331.232,60
Equipos para el personal	13.600,26
Seguros de equipos y construcciones	187.620,20
Gastos de combustible	485,02
Gastos de mantenimiento	19.258,02
Servicios de fábrica	510.484,03
Depreciación y amortización	43.180,78
Costos de administración	131.598,52
Costo de venta	421,00
TOTAL	1.237.880,44

Tabla 14.32. Costos variables

Concepto	Costo anual [miles de \$]
Materia prima	7.318.534,56
Envasado y embalaje	420.120,00
Agua	64,71
Energía eléctrica	110.561,03
TOTAL	7.849.280,30

En resumen, los datos que se emplean para el cálculo de Q son los siguientes:

Tabla 14.33. Costos e ingresos anuales

Concepto	Valor anual [miles de \$]
Ingresos totales	10.051.133,86
Costos fijos totales	1.237.880,44
Costos variables totales	7.849.280,30
Costos totales	9.087.160,74

Para calcular el valor de los costos variables unitarios (CVU), se efectúa el cociente entre los CV y la producción anual (PA).

$$CVU = \frac{CV}{PA} \quad (\text{Ec. 14.6})$$

$$CVU = \frac{\$ 7.849.280.300,00}{272.460 \text{ bolsas}}$$

$$CVU = 28.808,92 \text{ \$/bolsa}$$

Utilizando la ecuación del punto de equilibrio (Ec. 14.5) se obtiene:

$$Q = \frac{CF}{PV - CVU}$$

$$Q = \frac{\$ 1.237.880.440,00}{(38.562,79 - 28.808,92) \frac{\$}{bolsa}}$$

$$Q = 126.912 \text{ bolsas}$$

La interpretación de este resultado demuestra que si se venden 126.912 bolsas se cubren todos los costos (variables y fijos) de fabricación del producto. A partir de la bolsa 126.913 que se vende se comienzan a obtener ganancias.

Para llegar a esta conclusión a través del método de determinación del PE gráfico, se necesita realizar una tabla que cuente con los datos de ingresos totales, costos variables, costos fijos y costos totales para diversos volúmenes de producción, tal como se muestra a continuación en la tabla 14.35.

Tabla 14.34. Producción, ingreso y costos para la determinación del PE

Producción [bolsas]	Ingreso [miles de \$]	Costo fijo [miles de \$]	Costo variable [miles de \$]	Costo total [miles de \$]
0,00	0,00	1.237.880,44	0,00	1.237.880,44
25.000,00	964.069,75	1.237.880,44	720.223,00	1.958.103,44
50.000,00	1.928.139,50	1.237.880,44	1.440.446,00	2.678.326,44
75.000,00	2.892.209,25	1.237.880,44	2.160.669,00	3.398.549,44

Producción [bolsas]	Ingreso [miles de \$]	Costo fijo [miles de \$]	Costo variable [miles de \$]	Costo total [miles de \$]
100.000,00	3.856.279,00	1.237.880,44	2.880.892,00	4.118.772,44
125.000,00	4.820.348,75	1.237.880,44	3.601.115,00	4.838.995,44
150.000,00	5.784.418,50	1.237.880,44	4.321.338,00	5.559.218,44
175.000,00	6.748.488,25	1.237.880,44	5.041.561,00	6.279.441,44
200.000,00	7.712.558,00	1.237.880,44	5.761.784,00	6.999.664,44
225.000,00	8.676.627,75	1.237.880,44	6.482.007,00	7.719.887,44
250.000,00	9.640.697,50	1.237.880,44	7.202.230,00	8.440.110,44
275.000,00	10.604.767,25	1.237.880,44	7.922.453,00	9.160.333,44
300.000,00	11.568.837,00	1.237.880,44	8.642.676,00	9.880.556,44
325.000,00	12.532.906,75	1.237.880,44	9.362.899,00	10.600.779,44
350.000,00	13.496.976,50	1.237.880,44	10.083.122,00	11.321.002,44
375.000,00	14.461.046,25	1.237.880,44	10.803.345,00	12.041.225,44
400.000,00	15.425.116,00	1.237.880,44	11.523.568,00	12.761.448,44

A partir de estos datos es posible obtener la gráfica que los representa.

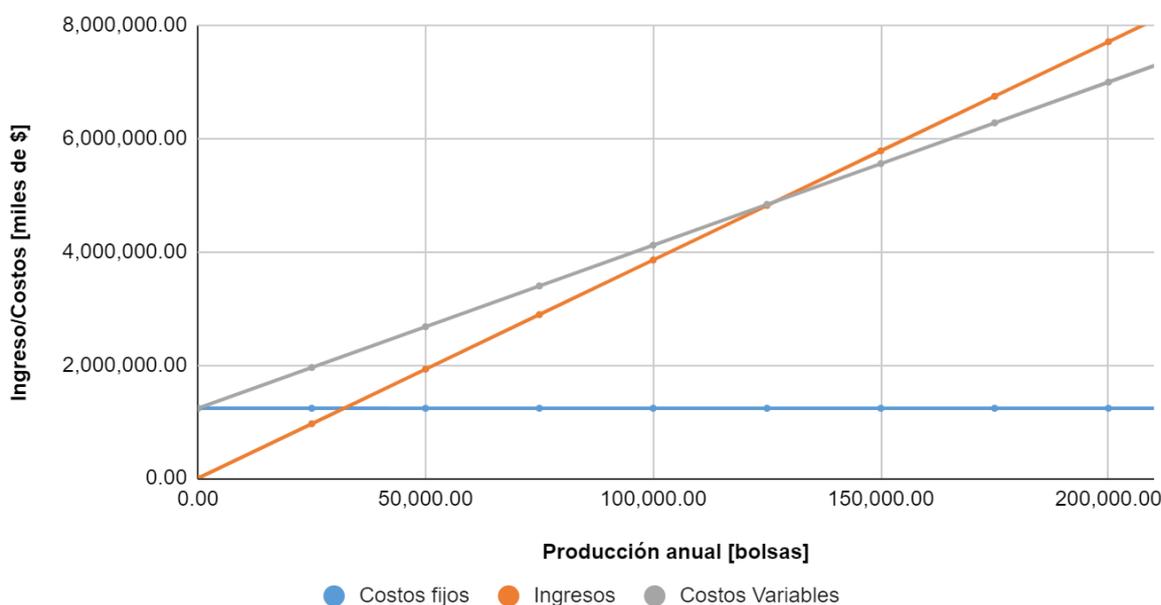


Figura 14.1. Punto de equilibrio.

RENTABILIDAD DEL PROYECTO

La rentabilidad (R) del proyecto se calcula teniendo en cuenta un volumen de producción constante, en un período anual y considerando que la planta opera al 100,00 % de su capacidad productiva.

$$R = \frac{\text{Beneficio anual}}{\text{Capital propio}} * 100 \quad (\text{Ec. 14.7})$$

A. BENEFICIO ANUAL (BA)

El beneficio anual se define como la diferencia entre el precio de venta y el costo unitario, por la cantidad anual producida, es decir, representa la ganancia anual generada.

$$BA = (PV - CU) * producción\ anual \quad (\text{Ec. 14.8})$$

$$BA = (38.562,79 \$/bolsa - 32.135,66 \$/bolsa) \frac{bolsa}{25,00\ kg} * 6.811.500,00\ kg/a$$

$$BA = \$ 1.751.135.839,80$$

B. CAPITAL PROPIO (CAP)

Por otra parte, se calcula el Capital Propio (CaP), el cual se expresa como la diferencia entre el capital total y el capital de crédito.

$$CaP = Capital\ total - Capital\ de\ crédito \quad (\text{Ec. 14.9})$$

Donde:

$$Capital\ total = Capital\ de\ inversión + Capital\ de\ trabajo \quad (\text{Ec. 14.10})$$

Por un lado, el capital de inversión hace referencia al total de las inversiones menos el 5,00 % de protección, mientras que el capital de trabajo que es la inversión adicional líquida que se debe aportar para que la empresa empiece a elaborar el producto, se define como:

$$Capital\ de\ trabajo = AC - PC \quad (\text{Ec. 14.11})$$

Dónde:

- AC = Activo circulante, que son los bienes y derechos líquidos que tiene una empresa, más los bienes y derechos que pueden convertirse en líquidos en un periodo de tiempo inferior a un año.
- PC = Pasivo circulante, que abarca aquellas obligaciones que son exigibles a corto plazo

La determinación del AC se realiza a través de la siguiente ecuación:

$$AC = (V + I) + In + (C * C) \quad (\text{Ec. 14.12})$$

Donde:

- V= valores
- I = inversiones
- In = inventario
- CxC = cuentas por cobrar.

Para obtener (V+I) se consideran 45 d de gastos de ventas y de administración, obteniendo un valor de \$ 16.502.440,16. Para establecer In, se contempla los costos de almacenamiento de la materia prima en 45 d de producción, teniendo un valor de \$ 914.817.320,00. Para calcular CxC, se considera el crédito que se extiende a los compradores para cubrir las ventas, cuando la empresa inicia sus operaciones. Para el mismo, se estima un período de 30 d y el monto es \$ 729.640.217,00. Reemplazando en la ecuación anterior, se obtiene:

$$AC = \$ 16.502.490,16 + \$ 914.817.320,00 + \$ 729.640.217,00$$

$$AC = \$ 1.660.960.027,16$$

Para el cálculo de PC, que comprende los sueldos del personal, impuestos, proveedores de materias primas, y servicios; se considera una relación de 2,50 entre el AC y el PC, ya que estadísticamente las empresas mejor administradas presentan en promedio este valor. Por lo tanto:

$$\frac{AC}{PC} = 2,50$$

$$PC = \$ 664.384.010,86$$

Reemplazando en la ecuación de capital de trabajo se obtiene:

$$Capital\ de\ trabajo = \$ 1.660.960.027,16 - \$ 664.384.010,86$$

$$Capital\ de\ trabajo = \$ 996.576.016,30$$

De manera que, el capital total es:

$$Capital\ total = \$ 1.188.095.710,00 + \$ 996.576.016,30$$

$$Capital\ total = \$ 2.184.671.726,30$$

El capital de crédito representa un 30,00 % del total de las inversiones, obteniendo un valor de \$374.250.147,96. De esta manera, el CaP adopta un valor de:

$$CaP = \$ 2.184.671.726,30 - \$ 374.250.147,96$$

$$CaP = \$ 1.810.421.578,34$$

Finalmente, con la ecuación citada al inicio de este inciso se procede a calcular R:

$$R = \frac{\$ 1.751.135.839,80}{\$ 1.810.421.578,34} * 100$$

$$R = 96,72 \%$$

DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE RESULTADO PRO-FORMA Y TMAR

El estado de resultado pro-forma o proyectado es la base para calcular los flujos netos de efectivo (FNE) con los cuales se realiza la evaluación económica. El objetivo del estudio del estado de resultados o de ganancias y pérdidas, es determinar la utilidad neta y las ganancias reales de las operaciones en la planta.

Se presentan tres estados de resultados a producción constante comprendidos en un periodo de 5 a, que se calculan con la diferencia entre los ingresos y los costos e impuestos que se deben pagar.

Por otra parte, la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) es la rentabilidad mínima que un inversionista espera obtener de una inversión, teniendo en cuenta los riesgos de la inversión y el costo de oportunidad de ejecutarla.

A. ESTADO DE RESULTADO SIN INFLACIÓN Y SIN FINANCIAMIENTO, A PRODUCCIÓN CONSTANTE

Para este apartado, se consideran las cifras básicas en el período cero, es decir, antes de realizar la inversión. El FNE se repite año tras año, debido a los siguientes supuestos: producción constante e inflación inexistente.

En la siguiente tabla se muestra el FNE, considerando que los impuestos anuales representan un 35,00 % de las utilidades.

Tabla 14.35. Estado de resultado sin inflación y sin financiamiento, a producción constante

Concepto		Costo anual [miles de \$]
(+)	Ingresos (I)	10.506.817,76
(-)	Costos de producción (CP)	8.623.663,08
(-)	Costos de administración (CA)	131.598,52
(-)	Costos de ventas (CV)	421,00
(=)	Utilidad antes del impuesto (UAI)	1.751.135,16
(-)	Impuestos (35,00%)	612.897,31
(=)	Utilidad después del impuesto (UDI)	1.138.237,85
(+)	Depreciación y amortización (D y A)	43.180,78
(=)	Flujo Neto de Efectivo (FNE)	1.181.418,64

A continuación, se calcula la TMAR que tiene en cuenta dos factores: compensar la inflación y contemplar un premio por arriesgar el dinero en la inversión.

Para este punto, como se trata de una inversión de alto riesgo y no se considera la inflación, se estima un valor de TMAR del 15,00 %.

$$TMAR = 15,00 \%$$

B. ESTADO DE RESULTADO CON INFLACIÓN Y SIN FINANCIAMIENTO, A PRODUCCIÓN CONSTANTE

En este estado de resultado, se estima una inflación anual del 148,30 % contemplando el periodo comprendido entre febrero de 2023 a febrero de 2024²³. Los costos, las ganancias y los FNE son afectados por la inflación considerada.

Para el cálculo se debe considerar que las cifras investigadas sobre costos e ingresos están determinadas en el periodo cero, es decir, antes de realizar la inversión.

Tabla 14.36. Estado de resultado con inflación y sin financiamiento, a producción constante

Concepto	Monto [miles de \$]					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(+) I	10.506.817,76	26.088.428,51	64.777.567,98	160.842.701,30	399.372.427,32	991.641.737,05
(-) CP	8.623.663,08	21.412.555,44	53.167.375,15	132.014.592,49	327.792.233,14	813.908.114,89
(-) CA	131.598,52	326.759,13	811.342,92	2.014.564,46	5.002.163,55	12.420.372,10
(-) CV	421,00	1.045,34	2.595,59	6.444,84	16.002,54	39.734,31
(=) UIA	1.751.135,16	4.348.068,60	10.796.254,33	26.807.099,51	66.562.028,09	165.273.515,74
(-) Imp. (35,00 %)	612.897,31	1.521.824,01	3.778.689,02	9.382.484,83	23.296.709,83	57.845.730,51
(=) UDI	1.138.237,85	2.826.244,59	7.017.565,32	17.424.614,68	43.265.318,26	107.427.785,23
(+) D y A	43.180,78	107.217,88	266.222,01	661.029,24	1.641.335,60	4.075.436,30
(=) FNE	1.181.418,64	2.933.462,47	7.283.787,32	18.085.643,92	44.906.653,86	111.503.221,53

Para el cálculo de la $TMAR_f$ se emplea la siguiente ecuación:

$$TMAR_f = i + f + (f * i)$$

en donde i es el premio al riesgo que fue anteriormente definido en 15,00 %, y f es la inflación anual estimada (148,30 %), por lo que se obtiene:

$$TMAR_f = 0,15 + 1,483 + (1,483 * 0,15)$$

$$TMAR_f = 1,855 = 185,50 \%$$

²³ (2024). INDEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Índice de precios al consumidor (IPC): Febrero de 2024. https://www.indec.gov.ar/uploads/informesdeprensa/ipc_03_24BF7A335103.pdf

C. ESTADO DE RESULTADO CON INFLACIÓN Y CON FINANCIAMIENTO, A PRODUCCIÓN CONSTANTE

El presente estado de resultado considera el financiamiento solicitado a la entidad bancaria, y la inflación del 148,30 %.

Tabla 14.37. Estado de resultado con inflación y con financiamiento, a producción constante

Concepto	Monto [miles de \$]					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(+) I	10.506.817,76	26.088.428,51	64.777.567,98	160.842.701,30	399.372.427,32	991.641.737,05
(-) CP	8.623.663,08	21.412.555,44	53.167.375,15	132.014.592,49	327.792.233,14	813.908.114,89
(-) CA	131.598,52	326.759,13	811.342,92	2.014.564,46	5.002.163,55	12.420.372,10
(-) CV	421,00	1.045,34	2.595,59	6.444,84	16.002,54	39.734,31
(=) UIA	1.751.135,16	4.348.068,60	10.796.254,33	26.807.099,51	66.562.028,09	165.273.515,74
(-) Imp. (35,00 %)	612.897,31	1.521.824,01	3.778.689,02	9.382.484,83	23.296.709,83	57.845.730,51
(=) UDI	1.138.237,85	2.826.244,59	7.017.565,32	17.424.614,68	43.265.318,26	107.427.785,23
(+) D y A	43.180,78	107.217,88	266.222,01	661.029,24	1.641.335,60	4.075.436,30
(-) Pago de capital	0,00	24.099,97	38.318,95	60.927,14	96.874,15	154.029,94
(=) FNE	1.181.418,64	2.909.362,50	7.245.468,37	18.024.716,78	44.809.779,71	111.349.191,59

A continuación, se calcula la tasa mínima aceptable de rendimiento mixta ($TMAR_M$), debido a que se tiene que considerar el porcentaje de aportación de cada inversionista y la $TMAR$ exigida por cada uno. En este caso, se tiene en cuenta el capital aportado por la entidad bancaria que representa un 30,00 % de la inversión total, mientras que el 70,00 % restante, es aportado por inversionistas privados.

$$TMAR_M = TMAR_f * 0,70 + TMAR_{banco} * 0,30$$

$$TMAR_M = 1,855 * 0,70 + 0,59 * 0,30$$

$$TMAR_M = 1,475 = 147,50 \%$$

CONCLUSIONES

Al finalizar el análisis y cálculo de las diferentes variables del estudio económico, se concluye que la inversión total para el proyecto es de \$ 1.247.500.490,00 donde el 30,00 % será financiado a través de un crédito bancario con una tasa de interés del 59,00 % a pagar en un periodo de 5 a.

Además, el costo total operativo anual dio como resultado un valor de \$ 8.755.682.600,00 y un precio de venta de \$ 38.562,79/bolsa estableciendo un 20,00

% de ganancia. Considerando el beneficio anual y el capital propio, la rentabilidad es de 96,72 %.

Por último, la evaluación de los estados de resultados en los tres escenarios, a producción constante, fue la siguiente:

- TMAR sin inflación y sin financiamiento: 15,00 %
- TMAR con inflación y sin financiamiento: 185,50 %
- TMAR con inflación y con financiamiento: 147,50 %

Rubro	Concepto	Inversión [miles de \$]
AF		
I	Terrenos y edificios	947.374,70
II	Equipos y accesorios	94.959,76
III	Instalaciones eléctricas y de cañerías	19.503,06
IV	Equipamiento de oficinas, muebles y útiles	26.125,76
V	Rodados	40.391,11
TOTAL AF		1.128.354,40
AD		
VI	Planeamiento de la inversión	33.850,63
VII	Ingeniería del proyecto	3.323,59
VIII	Supervisión	16.925,32
IX	Administración del proyecto	5.641,77
TOTAL AD		59.741,31
Subtotal Inversión (AF + AD)		1.188.095,71
5,00 %		59.404,79
INVERSIÓN TOTAL		1.247.500,49

UTN FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO Especialidad Ingeniería Química		PROYECTO: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO	
Realizó	Ontivero, Julieta – Toranzo, Virginia – Viola, Sofía		
Firma		Lámina N° 13	
Controló			Fecha
Escala	- TABLA DE INVERSIONES TOTALES		

Actividades	Tiempo de ejecución [meses]												Inversión [miles de \$]	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Administración del proyecto	■	■												5.641,77
Supervisión		■												16.925,32
Planeamiento de la inversión			■											33.850,63
Compra del terreno				■										193.896,18
Construcción edilicia				■	■	■	■	■						753.478,53
Compra de equipos y accesorios								■	■	■				94.959,76
Instalaciones eléctricas y cañerías										■	■			19.503,06
Compra de mobiliario y rodados											■			66.516,87
Ingeniería del proyecto				■	■	■	■	■	■	■	■	■		3.323,59
TOTAL														1.188.095,71

UTN FACULTAD REGIONAL SAN FRANCISCO Especialidad Ingeniería Química		PROYECTO: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PELLETS DE POLIPROPILENO
Realizó	Ontivero, Julieta – Toranzo, Virginia – Viola, Sofía	
Firma		
Controló		Fecha
Escala	-	Lámina N°
	PLANILLA DE INVERSIONES	14

UNIDAD Nº 15

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

INTRODUCCIÓN

VALOR ACTUAL NETO

TASA INTERNA DE RETORNO

PRECIO MÍNIMO

FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

La realización de un análisis económico y financiero de un proyecto es fundamental para poder evaluar distintos aspectos vinculados con el mismo y su evolución. Además, busca generar capacidades locales y ayudar a minimizar la exposición a los riesgos de desarrollo que pueden llegar a tener. Es fundamental conocer la evolución económica de un proyecto, sus necesidades de fondeo a lo largo de su implementación y los resultados potenciales y reales que garanticen su sustentabilidad en el tiempo.

En conjunto, el análisis económico y financiero permite conocer la viabilidad concreta del proyecto a lo largo de las distintas etapas y su sustentabilidad real en el mediano y largo plazo. Por ello es que, a lo largo de esta unidad, se calculará el valor actual neto (VAN) y de la tasa interna de rendimiento (TIR) en un periodo de 5 a, para estudiar la factibilidad del proyecto.

VALOR ACTUAL NETO

El valor actual neto muestra la relación entre la inversión inicial y el valor actual de los flujos que genera un proyecto empresarial o inversión en el futuro. Se obtiene de la diferencia entre la inversión inicial y la suma de los flujos netos efectivos (FNE). Este método permite conocer entonces, el valor de dinero actual que va a recibir el proyecto en el futuro, a una tasa de interés y un periodo determinado, a fin de comparar este valor con la inversión inicial y determinar la viabilidad y factibilidad de llevar a cabo el proyecto.

A partir de este valor, se consideran 3 escenarios posibles que determinarán si el proyecto es rentable o no. Estos son:

- VAN > 0: El proyecto genera ganancias.
- VAN = 0: El proyecto no genera ganancias ni pérdidas.
- VAN < 0: El proyecto genera pérdidas.

Para aceptar el proyecto, los ingresos deben ser mayores a los desembolsos, por lo que, el VAN debe ser mayor a cero. La fórmula para calcular este indicador es la siguiente:

$$VAN = -P + \sum_{n=1}^5 \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad (\text{Ec. 15.1})$$

$$VAN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5 + VS}{(1+i)^5}$$

Donde: P es la inversión inicial en \$, FNE los flujos netos de efectivo de cada año en \$, i es la tasa de interés y VS es el valor de salvamento en \$.

A. CÁLCULOS

Para el cálculo se consideran los tres estados de resultados planteados en la unidad N° 14, y se utiliza la TMAR obtenida en cada uno de ellos.

A.1. Estado de resultados sin inflación y sin financiamiento, a producción constante

A partir de la Ec. 15.1, y los valores que se encuentran en la siguiente tabla, se calcula el VAN en el escenario determinado con anterioridad, para conocer la viabilidad del proyecto.

Tabla 15.1. Variables implicadas en el primer estado de resultados para el cálculo del VAN

Variable	Valor	Unidad
P	1.247.500.493,21	\$
FNE	1.181.418.636,23	\$
VS ₁	778.295.618,62	\$
TMAR ₁	0,15	-

Con los datos presentados anteriormente, se obtiene el VAN de \$ 3.099.748.485,88. Se concluye que, en el primer escenario, el proyecto es viable y genera ganancias.

El diagrama de flujo para la evaluación económica es el siguiente:

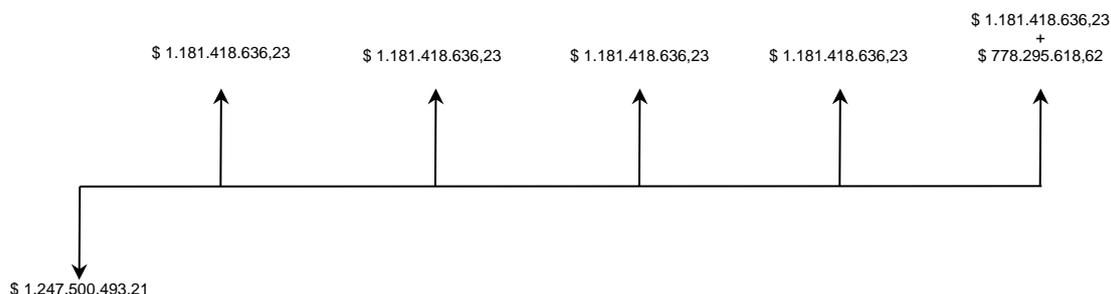


Figura 15.1. Diagrama de flujo Escenario 1.

A.2. Estado de resultados con inflación y sin financiamiento, a producción constante

Para el presente escenario se calcula el valor del VAN teniendo en cuenta las variables de la tabla 15.2. En este escenario, se considera la inflación, y por lo tanto los valores de los FNE y el VS se encuentran afectados por la misma. El VS₂ respecto a este escenario se calcula de la siguiente manera:

$$VS_2 = VS_1 * (1 + f)^n$$

Donde f es la inflación anual (148,30 %) y n el número de períodos considerados (5 a).

$$VS_2 = \$ 778.295.618,62 * (1 + 1,483)^5$$

$$VS_2 = \$ 73.456.153.572,23$$

Tabla 15.2. Variables implicadas en el segundo estado de resultados para el cálculo de VAN

Variable	Valor	Unidad
P	1.247.500.493,21	\$
FNE ₁	2.933.462.473,76	\$
FNE ₂	7.283.787.322,36	\$
FNE ₃	18.085.643.921,41	\$
FNE ₄	44.906.653.856,87	\$
FNE ₅	111.503.221.526,60	\$
VS ₂	73.456.153.572,23	\$
TMAR ₂	1,855	-

En este escenario que considera la inflación anual desde marzo 2023 a marzo 2024, el valor del VAN es de \$ 3.101.753.483,37. El diagrama de flujo para este caso es:

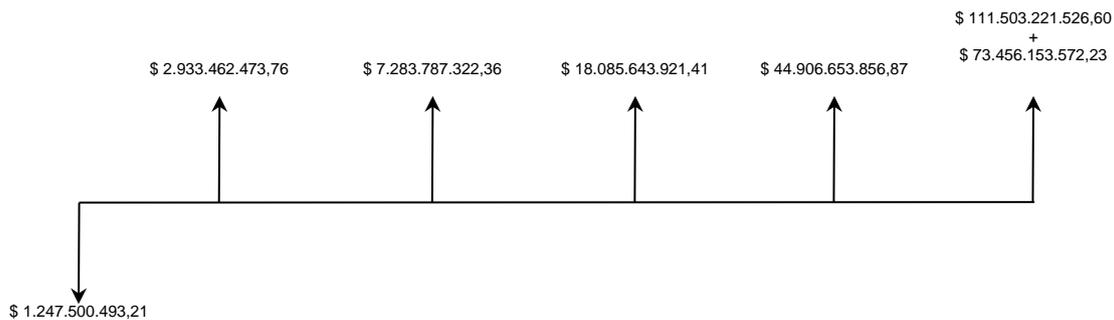


Figura 15.2. Diagrama de flujo Escenario 2.

A.3. Estado de resultados con inflación y con financiamiento, a producción constante

En el último escenario, se considera además de la inflación, el financiamiento bancario determinado en la unidad N° 14, con su respectiva tasa de interés, por lo que se ve modificada la inversión inicial. De manera que la inversión inicial real para este escenario, se obtiene de la diferencia entre el total de inversión y el valor financiado:

$$P = \$ 1.247.500.493,21 - \$ 374.250.147,96$$

$$P = \$ 873.250.345,25$$

Cabe aclarar que el valor de salvamento para este caso (VS_3) es igual que para el escenario N° 2.

Tabla 15.3. Variables implicadas en el tercer estado de resultados para el cálculo del VAN

Variable	Valor	Unidad
P	873.250.345,25	\$
FNE ₁	2.909.362.502,26	\$
FNE ₂	7.245.468.367,67	\$
FNE ₃	18.024.716.783,46	\$
FNE ₄	44.809.779.707,53	\$
FNE ₅	111.349.191.586,60	\$
VS ₃	73.456.153.572,23	\$
TMAR ₃	1,475	-

Para este último escenario, el valor del VAN es \$ 5.858.075.082,66; siendo el diagrama de flujo el siguiente:

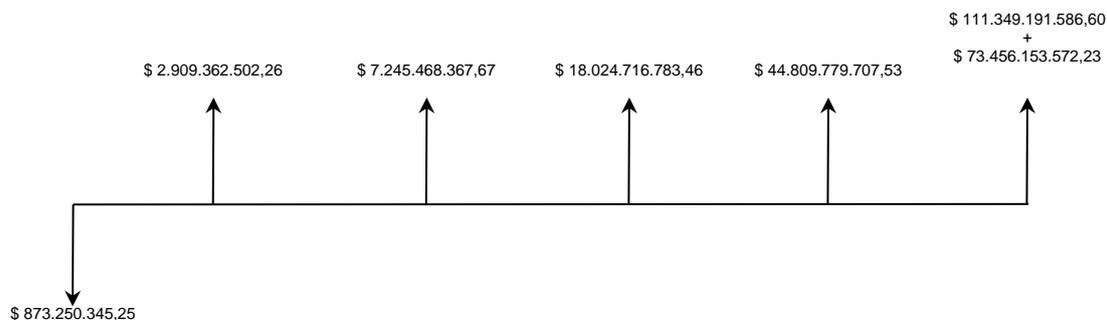


Figura 15.3. Diagrama de flujo Escenario 3.

TASA INTERNA DE RENDIMIENTO

La tasa interna de rendimiento (TIR) es una tasa de descuento dentro de la empresa a través de la reinversión, es decir, supone que las ganancias generadas son reinvertidas en su totalidad, en cada periodo.

Este índice, es donde el VAN se iguala a cero. La incógnita es la variable i , la cual se determina iterando, hasta que se cumpla que la suma de los flujos descontados sea igual a la inversión inicial. Para poder realizar el cálculo, se iguala el VAN a cero y por medio de tanteos se calcula la tasa i , a partir de la siguiente ecuación:

$$0 = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5 + VS}{(1+i)^5} \quad (\text{Ec. 15.2})$$

El criterio de aceptación que emplea el método de la TIR consiste en que, si esta es mayor que la TMAR, se acepta la inversión; es decir, si el rendimiento de la empresa es mayor que el mínimo fijado como aceptable, la inversión es económicamente rentable. En caso de que la TIR sea igual a la TMAR, también se puede aceptar ya que la rentabilidad es igual a la mínima requerida; pero si la TIR es menor a la TMAR el proyecto se rechaza, ya que la rentabilidad es menor a la mínima requerida.

A. CÁLCULOS

Para el cálculo se consideran los tres estados de resultados planteados en la unidad N° 14, y se utiliza la TMAR obtenida en cada uno de ellos.

A.1. Estado de resultados sin inflación y sin financiamiento, a producción constante

A partir de la ecuación 15.2, y los valores que se encuentran en la tabla a continuación, se calcula la TIR en el escenario determinado del apartado A.1, para conocer la viabilidad del proyecto.

Tabla 15.4. Variables implicadas en el primer estado de resultados para el cálculo de la TIR

Variable	Valor	Unidad
P	1.247.500.493,21	\$
FNE	1.181.418.636,23	\$
VS ₁	778.295.618,62	\$
TMAR ₁	0,15	-
VAN	0,00	\$

El valor obtenido de la TIR₁ es de 93,35 %, al ser mayor que 15,00 % el proyecto se acepta, ya que otorga una rentabilidad mayor a la requerida.

A.2. Estado de resultados con inflación y sin financiamiento, a producción constante

Para el presente escenario se calcula el valor de la TIR₂ teniendo en cuenta las variables de la tabla 15.5. En este escenario, se considera la inflación, y por lo tanto los valores de los FNE y el VS se encuentran afectados por la misma. Cabe aclarar que tanto los FNE como el VS₂ son los mismos que en la tabla de 15.2.

Tabla 15.5. Variables implicadas en el segundo estado de resultados para el cálculo de la TIR

Variable	Valor	Unidad
P	1.247.500.493,21	\$
FNE ₁	2.933.462.473,76	\$
FNE ₂	7.283.787.322,36	\$
FNE ₃	18.085.643.921,41	\$
FNE ₄	44.906.653.856,87	\$
FNE ₅	111.503.221.526,60	\$
VS ₂	73.456.153.572,23	\$
TMAR ₂	1,855	-
VAN	0,00	\$

El valor obtenido de la TIR₂ es de 380,00 %, al ser mayor que el 185,50 %, el proyecto se acepta, ya que otorga una rentabilidad mayor a la requerida.

A.3. Estado de resultados con inflación y con financiamiento, a producción constante

En el último escenario, se considera además de la inflación, el financiamiento bancario determinado en la unidad N° 14. El valor de P, los FNE y el VS₃ son los mismos que se utilizaron en la tabla 15.3.

A partir de la ecuación N° 15.2 y los valores que se encuentran en la tabla 15.6, se calcula la TIR₃ en el tercer escenario.

Tabla 15.6. Variables implicadas en el tercer estado de resultados para el cálculo de la TIR

Variable	Valor	Unidad
P	873.250.345,25	\$
FNE ₁	2.909.362.502,26	\$
FNE ₂	7.245.468.367,67	\$
FNE ₃	18.024.716.783,46	\$
FNE ₄	44.809.779.707,53	\$
FNE ₅	111.349.191.586,60	\$
VS ₃	73.456.153.572,23	\$
TMAR ₃	1,475	-
VAN	0,00	\$

El valor obtenido de la TIR₃ es de 481,50 %, al ser mayor que el 147,50 %, el proyecto se acepta, ya que otorga una rentabilidad mayor a la requerida.

PRECIO MÍNIMO RENTABLE

En ciertas ocasiones, el producto no logra insertarse en el mercado a pesar de contar con las condiciones teóricas necesarias para que suceda, como un gran margen de demanda insatisfecha y buen marketing. En estos casos se opta por calcular el precio mínimo al que se podría vender el producto sin generar un cambio en la rentabilidad.

Los resultados obtenidos son calculados en base al estado de resultado que no tiene en cuenta la inflación y el financiamiento, a producción constante. A continuación, se evalúan los nuevos resultados para las variables VAN, FNE (mínimo) e ingreso (mínimo).

$$VAN = 0 = -P + FNE_{min} * \frac{(1 + TMAR)^5 - 1}{TMAR * (1 + TMAR)^5} + \frac{VS}{(1 + TMAR)^5} \quad (\text{Ec. 15.3})$$

$$FNE_{min} = \frac{P - \frac{VS}{(1 + TMAR)^5}}{\frac{(1 + TMAR)^5 - 1}{TMAR * (1 + TMAR)^5}}$$

$$FNE_{min} = \frac{\$ 1.247.500.493,21 - \frac{\$ 778.295.618,62}{(1 + 0,15)^5}}{\frac{(1 + 0,15)^5 - 1}{0,15 * (1 + 0,15)^5}}$$

$$FNE_{min} = \$ 256.715.454,20$$

A partir de este valor se calcula el ingreso mínimo empleando la tabla 15.7, reemplazando el FNE_{min} calculado y haciendo los cálculos a la inversa hasta obtener el ING_{min} .

Tabla 15.7. Estado de resultado a producción constante, sin inflación y sin financiamiento, para precio mínimo a partir de FNE_{min}

	Concepto	Costo anual [miles de \$]
(+)	Ingreso Mínimo (ING_{min})	9.084.197,48
(-)	Costos de producción (CP)	8.623.663,08
(-)	Costos de administración (CA)	131.598,52
(-)	Costos de ventas (CV)	421,00
(=)	Utilidad antes del impuesto (UAI)	328.514,88
(-)	Impuestos (35,00%)	114.980,21
(=)	Utilidad después del impuesto (UDI)	213.534,67
(+)	Depreciación y amortización (D y A)	43.180,78
(=)	Flujo Neto de Efectivo Mínimo (FNE_{min})	256.715,45

Una vez obtenidos todos los datos se procede a calcular el precio mínimo del producto para mantener la rentabilidad, es decir siendo la producción anual constante.

$$Precio_{min} = \frac{\$ 9.084.197.480,00}{272.460 \text{ bolsas}}$$

$$Precio_{min} = 33.341,40 \text{ \$/bolsa}$$

Se compara este precio mínimo con el precio de venta calculado en la unidad N° 14, el cual es de 38.562,79 \$/bolsa, obteniéndose una diferencia de 5.221,39 \$/bolsa. Por lo que el rango de precios al que se puede vender el producto y abordar diferentes estrategias para insertarse dentro del mercado y ser rentable, es de 33.341,40 – 38.562,79 \$/bolsa.

FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

En la tabla que se presenta a continuación, se muestra un resumen de los valores obtenidos para TIR y VAN, en cada uno de los escenarios propuestos.

Tabla 15.8. Resumen de factibilidad del proyecto

Indicador	Producción constante			Unidad
	Sin inflación y sin financiamiento	Con inflación y sin financiamiento	Con inflación y con financiamiento	
Inversión	1.247.500.493,21	1.247.500.493,21	873.250.345,25	\$
FNE ₁	1.181.418.636,23	2.933.462.473,76	2.909.362.502,26	\$
FNE ₂	1.181.418.636,23	7.283.787.322,36	7.245.468.367,67	\$
FNE ₃	1.181.418.636,23	18.085.643.921,41	18.024.716.783,46	\$
FNE ₄	1.181.418.636,23	44.906.653.856,87	44.809.779.707,53	\$
FNE ₅	1.181.418.636,23	111.503.221.526,60	111.349.191.586,60	\$
VS	778.295.618,60	73.456.153.572,23	73.456.153.572,23	\$
TMAR	15,00	185,50	147,50	%
VAN	3.099.748.485,88	3.101.753.483,37	5.858.075.082,66	\$
TIR	93,35	380,00	481,50	%

CONCLUSIONES

A partir de la fórmula de precio mínimo se obtuvo un valor de 33.115,32 \$/bolsa. El posible rango de precio de venta tiene por cota mínima el precio mínimo calculado, y por máxima el precio de venta obtenido en la unidad N° 14. Se elige este último como precio definitivo de venta, el cual es de 38.562,79 \$/bolsa con el que se obtiene un 20,00 % de ganancias. Sin embargo, en caso de tener inconvenientes para

insertarse en el mercado, se puede inicialmente vender el producto al valor del precio mínimo y luego ir incrementándolo de acuerdo a las necesidades y posibilidades.

Además, se calcularon las tasas que permiten determinar la factibilidad del proyecto; de modo que, debido a que los tres posibles estados arrojaron valores de VAN mayores a 0, y valores de TIR mayores a los de TMAR, se considera que la empresa cuenta con rentabilidad económica aceptable. Al realizar el análisis de datos, se escoge el tercer escenario de indicadores económicos como el más viable para la empresa, el cual se calcula teniendo en cuenta a las variables inflación y financiamiento, con una producción que se mantiene constante, ya que es la situación que más se adapta a la de nuestro país hoy en día. Se justifica la elección al demostrar que los resultados obtenidos en relación a VAN y TIR son considerablemente superiores al resto de las posibilidades.

ABREVIATURAS Y SIGLAS

- A.R.T: Aseguradora de Riesgos del Trabajo
- ABSA: Aguas Bonaerenses S.A.
- AC: Activo Circulante
- AD: Activo Diferido
- AF: Activo Fijo
- BA: Beneficio Anual
- BICE: Banco de Inversión y Comercio Exterior
- CA: Costos de Administración
- CAA: Código Alimentario Argentino
- CaP: Capital Propio
- CF: Costos Fijos
- CP: Costos de Producción
- CTO: Costos Totales Operativos
- CU: Costo Unitario
- CV: Costos de Ventas
- CVU: Costo Variable Unitario
- CxC: cuentas por cobrar
- D y A: Depreciaciones y Amortizaciones
- D: Demanda
- DPI: Demanda Potencial Insatisfecha
- DPIO: Demanda Potencial Insatisfecha Optimista
- DPIP: Demanda Potencial Insatisfecha Pesimista
- etc.: etcétera
- FNE: Flujos Netos de Efectivo
- GLP: Gas Licuado de petróleo
- I: inflación
- I: inversiones
- In: inventario
- Ing: ingreso
- IPA: Instituto Petroquímico Argentino
- MOD: Mano de Obra Directa
- MOI: Mano de Obra Indirecta
- O: Oferta
- P: Inversión
- P: Paridad
- PA: Producción Anual
- PBI: Producto Bruto Interno
- PC: Pasivo Circulante
- PE: Punto de Equilibrio
- PP: polipropileno
- PV: Precio de Venta

- Q: cantidad de bolsas de equilibrio
- R: Rentabilidad del Proyecto
- R²: coeficiente de determinación
- RR.HH: Recursos Humanos
- S.A. Sociedad Anónima
- S.R.L: Sociedad de Responsabilidad Limitada
- t: tiempo
- TIR: Tasa Mínima de Rendimiento
- TMAR: Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento
- UAI: Utilidad antes del impuesto
- UDI: Utilidad después del impuesto
- V: valores
- VAN: Valor Actual Neto
- VS: Valor de Salvamento

CONCLUSIONES GENERALES

A través de este proyecto se investigó, desarrolló y analizó la información necesaria para poner en marcha desde cero una empresa dedicada a la producción industrializada de pellets de polipropileno. Se procuró plasmar todos los contenidos aprendidos a lo largo de la carrera de Ingeniería Química en cada una de las unidades desarrolladas, haciendo así énfasis en las habilidades adquiridas de un ingeniero.

Se decidió ubicar la empresa en Campana, Buenos Aires. La principal justificación se debe a la cercanía con la materia prima y el subsecuente abaratamiento de costos en transporte. Además, debido a la proporción abarcada por una sola empresa que no consigue abastecer a todo el mercado, se genera una gran oportunidad para pequeñas y medianas empresas que decidan dedicarse al mismo rubro. El costo para poner en marcha una planta de este calibre es muy alto, pero realizando los cálculos económicos correspondientes para determinar inversiones, plazos y rentabilidad, se llega a la conclusión de una indudable viabilidad del proyecto.

Las tecnologías adecuadas se refinan a medida que avanza el estudio de las mismas a nivel mundial, e impacta no solo en las capacidades de los funcionarios gerenciales y de operarios, sino también en la simbiosis de procesos tradicionales y modernos, y sus relativos costos.

El mercado del polipropileno comenzó a remontar luego de la gran caída sufrida en la época de pandemia, haciendo así posible la obtención de resultados económicos positivos. Pero además de todos los datos monetarios, se puede destacar el impacto en nuevas fuentes de trabajo para el creciente número de familias argentinas, promoviendo así el sentido de pertenencia y comunidad, y generando un continuo progreso como país a través de la industria nacional.

Al llegar al cierre de no solo este proyecto, sino de nuestra etapa universitaria queremos reiterar nuestros más sinceros agradecimientos a todos aquellos que fueron parte de nuestro camino y brindaron su apoyo incesante para que pudiéramos cumplir todas nuestras metas académicas.

RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS Y NO BIBLIOGRÁFICAS

- 3M. (2019). *Guía para la selección y control de protección respiratoria*. Obtenido de <https://multimedia.3m.com/mws/media/1751385O/guia-3m-argentina-para-la-seleccion-y-control-de-proteccion-respiratoria.pdf>
- A., M., & González, G. (s.f.). *Tablas y gráficos propiedades de los fluidos*. Obtenido de <https://marcanord.files.wordpress.com/2012/11/guia-propiedades-de-los-fluidos-industrial.pdf>
- Abelló Linde. (s.f.). *Cromatografía de gases*. Obtenido de https://www.linde-gas.es/es/images/Cromatograf%C3%ADa%20de%20gases%2019107-01_tcm316-120150.pdf
- AENOR, A. (Julio de 2012). *Determinación del índice de fluidez de materiales termoplásticos, en masa (MFR) y en volumen (MVR). Parte 1: Método normalizado*. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/EXT_6eTn753lrf4j5lm8ik5q.pdf
- Aldrich, S. (s.f.). *Benzotriazoles*. Obtenido de <https://www.sigmaaldrich.com/AR/es/search/benzotriazoles?focus=products&page=1&perpage=30&sort=relevance&term=benzotriazoles&type=product>
- Aldrich, S. (s.f.). *Bis(cyclopentadienyl)zirconium(IV) dichloride*. Obtenido de <https://www.sigmaaldrich.com/AR/es/product/aldrich/196215>
- Aldrich, S. (s.f.). *Methylaluminoxane*. Obtenido de <https://www.sigmaaldrich.com/AR/es/product/aldrich/404594>
- Altillo. (s.f.). *Universidades en Argentina. Universidades privadas y públicas estatales/ nacionales de Argentina ordenadas por provincia*. Obtenido de https://www.altillo.com/universidades/universidades_arg.asp
- Amarc. (2022). *Polimerización*. Obtenido de <https://www.amarc.com/es/applicazione/polimerizacion/>
- Amaya, E., Molina, F., & Sánchez, M. (2018). *Proyecto Final: Producción de polipropileno*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/186628957.pdf>
- ANMAT. (s.f.). *Determinación de agua*. Obtenido de http://www.anmat.gov.ar/webanmat/mercosur/ACTA01-14/AGREGADO_XVI/uni_11/Anexo_1_Determinaci%C3%B3n_de_agua_V6.pdf
- APM testing. (2016). *ASTM E1.064. Water in liquids by Karl Fischer*. Obtenido de <http://www.apmtesting.com/testing-services/test-methods/ASTM-E1064.php>
- Argentino, P. C. (s.f.). *Acceder a un crédito del BICE a través de CreAr Inversión PyME*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/servicio/acceder-un-credito-del-bice-traves-de-crear-inversion-pyme>

- ASTM. (2022). *ASTM E1.356-08:2014 Standard Test Method for Assignment of the Glass Transition Temperatures by Differential Scanning Calorimetry*. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/qdownload/astm-e-1356-08-2014-pdf-free.html>
- ASTM D2.163-07. (2022). *Standard Test Method for Determination of Hydrocarbons in Liquefied Petroleum (LP) Gases and Propane/Propene Mixtures by Gas Chromatography*. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/astm-d2163-07-pdf-free.html>
- ASTM International. (s.f.). *Guía estándar para análisis de concentrados de propileno*. Obtenido de <https://allcivilstandard.com/wp-content/uploads/2018/12/D-5273.pdf>
- Ávila, D. A. (s.f.). *Métodos de Caracterización de polímeros*. Obtenido de <http://www.fcq.unp.edu.ar/sitio/fisicoquimica/wp-content/uploads/2017/07/metodos-de-caracterizacion.pdf>
- Banco Central de la República Argentina. (Noviembre de 2022). *Tipos de Cambio*. Obtenido de http://www.bcra.gov.ar/MediosPago/Tipos_de_Cambio_SML.asp
- Banco Mundial. (2021). *PBI (US\$ a precios actuales) - Argentina*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD?locations=AR>
- Blackmer. (2018). *Bombas de desplazamiento positivo y compresores libres de aceite para aplicaciones de gas licuado*. Obtenido de https://www.antorchaingenieria.com/assets/1_compresores-para-glp-blackmer.pdf
- Cámara de la Industria Química y Petroquímica. (2014). *La Industria Petroquímica Argentina*. Obtenido de http://www.petro-quimica.com.ar/distribucion-digital/la_industria_petroquimica/La%20Industria%20Petroqu%C3%ADmica%20Argentina%20baja.pdf
- Casado Garriga, J. (s.f.). *Tabla termodinámica Propileno*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/521519513/Tabla-termodinamica-Propileno>
- CBI. (21 de Febrero de 2015). *Novolen Gas-Phase Polypropylene Process*. Obtenido de http://www.chemwinfoc.com/private_folder/Uploadfiles2015_Feb/CBI_Novolen_Gas-Phase_Polypropylene.pdf
- CBI. (13 de Febrero de 2017). *Polypropylene*. Obtenido de <https://www.mcdermott.com/MDRSite/media/MDR/Tech%20Sheets/cbi-polypropylene-v2.pdf>
- CEN - European Committee for Standardization . (Noviembre de 1997). *Plastics – Differential scanning calorimetry (DSC) Part 1:General principles (ISO 11357-1 : 1997)*.
- ChemicalSafetyFacts. (s.f.). *Peróxidos Orgánicos*. Obtenido de <https://es.chemicalsafetyfacts.org/chemicals/organic->

peroxide/#~:text=Los%20per%C3%B3xidos%20org%C3%A1nicos%20se%20usan,del%20cuidado%20de%20la%20salud

- CONICET. (2011). *Introducción: Consideraciones Generales*. Obtenido de <http://www.gp.santafe-conicet.gov.ar/cursos/b/b.21b.pdf>
- Cornejo, L. (30 de Abril de 2018). *Polipropileno. Caracterización del polímero. Peso molecular*. Obtenido de <https://nuevatecnologiasymateriales.com/polipropileno-caracterizacion-del-polimero-peso-molecular/#~:text=El%20peso%20molecular%20Mw,inales%20adicionales%2C%20ritmo%20de%20estirado>
- Corporación Financiera Internacional. (30 de Abril de 2007). *Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la fabricación de polímeros derivados del petróleo*. Obtenido de <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/eb6fddc1-a3e3-4be5-a3da-bc3e0e919b6e/General%2BEHS%2B-%2Bspanish%2B-%2Bfinal%2Brev%2Bcc.pdf?MOD=AJPERES&CVID=nPtgG1I>
- Cruz, R. (14 de Septiembre de 2017). *Producción de polipropileno*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/ryobercruz/203602280-producciondepolipropilenofinal>
- Cubas Arbildo, J. C. (2018). *Diseño de un secador rotativo de 1.5 ton. para deshidratar semillas de café en la zona norte del Perú*. Obtenido de https://www.academia.edu/85547737/Dise%C3%B1o_de_un_secador_rotativo_de_1_5_ton_para_deshidratar_semillas_de_caf%C3%A9_en_la_zona_norte_del_Per%C3%BA_2018
- Dagu, H. (2014). *Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles AEA 90364*. Obtenido de https://electronico.copaipa.org.ar/attachments/139_14-1-Tableros%20Electricos.pdf
- Datos de Calor Específico del agua entre 0°C y 100°C*. (s.f.). Obtenido de https://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/caloresph2o.pdf
- Eficiencia Energética en Argentina. (2019). *Diagnóstico del Sector Refinación del Petróleo*. Obtenido de https://eficienciaenergetica.net.ar/img_publicaciones/04291605_08-DiagnosticoRefinerias.pdf
- Electricidad, E. N. (2024). *Cuadros Tarifarios*. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/enre/cuadros_tarifarios
- Esparza, J. L. (s.f.). *Análisis y evaluación de proyectos de inversión*. Obtenido de <http://web.uqroo.mx/archivos/jlesparza/UnidadII-ACPSC-137.pdf>
- Essentia. (Noviembre de 2021). *Ficha de datos de seguridad*. Obtenido de https://www.esentia.co/zp/api/webroot/productos/HS_Espanol/HS_homopolimero_ES_190.pdf

- Evans. (s.f.). *Zeolita*. Obtenido de https://evans.com.mx/media/manuales/ZEO_FT3.pdf
- Farina, A. L. (Octubre de 2019). *Tableros eléctricos*. Obtenido de https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/ie347_si_farina_tableros_electricos_parte_4.pdf
- Gobierno de Aragón. (s.f.). *Compuestos orgánicos volátiles*. Obtenido de <https://www.aragon.es/-/compuestos-organicos-volaticos#:~:text=Los%20COV%20m%C3%A1s%20frecuentes%20son,%2C%20bencenos%2C%20tolueno%20y%20butano>
- Gobierno Provincia de Buenos Aires. (21 de Octubre de 1993). *Ley 11.459 de Radicación Industrial*. Obtenido de <https://www.ambiente.gba.gob.ar/sites/default/files/Ley%2011459.pdf>
- Gobierno Provincia de Buenos Aires. (3 de Diciembre de 2018). *Ley 15.107*. Obtenido de <https://normas.gba.gob.ar/documentos/BLgOgHQx.html>
- González, C. F. (2010). *Polipropileno Trabajo de investigación del polipropileno como producto petroquímico*. Obtenido de <https://1library.co/document/q5noer3q-polipropileno.html>
- Grande, C. A., & Rodrigues, A. E. (2005). *Propane/Propylene Separation by Pressure Swing Adsorption Using Zeolite 4A*.
- Grande, C. A., Poplow, F., & Rodrigues, A. E. (2010). *Vacuum Pressure Swing Adsorption to Produce Polymer-Grade Propylene*.
- Guevara, J. L., Rojas Narvaez, R. G., & Quijada, R. (17 de Septiembre de 1999). *Estudio del comportamiento catalítico de la homo y copolimerización de 1-octadeceno con catalizadores metallocenos racémicos rac-Et(Ind)₂ZrCl₂ y rac-Me₂Si(Ind)₂ZrCl₂*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-16441999000400014#:~:text=Los%20catalizadores%20metallocenos%2C%20consisten%20en,como%20cloruros%20por%20enlaces%20s
- Hunter, C. V. (2017). *Estabilización de metallocenos en sistemas poli(alquilmacrilatos)/MAO para la polimerización de etileno*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=CHivlQ41QxM>
- Inst. Nac. de Seguridad y Salud en el trabajo. (s.f.). *Protección pie y piernas*. Obtenido de <https://www.insst.es/proteccion-pie-y-piernas>
- Inst. Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (s.f.). *Protección respiratoria*. Obtenido de <https://www.insst.es/-/st1-tipos-de-equipo>
- Inst. Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo. (s.f.). *Tipos de equipos*. Obtenido de <https://www.insst.es/-/st1-tipos-de-equipo>
- Intecha S.L. (Marzo de 2020). *Unidad de purificación de propileno*. Obtenido de <http://www.intecha.cz/es/referencias/industria-petroquimica/unidad-de-purificacion-de-propileno/>

- International Organization for Standardization. (Junio de 2001). *ISO 179-1:2000 Plastics – Determination of Charpy impact properties*. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/iso-179-1pdf-pdf-free.html>
- International Standard. (01 de Junio de 2005). *Plastics-Determination of the melt mass-flow rate (MFR) and the melt volume-flow rate (MVR) of thermoplastics*. Obtenido de <https://www.sis.se/api/document/preview/906238/>
- International Standard. (2012). *Determinación de las propiedades de tracción*. Obtenido de <https://img52.chem17.com/1/20160527/635999409682810926936.pdf>
- International Standard. (Marzo de 2018). *Plásticos-Escaneo diferencial calorimetría (DSC)- Parte 3: Determinación de temperatura y entalpía de fusión y cristalización*. Obtenido de <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/72460/286fb10f3c87463498653e9db865e59d/ISO-11357-3-2018.pdf>
- International Standard. (2020). *Determinación de temperatura de deflexión bajo carga*. Obtenido de <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/77576/e73404b3a08e413688cfc85f1fb96922/ISO-75-1-2020.pdf>
- International Standard. (Febrero de 2021). *Determinación de la viscosidad de polímeros en solución diluida utilizando viscosímetros capilares*. Obtenido de <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/79996/d745c146c4ba4073b69720fa6405cd4e/ISO-1628-1-2021.pdf>
- IRAM. (s.f.). *Norma Argentina IRAM Parte 1 y 2*. Obtenido de <http://www.ciscal.com.ar/Clases%20en%20PDF/IRAM%2010005.pdf>
- IRAM-Instituto de Racionalización de materiales. (s.f.). *Norma Argentina IRAM Parte 1 y 2*. Obtenido de <http://www.ciscal.com.ar/Clases%20en%20PDF/IRAM%2010005.pdf>
- Isastur. (2009). *Manual de Seguridad*. Obtenido de https://www.isastur.com/external/seguridad/data/es/2/2_9_9.htm#:~:text=Incendios%20por%20cortocircuitos%20el%C3%A9ctricos%20por,Contactos%20el%C3%A9ctricos.
- Juárez, C. (2022). *BOPP, el film preferido para envases flexibles*. Obtenido de <https://thefoodtech.com/insumos-para-empaque/bopp-el-film-preferido-para-envases-flexibles/>
- Kuah, W. C., Effendy, S., & Farooq, S. (2018). *Industrial Scale Propylene/Propane Separation Using Pressure Vacuum Swing Adsorption*.
- Labandeira, A. P. (30 de Julio de 2020). *Empleo de materiales porosos como adsorbentes selectivos en la separación de olefinas/parafinas*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/149420/Pintor%20-%20Empleo%20de%20materiales%20porosos%20como%20adsorbentes%2>

0selectivos%20en%20la%20separaci%C3%B3n%20de%20olefinas/pa....pdf?sequence=1

Londoño, C. A. (22 de Agosto de 2006). *Diseño óptimo de ciclones*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242006000200011

Lummus Technology. (2021). *Novolen Gas-Phase Process*. Obtenido de <https://www.lummustechnology.com/Process-Technologies/Petrochemicals/Polypropylene-Production/Novolen-Gas-Phase-Process>

Lummus Tecnología. (2021). *Polypropylene Production*. Obtenido de <https://www.lummustechnology.com/Process-Technologies/Petrochemicals/Polypropylene-Production>

Lummus Tecnología. (2021). *Catalyst solutions*. Obtenido de <https://www.lummustechnology.com/Process-Technologies/Petrochemicals/Polypropylene-Production/Catalyst-Solutions>

Mateos, S. (s.f.). *Estearato de calcio*. Obtenido de <https://mateossl.es/estearato-de-calcio/#:~:text=El%20estearato%20de%20calcio%20o,del%20%C3%A1cido%20este%C3%A1rico%20y%20cal.&text=Es%20un%20polvo%20fino%2C%20blanco,incluso%20como%20aditivo%20alimentario%2C%20E470>

McDermott Technology. (17 de Julio de 2019). *Novolen PP technology*. Obtenido de <http://www.refpet.com/ppt/ppt2019/TS-IV-Durgesh%20Pandey.pdf>

Merck. (s.f.). *Pentaeritritol tetrakis(3,5-di-terc-butyl-4-hidroxi-hidrocinnamato)*. Obtenido de <https://www.sigmaaldrich.com/AR/es/substance/pentaerythritoltetrakis35ditertbutyl4hydroxyhydrocinnamate1177636683198>

Mercosur. (30 de Junio de 2008). *Programa de Integración Productiva*. Obtenido de <http://www.saij.gov.ar/12-internacional-programa-integracion-productiva-mercosur-rmd2008000012-2008-06-30/123456789-0abc-de2-1000-08002dserced?q=%28numero-norma%3A12%20AND%20fecha%3A2008%29%20&o=1&f=Total%7CTipo%20de%20Documento/Legislaci%F3n%7CFecha%7COr>

Mercosur. (s.f.). *DEC. N° 08/94: Zonas Francas, zonas de procesamientos de exportaciones y áreas aduaneras especiales*. Obtenido de <http://www.sice.oas.org/trade/mrcsrs/decisions/DEC894.asp>

METTLER TOLEDO. (s.f.). *Introduction to Karl Fischer Titration*. Obtenido de https://www.mt.com/dam/non-indexed/po/ana/titration/guide/30238417_V10.14_KF_Guide1_Fundament_en_LR.pdf

- Minerales, R. (s.f.). *Hoja Técnica, Estearato de calcio*. Obtenido de <https://mineralesram.com/wp-content/uploads/2020/11/HOJA-TE%CC%81CNICA-ESTEARATO-DE-CALCIO-.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Bogotá. (2021). *Guía nacional para el control, monitoreo y seguimiento de emisiones de compuestos orgánicos volátiles*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/GUIA-EMISIONES-COMPUESTOS-VOLATILES.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Evaluación de impacto ambiental*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/desarrollo-sostenible/evaluacion-ambiental/evaluacion-de-impacto-ambiental>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (s.f.). *Sistema de estadística Ambiental Argentina*. Obtenido de <http://estadisticas.ambiente.gob.ar/>
- Ministerio de Desarrollo Productivo Argentina. (2020). *Provincia de Buenos Aires. Informe N° 1. Programa Nacional para el Desarrollo de Parques Industriales*. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_no_1_-_buenos_aires_.pdf
- Ministerio de Economía Argentina. (2022). *Informes de Cadenas de Valor. Ficha Sectorial. Hidrocarburos*. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ficha_sectorial_hidrocarburos_web.pptx.pdf
- Ministerio de Justicia de la Nación. (20 de Septiembre de 1974). *Ley N° 20.744, Contrato de Trabajo*. Obtenido de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/25000-29999/25552/norma.htm>
- Ministerio de Justicia y derechos humanos , P. (s.f.). *Reglamentación de la Ley N° 19.587*. Obtenido de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/30000-34999/32030/dto351-1979-anexo1.htm>
- Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, P. (13 de Mayo de 1976). *Régimen de Contrato de Trabajo*. Obtenido de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/25000-29999/25552/texact.htm>
- Ministerio de Justicia y derechos humanos, P. (25 de Noviembre de 1996). *Higiene y seguridad del trabajo*. Obtenido de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/40000-44999/40574/norma.htm>
- Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, P. (s.f.). *Ley de Sociedades Comerciales*. Obtenido de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/25000-29999/25553/texact.htm>

- Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, P. (s.f.). *Reglamentación de la Ley N° 19.587, aprobada por Decreto N° 359/71*. Obtenido de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/30000-34999/32030/dto351-1979-anexo1.htm>
- Ministerio de medio ambiente. (2009). *Producción de polímeros*. Obtenido de <https://prtr-es.es/Data/images/PRODUCCI%C3%93N-DE-POL%C3%8DMEROS-1BDCAA0950F2E40.pdf>
- Ministerio de Producción y Trabajo, P. (2019). *Listado de Parques Industriales inscriptos en el RENPI*. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/parques_industriales_inscriptos_en_el_renpi_para_web_-_abril_2019.pdf
- Miranda Vázquez, J. R. (29 de Noviembre de 2020). *Análisis de muestras por espectroscopía infrarrojo con ATR*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=qHY0P2yFLgg>
- Mofarah, M., Sadrameli, M., & Towfighi, J. (2005). *Four-Bed Vacuum Pressure Swing Adsorption Process for Propylene/Propane Separation*.
- Municipalidad de Campana. (Septiembre de 2013). *Código de Ordenamiento Urbano*. Obtenido de <https://hcdcampana.gob.ar/wp-content/uploads/2018/08/CAMPANA-Codigo-Ordenamiento-Urbano-Ambiental.pdf>
- Muñoz Pinta, F. R. (2004). *Catalizadores Ziegler-Natta, Propiedades y aplicaciones*. Obtenido de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/16702/catalizadores.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Medio Ambiente. (s.f.). *Guía para la elaboración de estudios de impacto ambiental*. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_elaboracion_eia-2.pdf
- GBA. (s.f.). *Ley 13656*. Obtenido de <https://normas.gba.gob.ar/documentos/BeAywi7B.html>
- NETZSCH. (s.f.). *Cristalinidad/Grado de cristalinidad*. Obtenido de <https://analyzing-testing.netzsch.com/es/training-know-how/glosario/cristalinidad-grado-de-cristalinidad>
- NETZSCH. (s.f.). *Temperatura de Transición Vitrea*. Obtenido de <https://analyzing-testing.netzsch.com/es/training-know-how/glosario/temperatura-de-transicion-vitrea>
- NORM STREAM. (s.f.). *Plásticos: Determinación de la temperatura de deflexión bajo carga. Parte 1: Método de ensayo general*. Obtenido de <https://www.normstream.com/en/ISO/117156665/ISO-75-1>

- OISS. (s.f.). *Riesgo de exposición laboral a vibraciones mecánicas*. Obtenido de <https://oiss.org/wp-content/uploads/2019/06/MT19-Riesgo-de-exposicion-laboral-a-vibraciones-mecanicas.pdf>
- Paiz, F. R., & Hernández Meléndez, M. H. (Abril de 2021). *Diseño de un sistema de columnas de adsorción con carbón activado para el tratamiento de aguas naturales contaminadas con arsénico*. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/17165/1/17165.pdf>
- Peñalver, J. M. (2013). *Desarrollo de nuevas membranas de transporte facilitado compuestas de polímero-líquido iónico para la separación propano/propileno*. Obtenido de <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/2952/357342.pdf;sequence=1#:~:text=La%20separaci%C3%B3n%20propano%2Fpropileno%20se,unos%2048%20%C2%BAC%20%5B9%5D>
- Petrocuyo. (s.f.). *Distribución de pesos moleculares*. Obtenido de <http://www.petrocuyo.com/es/tecnologia/el-polipropileno/pesos-moleculares>
- Petrocuyo. (s.f.). *El polipropileno*. Obtenido de <http://www.petrocuyo.com/es/tecnologia/el-polipropileno>
- Petrocuyo. (s.f.). *Hojas Técnicas*. Obtenido de <http://www.petrocuyo.com/es/9-categoria-es-es/44-hojas-tecnicas>
- Petrocuyo. (s.f.). *Proceso Novolen*. Obtenido de <http://www.petrocuyo.com/es/tecnologia/procesos>
- Petrocuyo. (s.f.). *Procesos*. Obtenido de <http://www.petrocuyo.com/es/tecnologia/procesos>
- Petrocuyo. (10 de Septiembre de 2008). *Hoja Técnica*. Obtenido de <http://www.petrocuyo.com/images/pdf/hojas-tecnicas/HT%20ES%201103K.pdf>
- Poder Ejecutivo Nacional Argentino. (1973). *Ley N° 19.971*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-19971-16069/actualizacion>
- Positiva Compañía de Seguros. (s.f.). *Guía señalización y demarcación de áreas de trabajo*. Obtenido de <https://posipedia.com.co/wp-content/uploads/2018/09/guia-senalizacion-demarcacion-areas-trabajo.pdf>
- Propileno Homopolímero Datos Técnicos*. (s.f.). Obtenido de <https://artilec.com/images/product-datasheet/26020.pdf>
- Propileno, otros compuestos C3 y derivados*. (2010). Obtenido de <https://carteleraelectronica.files.wordpress.com/2010/10/propileno2.pdf>
- Quiminet. (11 de Julio de 2008). *El polipropileno biorientado (BOPP) y sus aplicaciones*. Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/el-polipropileno-biorientado-bopp-y-sus-aplicaciones-31039.htm>

- Quiminet. (14 de Mayo de 2010). *Características del polipropileno homopolímero y copolímero*. Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/caracteristicas-del-polipropileno-homopolimero-y-copolimero-42714.htm>
- Redacción EconoJournal. (30 de 08 de 2022). *La petroquímica como agregado de valor a los recursos naturales de la Argentina*. Obtenido de <https://econojournal.com.ar/2022/08/la-petroquimica-como-agregado-de-valor-a-los-recursos-naturales-de-la-argentina/>
- Rojas, A. F. (24 de Noviembre de 2015). *Determinación de la degradación térmica de polímeros por análisis de cambio de color*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-750X2016000100003
- Roselly Vásquez Llontop. (06 de 2014). *Estudio de Mercado de Polimero Polipropileno*. Obtenido de https://www.academia.edu/7345199/Estudio_de_Mercado_de_Polimero_Polipropileno
- Rozzo Ibarra, J. S. (2020). *Propuesta de diseño estructural de un tanque agitador vertical para la mezcla de biofertilizantes*. Obtenido de http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/2534/1/2020_JuanSebastianRozolbarra
- Samson. (s.f.). *Adsorción por oscilación de presión (PSA). Control fiable en todas las fases del proceso*. Obtenido de <https://www.samsongroup.com/es/equipos-y-aplicaciones/soluciones/adsorcion-por-oscilacion-de-presion/#:~:text=La%20adsorci%C3%B3n%20por%20oscilaci%C3%B3n%20de,de%20una%20mezcla%20de%20gases>
- Sanabria Muñoz, T. M. (2010). *Manual de reglas preventivas de seguridad industrial para la empresa polipropileno del caribe S.A., PROPILCO S.A.* Obtenido de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0056862.pdf>
- Sánchez, L. Y. (2018). *Empleo de zeolitas en procesos de adsorción y separación de hidrocarburos de cadena corta*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/107362/S%C1NCHEZ%20-%20Empleo%20de%20zeolitas%20en%20procesos%20de%20adsorci%C3%B3n%20y%20separaci%C3%B3n%20de%20hidrocarburos%20de%20cadena%20corta.pdf?sequence=5>
- Santamaria, C. A., & Martinez, A. F. (30 de Junio de 2011). *Tesis Final*. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/126/TESIS%20FINAL%2030%20DE%20JUNIO%20DE%202011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Secretaria de ambiente y desarrollo sustentable. (s.f.). *GUIA DE ELEABORACION DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EsIA)*. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_elaboracion_eia-2.pdf

- Sintac Recycling. (s.f.). *Polipropileno de homopolímero (PPH)*. Obtenido de <https://sintac.es/productos/poliolefinas/polipropileno-pp/polipropileno-de-homopolimero/>
- SPIQYP. (Mayo de 2023). *Grilla Salarial*. Obtenido de https://spiqyp.org.ar/wp-content/uploads/2023/06/Escala-Paritarias_2023-MAYO-a-JULIO.pdf
- SPIQYP. (2024). *Convenio y escalas salariales*. Obtenido de <https://spiqyp.org.ar/convenios-y-acuerdos/>
- Sister Soft. (s.f.). *Normativa DIN 2043*. Obtenido de <https://promaliq.com/pdf/normativa/din-2043.pdf>
- Superintendencia de Riesgos del Trabajo. (2019). *Elementos de Protección Personal (EPP)*. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/afiche_-_proteccion_respiratoria.pdf
- Supplies, S. L. (s.f.). *Bis(cyclopentadienyl)zirconium(IV) dichloride*. Obtenido de <https://www.scientificlabs.co.uk/product/inorganic-catalysts/196215-5G#attributes>
- Supplies, S. L. (s.f.). *Methylaluminoxane solution*. Obtenido de <https://www.scientificlabs.co.uk/product/organometallic-reagents-other/404594-800ML>
- Tapia Molina, J. C. (14 de Agosto de 2022). *Cálculo de las proporciones estequiométricas, balances de masa, rendimientos reales*. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/33212/1/T-ESPEL-IPE-0127.pdf>
- Transelec. (s.f.). *Instalaciones eléctricas industriales*. Obtenido de <https://www.transelec.com.ar/soporte/18442/instalaciones-electricas-industriales-sus-principales-caracteristicas/>
- Velandia Cabra, J. R. (2017). Identificación de polímeros por espectroscopía infrarroja. *Revista Ontare* 5, 115-140.
- Vottero, N. (s.f.). *Identificación de cañerías según norma Iram 2507*. Obtenido de http://www.etpcb.com.ar/Documentos/Nivel_Medio/Especialidades/Industrias_de_los_Alimentos/Anexos/IRAM_2507_IDENTIFICACION_C.pdf
- Wolters Kluwer. (s.f.). *Localización de la planta de producción*. Obtenido de https://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAEAMtMSbF1jTAAASMTUyMTtbLUouLM_DxblwMDS0NDQ3OQQGZapUt-ckhIQaptWmJOCSoAAyIXBTUAAAA=WKE#:~:text=%E2%80%A2-,El%20objetivo%20general%20de%20la%20localizaci%C3%B3n%20de%20a%20plan
- YPF. (10 de Enero de 2013). *Ficha de datos de seguridad*. Obtenido de <https://www.ypf.com/productosyservicios/Descargas/FDS-Propano-Propileno.pdf>

- YPF. (2020). *Ficha Técnica*. Obtenido de <https://www.ypf.com/productosyservicios/Descargas/Propano-Propileno.pdf>
- Zwick Roell. (15 de Febrero de 2012). *ISO 527-1 Y ISO 527-2: Ensayo de tracción en plásticos*. Obtenido de <https://www.zwickroell.com/es/sectores/plasticos/termoplasticos-y-materiales-termoendurecibles/ensayo-de-traccion-iso-527-1-2/>
- Zwick Roell. (s.f.). *Determinación del IFM y del IFV en tubos de plásticos*. Obtenido de <https://www.zwickroell.com/es/sectores/plasticos/tuberias-de-plastico/indice-de-fluidez/>
- Zwick Roell. (s.f.). *SO 179-1 & ISO 179-2 Resistencia al impacto y resiliencia en plásticos según el método Charpy*. Obtenido de <https://www.zwickroell.com/es/sectores/plasticos/termoplasticos-y-materiales-termoendurecibles/resistencia-al-impacto-charpy-iso-179-1-iso-179-2/>
- ÇENGEL, Y. A., & M., C. J. (s.f.). *Tablas de las propiedades*. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5421/SO_TOMAYOR_DENIS_SIMULACION_NUMERICA_INTERCAMBIADOR_CALOR_FLUJO_TRANSVERSAL_ALETEADO_ANEXOS.pdf?sequence=2&isAllowed=y



Julieta Agostina Ontivero

DATOS DE CONTACTO

Edad: 24 años

Mail:

julietaontivero@outlook.com

Tel: 3564-599845

Dirección: Entre Ríos Sur 4052.
San Francisco, Córdoba.

IDIOMAS

Inglés básico y técnico.

Español nativo.

CONOCIMIENTOS

GENERALES

Manejo de plataformas virtuales de Microsoft.

Conocimientos básicos en economía y administración.

APTITUDES

- Trabajo en equipo.
- Responsabilidad.
- Creatividad.
- Puntualidad.
- Capacidad de análisis.

CURSOS

Curso virtual de capacitación en "Higiene y Seguridad".

Organizado por A.Ar.E.I. Q ("Asociación Argentina de Estudiantes de Ingeniería Química y Carreras Afines"; dictado por Milton Urinovsky y Asociados (2020)

DISPONIBILIDAD HORARIA

Full time.

FORMACIÓN

TÍTULO UNIVERSITARIO

Ingeniería Química. Facultad Regional San Francisco, Universidad Tecnológica Nacional (UTN). Cursado completo finalizado en el año 2022. (2018- presente)

TÍTULO SECUNDARIO

Bachiller en economía y administración. Instituto Pablo VI. San Francisco, Córdoba. (2012-2017)

EXPERIENCIA LABORAL

Empresa Battioni Distribuciones (Manfrey). San Francisco, Córdoba. (2021-presente).

Control de stock, manejo de plataformas virtuales de Microsoft. Uso de Sistema de gestión Fidel. Administración general de la empresa.

Referencia: Sergio Carlos Battioni (3564-629793).

EXPERIENCIA ACADÉMICA

Ayudante en el dictado de la materia Matemática. Seminario Extensivo de Tecnicatura en Programación. Facultad Regional San Francisco (UTN). San Francisco, Córdoba. (2022-2023).

Análisis y ensayos fisicoquímicos y microbiológicos de agua y suelos agropecuarios, en el Laboratorio de servicio. Facultad Regional San Francisco (UTN). San Francisco, Córdoba.



Perfil profesional

Me considero una futura profesional con diferentes habilidades y aptitudes de utilidad para la industria. Mi principal objetivo es poder aportar mis conocimientos y también aprender nuevos en la empresa.

Datos personales

Edad: 24 años

📍 Carlos Gilli 2718 – San Francisco, Córdoba.

☎ 3564 - 578998



virginiatoranzo758@gmail.com

Aptitudes

- Rápido aprendizaje
- Trabajo en equipo
- Comunicación
- Capacidad de análisis
- Predisposición al trabajo

Conocimientos

●●●● Microsoft Excel

●●●● Microsoft Power Point

Toranzo Virginia

Técnica Universitaria Química

EXPERIENCIA LABORAL

Analista de calidad de Material de Empaque. Área: Calidad

ARCOR S.A.I.C. Complejo Arroyito. Negocio Golosinas |Abril 2024 – Actualidad

- Análisis de empaques. Asistencia a planta. Manejo de programas internos.

Pasante Laboratorio de microbiología alimentaria-Área: Calidad

ARCOR S.A.I.C. Complejo Arroyito|Octubre 2022 – Marzo 2024

- Análisis microbiológicos para el negocio golosinas (planta de caramelos duros, blandos, obleas y chicles). Análisis microbiológicos en el ingreso de MP. Evaluación de efectividad de higiene ambiental.

Técnica de laboratorio en laboratorio de microbiología animal

LASA-Laboratorio de Salud Animal| Marzo 2022 – Septiembre 2022

- Análisis parasitológicos y serológicos oficiales para SENASA, y no oficiales. BPL y tareas administrativas.

FORMACIÓN ACADÉMICA

Estudiante avanzada de Ingeniería Química

UTN - FRSFco | 2018 – Actualidad

- **Técnica Universitaria Química**
- Cursado de la carrera completo con 42 de 43 materias aprobadas.

Bachiller en Economía y Administración

Instituto Pablo VI | 2012 – 2017

- Promedio general: 9,14.

●●●● Microsoft Word

Cursos

- **Curso de EXCEL nivel avanzado con certificación – ECA Capacitaciones (2022).**
- Curso de Introducción al AUTOCAD con certificación – Domestika Capacitaciones (2022).
- Curso de eliminación de residuos en el laboratorio (2021).
- Curso de Seguridad e Higiene en el laboratorio (2020).
- Curso de política digital (2020).

ACTIVIDAD EN DOCENCIA

Tutora en las cátedras Química para Ingeniería Química y Química General

UTN – FRSFco | Marzo 2023 – Diciembre 2023

- Clases de apoyo para alumnos universitarios de todas las ingenierías que estén cursando las materias.

Tutora en la cátedra Física I

UTN – FRSFco | Marzo 2022 – Diciembre 2022

- Clases de apoyo para alumnos universitarios que estén cursando la materia.

Docente de Laboratorio de Química en cursillos de ingreso

UTN – FRSFco | Febrero 2021 – Julio 2023

- Enseñanza de conceptos básicos para desempeñarse en un laboratorio de química general.

Tutora en la cátedra Álgebra y Geometría analítica

UTN – FRSFco | Marzo 2019 – Enero 2020

- Clases de apoyo para alumnos universitarios que estén cursando la materia.

ACTIVIDAD EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Becaria en grupo de Investigación de polímeros (G - Pol)

UTN – FRSFco | Marzo 2020 – Diciembre 2023

- Obtención de Ácido Poliláctico (PLA) como reemplazante de plásticos convencionales, a partir de ácido láctico.
- Estudio de las resinas de Urea - Formaldehído. Estudio y cuantificación de las emisiones del formaldehído que compone las resinas.
- Práctica en el laboratorio.



SOFÍA VIOLA

ESTUDIANTE DE INGENIERÍA QUÍMICA

DATOS ACADÉMICOS

INGENIERÍA QUÍMICA | 2018 – PRESENTE
UTN Facultad Regional San Francisco

BACHILLER EN ECONOMÍA Y
ADMINISTRACIÓN | 2012-2017
Instituto Pablo VI

LENGUA EXTRANJERA-INGLÉS NIVEL A2 |
2008-2015
HIGHLIGHT English Institute

CONTACTO

- Teléfono: 03564-15611902
- Mail: sofiviola9@gmail.com
- Localidad: San Francisco, Córdoba.
- Edad: 24 años.

HABILIDADES

- Capacidad de concentración y buena comunicación.
- Capacidad de organización.
- Buen trabajo en equipo.
- Responsabilidad.

CONOCIMIENTOS

- Excel nivel avanzado
- ECA Capacitaciones-2022
- AutoCAD nivel básico
- Domestika- 2022
- Conocimientos básicos de administración.
- Conocimientos en industria láctea.

EXPERIENCIA

ANALISTA DE CALIDAD | 2022 – PRESENTE
Lácteos Santa María – Parque Industrial San Francisco

- Control de calidad de materia prima, producto intermedio y producto elaborado.
- Análisis microbiológicos.
- Carga de datos al sistema de la empresa y control de stock.
- Implementación de normas HACCP y BPM para certificación.

BECADA EN GRUPO DE INVESTIGACIÓN G-POL
| 2021
Universidad Tecnológica Nacional

- Investigación de diseño de nuevos productos a partir de desechos masivos de la provincia de Córdoba

PROFESORA DE QUÍMICA EN CURSILLOS DE
INGRESO | 2021-2022
Universidad Tecnológica Nacional

- Iniciación de más de 30 estudiantes a las prácticas seguras en el laboratorio
- Administración y planificación de situaciones experimentales
- Planificación detallada y dictado de clases presenciales

BECADA EN GRUPO DE PROMOCIÓN
UNIVERSITARIA | 2022
Universidad Tecnológica Nacional

- Gestión eficiente de recursos materiales
- Orientación de más de 300 estudiantes