



CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

PROVINCIA DE BUENOS AIRES

**HUELLA DE CARBONO EN LAS EXPORTACIONES DE LA PROVINCIA DE
BUENOS AIRES**

Segunda Parte. Sector Industria

Provincia de Buenos Aires - ARGENTINA

INFORME FINAL

Abril de 2012

AUTORIDADES

Provincia de Buenos Aires

Gobernador

Sr. Daniel Osvaldo Scioli

Ministro de Economía

Lic. Silvina Batakis

Director Ejecutivo del Organismo Provincial

para el Desarrollo Sostenible (OPDS)

Sr. José Manuel Molina



Consejo Federal de Inversiones

Secretario General

Ing. Juan José Ciácerá

Director de Recursos Financieros

Ing. Ramiro Otero

Autor

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

Universidad Nacional de La Plata



Coordinador

Prof. Ing. Agr. Raúl Rosa

Consultores Expertos

Ing. Ind. Sebastián Galbusera

Ing. Mariela Beljansky

Ing. Andrea Afranchi

Ing. Adrián Blanco

Dra. Natalia Raffaeli

Ing. Agr. Mariano Eirin

Ing. Luis Pedraza

CPN Pedro Lusarreta

Contraparte técnica provincial

Responsable Área Cambio Climático OPDS: Ing. Agr. Mónica Casanovas

Contraparte técnica CFI

Lic. Carlos Bas

ÍNDICE.

Documento Principal.

I.	RESUMEN EJECUTIVO	26
II.	INTRODUCCIÓN	29
III.	LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES	32
III.A.	CARACTERIZACIÓN	32
III.B.	SECTOR INDUSTRIAL PROVINCIAL	33
III.C.	SECTOR EXPORTADOR INDUSTRIAL DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES	38
III.C.1	Metodología para la asignación de exportaciones provinciales	38
III.C.2	Sector exportador provincial	42
III.C.3	Identificación y cuantificación de clusters productivos	48
IV.	COMPLEJOS INDUSTRIALES Ó CLUSTERS	49
IV.A.1	Definición	49
IV.B.	PRINCIPALES CLUSTERS INDUSTRIALES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES	52
V.	CLUSTERS INDUSTRIALES SELECCIONADOS EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES	56
V.A.	INDUSTRIA PETROQUÍMICA	56
V.A.1	Industria Petroquímica	56
V.A.1.a	Caracterización	56
V.A.1.b	Clasificación de los productos petroquímicos	61
V.A.1.c	Aspectos más relevantes de los principales polos petroquímicos	62
VI.	POLO PETROQUÍMICO DE ENSENADA	67
VI.A.	PETROQUÍMICA LA PLATA – YPF	67
VI.A.1	Descripción	67
VI.A.1.a	Complejo Aromático	67
VI.A.1.b	Complejo Olefinas	72
VI.A.1.c	Complejo MAN	81
VI.A.1.d	Complejo PIB	83
VI.A.1.e	Complejo LAB	84
VI.A.2	Producciones, Materias Primas e Insumos	86
VI.A.2.a	Complejo Aromático	86
VI.A.2.b	Complejo Olefinas	87
VI.A.2.c	Complejo MAN	89
VI.A.2.d	Complejo PIB	90
VI.A.2.e	Complejo LAB	91
VI.A.3	Energía	91
VI.A.3.a	Complejo Aromático	92
VI.A.3.b	Complejo Olefinas	92
VI.A.3.c	Complejo MAN	93
VI.A.3.d	Complejo PIB	93

VI.A.3.e	Complejo LAB	94
VI.A.4	Efluentes	94
VI.A.4.a	Complejo Aromáticos	94
VI.A.4.b	Complejo Olefinas	95
VI.A.4.c	Complejo MAN	95
VI.A.4.d	Complejo PIB	95
VI.A.4.e	Complejo LAB	96
VI.B.	PETROKEN (PETROQUÍMICA ENSENADA S.A.)	96
VI.B.1	Descripción	96
VI.B.2	Producción, materias primas e insumos	97
VI.B.3	Energía	98
VI.B.4	Efluentes	98
VII.	POLO PETROQUÍMICO DE BAHÍA BLANCA	99
VII.A.	PROFERTIL S.A.	99
VII.A.1	Descripción	99
VII.A.2	Reformación	99
VII.A.3	Conversión de monóxido de carbono (CO)	99
VII.A.4	Remoción del dióxido de carbono (CO ₂)	100
VII.A.5	Metanización	100
VII.A.6	Síntesis de amoníaco	100
VII.A.7	Planta de urea	101
VII.A.8	Producción, Materias Primas e Insumos	102
VII.A.9	Energía	103
VII.A.10	Efluentes	103
VII.B.	PBB POLISUR - DOW	106
VII.B.1	Descripción	106
VII.B.1.a	Proceso de producción PEBD	107
VII.B.1.b	Proceso de producción PEAD	109
VII.B.1.c	Procesos de producción PEBDL/PEAD	110
VII.B.2	Producción, Materias Primas e Insumos	113
VII.B.2.a	Plantas de etileno	113
VII.B.2.b	Planta de PEBD	113
VII.B.2.c	Planta de PEAD	113
VII.B.2.d	Plantas de PEBDL /PEAD	113
VII.B.3	Energías	114
VII.B.3.a	Plantas de etileno	114
VII.B.3.b	PEBD	114
VII.B.3.c	PEAD	115
VII.B.3.d	Efluentes	115
VII.C.	SOLVAY - INDUPA	119
VII.C.1	Descripción	119
VII.C.2	Planta de producción de Cloro	119
VII.C.3.a	Planta de producción de VCM (Cloruro de Vinilo)	120
VII.C.3.b	Planta de producción de PVC	121

VII.C.4	Producción, Materias Primas e Insumos	124
VII.C.4.a	Planta de producción de Cloro	124
VII.C.4.b	Planta de producción de VCM	124
VII.C.4.c	Planta de producción de PVC	125
VII.C.5	Energías	125
VII.C.5.a	Planta de producción de Cloro	125
VII.C.5.b	Planta de producción de VCM	125
VII.C.5.c	Planta de producción de PVC	125
VII.C.6	Efluentes	126
VIII.	POLO PETROQUÍMICO CAMPANA-ZÁRATE-SAN NICOLÁS	127
VIII.A.	BUNGE S.A.	127
VIII.A.1	Descripción	127
VIII.A.1.a	Planta de Producción de Amoníaco	127
VIII.A.1.b	Planta de Producción de UREA	127
VIII.A.1.c	Producción de UAN	128
VIII.A.1.d	Planta de Tiosulfato de Amonio	128
VIII.A.2	Producciones, Materias Primas e Insumos	128
VIII.A.2.a	Planta de NH ₃	129
VIII.A.2.b	Planta de UREA	129
VIII.A.2.c	Planta de UAN	129
VIII.A.2.d	Planta de Tiosulfato de Amonio	129
VIII.A.3	Energías	130
VIII.A.3.a	Planta de producción de NH ₃	130
VIII.A.3.b	Planta de producción de UREA	130
VIII.A.3.c	Planta de producción de UAN	130
VIII.A.3.d	Planta de Tiosulfato de Amonio	130
VIII.A.4	Efluentes	131
VIII.B.	CABOT S.A.	131
VIII.B.1	Descripción	131
VIII.B.2	Producción, Materias Primas e Insumos	133
VIII.B.3	Energía	134
VIII.B.4	Efluentes	134
VIII.C.	DAK AMERICAS ARGENTINA S.A.	134
VIII.C.1	Descripción	134
VIII.C.2	Producción, Materias Primas e Insumos	136
VIII.C.2.a	Producción de PET Amorfo (IV=0,6)	137
VIII.C.2.b	Producción de PET Cristalino (IV=0,82)	137
VIII.C.3	Energía	137
VIII.C.3.a	Producción de PET Amorfo (IV=0,6)	137

VIII.C.3.b	Producción de PET Cristalino (IV=0,82)	137
VIII.C.4	Efluentes	138
VIII.D.	PETROBRAS ENERGY – PS (POLIESTIRENO)	138
VIII.D.1	Descripción	138
VIII.D.1.a	Planta de Poliestireno	138
VIII.D.1.b	Características de la Planta BOPS	140
VIII.D.2	Producciones, Materias Primas e Insumos	140
VIII.D.2.a	Producción de PS (GPPS)	141
VIII.D.2.b	Producción de PS (HIPS)	141
VIII.D.3	Energía	141
VIII.D.3.a	Producción de PS (GPPS)	141
VIII.D.3.b	Producción de PS (HIPS)	142
VIII.D.4	Efluentes	142
VIII.E.	CARBOCLOR S.A.	142
VIII.E.1	Descripción	142
VIII.E.1.a	Planta IPA (alcohol isopropílico ó isopropanol)	142
VIII.E.1.b	Planta Acetona	143
VIII.E.1.c	Planta de Butanol Secundario	143
VIII.E.1.d	Planta de MEK (metil etil cetona)	144
VIII.E.1.e	Planta de MIK (metil isobutil cetona)	144
VIII.E.1.f	Planta de MTBE	144
VIII.E.2	Producciones, Materias Primas e Insumos	145
VIII.E.2.a	Proceso de IPA	146
VIII.E.2.b	Proceso de Acetona	146
VIII.E.2.c	Proceso de Butanol Secundario (SBA)	147
VIII.E.2.d	Proceso de Metil-etil-cetona (MEK)	147
VIII.E.2.e	Proceso de Metil-isobutil-cetona (MIK)	148
VIII.E.2.f	Proceso de MTBE	148
VIII.E.3	Energía	148
VIII.E.3.a	Proceso de IPA	148
VIII.E.3.b	Proceso de Acetona	149
VIII.E.3.c	Proceso de SBA	149
VIII.E.3.d	Proceso de MEK	149
VIII.E.3.e	Proceso de MIK	149
VIII.E.3.f	Proceso de MTBE	150
VIII.E.4	Efluentes	150
VIII.F.	OTRAS PLANTAS PETROQUÍMICAS (POLO CAMPANA- SAN NICOLÁS- ZÁRATE)	150
IX.	POLO PETROQUÍMICO “GRAN BUENOS AIRES”	151
IX.A.	ATANOR S.A.	151
IX.A.1	Descripción	151

IX.A.1.a	Complejo Industrial de Baradero	151
IX.A.1.b	Complejo Industrial de Munro	153
IX.A.2	Producción, Materias Primas e Insumos	155
IX.A.2.a	Producción de Acetaldehído	155
IX.A.2.b	Producción de Ácido Acético	155
IX.A.2.c	Producción de Formaldehído	155
IX.A.3	Energía	156
IX.A.3.a	Producción de Acetaldehído	156
IX.A.3.b	Producción de Ácido Acético	156
IX.A.3.c	Producción de Formaldehído	156
IX.A.4	Efluentes	156
IX.B.	INVISTA ARGENTINA	157
IX.B.1	Descripción	157
IX.B.2	Producción, Materias Primas e Insumos	157
IX.B.3	Energía	157
IX.B.4	Efluentes	158
X.	CONSIDERACIONES FINALES SOBRE EL CLUSTER PETROQUÍMICO	159
X.A.	CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS	160
X.A.1	Factores de emisión. Datos Estadísticos	161
X.A.2	161	
X.A.3	161	
X.A.4	Gas Natural	162
X.A.5	Materias Primas de Refinerías/Metanol:	163
X.A.6	Electricidad:	164
X.A.7	Consumo de Vapor:	164
X.A.8	Emisiones asociadas a los procesos:	165
X.A.9	Tratamiento de Efluentes:	165
X.A.10	Otros Insumos y Materias Primas elaboradas:	165
X.A.11	Asignación de emisiones entre Co-Productos:	165
X.B.	POLO ENSENADA	166
X.B.1	Petroquímica La Plata – YPF	166
X.B.2	Petroken – Petroquímica Ensenada S.A.	169
X.C.	POLO BAHÍA BLANCA	170
X.C.1	Plantas MEGA/TGS	170
X.C.2	Planta PROFERTIL	171
X.C.3	PBB Polísur-DOW	173
X.C.4	SOLVAY – INDUPA	174
X.D.	POLO CAMPANA	176
X.D.1	Planta BUNGE	176
X.D.2	Planta CABOT	178
X.D.3	DAK AMERICAS Argentina SA	179
X.D.4	Petrobras Energy – PS (Poliestireno)	180
X.D.5	CARBOCLOR S.A.	181
X.E.	POLO PETROQUÍMICO "GRAN BUENOS AIRES"	182
X.E.1	ATANOR S.A.	182
X.E.2	INVISTA Argentina	184
X.F.	ESTIMACIÓN EMISIONES PROVINCIA DE BUENOS AIRES	185
X.F.1	Amoníaco	185
X.F.2	Urea	185
X.F.3	UAN	186
X.F.4	186	
X.F.5	Tiosulfato de Amonio	187
X.F.6	Negro de Humo	187

XI.	INDUSTRIA SIDERÚRGICA	188
XI.A.	CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	188
XI.B.	PRINCIPALES PRODUCTOS	200
XI.C.	LOCALIZACIÓN DE LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA EN LA ARGENTINA	200
XI.D.	INDUSTRIA SIDERÚRGICA. ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	202
XI.D.1	Consideraciones Metodológicas	202
XI.D.2	Factores de emisión - Datos Estadísticos	203
XI.D.3	Electricidad:	204
XI.D.4	Carbón Mineral	204
XI.D.5	Gas Natural	205
XI.D.6	Emisiones asociadas a los procesos de producción	206
XI.D.7	Emisiones asociadas al Tratamiento de Efluentes	206
XI.D.8	Emisiones correspondientes a procesos de transformación	206
XI.D.9	SIDERAR	208
XI.D.9.a	Planta de Pelletizado	209
XI.D.9.b	Planta de Coque	209
XI.D.9.c	Planta de Sinterizado	209
XI.D.9.d	Planta de Arrabio	209
XI.D.10	Planta Tenaris Campana	212
XII.	INDUSTRIA DEL CEMENTO PORTLAND	214
XII.A.	CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS	214
XII.B.	ESTADÍSTICAS SECTORIALES	218
XII.C.	LOCALIZACIÓN DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO PORTLAND	219
XII.D.	LA INDUSTRIA DEL CEMENTO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO	221
XII.E.	ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	223
XII.E.1	Consideraciones Metodológicas	223
XII.E.2	Factores de emisión – Datos Estadísticos	223
XII.E.3	Combustibles utilizados en el Horno de Clinkerización	224
XII.E.3.a	Gas Natural	225
XII.E.3.b	Fuel-Oil	226
XII.E.3.c	Biomasa	227
XII.E.4	Electricidad	228
XII.E.5	Cemento: Tipos y composición	229
XII.E.6	Materias Primas e Insumos	229
XII.E.7	Emisiones asociadas al Tratamiento de Efluentes	230
XII.E.8	Producción de Cemento Portland	230
XIII.	INDUSTRIA DE PRODUCCIÓN DE ACEITE	233
XIII.A.	CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA Y DE PROCESOS	233
XIII.B.	LOCALIZACIÓN DE LA INDUSTRIA DE PRODUCCIÓN DE ACEITE	237
XIII.C.	PRODUCTOS Y EMPRESAS	237
XIII.D.	ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	238
XIII.D.1	Consideraciones Metodológicas	238
XIII.D.2	Materias Primas e Insumos	240
XIII.D.3	Electricidad	241
XIII.D.4	Tratamiento de Efluentes	241
XIII.D.5	Apropiación de emisiones	241
XIII.E.	CORRESPONDENCIA CON EL ESTUDIO "HUELLA DE CARBONO EN LAS EXPORTACIONES DE LOS PRODUCTOS AGROPECUARIOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES"	242
XIII.F.	INDUSTRIA ACEITERA	243
XIV.	INDUSTRIA PAPELERA	245
XIV.A.	CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	245
XIV.B.	INDICADORES PRODUCTIVOS Y ECONÓMICOS DE LA INDUSTRIA PAPELERA	256
XIV.B.1	Situación Internacional	256

XIV.B.2	Situación Nacional	256
XIV.B.3	Situación en la Provincia de Buenos Aires	259
XIV.C.	PAPEL PRENSA S.A.	261
XIV.D.	PAPELERA MASSUH	263
XIV.E.	KIMBERLY CLARK S.A.	265
XIV.F.	PAPELERA DEL PLATA	266
XIV.G.	ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	267
XIV.G.1	Consideraciones Metodológicas	267
XIV.G.2	Factores de emisión – Datos Estadísticos	267
XIV.G.3	Consumo de Vapor	268
XIV.G.4	Materias Primas e insumos	269
XIV.G.5	Electricidad	269
XIV.G.6	Tratamiento de Efluentes	269
XV.	INDUSTRIA LÁCTEA	271
XV.A.	INTRODUCCIÓN	271
XV.B.	LA PRODUCCIÓN PRIMARA DE LECHE	271
XV.C.	LA INDUSTRIA LÁCTEA	278
XV.D.	EXPORTACIONES DEL SECTOR LÁCTEO	283
XV.E.	ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	287
XV.E.1	Consideraciones Metodológicas	287
XV.E.2	Factores de emisión – Datos Estadísticos	288
XV.E.3	Fuentes de emisión analizadas	288
XV.E.3.a	Producción de Materias Primas	288
XV.E.3.b	Fermentación Entérica	289
XV.E.3.c	Estiércol en Pasturas	289
XV.E.3.d	Lagunas Anaeróbicas	289
XV.E.3.e	Aplicación de salida de lagunas a suelos	290
XV.E.3.f	Energía	290
XV.E.4	Definición de modelos Productivos	291
XV.E.5	Emisiones Tambos por Región	298
XVI.	INDUSTRIA AUTOMOTRIZ	300
XVI.A.	ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	300
XVI.A.1	Consideraciones Metodológicas	300
XVI.A.2	Factores de emisión – Datos Estadísticos	301
XVI.A.3	Gas Natural	302
XVI.A.4	Productos analizados: Automóvil y Pick-Up.	303
XVI.A.4.a	Masa de cada producto	303
XVI.A.4.b	Materias Primas	303
XVI.A.4.c	Electricidad	305
XVI.A.4.d	Tratamiento de Efluentes	305
XVI.A.4.e	Consideración Metodológica	306
XVI.A.4.f	Industria Automotriz (Terminales)	306
XVII.	BIOETANOL CELULÓSICO	307
XVII.A.	EL BIOETANOL	307
XVII.B.	COMPOSICIÓN DE LAS MADERAS Y RESIDUOS AGRÍCOLAS	310
XVII.C.	EL BIOETANOL A PARTIR DE LA CELULOSA	314
XVII.D.	BALANCE PARA PRODUCIR BIOETANOL A PARTIR DE LA CELULOSA	327
XVIII.	CONCLUSIONES	330

XVIII.A.	PETROQUÍMICA	333
XVIII.B.	CEMENTERA	334
XVIII.C.	SIDERÚRGICA	334
XVIII.D.	ACEITERA	336
XVIII.E.	PAPELERA	339
XVIII.F.	LÁCTEA	341
XVIII.G.	AUTOMOTRIZ	343
XVIII.H.	BIOETANOL CELULÓSICO	345

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1. Principales eslabones de la cadena productiva de petroquímicos	64
Ilustración 2. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Producciones del "Complejo Aromático"	71
Ilustración 3. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Producciones del "Complejo Aromático", datos de diseño	72
Ilustración 4. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Producciones del "Complejo Olefinas". Datos de diseño	79
Ilustración 5. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Producciones del "Complejo Olefinas"	80
Ilustración 6. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Producciones del "Complejo MAN". Datos de Diseño	82
Ilustración 7. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Producciones del "Complejo MAN".	82
Ilustración 8. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Producciones del "Complejo PIB". Datos de Diseño	83
Ilustración 9. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Producciones del "Complejo PIB"	84
Ilustración 10. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Producciones del "Complejo LAB". Datos de Diseño	85
Ilustración 11. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Producciones del "Complejo LAB"	86
Ilustración 12. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroken S.A. Esquema del proceso LIPP	97
Ilustración 13. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PROFERTIL. Esquema de Producción de Amoníaco	101
Ilustración 14. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PROFERTIL. Esquema de Producción de UREA	102
Ilustración 15. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Proceso de producción de PEBD. Esquema	108
Ilustración 16. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Esquema del reactor tubular	108

Ilustración 17. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Esquema de proceso para PEAB (slurry)	110
Ilustración 18. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Esquema de proceso con reactor en fase gaseosa	112
Ilustración 19. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Emisiones Químicas (Compuestos Prioritarios)	116
Ilustración 20. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Emisiones Químicas (cualquier producto químico excepto los productos de combustión y sólidos disueltos: cloruro de sodio y sulfatos)	116
Ilustración 21. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Reducción de agua residual (efluentes de proceso y domésticos)	117
Ilustración 22. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Reducción de Residuos	117
Ilustración 23. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Reducción de Residuos (Residuos sólidos y volátiles)	118
Ilustración 24. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. Electrólisis de mercurio	120
Ilustración 25. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. Cloruro de vinilo – Flujo de producción	121
Ilustración 26. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. PCV – Flujo de producción	123
Ilustración 27. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CABOT. Proceso de fabricación de "Negro de Humo"	133
Ilustración 28. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. DAK AMERICAS Argentina S.A. Diagrama de Flujo Integral de envases a partir de PET	136
Ilustración 29. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Petrobras Energy. Esquema genérico del proceso de producción de Poliestireno	140
Ilustración 30. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Proceso de una etapa para la producción de acetaldehído a partir de etileno	152
Ilustración 31. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Esquema del proceso de producción de ácido acético	153
Ilustración 32. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Proceso de obtención de formaldehído a partir del metanol con catalizadores de óxidos de metales	154

Ilustración 33. Industria Petroquímica. Petroquímica La Plata - YPF. Complejo Aromáticos	166
Ilustración 34. Industria Petroquímica. Petroquímica La Plata - YPF. Complejo Olefinas	166
Ilustración 35. Industria Petroquímica. Petroquímica La Plata - YPF. Complejo MAN	167
Ilustración 36. Industria Petroquímica. Petroquímica La Plata - YPF. Complejo PIB	167
Ilustración 37. Petroken – Petroquímica Ensenada S.A. Esquema de funcionamiento de Planta	169
Ilustración 38. Industria Petroquímica. Polo Bahía Blanca. Plantas MEGA/TGS. Esquema de funcionamiento	170
Ilustración 39. Industria Petroquímica. Polo Bahía Blanca. Planta PROFÉRTIL. Esquema de funcionamiento	171
Ilustración 40. Industria Petroquímica. Polo Bahía Blanca. Planta PBB Polisur-DOW. Esquema de funcionamiento	173
Ilustración 41. Industria Petroquímica. Polo Bahía Blanca. Planta SOLVAY – INDUPA. Esquema de funcionamiento	174
Ilustración 42. Industria Petroquímica. Polo Campana. Planta BUNGE. Esquema de funcionamiento	176
Ilustración 43. Industria Petroquímica. Polo Campana. Planta CABOT. Esquema de funcionamiento	178
Ilustración 44. Industria Petroquímica. Polo Campana. Emisiones Planta CABOT	178
Ilustración 45. Industria Petroquímica. Polo Campana. Planta DAK AMERICAS Argentina S.A. Esquema de funcionamiento	179
Ilustración 46. Industria Petroquímica. Polo Campana. Planta Petrobras Energy – PS. Esquema de funcionamiento	180
Ilustración 47. Industria Petroquímica. Polo Campana. Planta CARBOCLOR S.A. Esquema de funcionamiento	181
Ilustración 48. Industria Petroquímica. Polo Gran Buenos Aires. ATANOR (Baradero). Esquema de funcionamiento	182
Ilustración 49. Industria Petroquímica. Polo Gran Buenos Aires. ATANOR (Munro). Esquema de funcionamiento	183
Ilustración 50. Producción de acero mediante horno eléctrico	191
Ilustración 51. Funcionamiento de un alto horno	196
Ilustración 52. Funcionamiento de un tanque de relave	199

Ilustración 53. Localización de la industria siderúrgica en la Argentina	201
Ilustración 54. Industria Siderúrgica. Planta SIDERAR. Esquema de funcionamiento	208
Ilustración 55. Industria Siderúrgica. Planta Tenaris Campana. Esquema de funcionamiento	212
Ilustración 56. Proceso de fabricación del Cemento	214
Ilustración 57. Proceso industrial de fabricación de cemento	217
Ilustración 58. Argentina. Localización de la industria del cemento portland	220
Ilustración 59. Provincia de Buenos Aires. Localización de la industria del cemento portland	221
Ilustración 60. Industria del Cemento. Planta genérica. Esquema de funcionamiento	231
Ilustración 61. Industria de producción de Aceite. Diagrama de flujo de la producción de aceite	234
Ilustración 62. Industria de producción de Aceite. Planta de Aceite de Soja/Girasol. Esquema de funcionamiento	243
Ilustración 63. Industria Papelera. Diagrama de flujo de pulpado quimiotermomecánico (CTMP)	247
Ilustración 64. Industria Papelera. Etapas típicas en el proceso de pulpado Kraft. Fuente: ARAUCO, Panorama de la Celulosa, Franco Bozzalla, Agosto 2010	250
Ilustración 65. Diagrama de Flujo de Pulpado Químico Kraft Blanqueado	252
Ilustración 66. Etapas en la fabricación del papel	254
Ilustración 67. Diez principales empresas del sector pastero papelerero en Argentina	258
Ilustración 68. Industria Lechera. Provincia de Buenos Aires. Cuencas lecheras	275
Ilustración 69. Industria Lechera. Provincia de Buenos Aires. Distribución de tambos por cuencas lecheras	277
Ilustración 70. Provincia de Buenos Aires. Distribución de plantas de producción láctea	282
Ilustración 71. Rutas fermentativas de la glucosa una vez hidrolizado el almidón contenido en el grano de maíz o en la celulosa	309
Ilustración 72. Composición y estructura de la pared celular y estructura de la molécula de celulosa	311
Ilustración 73. Composición de la lignina partir de estructuras aromáticas que se originan por deshidratación de los azúcares.	312
Ilustración 74. Métodos de destoxificación de hidrolizados de Biomasa	321
Ilustración 75. Principales configuraciones para obtención de etanol a partir de celulosa	325
Ilustración 76. Evolución tecnológica para obtención de etanol a partir de celulosa	327

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1.: Provincia de Buenos Aires. Producto Bruto Geográfico (PBG)	33
Tabla 2. Provincia de Buenos Aires. Indicadores de demanda seleccionados	33
Tabla 3. Provincia de Buenos Aires. Nº de locales industriales. Principales distritos	36
Tabla 4. Provincia de Buenos Aires. Valor FOB de las exportaciones y participación en el total nacional	43
Tabla 5. Exportaciones. Tasas de crecimiento país y Provincia de Buenos Aires	43
Tabla 6. Exportaciones. Tasas de crecimiento país y Provincia de Buenos Aires. Variación 2010-2011. 1er trimestre	44
Tabla 7. Exportaciones totales por grandes rubros Provincia de Buenos Aires y total País. Año 2010. En millones de U\$S	44
Tabla 8. Exportaciones totales por grandes rubros. Provincia de Buenos Aires y total País. Año 2011. Enero. En millones de U\$S	45
Tabla 9. Provincia de Buenos Aires. Exportaciones. Principales mercados destino. Años 2008-2009	45
Tabla 10. Provincia de Buenos Aires. Exportaciones. Principales mercados destino. Participación y comparación primer trimestre 2010-2011	46
Tabla 11. Exportaciones destino Brasil por grandes rubros. Provincia de Buenos Aires y total País. Año 2010 (en %)	46
Tabla 12. Provincia de Buenos Aires. Variación de las exportaciones de los principales complejos productivos industriales	47
Tabla 13. Provincia de Buenos Aires. Variación de las exportaciones de los principales complejos industriales provinciales (1er Trimestre)	47
Tabla 14. Provincia de Buenos Aires. Clusters industriales. Principales productos de exportación	47
Tabla 15. Provincia de Buenos Aires. Indicadores de sectores industriales seleccionados	53
Tabla 16. Provincia de Buenos Aires. Tasa de crecimiento promedio anual y contribución relativa al crecimiento de clusters seleccionados. Años 2003-2009	53
Tabla 17. Localización del cluster automotriz	55
Tabla 18. Productos Petroquímicos. Clasificación	62

Tabla 19. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo Aromático. Producción	87
Tabla 20. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo Olefinas. Producción	88
Tabla 21. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo MAN. Producción	89
Tabla 22. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo PIB. Producción	90
Tabla 23. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo LAB. Producción	91
Tabla 24. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo Aromático. Consumo de energía	92
Tabla 25. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo Olefinas. Consumo de energía	92
Tabla 26. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo MAN. Consumo de energía	93
Tabla 27. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo PIB. Consumo de energía	93
Tabla 28. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo LAB. Consumo de energía	94
Tabla 29. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroken S.A. Consumo de energía por tn de polipropileno (PP)	98
Tabla 30. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PROFERTIL. Consumos específicos para la producción de Amoníaco	103
Tabla 31. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PROFERTIL. Consumos específicos para la producción de Urea Granulada	103
Tabla 32. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Materias Primas	114
Tabla 33. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Planta de Etileno. Requerimientos energéticos	114
Tabla 34. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Planta de PEBD. Requerimientos energéticos	114

Tabla 35. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Planta de PEAD. Requerimientos energéticos	115
Tabla 36. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Requerimientos energéticos como consumo específico en función del producto final de cada planta	115
Tabla 37. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. Planta de producción de Cloro. Materias Primas	124
Tabla 38. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. Planta de producción de VCM. Materias Primas	124
Tabla 39. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. Planta de producción de PVC. Materias Primas	125
Tabla 40. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. Planta de producción de Cloro. Energía	125
Tabla 41. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. Planta de producción de VCM. Energía	125
Tabla 42. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. Planta de producción de PVC. Energía	125
Tabla 43. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Bunge. Planta de producción de NH ₃ . Materias Primas	129
Tabla 44. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Bunge. Planta de producción de Urea. Materias Primas	129
Tabla 45. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Bunge. Planta de producción de UAN. Materias Primas	129
Tabla 46. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Bunge. Planta de producción de NH ₃ . Energía	130
Tabla 47. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Bunge. Planta de producción de Urea. Energía	130
Tabla 48. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CABOT. Materias primas	134
Tabla 49. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CABOT. Subproductos	134
Tabla 50. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CABOT. Energía	134

Tabla 51. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. DAK AMERICAS Argentina S.A. Producción de PET Amorfo. Materias primas	137
Tabla 52. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. DAK AMERICAS Argentina S.A. Producción de PET Cristalino. Materias primas	137
Tabla 53. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. DAK AMERICAS Argentina S.A. Producción de PET Amorfo. Energía	137
Tabla 54. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. DAK AMERICAS Argentina S.A. Producción de PET Cristalino. Energía	137
Tabla 55. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Petrobras Energy. Producción de PS (GPPS). Materias primas	141
Tabla 56. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Petrobras Energy. Producción de PS (HIPS). Materias primas	141
Tabla 57. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Petrobras Energy. Producción de PS (GPPS). Energía	141
Tabla 58. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Petrobras Energy. Producción de PS (HIPS). Energía	142
Tabla 59. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Diagrama de producción de Solventes Oxigenados y MTBE	145
Tabla 60. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Producción	145
Tabla 61. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Proceso de IPA. Materias primas e insumos	146
Tabla 62. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Proceso de IPA. Subproductos	146
Tabla 63. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Proceso de Acetona. Materias primas e insumos	146
Tabla 64. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Proceso de Acetona. Subproductos	146
Tabla 65. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Proceso de Butanol Secundario (SBA). Materias primas e insumos	147
Tabla 66. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Proceso de Butanol Secundario (SBA). Subproductos	147

Tabla 67. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Proceso de Metil-etil-cetona (MEK). Materias primas e insumos	147
Tabla 68. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Proceso de Metil-etil-cetona (MEK). Subproductos	147
Tabla 69. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Proceso de Metil-isobutil-cetona (MIK). Materias primas e insumos	148
Tabla 70. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Proceso de MTBE. Materias primas e insumos	148
Tabla 71. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Proceso de MTBE. Subproductos	148
Tabla 72. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Proceso de IPA. Energía	148
Tabla 73. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Proceso de Acetona. Energía	149
Tabla 74. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Proceso de SBA. Energía	149
Tabla 75. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Proceso de MEK. Energía	149
Tabla 76. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Proceso de MIK. Energía	149
Tabla 77. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A. Proceso de MTBE. Energía	150
Tabla 78. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Producción de Acetaldehído. Materias primas e insumos	155
Tabla 79. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Producción de Acido Acético. Materias primas e insumos	155
Tabla 80. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Producción de Formaldehído. Materias primas e insumos	155
Tabla 81. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Producción de Acetaldehído. Energía	156
Tabla 82. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Producción de Acido Acético. Energía	156

Tabla 83. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Producción de Formaldeído. Energía	156
Tabla 84. Industria Petroquímica. Consumo de energía en la producción de Nylon 66	160
Tabla 85. Industria Petroquímica. Marcha de cálculo de las emisiones por combustión de Gas Natural	162
Tabla 86. Industria Petroquímica. "Emisiones fugitivas" de Gas Natural	163
Tabla 87. Industria Petroquímica. Emisiones asociadas al consumo de vapor	165
Tabla 88. Industria Petroquímica. Emisiones Petroquímica La Plata - YPF	168
Tabla 89. Emisiones Petroken – Petroquímica Ensenada S.A.	169
Tabla 90. Industria Petroquímica. Polo Bahía Blanca. Emisiones Plantas MEGA/TGS	170
Tabla 91. Industria Petroquímica. Polo Bahía Blanca. Emisiones Planta PROFÉRTIL	172
Tabla 92. Industria Petroquímica. Polo Bahía Blanca. Emisiones Planta PBB Polisor-DOW	173
Tabla 93. Industria Petroquímica. Polo Bahía Blanca. Emisiones Planta SOLVAY - INDUPA	174
Tabla 94. Industria Petroquímica. Polo Campana. Emisiones Planta BUNGE	177
Tabla 95. Industria Petroquímica. Polo Campana. Emisiones Planta DAK AMERICAS Argentina S.A.	179
Tabla 96. Industria Petroquímica. Polo Campana. Emisiones Petrobras Energy – PS	180
Tabla 97. Industria Petroquímica. Polo Campana. Emisiones CABOCLOR S.A.	182
Tabla 98. Industria Petroquímica. Polo Gran Buenos Aires. Emisiones ATANOR	183
Tabla 99.. Industria Petroquímica. Polo Gran Buenos Aires. Emisiones INVISTA Argentina	184
Tabla 104. Industria Petroquímica. Emisiones asociadas a la producción de Amoníaco	185
Tabla 105. Industria Petroquímica. Emisiones asociadas a la producción de Urea	186
Tabla 106. Industria Petroquímica. Emisiones asociada a la producción de UAN	186
Tabla 107. Importación de Nitrato de Amonio para la producción de UAN	186
Tabla 108. Industria Petroquímica. Empresa "Bunge".	187
Tabla 109. Industria Petroquímica. Empresa "Cabot". Emisiones asociadas a la producción de Negro de Humo (" <i>Black Carbon</i> ")	187
Tabla 110. Gases de Efecto Invernadero. Potenciales de Calentamiento	202
Tabla 111. Industria Siderúrgica. Emisiones asociadas a Carbón Mineral	205

Tabla 112. Industria Siderúrgica. Emisiones asociadas a Gas Natural	205
Tabla 113. "Emisiones fugitivas" de Gas Natural	206
Tabla 114. Industria Siderúrgica. Emisiones Planta SIDERAR	210
Tabla 115. Industria Siderúrgica. Planta AcerBrag. Esquema de funcionamiento	211
Tabla 116. Industria Siderúrgica. Emisiones Planta AcerBrag	211
Tabla 117. Industria Siderúrgica. Emisiones Planta Tenaris Campana	213
Tabla 118. Producción y despacho de cemento a nivel nacional	219
Tabla 119. Industria del Cemento. Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero	223
Tabla 120. Industria del Cemento. Requerimiento energético por tonelada de Clinker	225
Tabla 121. Industria del Cemento. Marcha de cálculo de emisiones por combustión de Gas Natural	225
Tabla 122. Industria del Cemento. "Emisiones fugitivas" de Gas Natural	226
Tabla 123. Industria del Cemento. Marcha de cálculo de emisiones por combustión de Fuel-Oil	226
Tabla 124. Industria del Cemento. Emisiones provenientes de refinerías	227
Tabla 125. Industria del Cemento. Emisiones por combustión de Biomasa	228
Tabla 126. Industria del Cemento. Consumo de energía eléctrica	228
Tabla 127. Industria del Cemento. Emisiones asociadas al proceso de elaboración de Clinker	230
Tabla 128. Industria del Cemento. Plantas de producción de cemento Portland	231
Tabla 129. Industria del Cemento. Emisiones de GEIs asociadas a la producción de cemento	232
Tabla 130. Industria de producción de Aceite. Materias primas y maquinaria involucrada en el proceso productivo	236
Tabla 131. Industria de producción de Aceite. Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero	238
Tabla 132. Industria de producción de Aceite. Emisiones de GEIs	244
Tabla 133. Industria Papelera. Insumos de un proceso CTMP típico	247
Tabla 134. Industria Papelera. Insumos representativos de una planta a gran escala	251
Tabla 135. Industria Papelera. Valores estimados de potencia consumida y generada de una planta a gran escala	251

Tabla 136. Industria Papelera. Características de la descarga de la planta de tratamiento de efluentes de una planta a gran escala	252
Tabla 137. Producción total de Pasta y Papel en la Republica Argentina (2007)	257
Tabla 138. Producción de pasta celulósica en la Argentina según materia prima (2007)	257
Tabla 139. Argentina. Exportaciones de los principales productos forestales. Año 2009	259
Tabla 140. Evolución de la producción papelera en la República Argentina. Período 2000-2005	261
Tabla 141. Evolución de la producción papelera en la provincia de Buenos Aires. Período 2000-2005	261
Tabla 142. Industria papelera. Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero	267
Tabla 143. Industria papelera. Emisiones de GEIs por tratamiento de efluentes	270
Tabla 144. Industria Láctea nacional. Producción año 2009	280
Tabla 145. Exportaciones nacionales de productos lácteos (toneladas). Serie 2006/2010	285
Tabla 146. Exportaciones nacionales de productos lácteos (miles de dólares FOB). Serie 2006/2010	286
Tabla 147. Industria Láctea. Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero	287
Tabla 151. Industria Automotriz. Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero	300
Tabla 152. Industria Automotriz. Emisiones por combustión de Gas Natural	302
Tabla 153. Industria Automotriz. "Emisiones fugitivas" por Gas Natural	302
Tabla 154. Industria automotriz. Emisiones por vehículo	306
Tabla 148. Métodos de Pretratamiento	319
Tabla 149. Procesos para obtención de biotenoil lignocelulósico	326
Tabla 150. Valores comparativos del etanol de distintas materias primas con otras fuentes energética. Energía del Biocombustible / Energía Fósil utilizada	328

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico 1. Provincia de Buenos Aires. Evolución del PBG. Años 1993-2006 (en millones de pesos de 1993)	33
Gráfico 2. Participación provincial en la fabricación de vehículos	55
Gráfico 3. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PROFERTIL. Efluentes I104	
Gráfico 4. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PROFERTIL. Efluentes II105	
Gráfico 5. Producción siderúrgica nacional. Fuente: Cámara Argentina del Acero	200
Gráfico 6. Consumo de energía en el sector siderúrgico	202
Gráfico 7. Proceso de homogeneización. Materias primas y compuestos minerales	215
Gráfico 8. Producción y despacho de cemento a nivel nacional	218
Gráfico 9. Provincia de Buenos Aires. Evolución de la producción de leche (millones de litros)	273
Gráfico 10. Industria Lechera. Provincia de Buenos Aires. Distribución porcentual de tambos por Cuenca	276
Gráfico 11. Provincia de Buenos Aires. Participación en la producción provincial por cuenca lechera	278
Gráfico 12. Destinos de la producción nacional de leche	279
Gráfico 13. Provincia de Buenos Aires. Cantidad de plantas (%) y total de leche procesada (%) por cuenca lechera	281
Gráfico 14. Evolución de las exportaciones nacionales de productos lácteos. Período 2006/2010	283
Gráfico 15. Industria Lechera. Exportaciones nacionales. Participación (%) de los productos lácteos exportados sobre el total de toneladas exportadas	284
Gráfico 16. Industria Láctea. Emisiones de GEIs de tambos por Región	299
Gráfico 17. Rutas tecnológicas para la producción de bioetanol	315

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1 . Provincia de Buenos Aires. Producto Bruto Geográfico (PBG). Valor Agregado Bruto según Municipio. Industria Manufacturera. Año 2003	35
Mapa 2. Agrupamientos industriales por cantidad de industria y locales. Año 2010	36
Mapa 3. Agrupamientos industriales por tipo	37
Mapa 4. Localización del cluster petroquímico	54
Mapa 5. Localización del cluster siderúrgico	54
Mapa 6. Plantas petroquímicas en la Argentina	63

I. RESUMEN EJECUTIVO

Los mercados internacionales presentan una tendencia cada vez más marcada hacia el consumo de productos que no contribuyan al calentamiento global, focalizándose en bienes cuya elaboración genere la menor cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEIs). La Huella de Carbono de un producto representa las emisiones de GEIs causadas directa e indirectamente por el producto, teniendo en cuenta todas las emisiones desde "la cuna hasta la tumba", es decir que contabiliza las emisiones de las materias primas, los procesos de transformación, transporte, y disposición final.

La huella de carbono parece ser una herramienta que usarán los países desarrollados para forzar a los países en vías de desarrollo a implementar medidas de mitigación. La exigencia de la huella de carbono como condición impuesta para permitir el ingreso de productos importados a esos países desarrollados les permitirá dar respuesta a las presiones que tienen de sus productores locales que deben afrontar mayores costos para lograr bajas emisiones en sus bienes.

El requerimiento de cálculo de la huella de carbono parece ser una tendencia principalmente en los países de Europa, lo que podría afectar en el futuro las exportaciones de bienes de la Provincia de Buenos Aires. Por esto la importancia de continuar profundizando el tema para lograr vencer las barreras detectadas en el presente estudio.

La falta de acceso a la información, ya sea porque los datos no existen o porque los mismos son confidenciales fue el denominador común del estudio. Esto es una barrera que necesariamente habrá que superar con la ayuda de la concientización y difusión del tema. Por esto, en el caso en que no fue posible obtener datos locales se adoptaron datos por defecto internacionales. El sector público provincial tiene una posición estratégica y una responsabilidad en la difusión y capacitación en el territorio provincial y local debiendo actuar como facilitador del proceso de concientización en la materia.

El estudio buscó articular con el sector privado para la obtención de datos y con el sector científico académico para elaborar/seleccionar metodologías de cálculo. La temática requiere el abordaje interdisciplinario y la articulación interinstitucional. Este trabajo es un puntapié inicial del proceso largo y complejo del abordaje, en el que ha

sido posible detectar puntos de conflicto, incertidumbres, vacíos metodológicos y también puntos en común.

Las Pymes no cuentan con la infraestructura, ni con los recursos económicos ni humanos que les permitan avanzar en el cálculo de su huella de carbono. Otro inconveniente se genera si las materias primas e insumos son importados.

Las empresas grandes ya se encuentran trabajando en el tema aunque de manera parcial ya que están en una primera etapa que sólo considera las emisiones dentro de los límites de la organización.

Las empresas exportadoras que en el futuro tengan que cuantificar su huella de carbono como requisito de sus clientes se encontrarán con serias dificultades para obtener la huella de sus proveedores. Además para que se puedan sumar las huellas deben haber sido cuantificadas bajo el mismo estándar. Como hay muchos estándares diferentes podría darse la situación en que una Pyme sea proveedora de varias empresas que están calculando su huella con diferentes metodologías y que por lo tanto sea necesario calcularla bajo distintos protocolos. Por esto se recomienda avanzar en la elaboración de una metodología propia de cálculo vigente en todo el país que sea aceptada internacionalmente ya que sino al sector privado no le resultará de utilidad. También hacen falta elaborar procedimientos para toma de muestras, mediciones, y actualizar los factores de emisión locales.

Se recomienda trabajar conjuntamente lo público con lo privado, acercándose el sector público a las cámaras empresariales para avanzar en la posibilidad de que entreguen datos anónimos de sus empresas agrupadas que permitan trabajar con esos datos y a cambio el estado provincial se comprometa a elaborar indicadores de benchmarking que permitan a los privados conocer dónde se posicionan respecto del abanico de resultados de su sector que incluye a sus competidores. A las empresas más que interesarles conocer cuál es su huella les interesa saber cómo se posicionan frente a sus competidores.

Algunos sectores productivos tienen su huella principalmente ligada a las materias primas y a sus procesos productivos mientras que otros sectores importantes tienen su huella fuertemente ligada a los consumos energéticos.

La falta de gas natural y su consiguiente reemplazo por combustibles fósiles alternativos (gasoil o fuel oil) que son más intensivos en términos de CO₂ afecta negativamente la huella de carbono tanto por el consumo directo de estos hidrocarburos para producir energía térmica como por el aumento de las emisiones en el sector eléctrico. La matriz energética primaria de Argentina supera el 90% de participación de los combustibles fósiles lo que tiene aparejada una alta huella de carbono.

La diversificación en la matriz energética nacional será clave al igual que el diagramar la posibilidad de incorporar energías renovables directamente en el punto de conexión eléctrica de la industria. Se recomienda que se implementen programas de fomento de generación de energía renovable distribuida vinculada a un nodo de consumo industrial.

II. INTRODUCCIÓN

La Huella de Carbono representa las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEIs) causadas directa e indirectamente por un individuo, organización, producto, etc., expresadas en términos de dióxido de carbono equivalente ($\text{CO}_{2\text{eq}}$). En este sentido, la Huella de Carbono es una medida del impacto que provocan las actividades del hombre sobre el ambiente, determinada según la cantidad de CO_2 producido por ellas. Una parte sustancial de esas actividades cotidianas generan emisiones de carbono que contribuirían a acelerar el proceso de calentamiento global y el cambio climático.

Como consecuencia de ello desde hace ya varios años, la importancia de un ambiente sostenible en relación a la producción de bienes ha crecido considerablemente, y la presión en esa dirección está aumentando, tanto desde los consumidores como desde los canales de distribución, impulsando a que la totalidad de la cadena de valor de un producto sea evaluada al respecto.

Alineados con ello, los mercados internacionales presentan una tendencia cada vez más marcada hacia el consumo de productos que no contribuyan al calentamiento global, focalizándose en bienes cuya elaboración genere la menor cantidad de GEIs.

Esta tendencia se debe, en gran parte, a que los países desarrollados y con economías en transición han celebrado un compromiso legal (Protocolo de Kyoto, 1997), por medio del cual se obligan a limitar las emisiones de GEIs, para el período 2008-2012.

Si bien aún no está claro qué tipo de acuerdo será el que continúe al Protocolo de Kyoto se estima que, debido a los potenciales compromisos "puertas adentro" de los países con metas cuantitativas, pueda existir una presión sobre los productos importados para que éstos sean producidos con iguales niveles de emisión de GEIs que los de origen nacional. Esta presión es en parte generada por los productores locales de estos países para que sus productos compitan en "igualdad de condiciones" con los producidos en países sin restricciones de emisiones de GEIs. Sin duda, estas restricciones se traducirán en un aumento de los costos de producción.

Es importante destacar que la Huella de Carbono (o "Carbon Footprint", por sus siglas en inglés) de cada producto incluye las emisiones no sólo del proceso productivo en sí, sino también del transporte desde el origen (materias primas), hasta los centros de consumo.

En este aspecto, entre los métodos de transporte más comúnmente utilizados para enviar productos a los puntos de consumo se puede citar el aéreo, que es el método más intenso en términos de emisiones de carbono, generando el triple de emisiones que el transporte terrestre (camión). Por su parte, la alternativa marítima, utilizada ampliamente para el transporte de agroproductos, se considera más eficiente que la terrestre. Esto, en muchos casos, le otorgaría a los productos extranjeros y transportados por barco una ventaja competitiva por sobre aquellos nacionales transportados por camión.

En tal sentido, al menos dos supuestos fuertes proveen el marco de análisis para el desarrollo metodológico que sustenta al presente trabajo. Por un lado, la valoración del impacto de los gases de efecto invernadero en relación al cambio climático (y al ambiente) y los compromisos de mitigación actuales y futuros a ser asumidos por los países y, junto a ello, las medidas y restricciones comerciales que puedan surgir como consecuencia de las negociaciones hacia futuro en relación a la presente temática.

El presente trabajo constituye la segunda etapa del proyecto de cálculo de la huella de carbono en las exportaciones de la Provincia de Buenos Aires, focalizándose en la producción y exportación de los principales complejos (clusters) industriales provinciales.

Son relevantes en este punto algunos comentarios que permiten inferir la complejidad de la tarea asociada al cálculo en la etapa industrial.

En primer lugar, y en líneas generales, el acceso a información de primera mano respecto a procesos y producción en la totalidad de los sectores analizados resulta sumamente dificultoso (ya sea porque no es política de las empresas difundir datos, o bien porque la medición de algunas variables relevantes para el estudio no es realizada por la firma).

Junto a ello, y en lo específicamente atinente a la industria petroquímica, para la cual se ha formulado el modelo de cálculo, las complejidades inherentes a los procesos, la multiplicidad de productos -algunos de los cuales son insumos para la producción de otros productos petroquímicos-, la mencionada escasez en la disponibilidad de información relevante –debida en parte a que numerosos procesos de producción sólo están disponibles bajo licencia- y el hecho de que algunas de las materias primas utilizadas por la industria son importadas -lo cual complejiza el cálculo de las emisiones asociadas- constituyen sólo alguna de las limitantes encontradas.

Una dificultad adicional, vinculada al cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero de las firmas de la industria, se da a partir de que en tanto que las emisiones de los procesos petroquímicos son específicas de cada producto, cada planta tiene un menú distinto de productos, y aún dentro de un mismo producto, los procesos involucrados suelen diferir entre firmas. Todo esto contribuye a hacer dificultoso el cálculo de la Huella en estos complejos industriales.

III. LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

III.A. Caracterización

Con una superficie de 307.571 km² y una población total de 15.594.428 habitantes, la Provincia de Buenos Aires es la más extensa (11% del total nacional), la más habitada (38,9% del total nacional), y la más densamente poblada (50,7 hab/km² frente a los 14,4 hab/km² a nivel nacional)¹.

Debido a factores tales como su historia productiva, sus ventajas comparativas a nivel productivo, la disponibilidad de instrumentos de apoyo (ej. agrupamientos ó clusters) y la cercanía a centros de consumo, Buenos Aires es la provincia con una mayor diversidad, complejidad y desarrollo productivo.

Analizando el Producto Bruto Geográfico (PBG) provincial, que en los últimos quince años se ha mantenido en el orden del 32% del total nacional², se verifica la existencia de complejos productivos provinciales con un elevado grado de desarrollo, tales como el automotriz, cerealero, ganadero (bovino), oleaginoso, pesquero, petrolero – petroquímico, química básica, siderúrgico y turismo.

Los datos correspondientes al PBG total y por grandes sectores productivos se presentan a continuación.

1 Datos de población correspondientes al Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.

2 De acuerdo a los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), y de la Dirección Provincial de Estadística (DPE), los bienes y servicios explican el 38% y 62%, respectivamente, del PBG provincial.

Año	1997	2002	2005
Participación del PBG en el total nacional (e)	32,0	31,0	32,0

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación. Subsecretaría de Programación Económica

Tabla 1.: Provincia de Buenos Aires. Producto Bruto Geográfico (PBG)



Gráfico 1. Provincia de Buenos Aires. Evolución del PBG. Años 1993-2006 (en millones de pesos de 1993)

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación. Dirección de Información y Análisis Sectorial (en base a datos de la Dirección Provincial de Estadística de la Provincia de Buenos Aires).

III.B. Sector industrial provincial

Como ya fuera mencionado, el entramado industrial de la Provincia de Buenos Aires, presenta un alto grado de desarrollo y diversificación, participando con el 48% de la actividad industrial del país, en una economía provincial en la que dicha actividad explica el 22% del total.

Un primer correlato de la dimensión del sector industrial bonaerense puede observarse si se inspecciona la evolución de los principales indicadores de demanda provinciales.

Indicador	UM	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Participación en el total nacional (en %)	Fuente
Consumo cemento Portland	Tn	1.707.076	2.129.267	2.569.139	3.062.640	3.296.953	3.415.441	3.334.965	36,9	AFCP
Permisos de edificación ^(*)	m ²	863.219	1.004.633	1.350.097	1.319.239	1.424.989	1.433.949	1.249.613	15,9	INDEC
Consumo de energía eléctrica	MWh	29.014.932	30.808.446	33.124.213	34.843.704	36.901.322	38.177.804	42.266.178	43,0	Sec. Energía
Patentamiento de automotores	unid.	s/d	s/d	110.907	128.363	167.955	181.049	163.058	33,4	ACARA
Venta de combustibles-gas	m ³	4.258.298	4.707.776	4.525.737	4.778.183	5.058.028	5.056.100	4.584.131	35,8	Sec. Energía
Venta de combustible-nafta	m ³	1.385.758	1.391.603	1.437.001	1.644.382	1.913.897	2.107.273	2.174.824	36,9	Sec. Energía

(*) Los permisos de edificación corresponden a los partidos de Bahía Blanca, Berazategui, General Pueyrredón, La Matanza, Quilmes y San Isidro.

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación. Subsecretaría de Programación Económica.

Tabla 2. Provincia de Buenos Aires. Indicadores de demanda seleccionados

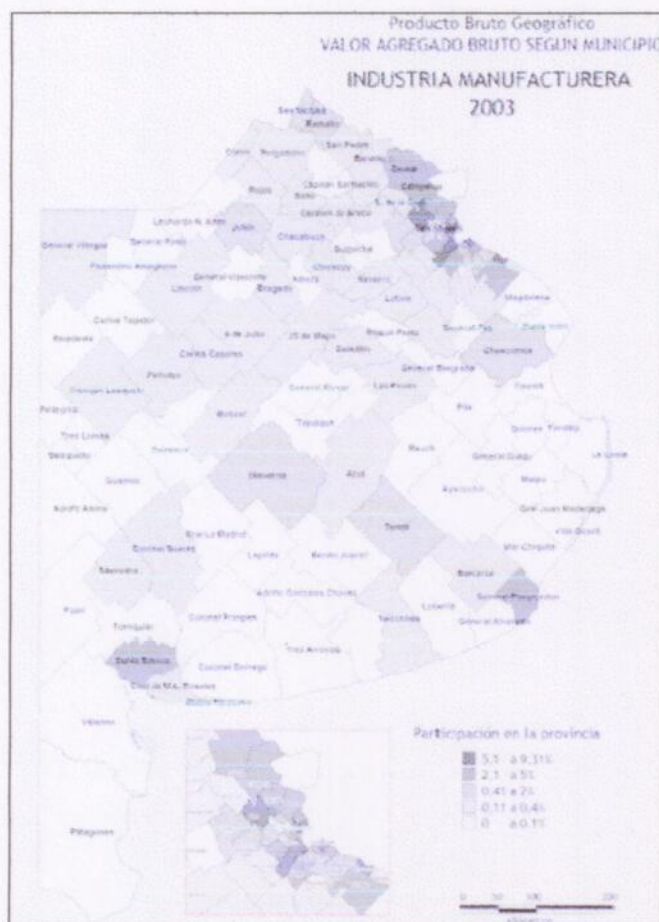
Geográficamente, la actividad industrial que involucra a la Provincia de Buenos Aires está concentrada principalmente en el eje La Plata-Rosario. En particular, en la Región metropolitana de Buenos Aires se concentra más del 80% de la actividad manufacturera provincial³.

En el Conurbano bonaerense, dependiendo de cada Municipio, la industria representa entre el 30% y el 40% de su PBG.

Fuera del área del Conurbano, se destacan por su actividad industrial municipios como La Plata, Bahía Blanca y General Pueyrredón, seguidos luego por Olavarría, Junín, Tandil, San Nicolás y Ramallo, entre otros.

³ Lo que se conoce como Gran Buenos Aires (o Región Metropolitana) involucra, a los efectos del análisis provincial, a los partidos (municipios) de Almirante Brown, Avellaneda, Berazategui, Esteban Echeverría, Ezeiza, Florencio Varela, General San Martín, Hurlingham, Ituzaingó, José C. Paz, La Matanza, Lanús, Lomas de Zamora, Malvinas Argentinas, Merlo, Moreno, Morón, Presidente Perón, Quilmes, San Isidro, San Miguel, Tigre, Tres de Febrero y Vicente López.

Por su parte, los municipios de Campana, Cañuelas, Coronel Brandsen, Ensenada, Escobar, General Las Heras, General Rodríguez, General Sarmiento, Marcos Paz, Pilar, San Fernando y San Vicente, son de reciente (o están en proceso de) incorporación a la Región Metropolitana. Su anexión responde principalmente a una desconcentración de la fuerza de trabajo hacia la periferia de la región, que expande con fuerza las funciones urbanas con niveles inferiores de emergencia hacia núcleos menores que se mantienen separados de la aglomeración, al menos inicialmente, pero que conforman una entidad urbana dispersa; conectada incluso con otras aglomeraciones próximas, tal es el caso de lo que ocurre con el Gran La Plata.



Mapa 1 . Provincia de Buenos Aires. Producto Bruto Geográfico (PBG). Valor Agregado Bruto según Municipio. Industria Manufacturera. Año 2003

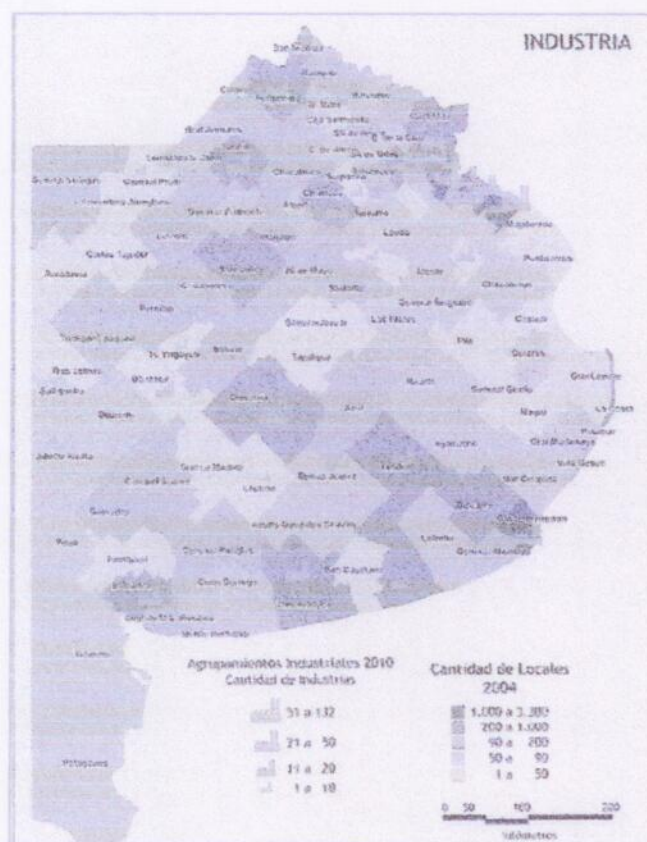
Fuente: Dirección Provincial de Estadística

Por su parte, el análisis a nivel de cantidad de locales industriales y cantidad de industrias radicadas, pone de manifiesto la significancia -dentro del conjunto- de algunos de los municipios mencionados.

Locales industriales	
Municipio	(% sobre el total provincial)
La Matanza	8,8
General San Martín	6,4
General Pueyrredón	5,3
Tres de Febrero	5,1
Lanús	4,5
Vicente López	3,4
Lomas de Zamora	3,2
Quilmes	3,0
La Plata	2,9
Morón	2,8

Fuente: INDEC

Tabla 3. Provincia de Buenos Aires. Nº de locales industriales. Principales distritos



Mapa 2. Agrupamientos industriales por cantidad de industria y locales. Año 2010

Fuente: Dirección Provincial de Estadística en base a datos de INDEC. Censo Nacional Económico 2004/2005

Por último, si el abordaje es realizado a partir de la clasificación por tipo de aglomeración industrial, se observa que la provincia cuenta con:

57 agrupamientos industriales, de los cuales:

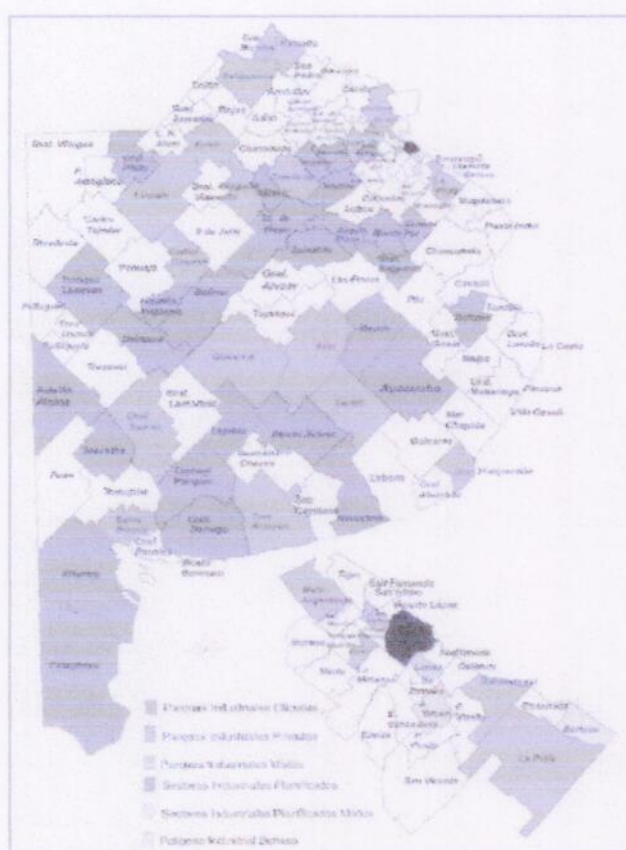
27 son parques industriales

28 son sectores industriales

2 corresponden a la categoría "otros agrupamientos".

17 consorcios productivos, de los cuales están vigentes catorce.

94 distritos industriales.



Mapa 3. Agrupamientos industriales por tipo

Fuente: Dirección Provincial de Relaciones Gubernamentales e Interjurisdiccionales

III.C. Sector exportador industrial de la Provincia de Buenos Aires

III.C.1 Metodología para la asignación de exportaciones provinciales

En Argentina, la fuente principal de información para el cálculo de las estadísticas de comercio exterior parte del análisis y contabilización de los registros aduaneros. Esta información ofrece una serie de ventajas, las cuales radican en su amplia cobertura, rápida disponibilidad y captación de los precios y cantidades efectivamente comercializados. En particular, se utilizan los permisos de embarque de exportación, pues en ellos se consignan, entre otros datos, los valores y las cantidades físicas de los bienes comercializados, clasificados según la nomenclatura arancelaria vigente en el momento de la transacción.

A partir del año 1991, la nomenclatura arancelaria utilizada en Argentina corresponde al Sistema Armonizado (SA), surgido a nivel internacional en 1988 a través del Convenio Internacional del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercaderías. Esta clasificación tiene por objeto facilitar el comercio internacional y la recolección, comparación y análisis de las estadísticas relacionadas.

No obstante ello, desde 1995, los cuatro socios comerciales del Mercosur utilizan la Nomenclatura Común del Mercosur para el comercio intra y extra zona, habiendo sido derivado este nomenclador del Sistema Armonizado.

Las exportaciones consignadas en los registros aduaneros, según el nomenclador, se imputan al período estadístico correspondiente a la fecha de terminación de la carga de las mercaderías para los casos de transporte aéreo y marítimo, y según la fecha de cruce de la frontera de acuerdo a lo informado por la aduana de salida para el transporte terrestre.

Los valores consignados en los registros se refieren a precios FOB (*"free on board"* o *"libre a bordo"*), en el puerto o lugar de embarque de las mercaderías. Es decir que el precio de la transacción incluye también los gastos internos incurridos en el traslado de las mercaderías hasta arribar al lugar o puerto de embarque. Cuando se consignan valores en monedas distintas al dólar, éstos son convertidos para su

registro estadístico a la moneda estadounidense según el tipo de cambio promedio del mes correspondiente, elaborado por el Banco de la Nación Argentina.

Las cantidades exportadas de los diferentes productos se expresan en kilogramo estadístico neto, es decir el peso sin incluir el embalaje. La mención de kilogramo estadístico hace referencia a la necesidad de contar con un registro unificado y comparable de cantidades, ya que las propiedades físicas de cada producto pueden determinar en principio su medición a través de otras unidades físicas de medida distintas del kilogramo (denominadas secundarias en los despachos) tales como unidad, kilovatio, metro cúbico, etc.

En cuanto a la determinación del origen provincial de las exportaciones, durante el período 1974-1994 dicha información se basó únicamente en lo declarado por los exportadores en los documentos aduaneros. Sin embargo, esta fuente de información posibilitaba determinar el origen provincial de aproximadamente sólo dos tercios del total nacional. La indeterminación obedecía en gran medida a la dificultad de discriminar por provincia las exportaciones de cereales y oleaginosas, cuya modalidad de comercialización por acopio no permite la identificación de embarques de una provincia en particular⁴.

A partir de 1993 el INDEC aplica una metodología que, mediante la utilización de fuentes de información adicionales, permite mejorar la precisión de la clasificación de las exportaciones por provincia, con una sensible reducción en la

⁴ Un caso similar se registra para el caso del petróleo crudo, procedente de cuencas que comprenden a más de una provincia.

indeterminación del origen provincial de las exportaciones. Dicha metodología considera como productos originarios de una provincia determinada a⁵:

“Los productos de los reinos animal, vegetal y mineral, extraídos, cosechados o recolectados, nacidos o criados en su territorio o en sus aguas territoriales.

Los productos procesados o elaborados íntegramente en el territorio provincial.

Los productos en cuya elaboración se utilizan materiales originarios de otra provincia o del extranjero, pero cuyo proceso de transformación es realizado en la provincia y le confiere una nueva individualidad, caracterizada por el hecho de quedar clasificados en una posición arancelaria de la Nomenclatura Común del Mercosur diferente a la de sus insumos. No son considerados originarios los productos resultantes de operaciones o procesos efectuados en una provincia, cuando dichas operaciones consisten en un montaje, ensamblaje, embalaje, fraccionamiento, marcación de mercaderías o simples diluciones en agua u otra sustancia que no alteran las características principales del producto.”

La fuente primaria de datos utilizada proviene del Sistema Informático MARIA y de los Permisos de Embarque. Pero, “con el fin de obtener información adicional a la contenida en los documentos aduaneros, fueron relevadas y seleccionadas fuentes complementarias de información. A estos efectos, los productos, previamente seleccionados en base a su importancia en el total exportado y a su alto grado de indeterminación, se dividieron en dos grupos:

5 Definición metodológica de asignación de exportaciones provinciales de la Dirección Provincial de Estadística, Subsecretaría de Hacienda, Ministerio de Economía de la Provincia de Buenos Aires.

1) Productos que se caracterizan por una modalidad de comercialización que no permite individualizar la localización geográfica de su producción. Los productos primarios surgieron como el principal grupo con estas características, seleccionándose en tales casos una fuente de información complementaria que permitiera asignar el origen provincial de sus producciones.

2) Productos para los que, si bien no era factible identificar su origen provincial por medio del documento aduanero, podían ser individualizados por medio de la unidad empresa-posición arancelaria (producto). Una vez seleccionadas las unidades empresa-posición arancelaria, en función de su participación en el grado de indeterminación, se efectuó un relevamiento por medio de una encuesta (Encuesta del Origen Provincial de la Producción).

1. Productos Primarios: Una de las causas por las que la información sobre exportaciones de productos primarios no puede ser obtenida de los documentos aduaneros se debe a que este tipo de productos son exportados generalmente a través de acopiadores que compran los productos procedentes de distintas provincias, no existiendo la posibilidad de diferenciarlos. Luego son enviados al exterior o vendidos dentro del mercado interno, sin poder discriminarse el origen provincial de los mismos. Es por ello que cuando se efectúa la exportación, la información sobre el origen de los productos no es descripta en el permiso de embarque o resulta inconsistente. Con la finalidad de completar y consistir esta información fueron escogidos los datos que elaboran en la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación en relación a las producciones a nivel provincial de las distintas campañas anuales, siempre que estos datos pudiesen ser obtenidos a nivel de posición arancelaria. Asimismo, fue utilizada información proveniente de la Encuesta Nacional Agropecuaria y datos suministrados por las Direcciones Provinciales de Estadística. En el mismo sentido, se seleccionaron datos de producción de petróleo crudo de la Secretaría de Energía y Minería.

2. Encuesta del Origen Provincial de la Producción: Para los productos que presentaban un alto grado de indeterminación y estaban comprendidos dentro de las MOA, MOI o Combustibles (con la excepción de petróleo crudo, gas natural y cera de abejas), se relevaron los datos por medio de una encuesta a empresas productoras-exportadoras. Se diseñó e implementó la Encuesta de Origen Provincial

de la Producción mediante la cual se relevaron las localizaciones geográficas y producciones de todos los establecimientos correspondientes a las unidades empresa-posición arancelaria seleccionadas. La elección de las unidades se realizó en base a la importancia relativa de las empresas en el total de exportaciones de productos con orígenes provinciales indeterminados. La encuesta contiene un listado de los productos exportados por cada empresa, para los cuales se solicita completar información sobre producción y ubicación geográfica de las plantas productoras de dichos bienes. Los datos obtenidos a partir de la encuesta fueron verificados con información proveniente de otras fuentes.

Respecto a los productos manufacturados en donde es posible determinar la empresa productora-exportadora de los bienes enviados al exterior, se utiliza como método de asignación la aplicación de los porcentajes de producción de las empresas seleccionadas en las distintas provincias, según la ubicación geográfica-provincial de sus distintas plantas productoras. En los casos en que una misma empresa cuenta con plantas localizadas en distintas provincias, se procedió a distribuir el total en dólares del bien exportado por la empresa, según la estructura porcentual de producción en cada una de las plantas.”

III.C.2 Sector exportador provincial

En lo que hace a las exportaciones provinciales, de un primer análisis surge que la variación interanual promedio en el porcentaje de la producción provincial exportada para el período 1993-2009 es de alrededor del 11% cifra que se duplica si se toma el más reciente período 2003-2009.

En cuanto a la composición de dichas exportaciones, se evidencia un patrón algo diferente del observado a escala nacional. En particular, consideradas en términos globales, el porcentaje de exportaciones manufactureras de la Provincia de Buenos Aires como indicador de valor agregado a la producción ya sea de origen agropecuario o industrial es significativamente mayor que el registrado a nivel nacional.

Cabe considerar que la Provincia de Buenos Aires tiene un perfil exportador con un significativo grado de diversificación, tanto en productos como en destinos. Al poseer un entramado industrial con cierto grado de desarrollo, con un núcleo de

empresas maduras y competitivas, ha logrado diversificar su oferta exportable más allá de los productos agro-ganaderos. Esta diversificación de productos le permite alcanzar mercados más lejanos que los socios comerciales limítrofes, tales como países de Europa, Estados Unidos, China o Rusia, entre otros.

Una primera caracterización del sector exportador bonaerense pone de manifiesto su importancia relativa en el conjunto de las exportaciones nacionales y, en consonancia, la correspondencia en las tasas de crecimiento en las exportaciones registradas a nivel nacional y provincial.

	Valor FOB								
	(en millones de U\$S)			Participación en el total			Ranking provincial		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Buenos Aires	24.698	18.172	22.740	35,3	33,2	33,8	1	1	1
Total Nacional	70.044	54.693	67.334	100,0	100,0	100,0			

Fuente: Ministerio de Economía Finanzas de la Nación. Dirección de Análisis Sectorial (en base a INDEC)

Tabla 4. Provincia de Buenos Aires. Valor FOB de las exportaciones y participación en el total nacional

	Tasa de Crecimiento Promedio Acumulativa Anual (en %)			Tasa de Crecimiento (en %)			Tasa de Crecimiento Interanual (en %)		
	2002-2008	2003-2009	2003-2010	2002-2008	2003-2009	2003-2010	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Buenos Aires	18,0	10,1	12,1	169,3	78,0	122,8	20,3	-27,2	23,8
Total Nacional	18,2	10,8	12,5	172,4	85,0	127,7	25,6	-21,9	21,0

Fuente: Ministerio de Economía Finanzas de la Nación. Dirección de Análisis Sectorial (en base a INDEC)

Tabla 5. Exportaciones. Tasas de crecimiento país y Provincia de Buenos Aires

	Acumulado Primer Trimestre (en millones de U\$S)			Variación 2009-2010 (%)	Variación 2010-2011 (%)
	2009	2010	2011		
Buenos Aires	3.997,29	4.559,93	5.690,07	10,8	24,8
Total Nacional	11.916,63	12.731,22	16.261,48	6,8	24,7

Fuente: Ministerio de Economía Finanzas de la Nación. Dirección de Análisis Sectorial (en base a INDEC)

Tabla 6. Exportaciones. Tasas de crecimiento país y Provincia de Buenos Aires. Variación 2010-2011. 1er trimestre

Si el análisis se realiza a nivel de grandes rubros, surge como dato relevante adicional la significativa participación de las Manufacturas de Origen Industrial (MOI) del total exportado por la Provincia de Buenos Aires en su análogo a nivel país⁶.

Grandes rubros	En millones de U\$S		Estructura		Participación Buenos Aires
	Buenos Aires	Total País	Buenos Aires	Total País	
Productos Primarios	3.923	15.171	17,3%	22,1%	25,9%
Manufacturas de Origen Agropecuario	4.628	22.910	20,4%	33,4%	20,2%
Manufacturas de Origen Industrial	12.454	24.018	54,8%	35,1%	51,9%
Combustible y Energía	1.735	6.401	7,5%	9,4%	27,1%
Total	22.740	68.500	100,0%	100,0%	33,2%

Nota: datos provisorios

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos

Elaboración: Dirección Provincia de Estadística

Tabla 7. Exportaciones totales por grandes rubros Provincia de Buenos Aires y total País. Año 2010. En millones de U\$S

⁶ Para el año 2011, de acuerdo a datos de la Dirección Provincial de Estadística del Ministerio de Economía de la Provincia de Buenos Aires, las exportaciones provinciales alcanzaron, en los primeros siete meses, los US\$15.653 millones, 21,8% más que en el mismo período del año anterior. En particular, en lo que hace a las manufacturas de origen industrial, el crecimiento del 20% estuvo impulsado principalmente por los materiales de transporte terrestre y los productos químicos y conexos, que subieron 38,4% y 14,1%, con ventas por US\$3.471 y US\$1.477 millones, respectivamente.

Grandes rubros	En millones de U\$S		Estructura		Variación año anterior		Participación Buenos Aires en total País
	Buenos Aires	Total País	Buenos Aires	Total País	Buenos Aires	Total País	
Productos Primarios	331	1.037	18,2%	19,2%	51,8%	25,1%	31,9%
Manufacturas de Origen Agropecuario	388	1.876	21,3%	34,8%	14,2%	28,5%	20,7%
Manufacturas de Origen Industrial	934	2.012	51,2%	37,3%	35,1%	29,0%	46,4%
Combustible y Energía	170	467	9,3%	8,7%	-4,1%	-18,8%	36,4%
Total	1.823	5.392	100,0%	100,0%	27,8%	21,9%	33,8%

Nota: datos provisorios

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos

Elaboración: Dirección Provincia de Estadística

⁽¹⁾ El valor de las exportaciones para el año 2011 debe considerarse como una estimación preliminar en razón de incluir documentación en trámite, que en muchos casos corresponde a operaciones que aún no han sido confirmadas a la Dirección General de Aduanas por los operadores, ya que están pendientes dentro el plazo permitido por la legislación.

Tabla 8. Exportaciones totales por grandes rubros. Provincia de Buenos Aires y total País. Año 2011.
Enero. En millones de U\$S

Como ya fuera mencionado, la diversificación de productos que presenta el sector exportador de la Provincia de Buenos Aires, le permite alcanzar una variedad de mercados de destino, de los cuales Brasil explicó en 2010 un 38,8% del total provincial exportado.

Año	2008	2009
Brasil	29%	37%
UE	12%	8%
Estados Unidos	8%	5%
México	4%	3%
China	5%	4%
Chile	7%	7%
Resto Mercosur	9%	10%
Resto del Mundo	26%	26%

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación.
Subsecretaría de Programación Económica.

Tabla 9. Provincia de Buenos Aires. Exportaciones. Principales mercados destino. Años 2008-2009

Destino	En millones de U\$S		Estructura	Variación período anterior
	2010	2011		2011
Brasil	553	688	38,8%	24,4%
Chile	113	115	8,0%	1,1%
Uruguay	58	93	4,1%	60,3%
Sudáfrica	15	68	1,0%	367,1%
República Federal de Alemania	30	59	2,1%	97,9%
Paraguay	48	57	3,3%	19,1%
Perú	22	51	1,6%	129,6%
Estados Unidos	68	51	4,8%	-25,8%
México	19	47	1,4%	145,6%
Colombia	40	41	2,8%	2,6%
Países Bajos	22	41	1,5%	88,6%
Australia	6	36	0,4%	492,1%
Bolivia	28	35	2,0%	26,4%
Venezuela	38	33	2,7%	-13,4%
Irán	16	28	1,1%	70,6%
Resto	350	381	24,4%	8,7%
Total	1426	1824	100,0%	27,8%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos

Elaboración: Dirección Provincia de Estadística

(1) El valor de las exportaciones para el año 2011 debe considerarse como una estimación preliminar en razón de incluir documentación en trámite, que en muchos casos corresponde a operaciones que aún no han sido confirmadas a la Dirección General de Aduanas por los operadores, ya que están pendientes dentro el plazo permitido por la legislación.

Tabla 10. Provincia de Buenos Aires. Exportaciones. Principales mercados destino. Participación y comparación primer trimestre 2010-2011

Grandes rubros	Estructura	
	Buenos Aires	Total País
Productos Primarios	7,1%	11,2%
Manufacturas de Origen Agropecuario	10,0%	10,6%
Manufacturas de Origen Industrial	72,4%	69,2%
Combustible y Energía	10,5%	9,0%
Total	100,0%	100,0%

Nota: datos provisorios

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos

Elaboración: Dirección Provincia de Estadística

Tabla 11. Exportaciones destino Brasil por grandes rubros. Provincia de Buenos Aires y total País. Año 2010 (en %)

A nivel de complejos o clusters industriales, si se consideran nuevamente dos de los más significativos, como lo son el automotriz y el petrolero petroquímico, la evolución reciente muestra tasas negativas de variación en las exportaciones para el período 2008-2009, principalmente debido a un debilitamiento en la demanda internacional. En tanto para el período 2009-2010, el sector automotriz exportador

muestra una franca recuperación, acompañado de tasas levemente positivas para el complejo petrolero-petroquímico.

Complejo	Año			Variación	Variación
	2008	2009	2010	2008-2009 (en %)	2009-2010 (en %)
(en millones de U\$S FOB)					
Automotriz	4.446,80	3.840,93	5.652,23	-13,7	47,2
Petrolero-Petroquímico	4.701,42	3.067,87	3.135,51	-37,2	2,2

Fuente: Ministerio de Economía Finanzas de la Nación. Dirección de Análisis Sectorial (en base a INDEC).

Tabla 12. Provincia de Buenos Aires. Variación de las exportaciones de los principales complejos productivos industriales

Complejo	Acumulado al Primer Trimestre (miles de U\$S FOB)			Variación	Variación
	2009	2010	2011	2009-2010 (%)	2010-2011 (%)
Automotriz	481.697	900.843	1.196.473	86,9	32,8
Petrolero-Petroquímico	684.586	980.264	862.346	43,2	-12,0

Fuente: Ministerio de Economía Finanzas de la Nación. Dirección de Análisis Sectorial (en base a INDEC).

Tabla 13. Provincia de Buenos Aires. Variación de las exportaciones de los principales complejos industriales provinciales (1er Trimestre)

La relevancia de las MOI también queda evidenciada si se consideran los principales productos exportados por los clusters industriales provinciales durante 2008 y 2009. En tal sentido, seis productos han explicado respectivamente el 16,9% y el 18,5% de las exportaciones totales provinciales para cada uno de los años.

Producto	Complejo	2008		2009	
		Valor (millones de U\$S)	Participación en el total provincial (en %)	Valor (millones de U\$S)	Participación en el total provincial (en %)
Automóviles medianos	Automotriz	1.417,0	5,7	1.223,2	6,7
Camionetas diesel	Automotriz	1.260,0	5,1	1.013,7	5,6
Tubos sin costura	Siderúrgico	538,0	2,2	388,9	2,1
Automóviles chicos	Automotriz			379,5	2,1
Otras camionetas	Automotriz	475,0	1,9	363,3	2,0
Gasolinas	Petrolero-Petroquímico	490,0	2,0		
Total 5 productos		4.180,0	16,9	3.368,6	18,5

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación. Subsecretaría de Programación Económica.

Tabla 14. Provincia de Buenos Aires. Clusters industriales. Principales productos de exportación

III.C.3 Identificación y cuantificación de clusters productivos

A partir de la información contenida en el Censo Nacional Económico 1994 (CNE), en la Matriz Insumo Producto 1997 (MIP) y en diversos informes sectoriales, se construyeron bloques de actividades (clusters productivos) siguiendo básicamente dos pasos:

A partir de los informes sectoriales se identificaron las *actividades madre del complejo*, definidas como aquellas en torno a las cuales se desarrollan eslabonamientos productivos (hacia adelante y hacia atrás) con otras actividades de otros sectores. Para determinar cuáles son las actividades industriales "relacionadas" con las actividades madre se utilizaron las relaciones técnicas de producción que surgen de la Matriz Insumo-Producto (MIP, 1997). Más precisamente se consideró que una actividad estaba "relacionada" con la actividad madre si ella realiza a esta última una parte importante de sus compras o ventas y, en ese caso, se consideró que ambas formaban parte del mismo complejo. Este procedimiento se complementó con la información obtenida de otros estudios sectoriales. Posteriormente, se determinaron aquellos rubros del CNE que incluyen a las actividades seleccionadas, de acuerdo a la agrupación de productos industriales que realiza el INDEC en la clasificación CIIU cinco dígitos (versión 3 revisada).

IV. COMPLEJOS INDUSTRIALES Ó CLUSTERS

IV.A.1 Definición

Tradicionalmente el diagnóstico de la actividad productiva provincial se basó en estudios sectoriales en los que se ponía énfasis en el análisis de relaciones horizontales, es decir, entre empresas de un mismo sector productivo (firmas que compiten entre sí). Estos análisis, no obstante su validez, carecen de una visión integral en la cual se considere en forma simultánea la existencia de múltiples encadenamientos entre sectores con características muy disímiles. Precisamente, el *enfoque de cluster*, exalta la necesidad de tener en cuenta todas estas interrelaciones a través del análisis de complejos productivos.

Los trabajos que han analizado a la industria en diferentes países, mediante la investigación de complejos productivos han utilizado conceptos alternativos, los cuales posteriormente fueron complementándose⁷.

Los clusters o complejos productivos pueden definirse como sistemas de generación de valor, caracterizados por la existencia de una serie de encadenamientos e interdependencias (verticales y horizontales) que se desarrollan a partir de una actividad principal o madre y un conjunto de sectores relacionados productores de bienes o servicios. Sin embargo, existen varias definiciones que, lejos de ser

⁷ Para un análisis de países en desarrollo, véase: Nadvi K. y Schmitz, H.: *"Industrial clusters in less developed countries: review of experiences and research agenda"*. Discussion Paper N° 339, University of Sussex. 1994. Para países desarrollados, véase: Pyke F. y Sengenberger W.: *"Industrial Districts and Local Economic Regeneration"*. ILO. 1992.

sustitutas, tienden a complementarse. Según Porter (1998)⁸, los clusters son compañías geográficamente concentradas e interconectadas, junto con instituciones dedicadas a una actividad en particular. Ello incluye, por ejemplo, oferentes de insumos especializados (como componentes, maquinarias y servicios) e infraestructura especializada. En ocasiones, el concepto se extiende hacia adelante al considerar a los consumidores, y también lateralmente al incluir industrias que elaboran productos complementarios, o a sectores que se encuentran relacionados porque utilizan en común ciertas habilidades, tecnologías o insumos. Finalmente, algunos clusters incluyen al gobierno, a instituciones (como universidades) y a otras organizaciones que brindan apoyo. Por su parte, Nadvi y Schmitz (1994) sostienen que un cluster industrial es una densa concentración espacial (aunque no es un fenómeno estrictamente geográfico) que comprende productores, comerciantes y usuarios. Además, según estos autores, la interacción entre firmas y la especialización sectorial son los rasgos que definen un complejo sostenible.

En tanto, Ramos (1999)⁹ afirma que un complejo productivo o cluster es una concentración sectorial y/o geográfica de empresas que se desempeñan en las mismas actividades o en actividades muy vinculadas (tanto hacia atrás, con los proveedores de insumos y equipos, como hacia adelante y hacia los lados, con industrias procesadoras y usuarias, así como con servicios y otras actividades estrechamente relacionadas) con importantes y acumulativas economías externas,

⁸ Porter M.: *"Clusters and the New Economics of Competition"*. Harvard Business Review. Reprint Number 98609, pp. 77-90. 1998.

⁹ Ramos J.: *"Una estrategia de desarrollo a partir de los complejos productivos (clusters) en torno a los recursos naturales ¿Una estrategia prometedora?"*, CEPAL, Santiago de Chile. 1999.

de aglomeración y especialización (por la presencia de productores, proveedores y mano de obra especializada, y de servicios anexos específicos al sector) y con la posibilidad de llevar a cabo una acción conjunta en búsqueda de la eficiencia colectiva.

En general, todas las definiciones de cluster tienen algunos elementos en común, tales como:

1. La formación y desarrollo de un cluster debe verse como un proceso dinámico que atraviesa distintas etapas de maduración y, por ende, requiere estímulos diferenciales en cada una de ellas. En el caso de complejos basados en recursos naturales, dichas etapas son:

a) Se extrae y se exporta el recurso natural con una escasa agregación de valor.

b) Se ponen en marcha actividades de procesamiento y exportación y se comienza a sustituir importaciones con la producción nacional de algunos insumos y equipos (generalmente bajo licencia), donde parte de la ingeniería es nacional.

c) Se exportan algunos bienes que primeramente se sustituyeron (maquinarias básicas a mercados poco exigentes). La ingeniería es totalmente nacional y se profundiza la exportación de productos cada vez más procesados.

d) Se exportan amplias variedades de productos elaborados, maquinarias de alta complejidad, insumos y servicios de ingeniería de diseño y consultoría. En esta etapa las empresas locales comienzan a invertir en complejos similares ubicados en otros países.

2. La mayoría de los enfoques reconocen la existencia de externalidades que condicionan el accionar de cada una de las partes del complejo. Por ejemplo, la fuerte interacción entre productores, proveedores y usuarios facilita e induce un mayor aprendizaje productivo, tecnológico y de comercialización (Ramos, 1999, *op. cit.*). Bajo estas circunstancias, la teoría económica tradicional determina que el Estado debe intervenir para que el óptimo privado no se aleje del social. No obstante, el enfoque de cluster exalta la necesidad de superar las fallas de mercado a través de la implementación de acciones conjuntas en el seno del sector privado ("organizaciones de auto-ayuda"), en colaboración con el sector público. La constitución del complejo con conciencia de sí, facilita la acción colectiva del

conjunto en pos de metas comunes (comercialización internacional, capacitación, centros de seguimiento y desarrollo tecnológico, campañas de normas de calidad, etc.).

3. Si bien la existencia de economías de aglomeración y derrames (*spillovers*) de conocimientos (acotados espacialmente) pueden llevar a la concentración geográfica del cluster (y reforzar la misma), esto no necesariamente tiene que ocurrir (las actividades pueden estar estrechamente relacionadas independientemente de la distancia que exista entre las mismas). Así, la presencia de fuertes interrelaciones hace que el estímulo a una determinada actividad repercuta más allá de la región en la cual se encuentra emplazada. La dispersión geográfica de estos efectos, resalta la necesidad de coordinar esfuerzos entre todas aquellas jurisdicciones en las cuales se encuentra el complejo.

4. La competitividad y el crecimiento observado en algunos sectores industriales no pueden ser explicados focalizándose exclusivamente en cada una de las empresas en forma individual, ya que el desarrollo simultáneo de éstas es la clave del éxito individual y, por ende, del conjunto. De este modo, el estudio de cluster permite focalizar la política pública en cuestiones que no podrían ser fácilmente identificables con otra metodología.

5. Un modo relativamente simple de evitar algún grado de arbitrariedad en la determinación de las interrelaciones que forman parte de un determinado cluster es el realizado a través de la utilización de matrices insumo-producto y coeficientes de localización geográfica que, al complementarse con estudios cualitativos, permiten conocer cuáles actividades se encuentran estrechamente relacionadas, ya sea mediante relaciones de compra-venta o porque compiten entre sí.

IV.B. Principales clusters industriales de la Provincia de Buenos Aires

A los fines de la presente caracterización, se presentan a continuación indicadores correspondientes a algunos de los principales clusters industriales localizados en la Provincia de Buenos Aires.

En tal sentido, si se observa la evolución de la producción, tasa de crecimiento promedio anual y contribución relativa al crecimiento de dos de los principales complejos productivos industriales bonaerenses, como lo son el automotriz y e

petrolero petroquímico, puede dimensionarse la significativa importancia que los guarismos tienen en relación con el total nacional, así como también inferirse el proceso de consolidación de dichos clusters productivos, reflejadas en los valores positivos de sus tasas de crecimiento para el período reciente.

Producto	UM	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Participación en el total nacional (en %)	Fuente
Refinación de petróleo	m ³	19.997.694	20.591.583	20.161.789	21.824.462	22.881.617	22.270.022	20.315.105	66,7	Sec. Energía
Automotores	unidades	107.433	174.653	223.316	305.538	357.853	375.884	285.599	55,7	ADEFA

⁽¹⁾ La participación en el total nacional corresponde al último año para el que se presentan datos.

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación. Subsecretaría de Programación Económica.

Tabla 15. Provincia de Buenos Aires. Indicadores de sectores industriales seleccionados

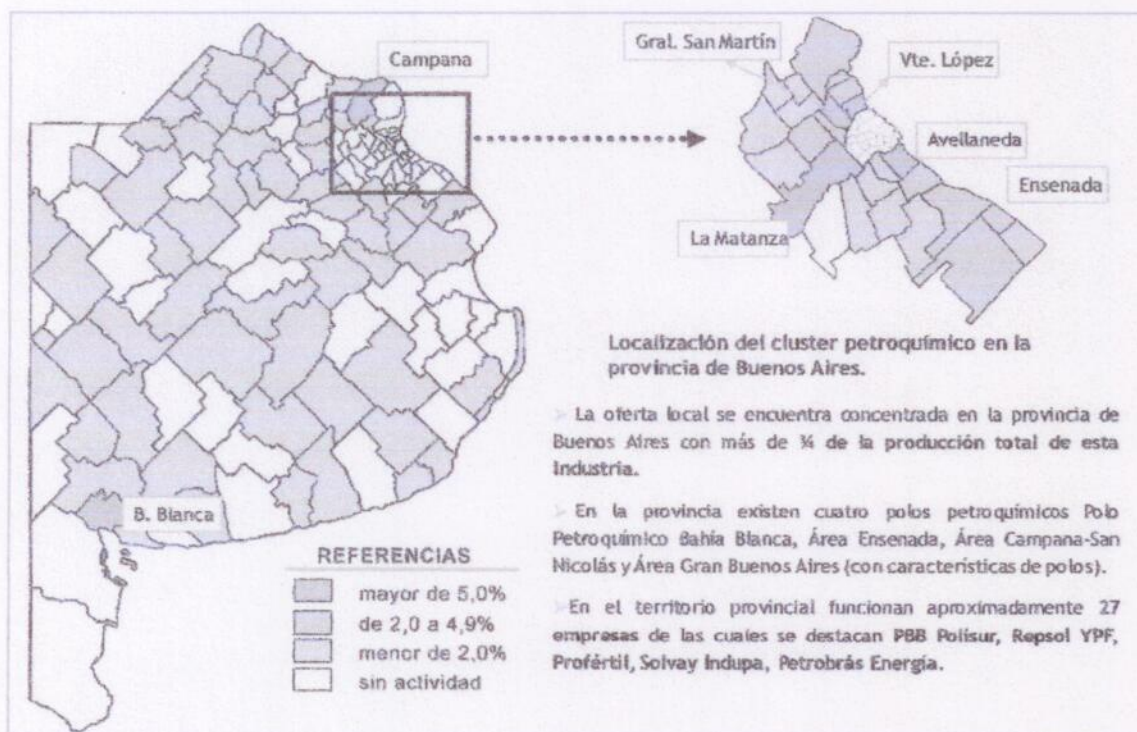
Sector	Contribución relativa	Tasa
Automotriz	27%	23%
Petrolero-Petroquímico	2%	1%

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación.

Subsecretaría de Programación Económica.

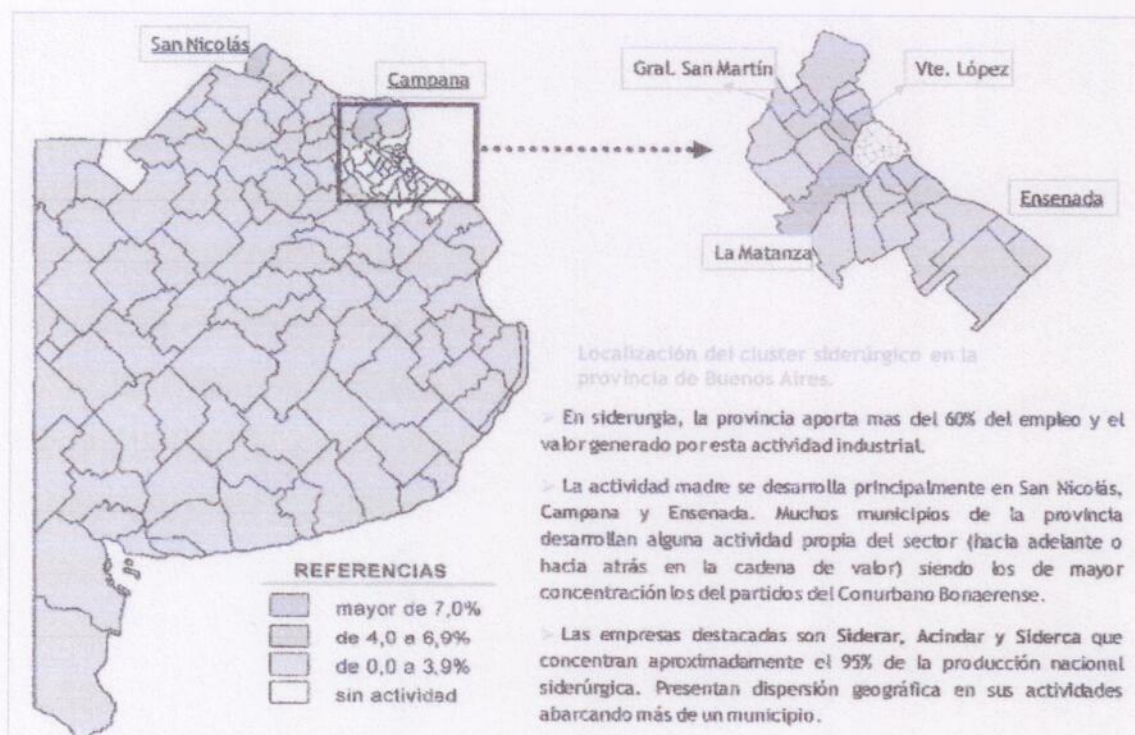
Tabla 16. Provincia de Buenos Aires. Tasa de crecimiento promedio anual y contribución relativa al crecimiento de clusters seleccionados. Años 2003-2009

En lo que hace al aspecto localizacional de los clusters industriales de la Provincia de Buenos Aires, su amplia dispersión, así como también los encadenamientos productivos de actividades hacia adelante y hacia atrás al interior de cada complejo, son el correlato empírico de la descripción del cluster como sistema productivo realizada anteriormente.



Mapa 4. Localización del cluster petroquímico

Fuente: abeceb consultores



Mapa 5. Localización del cluster siderúrgico

Fuente: abeceb consultores

Cantidad de empresas	Alrededor de 200 empresas autopartistas	5 terminales automotrices
Peso en el total país	Más de la mitad de las firmas autopartistas del país están en la Provincia. Amplia dispersión de tamaños de firmas (desde las más grandes hasta un fuerte entamado PyME).	De las 8 terminales automotrices que producen vehículos en Argentina, 6 están localizadas en la Pcia. de Buenos Aires. Casi el 71% de los vehículos fabricados en el país salen de terminales bonaerenses.
Principales municipios	La mayor aglomeración de empresas autopartistas del país es el Conurbano bonaerense. Se destacan: General San Martín, La Matanza, Lanas, Tres de Febrero y Zárate-Campana.	Toyota (Zárate), Volkswagen y Ford (Tres de Febrero), Mercedes Benz (La Matanza) y Honda (Campana).

Fuente: abeceb consultores

Tabla 17. Localización del cluster automotriz

El peso de la provincia en la fabricación nacional de vehículos pasó de 62,9% en 2002 a 70,7% en 2006, para luego —y no obstante un crecimiento en el total nacional— decaer en su participación relativa debido principalmente a la recuperación experimentada por el sector automotriz de la provincia de Córdoba.

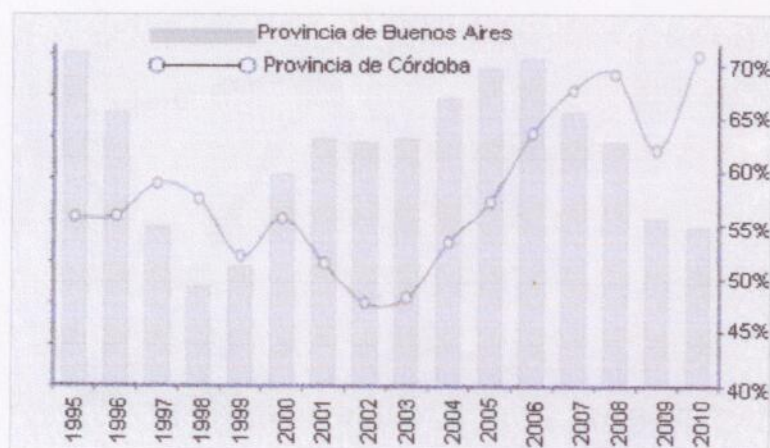


Gráfico 2. Participación provincial en la fabricación de vehículos

Fuente: abeceb consultores

V. CLUSTERS INDUSTRIALES SELECCIONADOS EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Realizada la selección de los principales *clusters* industriales de la provincia de Buenos Aires, se procedió a realizar una descripción pormenorizada de las características productivas, comerciales y de localización de los mismos. De igual modo, y a los efectos del plan de tareas previsto en el presente estudio, se diseñó una encuesta a realizar a las principales empresas representativas de cada uno de los complejos productivos. La información obtenida, junto a la que se encuentra en proceso de relevamiento, serán un componente esencial en la consecución de los objetivos inicialmente planteados.

V.A. INDUSTRIA PETROQUÍMICA

V.A.1 Industria Petroquímica

V.A.1.a Caracterización

La Industria Petroquímica (IPQ) es aquella que utiliza combustibles fósiles como el petróleo y el gas natural para la obtención de productos químicos. Estos incluyen combustibles fósiles purificados como el metano, el propano, el butano, la gasolina, el queroseno, el gasoil, el combustible de aviación, así como pesticidas, herbicidas, fertilizantes y otros artículos como los plásticos, el asfalto o las fibras sintéticas.

Se trata de una industria capital intensiva. Los costos de inversión son muy elevados y presenta importantes efectos de escala. Si decrece el porcentaje de capacidad utilizada la penalización en los costos se hace notar.

Una característica típica de la IPQ es la integración vertical, ya sea para aprovechar factores tecnológicos (fuertes rendimientos crecientes a escala, aparición de co-productos en los procesos más usados, mejor logística de transporte), economías de aglomeración, economías de transacción (seguridad de abastecimiento y de mercado, facilidad de planificación a largo plazo, menores costos impositivos administrativos y de comercialización) o el poder de monopolio (fuertes barreras de entrada, distorsiones de mercado).

La Industria Petroquímica (IPQ) argentina representaba al año 2006 alrededor del 2,5% del Producto Bruto Industrial (PBI) y el 4,5% de las exportaciones

manufactureras, con una capacidad instalada que supera los 5,8 millones de toneladas de producción anuales.

Una breve visión retrospectiva de los orígenes de la actividad petroquímica en nuestro país nos muestra que la una primera pequeña planta piloto se instaló en 1940. El Estado nacional, a través de Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF) y la Dirección General de Fabricaciones Militares (DGFM), realizó las primeras inversiones en instalaciones de escala reducida, pensadas para el mercado local. Se crean entonces una pequeña planta de isopropanol y otra de tolueno y aromáticos. En esa década también hay algunas iniciativas de capital privado: Compañía Química instala una planta de anhídrido ftálico y Atanor una planta de metanol. A fines de los años '50 se hacen visibles las primeras acciones de política pública¹⁰ de estímulo al desarrollo de la IPQ. El criterio de precios subsidiados para la materia prima petroquímica implicaba la operación de actividades que, sin su apoyo, no hubieran sido rentables. Se conformó así una IPQ fundada en plantas de pequeña escala, fuera del rango internacional, con escaso grado de articulación y orientadas al mercado interno. Se producían alrededor de treinta productos petroquímicos diferentes, entre productos básicos, intermedios y finales. En esta época, no existe una concepción de la producción en torno a polos productivos integrados, sino que las compañías se instalan de forma aislada. A modo de ejemplo, en 1956 la empresa norteamericana Monsanto comienza sus operaciones en la Argentina, con la inauguración de la planta de plásticos en Zárate.

¹⁰ El Estado instrumentó estímulos especiales para generar inversiones, tales como subsidios impositivos, créditos, protección arancelaria y precios de fomento a las materias primas.

Hacia fines de los años '60, la fabricación estaba orientada a satisfacer la demanda nacional, pero la provisión de productos resultaba insuficiente. Por ello, el mercado interno de productos básicos e intermedios motivó la decisión de avanzar en la integración vertical de la IPQ argentina. Surgieron entonces los proyectos de dos grandes complejos petroquímicos, a localizarse en Bahía Blanca y Ensenada, en la Provincia de Buenos Aires. Hacia fines de los años '70 el sector sufre un proceso de estancamiento que obedece a distintas razones, entre ellas la crisis del petróleo de esa década -que produce una variación sustancial de los precios relativos- y la política de apertura del mercado interno a la importación de productos manufacturados combinada con sobrevaluación del tipo de cambio. Esta inestabilidad en las reglas de juego no permitió un crecimiento sostenido de la industria en ese período.

En los años '80 se produjo una importante expansión de la capacidad instalada en la IPQ (basada fundamentalmente en proyectos concebidos en los años '70). Haciendo de la IPQ fue uno de los pocos sectores manufactureros dinámicos de la economía argentina en los años '80. Durante dicho período, el Estado contribuyó con una parte significativa de los costos de inversión y nuevamente implementó regímenes de promoción industrial, asegurando precios favorables y provisión preferencial de materias primas, producto de lo cual parte de la renta primaria era trasladada a las firmas petroquímicas. En 1981 se pone en marcha la producción de disocianato de tolueno en Petroquímica Río Tercero (Córdoba). Se registra luego un notable crecimiento de los termoplásticos durante la década y una reestructuración en la producción, escenario en el cual la producción de petroquímicos básicos pasó de representar el 47% de la producción en 1980 al 35% en 1989, mientras que la incidencia de los intermedios se incrementó del 28% al 35% y la de los finales del 25% al 30% durante esos mismos años. De esta manera, los productos básicos dejan detener el mayor peso dentro de la producción total, lo cual influye en la magnitud de las exportaciones del sector.

A partir de 1990 se produce una ruptura en esta trayectoria de crecimiento, como consecuencia de transformaciones internas y externas a la actividad. Las transformaciones estructurales implementadas desde el inicio de la década tuvieron un impacto directo sobre el funcionamiento del sector petroquímico: la profundización de la apertura comercial -incluidos los avances operados en el

proceso de integración regional en el marco del Mercosur- privatizaciones de empresas públicas del sector, modificaciones en el marco regulatorio que rige al sector petrolero y gasífero (ley de emergencia económica, 1989, y decretos de desregulación petrolera, gasífera y eléctrica, 1990-1992). Las empresas enfrentan entonces fuertes alzas en los costos de la energía eléctrica y sufren el deterioro del tipo de cambio efectivo para el sector, al tiempo que los precios internacionales atraviesan por ciclos de depresión y de recuperación, cambios en el ámbito de la política comercial y sobrecapacidades en las principales líneas de productos, todo lo cual conduce a una importante pérdida de rentabilidad. Cabe destacar que a mediados de la década del '90 la producción era del orden de 3 millones de toneladas. La privatización de las grandes empresas estatales o mixtas (Petroquímica General Mosconi, Petroquímica Bahía Blanca) y la retirada de grandes grupos locales abrió paso al liderazgo de grandes operadores mundiales como Dow (EEUU) y Solvay (Bélgica) reconfigurando el escenario productivo del sector.

Así, en 2005, la producción petroquímica alcanzó los 5,8 millones de toneladas. Este valor comprende a productos básicos, intermedios y finales. Este fuerte aumento fue consecuencia principalmente de las inversiones que se concretaron en el Polo de Bahía Blanca. En línea con este incremento en la producción, en años recientes se ha verificado tanto una disminución de las importaciones petroquímicas (de picos de 2,5 millones de toneladas alcanzados en 1996 y 1999, cayeron a 1,4 millones de toneladas en 2002) como un notable aumento de las exportaciones (de un nivel de 500.000 toneladas en 1996; a 1,8 millones de toneladas en 2002). Paralelamente, la demanda de productos finales se expandió ampliamente, siendo los principales mercados en crecimiento los fertilizantes y los termoplásticos

En el caso del segmento de los fertilizantes, este registró en el período 1991-2001 un incremento global superior al 600% medido a través del consumo aparente, que pasó de 230.000 a 1.640.000 toneladas. Este crecimiento exponencial obedece a cambios de tipo cultural en la práctica agrícola, caracterizados por la expansión de la frontera agropecuaria, el auge en la producción de soja, la siembra directa como práctica predominante, y la utilización masiva de semillas híbridas, agroquímicos, fertilizantes y hasta riego. El segmento comprende a los siguientes fertilizantes:

urea, DAP, MAP, sulfato y nitrato de amonio, de los cuales los tres primeros explican aproximadamente el 90% del consumo.

Para el segmento de los termoplásticos, se registró en el período 1991-2001 un aumento global de 115%, medido a través del consumo aparente, que pasó de 440.000 a 950.000 toneladas. Este crecimiento reconoce como "market drivers"¹¹ a: cambios en packaging, expansión y consolidación de los supermercados, y penetración en los sectores de la construcción y la industria automotriz. El segmento comprende a los siguientes polímeros: PEBD, PEBDL, PEAD, PP, PVC, PS y PET (grado envase). Los tres tipos de polietilenos representan casi la mitad del consumo.

La dinámica de la inversión en el sector está determinada por tres aspectos claves:

- Análisis de las tendencias internacionales de mercado elegido.
- Tecnologías disponibles y negociación con los proveedores de dicha tecnología.
- Determinación de la escala de la planta.

La competitividad estará entonces marcada tanto por la disponibilidad y precio de las materias primas como el costo de la inversión fija. La producción de productos básicos por ejemplo se ve fuertemente influida por los costos de gas, nafta, LPG etc. Por otro lado, la importancia del costo del capital invertido se ve reflejada en los elevados montos de inversión y los largos periodos de maduración de los proyectos petroquímicos. Por ejemplo, dependiendo el tipo de producto elaborado, en servicios públicos como electricidad y agua los costos de la inversión en capital son de la

¹¹ En el contexto del presente trabajo, se entenderá por *market driver* a cualquier elemento, dinámica, comportamiento, tendencia, producto, categoría que está generando el crecimiento de un mercado o su evolución o cambio.

mayor relevancia, en tanto los costos laborales son poco significativos. Finalmente el nivel de costos operativos estará determinado por la escala, el tipo de proceso productivo y la utilización de la capacidad instalada.

El rol del estado es clave en aspectos tales como el estímulo a la formación de capital, el control del precio de la materia prima, el manejo de la política comercial, el impulso de investigación, y la asistencia en períodos de crisis. En países en desarrollo, esta participación es incluso más relevante, principalmente en la coordinación estratégica, subsidios a la inversión, alta protección contra importaciones, y el aporte de capital en emprendimientos de carácter mixto privado-estatal. En cuanto a los precios manejados por la IPQ, están sujetos a ciclos internacionales de precios determinados por dos factores: el precio de la materia prima y el balance entre capacidad instalada y demanda. La flexibilidad que les da la integración vertical y horizontal atenúa el impacto de estos ciclos pronunciados.

V.A.1.b Clasificación de los productos petroquímicos

Como se mencionara anteriormente, los productos petroquímicos son todos aquellos compuestos que pueden manufacturarse a partir de hidrocarburos naturales (petróleo y gas natural) utilizando para ello un conjunto de procesos químicos¹². A continuación se presenta una clasificación resumida a modo de ejemplo.

¹² Fuente: BID-INTAL, 1999.

Materias Primas	Productos Petroquímicos		
	Básicos	Intermedios	Finales
Naftas	Surgen del procesamiento de las materias primas petroquímicas y son utilizados en la elaboración de otros productos petroquímicos con mayor valor agregado	Se manufacturan a partir de los productos básicos, y se destinan a la elaboración de petroquímicos finales y otros productos industriales (no petroquímicos).	Se elaboran a partir de los anteriores y se utilizan como insumos difundidos en una gran cantidad de industrias manufactureras
Gas Natural			
GLP	<ul style="list-style-type: none"> •Aromáticos (benceno, tolueno, xilenos) •Olefinas (etileno, propileno, butilenos, butadieno) •Gas de Síntesis 	<ul style="list-style-type: none"> •Ciclohexano •Metanol •Amoníaco •Urea •Estireno •Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> •Caucho Sintético •Fertilizantes •Fibras Sintéticas •Detergentes •Pinturas y Solventes •Plásticos

Tabla 18. Productos Petroquímicos. Clasificación

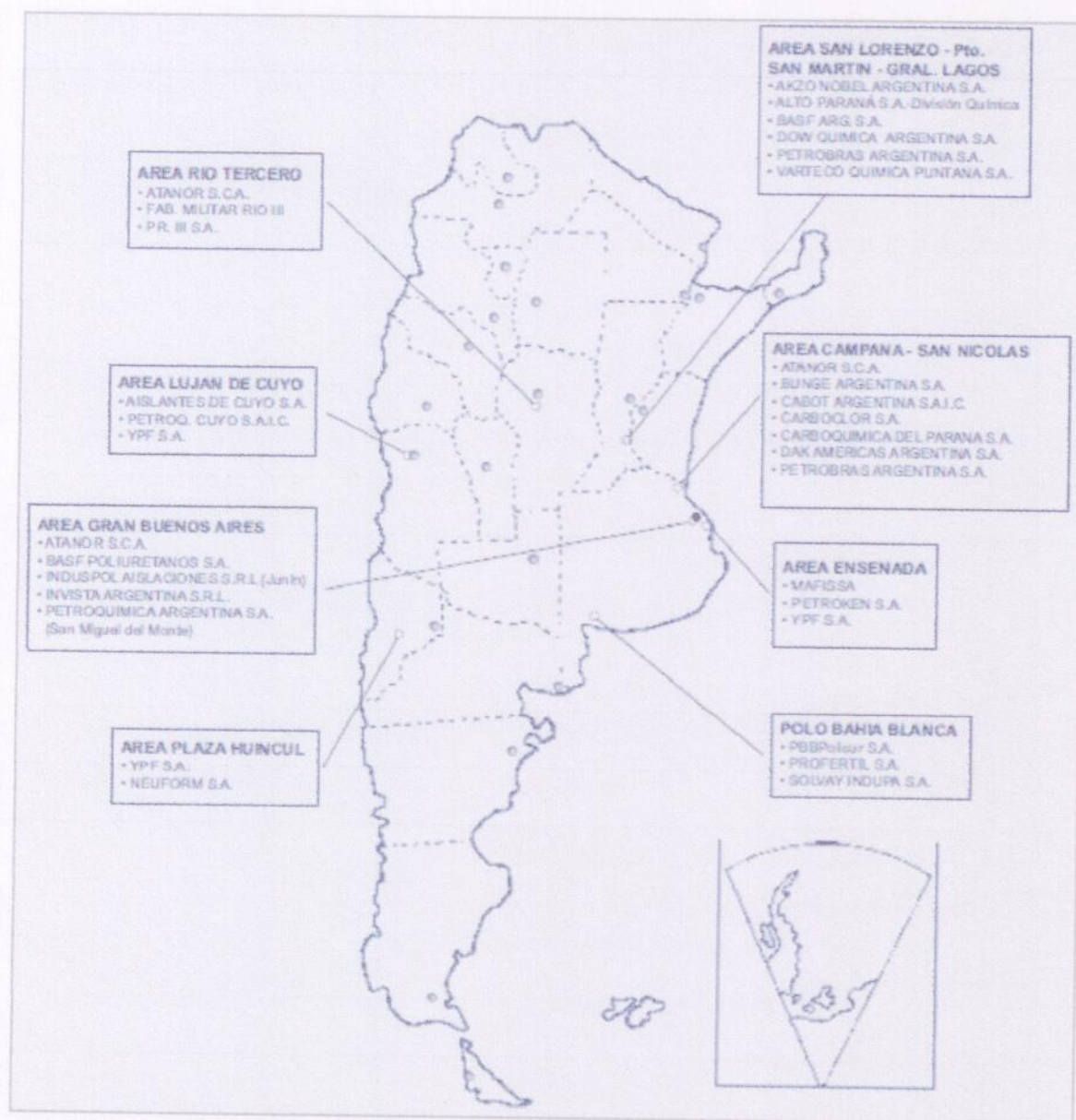
V.A.1.c Aspectos más relevantes de los principales polos petroquímicos

En una primera etapa - décadas del '40 y del '60 - la industria petroquímica tendió a radicar sus plantas cerca de los principales centros de consumo, en línea con una orientación dirigida a satisfacer la demanda del mercado local. Así, se desarrollaron los sitios de San Lorenzo, Campana, Río Tercero y Área del Gran Buenos Aires.

En los años '70 y '80, las expectativas de un cambio de escala con posibilidades exportadoras afirmó el desarrollo de dos localizaciones, ambas situadas en la Provincia de Buenos Aires: Ensenada, basada en materias primas disponibles en la Refinería La Plata (YPF) y Bahía Blanca, fundada en el gas natural que la conjunción de los gasoductos del sur y del oeste aseguraba.

Desde entonces, los polos industriales de San Lorenzo, Ensenada y Bahía Blanca fueron logrando - a través de ampliaciones e instalación de nuevas plantas - sinergias productivas y logísticas, que los caracterizan como verdaderos polos petroquímicos.

A comienzos de la presente década, se produjo en Bahía Blanca un salto significativo de la capacidad instalada, por medio de la puesta en marcha de un conjunto de plantas de escala internacional y de tecnologías de última generación.



Mapa 6. Plantas petroquímicas en la Argentina

Fuente: Instituto Petroquímico Argentino (IPA) – "Información Estadística de la Industria Petroquímica y Química de la Argentina"

En líneas generales, las plantas petroquímicas argentinas se agrupan en ocho áreas productivas regionales. El principal centro productivo nacional de la química pesada es Bahía Blanca, con su polo productor de fertilizantes, cloro y soda cáustica, y termoplásticos, entre otros. Le siguen, en orden de importancia, el polo petroquímico de Ensenada (La Plata) —en torno de la refinería situada en Ensenada— y luego los polos de San Lorenzo, Campana y Luján de Cuyo.

El mapa de localización de los principales polos petroquímicos de Argentina muestra la relevancia que tiene esta industria dentro de la Provincia de Buenos Aires. En efecto, de un total de ocho centros productores, cuatro se localizan dentro de esta provincia. Además, en orden de importancia, tres de los cuatro primeros están localizados en su ámbito geográfico.

En el plano tecnológico, cabe mencionar que los productos petroquímicos se obtienen a partir de fracciones o cortes del gas natural (GN) y/o el petróleo, que luego son transformados utilizando un conjunto de procesos químicos. Ambos recursos naturales son mezcla de hidrocarburos con distinto grado de complejidad. El GN concentra los principales hidrocarburos livianos, básicamente metano, pero también contiene, etano, propano y butano. Estos dos últimos conforman lo que se conoce como GLP "gas licuado de petróleo". El GN también contiene, en baja proporción, hidrocarburos más complejos que dan origen a una nafta liviana denominada "gasolina natural". El petróleo está compuesto por una gran variedad de hidrocarburos que van desde los mencionados componentes del gas natural, hasta otros significativamente más complejos y pesados.

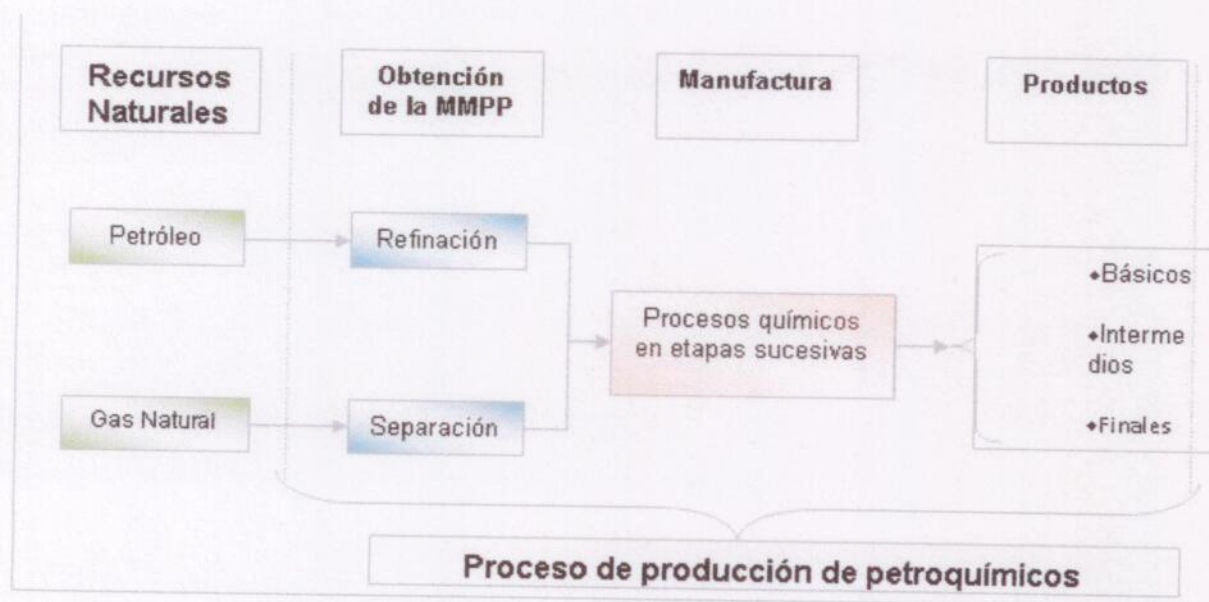


Ilustración 1. Principales eslabones de la cadena productiva de petroquímicos

El procesamiento del gas natural consiste en la separación de los gases que lo compone. Se realiza en plantas ubicadas en las cercanías de los yacimientos, o donde confluyen gasoductos de importancia que disponen de las ventajas logísticas necesarias, tal el caso de Bahía Blanca.

Por su parte el procesamiento de petróleo se realiza en refinerías cuyo grado de complejidad y sofisticación es mucho mayor al de las plantas separadoras de GN. Por lo general se sitúan próximas a los centros de consumo; como en el caso de YPF la principal refinería del país, situada en las cercanías de la ciudad de La Plata, capital provincial. Allí se producen diferentes cortes de petróleo para una gran variedad de usos. Entre ellos se encuentra la "nafta virgen", de bajo rendimiento como combustible, que se destina a la producción petroquímica.

Estas materias primas son sometidas a diversos y sucesivos procesos químicos industriales, para dar origen a una variada cartera de productos petroquímicos.

En una primera etapa se elaboran productos petroquímicos básicos, cuyos procesos productivos principales son: *stream-cracking*¹³, *reforming* catalítico¹⁴ y el *stream-reforming*¹⁵.

La transformación de los petroquímicos básicos en productos de mayor grado de elaboración (intermedios y finales) se realiza en etapas posteriores a través de

¹³ Consiste en la ruptura térmica de moléculas de hidrocarburos en presencia de vapor de agua, que da lugar a moléculas más pequeñas, con enlaces dobles entre átomos de carbono y otros átomos vecinos.

¹⁴ Implica una serie de reacciones químicas de transformación de moléculas de hidrocarburos lineales o ramificados, con anillos o ciclos de seis átomos de carbono. Este proceso es similar al utilizado en la refinería para obtener naftas de alto grado de octanaje.

¹⁵ Consiste en una reacción de moléculas de hidrocarburos con vapor de agua, para dar lugar a hidrógeno, monóxido y dióxido de carbono; actualmente, por razones económicas, el metano proveniente del gas natural es la materia prima más utilizada en este proceso.

procesos químicos sucesivos. Estos últimos tienen características particulares, que fueron someramente presentados en la sección anterior, pero que a su vez son importantes a los fines del presente estudio ya que hacen a su huella de carbono, debido al consumo energético, materias primas e insumos, y al proceso productivo y sus efluentes.

En general, para la determinación de la huella de carbono en la producción del sector, es relevante la identificación de los procesos químicos involucrados en la obtención de determinados productos ya que algunos de estos generan, como subproducto, importantes cantidades de dióxido de carbono (p.e. el proceso de reformación de GN con vapor de agua).

VI. POLO PETROQUÍMICO DE ENSENADA

VI.A. Petroquímica La Plata – YPF

VI.A.1 Descripción

Este complejo tiene la particularidad de poder ser subdividido en función de las materias primas que utiliza y los procesos productivos que la componen. Es por ello que toda la petroquímica de YPF en La Plata se subdividido en los siguientes complejos: a) Complejo Aromáticos, b) Complejo Olefinas, c) Complejo MAN, d) Complejo PIB y e) Complejo LAB.

Para una mejor interpretación de la descripción se recomienda acompañar la lectura con el esquema del complejo correspondiente.

VI.A.1.a Complejo Aromático

La materia prima central es la nafta virgen proveniente de la refinería que la misma empresa posee dentro del citado polo industrial.

El primer eslabón es un **proceso de reforma**, donde luego de ajustar y acondicionar la nafta virgen proveniente de la refinería¹⁶ la misma ingresa a un reformador de lecho fijo para aumentar la concentración de compuestos aromáticos. Además de obtener lo que se conoce como reformado se obtienen como subproductos: hidrógeno impuro, nafta pesada y nafta liviana (obtenidas antes del ingreso al reformador).

¹⁶ Subproceso denominado prefraccionamiento donde se quitan impurezas y se ajusta lo que va a ser la carga a reforma por rango de destilación.

Parte de la nafta pesada se utiliza en el proceso de *producción de aguarrás* y el excedente es retornado a la refinería. Algo similar ocurre con la corriente de nafta liviana, la cual en parte se utiliza para producir *LPG y Propelente* y el excedente se retorna a la refinería.

El hidrógeno por su parte es enviado a una **planta de purificación** y luego es utilizado en los propios procesos productivos del complejo y el excedente se vende a la refinería como MMPP auxiliar para los procesos de purificación de combustibles.

El producto principal: "el reformado" ingresa a la planta conocida como "**extracción de aromáticos**". Esta ha sido diseñada para separar los aromáticos del reformado mediante un proceso de extracción en fase líquida utilizando un solvente. Los compuestos aromáticos son absorbidos en la corriente de solvente y esto permite separarlos de los compuestos parafínicos y nafténicos. En la misma planta la corriente de solventes rica en aromáticos (ya sin el refinado) se separa, permitiendo la recuperación del solvente por un lado y la obtención de una mezcla de compuestos aromáticos.

La corriente de refinado (parafinas y naftenos) en parte se utiliza para la producción de *solventes parafínicos* y el excedente se retorna a la refinería.

La mezcla de aromáticos es denominada extracto y constituye la carga de la **planta de fraccionamiento o destilación** que posibilita la separación de la mezcla por componentes (aromáticos). Primeramente se eliminan impurezas y luego, por punto de ebullición, se obtiene como productos finales: Benceno, Tolueno, Ortoxileno, Xilenos Mezcla, Base octánica y Aromático Pesado.

Como subproducto se obtiene una mezcla de xilenos, pobre en ortoxileno, que se ingresa a lo que se denomina "lazo de xilenos". Este está *compuestos por dos plantas* una de ella permite obtener Paraxileno mediante un procesos de separación por punto de fusión (**crystalización**) y la salida o subproducto, pobre en orto y para xileno, es enviado a un **proceso de isomerización**. Esta segunda y última planta del lazo, ha sido diseñada para aumentar el contenido de PX y OX de la alimentación a expensas del metaxileno y el etil-benceno utilizando además hidrógeno, lo cual (por reacción) permite restablecer el equilibrio de aromáticos de C₈.

En casos de que no se tenga demanda de PX o que el precio no sea atractivo este esquema brinda la flexibilidad de sacar de servicio el lazo de xilenos y producir xilenos mezcla como producto final.

El resto de las plantas que integran el complejo aromático pueden salir de servicio en caso de caída de la demanda del producto o en caso de caída de precios. Como es el caso del benceno, el cual se usa como MMPP en la producción de las bases de detergentes, pero también puede ser enviado a la **planta de ciclohexano**. En esta última, el benceno junto con hidrógeno purificado son convertidos a ciclohexano mediante un proceso de hidrogenación catalítica.

La planta conocida como **HDA¹⁷** tiene como función la de producir Benceno a partir de una alimentación rica en tolueno e hidrógeno puro. Cuando el precio y/o la demanda de benceno brindan una oportunidad frente a la producción de tolueno, esta planta comienza a tener peso en el esquema productivo.

Este complejo también produce Aguarrás, Solventes Parafínicos y LPG - Propelente. Estos esquemas de producción también son operados en función de las demandas de los mismos y en comparación con la alternativa de retorno (reventa) a la refinería.

El **proceso de producción de aguarrás** implica la hidrogenación de la nafta pesada proveniente del acondicionamiento de la nafta virgen.

La planta de producción de **solventes parafínicos** ha sido diseñada para separar parafinas normales de no normales, para lo cual se utiliza un tamiz molecular como proceso central de producción.

¹⁷ HDA - HIDRODEALQUILACIÓN

Por último la **planta de LPG y Propelente** se encarga de la recuperación de propano y butanos contenidos en los productos (líquido y gas) y del pre-fraccionamiento de la nafta (acondicionamiento previo a reforma), nafta liviana.

Cabe mencionar que prácticamente en todas las plantas existen torres de estabilización, ya sea porque se requiere acondicionar la carga o porque es necesario aumentar la pureza del producto final.

El alto grado de integración y flexibilidad del complejo aromático, así como su integración con los procesos de la refinería (de la misma compañía), hacen que las producciones anuales sean diferentes respecto de las cargas de diseño y de las producciones de otros años. Esto brinda un amplio margen de opciones para maximizar el resultado económico pero dificulta mucho la estimación de indicadores, entre los cuales se encuentran los indicadores objeto de este estudio.

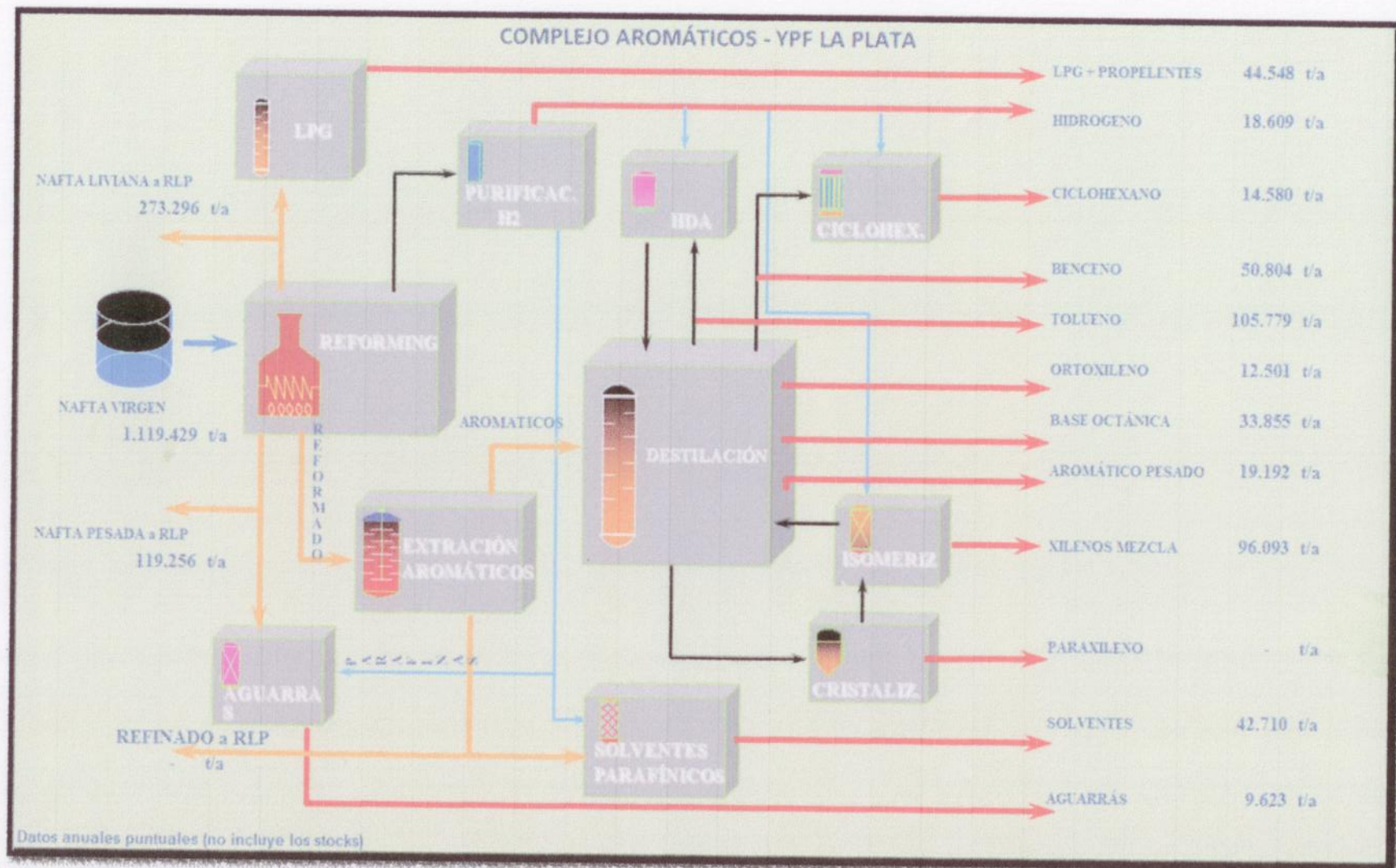


Ilustración 2. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Producciones del “Complejo Aromático”

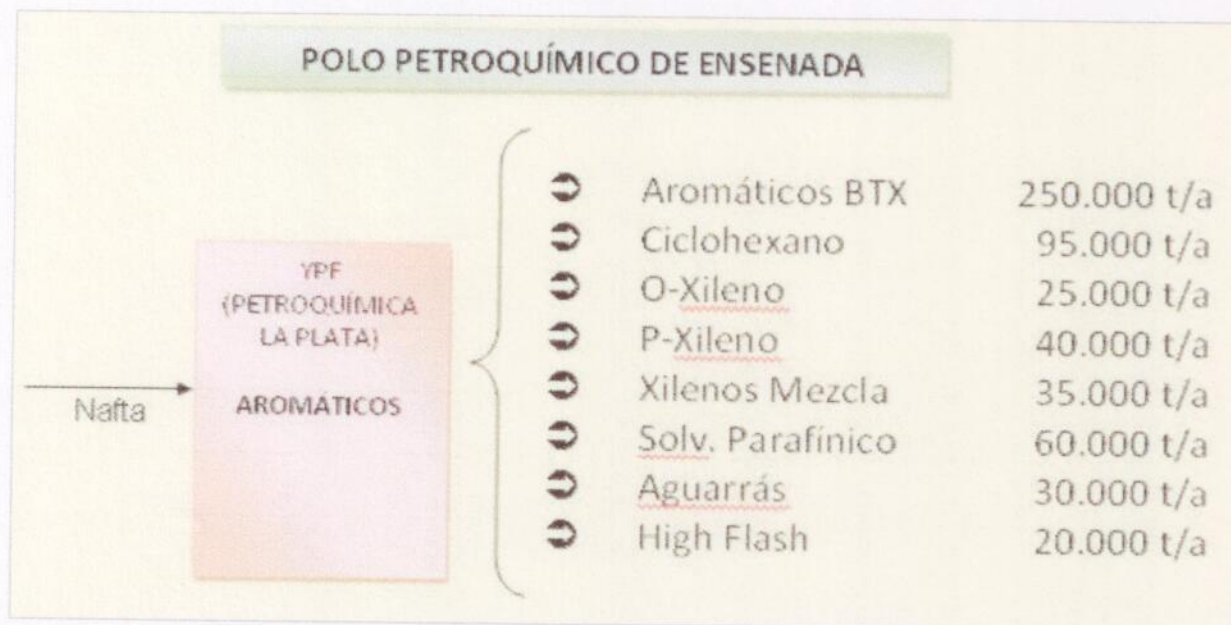


Ilustración 3. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF.
Producciones del “Complejo Aromático”, datos de diseño

Los comentarios del cuadro de texto anterior se ven respaldados por los datos de las producciones anuales del año 2010 y las producciones anuales de diseño contenidos en figuras anteriores (1.1.a y 1.1.b).

VI.A.1.b Complejo Olefinas

Este complejo productivo utiliza las siguientes materias primas corrientes gaseosas provenientes de la refinaría, metanol y gas natural y se encuentran integrados de la siguiente manera:

Planta de MTBE, fue diseñada para recuperar el Isobuteno presente en la corriente de alimentación por medio de una reacción (resinas catódicas) con el metanol que produce Metil Ter Butil Eter.

La alimentación de Butano / Buteno es pretratada para eliminar impurezas. Antes de ingresar al tren de reacción, la corriente pretratada se une con una corriente de metanol fresco y un reciclo. Superada la etapa de reacción se ingresa a una etapa de

separación donde se recupera el MTBE y como subproductos se obtienen butenos con el resto del metanol. El subproducto es separado por afinidad entre el agua y el metanol y se separa de los hidrocarburos, para finalmente separar el agua del metanol en otro equipo (ambas corrientes son reutilizadas en el proceso).

Producción de Buteno-1, se obtiene por separación del buteno-1 contenido en la corriente de Butano / Butenos proveniente de la Unidad de MTBE. Para lo cual se emplea una torre superfraccionadora que separa el isobutano por cabeza del resto de los C4. Por lo difícil de la separación, la columna es de relleno y trabaja a una elevada relación de reflujo y emplea un sistema de bomba de calor.

También integran el proceso una hidrogenación selectiva y posterior separación, cuyas salidas finales son buteno-1 al 99% como producto principal y como subproductos isobutano y una corriente de butanos-butenos, que hace las veces de materia prima para la planta de dimerización.

Planta de producción de TAME¹⁸, convierte la mayor parte de los Isoamilenos, reactivos de un corte de C5 (proveniente de la refinería), a TAME mediante el agregado de metanol sobre resinas catiónicas.

El proceso se inicia con un acondicionamiento de la MMPP, mediante una la columna lavadora donde las impurezas de la carga son removidas. El lavado es realizado con agua desmineralizada en contracorriente.

¹⁸ TAME, Ter-Amil-Metil-Eter

Luego, la corriente libre de impurezas se alimenta la sección de Hidro-isomerización, previo mezclado con hidrógeno y precalentado (para la eliminación de contaminantes residuales). Posteriormente se mezcla con metanol e ingresa al proceso de reacción. El efluente de este último ingresa a un proceso de separación y recuperación de metanol (la cual se realiza con agua que luego se recupera y recircula al proceso).

Este complejo, en sus inicios contaba con una planta de producción de metanol (insumo clave en varios de los procesos antes mencionados) pero la misma salió de servicio en forma definitiva hacia fines de los años noventas por problemas técnicos. Parte de dicha planta, específicamente la etapa de destilación, se reconvirtió y hoy se utiliza para la producción de solventes.

Producción de Solventes, utiliza como MMPP el refinado parafínico producido en la sección (planta) de Extracción del complejo aromático. El proceso básicamente consiste en una separación por destilación (ebullición) donde el producto es obtenido mediante un corte lateral. Este esquema de procesos solo permite la obtención de dos tipos de solventes "G" ó "C", lo cual se define de acuerdo a las condiciones de operación de las torres.

A continuación se describen tres procesos que integrados permiten la producción de Oxoalcoholes, los dos primeros sirven para producir lo que serían la MMPP propia del proceso de oxoalcoholes.

Planta de Dimerización, El objetivo de esta unidad es dimerizar y codimerizar olefinas de C3 y C4 (MMPP), mediante la ayuda de un catalizador, dando como productos una

mezcla de hexenos, heptenos, octenos, nonenos y en menor medida dodecenos. Cabe mencionar que actualmente solo opera con olefinas de C4. Primero se forman los dímeros y luego se produce la codimerización para dar las olefinas de cadena más larga.

El proceso cuenta con un pretratamiento y secado de la corriente gaseosa (MMPP) previo al ingreso de la reacción. En esta (etapa de reacción), se ingresa el C4 y el catalizador¹⁹. Luego sigue una etapa de neutralización del catalizador en la cual se agrega amoníaco para evitar la formación de cloruros orgánicos que contaminarán la olefina. Posteriormente se efectúa un tratamiento cáustico con NaOH, donde se neutralizan y disuelven los productos solubles del ataque con NH₃. Todos los productos de la neutralización son solubles en la fase cáustica, salvo el Ni(OH)₂ que se mantiene en suspensión como un fino sólido negro, formando una interfase entre la cáustica y la orgánica. Esta interfase se retira por la salida lateral hacia un filtro que retiene el hidróxido. La olefina es lavada con agua para remover las partes cáusticas y residuos de reacción.

Finalmente se tiene un proceso de fraccionamiento, el cual permite: eliminar el butano y livianos y obtener las olefinas. La cola pesada (fondo) es recuperada como FO.

Tratamiento de Efluentes insito: La corriente cáustica, y eventualmente la del lavado con agua, se envían a la torre despojadora de amoníaco. Luego este último es enviado a antorcha y la soda cáustica (libre de NH₃) es enviada a la Unidad de Oxoalcoholes, para neutralizar una corriente ácida efluente de esta Planta. Que luego se envía un

¹⁹ EADC y jabón de níquel

filtro de placas. En este último se retienen los metales Al y Co (de Oxo) y el resto es enviado a la planta de tratamiento de efluentes del complejo.

Planta de Gas de Síntesis, el gas natural que ingresa a la planta es comprimido y separado en dos corrientes que se precalientan separadamente y que luego se vuelven a juntar para ingresar a un reactor donde se eliminan el azufre.

Corriente abajo del reactor la corriente de carga de gas es nuevamente separada. Una parte se utiliza como energético en el horno de procesos y la otra como MMPP.

La carga de GN al proceso es mezclada con una corriente de vapor sobrecalentado y de CO_2 reciclado, antes de ingresar a los tubos del horno que hacen las veces de reactor. Los productos de la reacción son monóxido de carbono e hidrógeno, pero también contienen en forma residual metano y dióxido de carbono.

Parte de la energía puesta en juego en la etapa de reacción es recuperada mediante la generando vapor y el precalentado el gas natural, el agua y el CO_2 .

El CO_2 es separado del gas reformado en unidad de lavado con amina MDEA (etapa de absorción). Luego la solución de amina es regenerada y recirculada. El CO_2 liberado es reciclado parcialmente a la alimentación para reducir el consumo de gas natural e incrementar la producción de CO.

El gas de proceso que es enfriado para condensar los restos de agua y CO_2 previo a su ingreso a una sección criogénica.

Luego del proceso de adsorción el gas es dividido en dos corrientes. Una corriente entra a la sección de baja temperatura de la unidad. Mientras que la otra corriente by pasea la sección criogénica y representa una corriente parcial de oxo gas.

En la sección de baja temperatura, el gas es separado en una corriente de H_2 puro y una corriente de CO que se divide en CO producto y oxo gas.

La energía de refrigeración requerida es generada por un ciclo de refrigeración de CO.

La planta de Oxoalcoholes se divide en seis secciones de procesos:

- Oxonización y generación del catalizador.

- Recuperación del Cobalto.
- Hidrogenación.
- Destilación.
- Hidrogenación final.
- Cracking de polímeros.

La sección de oxonización consiste de un generador del catalizador y tres reactores.

El catalizador de oxonización es generado por la reacción entre el óxido de cobalto y el oxo-gas, mezcla equimolar de H_2 y CO (la generación es solo para reposición ya que el catalizador es recuperado).

En el tren de reacción se produce la reacción entre la olefina y el oxo-gas, en presencia del catalizador, para formar el aldehído.

El efluente del último reactor es enviado a un proceso para capturar al catalizador, del cual salen una corriente más liviana y otra corriente pesada. Esta última se transfiere al regenerador en donde el contacto con ácido sulfúrico y olefina regenera el catalizador.

El aldehído decobaltado es lavado con agua y enviado a la sección de hidrogenación primaria, en donde mediante un tren de reacción se hidrogenan el aldehído a su correspondiente alcohol, y eliminan productos indeseables.

El alcohol crudo es enviado a la sección de destilación, en donde se separan los livianos (agua y parafinas) y luego se obtiene el alcohol y como subproducto los pesados.

El alcohol destilado es enviado a la sección de hidrogenación final para finalmente dejar la planta en especificación.

Los pesados, que contienen una gran cantidad de alcohol, son enviados a la sección de craqueo de polímeros. En ésta los pesados son precalentados con vapor y luego pasan por un reactor en donde los polímeros se desdoblan a alcoholes. El alcohol es luego separado de los pesados por fraccionamiento y recirculados a la sección de hidrogenación primaria.

Las producciones de las plantas de MTBE y TAME se ajustan en función de los requerimientos de la refinería, lo cual en líneas generales (por la demanda sostenida de combustibles) se mantiene estable.

La producción de solvente es regulada en función de la demanda de los productos y la carga y campañas proyectadas en el complejo aromático, introduciendo amplia fluctuación que incluyen salidas de servicio.

La producción de buteno-1 tiene un único cliente (PBB Polisor) que en cierta medida define la producción (no está operativa en forma continua tomando como base de tiempo un año calendario), podría asumirse un factor de ocupación del 50%.

La producción de oxoalcoholes se realiza por campañas en función de la demanda del cliente, y además en ocasiones los dímeros son provistos por el cliente.

Por lo tanto en líneas generales la carga y operación anual no es estable y, aunque presenta menos flexibilidad que el complejo anterior, es relativamente complicado establecer específicos.

Las figuras 1.1.c) y 1.1.d) permiten apreciar lo antes mencionado debido a que contienen datos de las producciones en base anual para los dos escenarios citados. En la primera se presenta las producciones de diseño en base anual y en la segunda las producciones anuales correspondientes al año 2010.

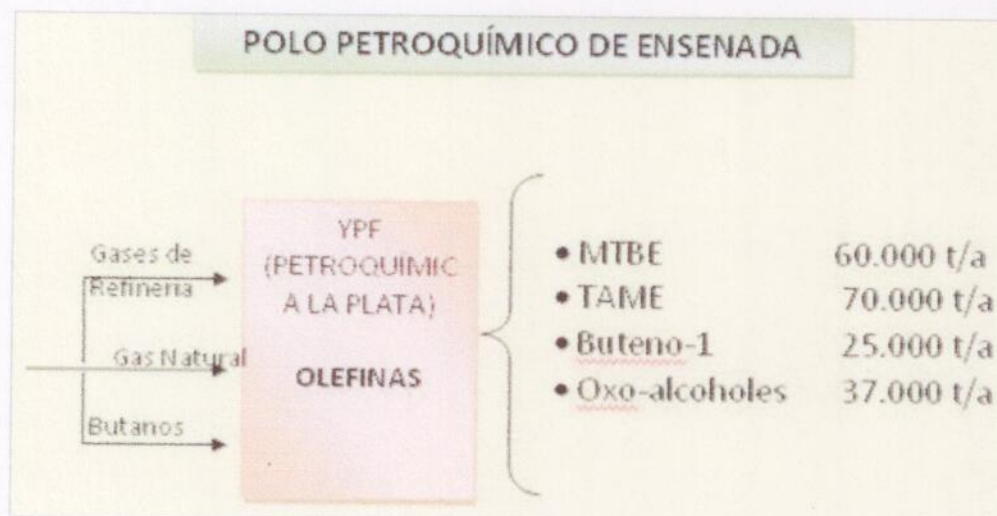


Ilustración 4. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF.
Producciones del "Complejo Olefinas". Datos de diseño

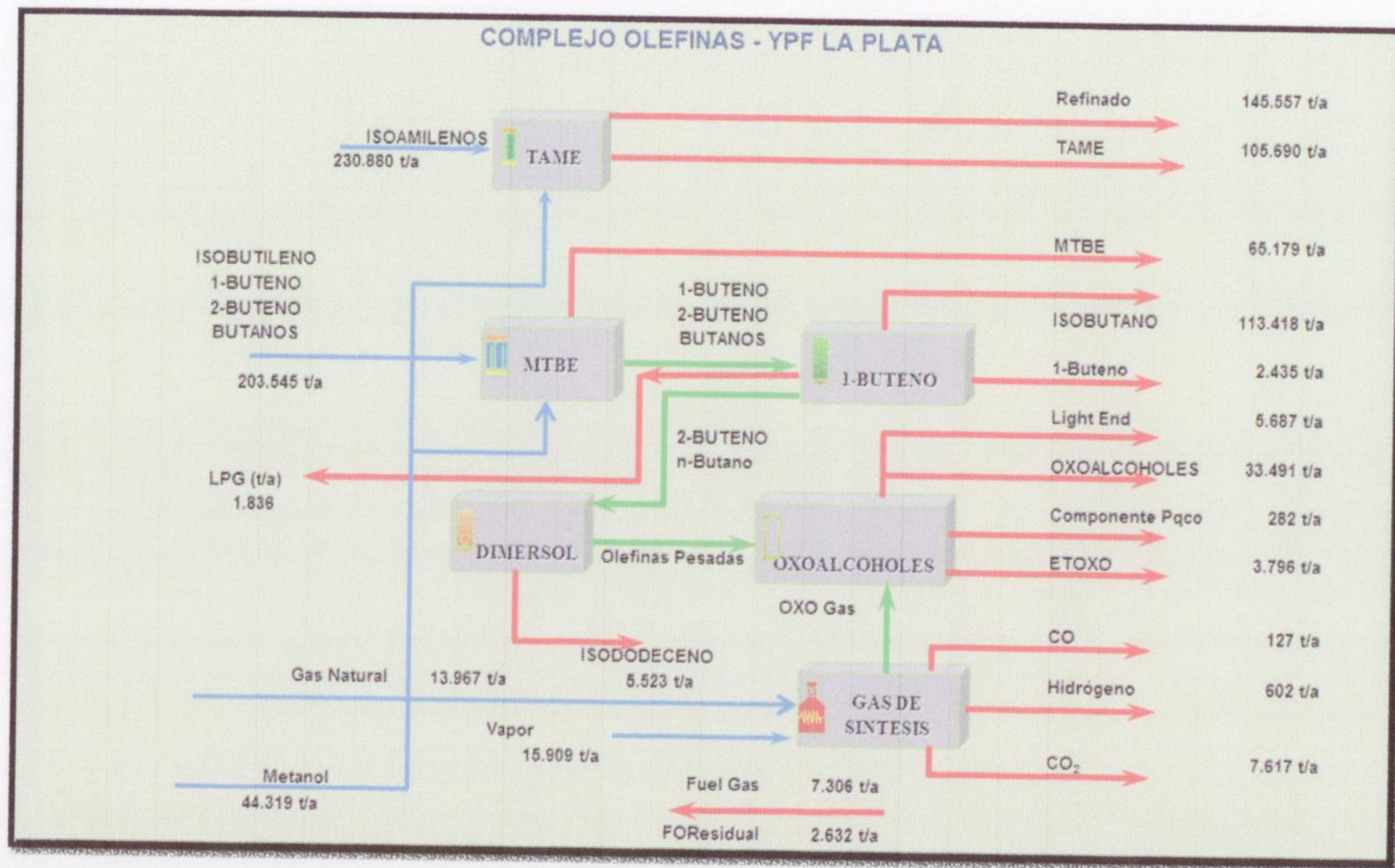


Ilustración 5. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Producciones del “Complejo Olefinas”

VI.A.1.c Complejo MAN

Esta planta tiene un solo producto final, lo cual facilita las estimaciones de indicadores del tipo global.

Utiliza como materia prima n-butano de una pureza mínima del 95%, que proviene del Complejo Aromático (antes descripto).

El proceso industrial, está basado en la oxidación catalítica en fase de vapor del n-butano, para lo cual se emplea un reactor tubular de lecho fijo. El oxígeno necesario para la reacción, se obtiene inyectando aire al proceso.

Dicha reacción es altamente exotérmica y eliminar el calor generado mediante la circulación, a través del reactor, de una sal inorgánica fundida que mantiene al reactor a una temperatura constante. Esta sal, a su vez, es refrigerada con agua generando vapor.

Los productos de la reacción son enfriados, en parte condensan y pasan por un ciclón. Los gases son lavados para recuperar el producto (como ácido maleico) que de otro modo sería arrastrado en la corriente gaseosa.

Hasta aquí el proceso es de tipo continuo y se obtienen como productos, anhídrido maleico y ácido maleico (ambos fuera de especificación).

La parte restante del proceso es del tipo batch, el objeto de esta etapa es la de deshidratar el ácido para obtener anhídrido y luego purificarlo. Estas dos operaciones se realizan en una misma columna de destilación, primer lugar se procede a la **deshidratación** del ácido, mediante una destilación azeotrópica, utilizando para ello, ortoxileno como tercer componente, el que es separado del agua en un decantador, retornando a la columna. El agua separada es enviada a un tanque, siendo reciclada al proceso de absorción. Luego se incorpora al sistema el anhídrido maleico crudo, dando comienzo así, a la etapa de **refinación**, para lo cual se elimina el ortoxileno del sistema, el que se recupera para un nuevo ciclo; luego, bajo vacío, se procede a destilar el anhídrido maleico.

A continuación se incluyen los esquemas globales del proceso con los datos de producciones anuales de diseño y el correspondiente al año 2010.

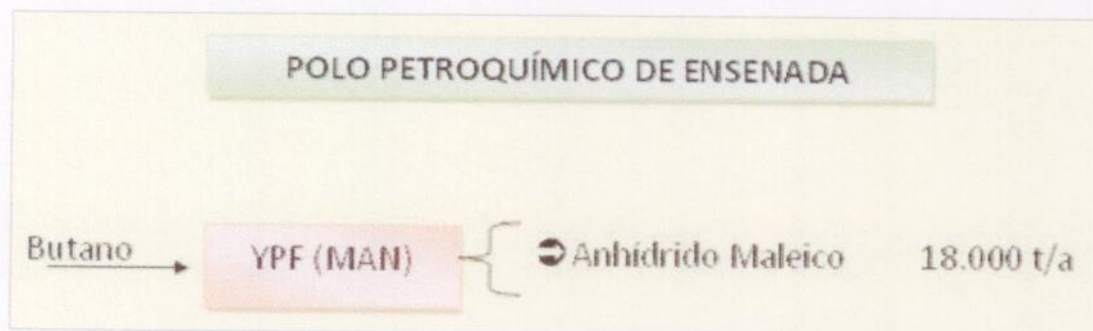


Ilustración 6. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Producciones del "Complejo MAN". Datos de Diseño

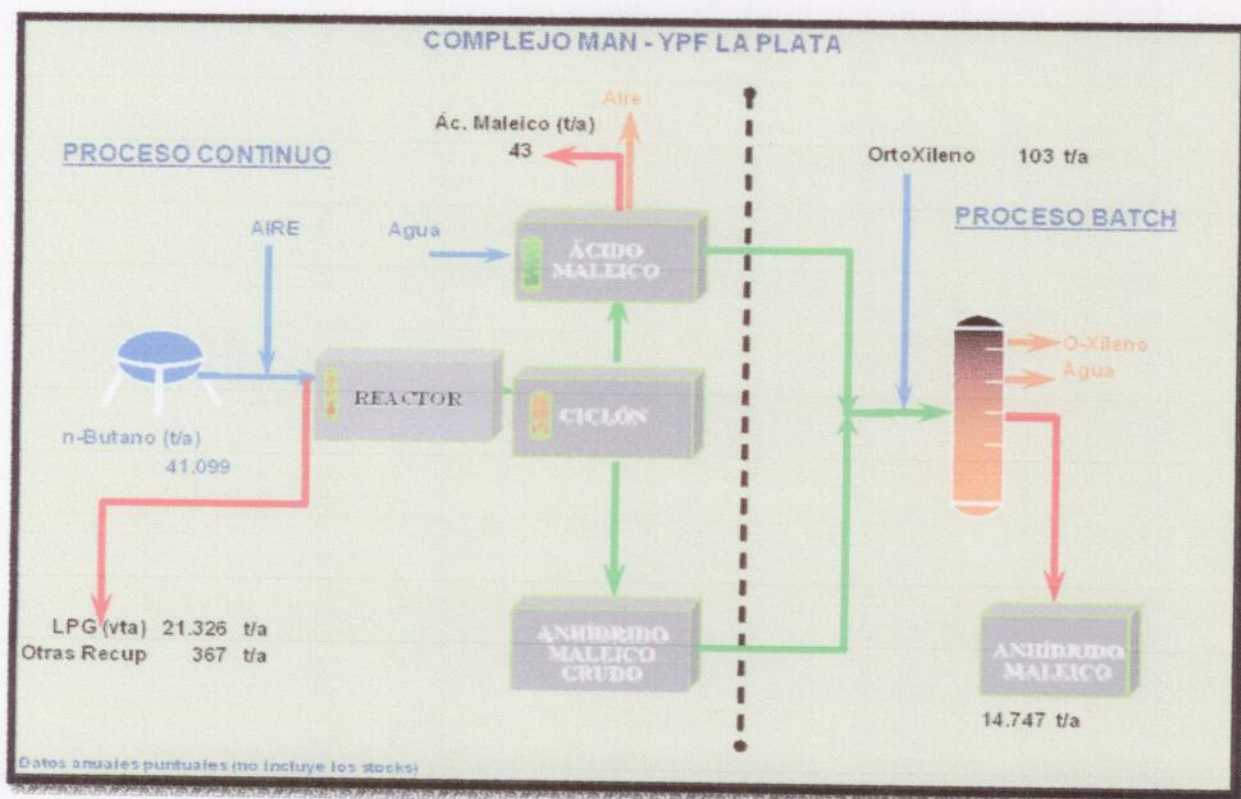


Ilustración 7. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Producciones del "Complejo MAN".

VI.A.1.d Complejo PIB

El proceso es del tipo operación continua y consiste básicamente en una transformación química (reacción llamada polimerización) en la cual varias moléculas de un mismo producto se combinan entre sí para formar un polímero que mantiene esencialmente la disposición de las moléculas bases.

El proceso utiliza el isobutileno contenido en una corriente de butanos-butilenos (MMPP) provenientes del cracking catalítico de YPF Refinería La Plata.

Dicha corriente, primeramente se acondiciona la MMPP eliminando azufre y otros contaminantes luego, por fraccionamiento, se eliminan las colas livianas y pesadas; de esta manera la carga tratada y concentrada en isobutileno es enviada al reactor de polimerización.

La reacción es acelerada mediante un catalizador en lecho fluidizado. La polimerización es una reacción exotérmica y el calor generado debe removerse (lo utiliza el propio butano que vaporiza en el reactor). Estos vapores son extraídos y condensados (bombas de calor) de modo tal que puedan ser reciclados al reactor. El enfriamiento se completa con un circuito de refrigeración de amoníaco.

El efluente del reactor es tratado luego en un sistema de tratamiento cáustico para neutralizar el catalizador residual, y es purificado por fraccionamiento (elimina el butano no convertido a polímero y los dímeros y trímeros).

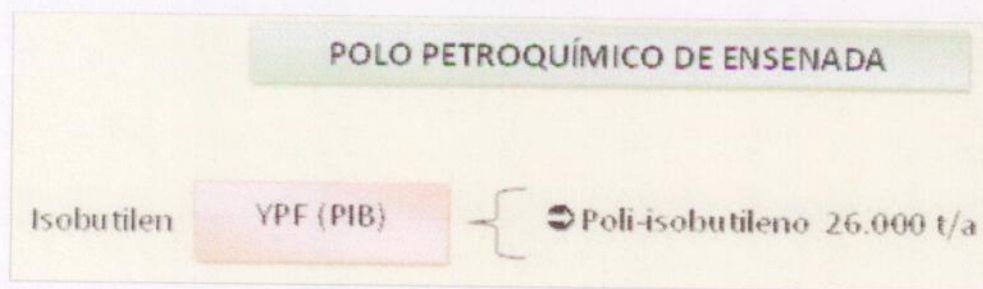


Ilustración 8. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF.
Producciones del "Complejo PIB". Datos de Diseño

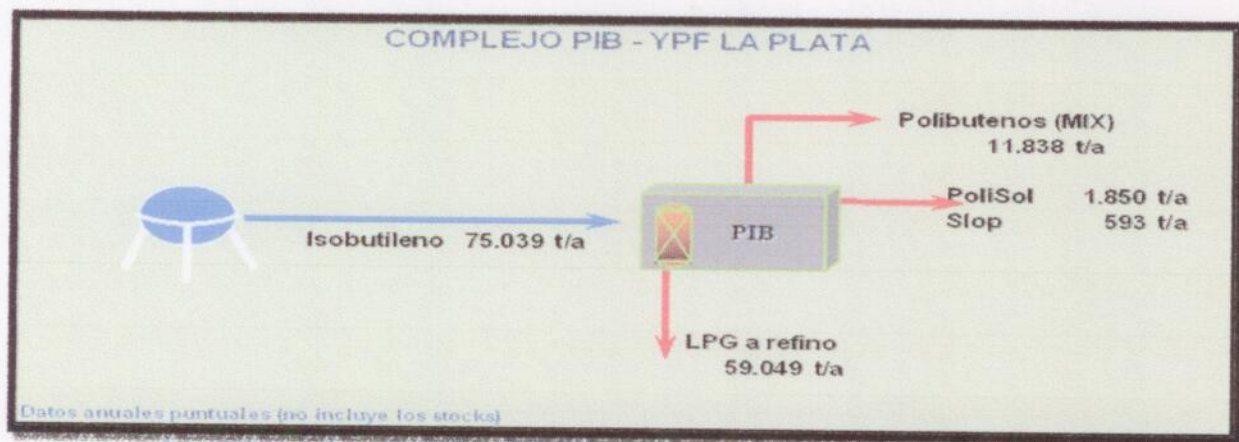


Ilustración 9. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF.
Producciones del “Complejo PIB”

VI.A.1.e Complejo LAB

En la **Planta de LAB**, el kerosene proveniente de la refinería, es sometido a un prefraccionamiento con la finalidad de separar un corte estrecho que contenga el mayor porcentaje de los hidrocarburos parafínicos de 11 a 14 átomos de carbono. Las colas livianas y pesadas se retornan a la refinería.

Luego se realiza una hidrogenación catalítica que somete al corte de kerosene prefraccionado a un proceso de hidrogenación catalítica, para eliminar compuestos de azufre, nitrógeno, oxígeno, metálicos y olefinas, que actúan como venenos del Tamiz Molecular y los catalizadores utilizados en los procesos siguientes. Esta etapa incluye una separación posterior.

La corriente tratada ingresa a la unidad de adsorción (físico-química) en tamiz moléculas, proceso este destinado a la separación de las Normales Parafinas de Rango C11-C14, de las No Normales Parafinas (isoparafinas y cicloparafinas). Todo el proceso de Adsorción se realiza en un sistema cerrado, en fase líquida y a elevada Presión y Temperatura (incluye la desorción y obtención de las normales parafinas).

Las normales parafinas ingresan a un proceso de deshidratación catalítica donde se produce selectivamente mono-olefinas a partir de parafinas lineales, mediante una reacción catalítica donde la carga se deshidrogena en presencia de un lecho fijo de

catalizador. En esta etapa también se incluye la estabilización de la corriente por fraccionamiento.

Finalmente La mono-olefina se alquilará (reaccionará) posteriormente con benceno (proveniente del complejo aromático) en presencia de HF^{20} como catalizador, para obtener el Lineal AlquilBenceno (LAB), que será la materia prima fundamental en la elaboración de detergentes sintéticos.

La otra planta que compone el complejo LAB es la planta llamada LAS, la cual se centra en una reacción sulfación/sulfonación la cual tiene lugar en un reactor en película multitubo. Se utiliza SO_3 como gas de sulfonación en concentración y cantidad variable. El gas SO_3 se produce por la combustión de sulfuro y que requiere aire seco como comburente.

Una vez que la reacción tiene lugar el producto es añejado para estabilizar el producto final, en esta etapa se producen gases que requieren un tratamiento específico.

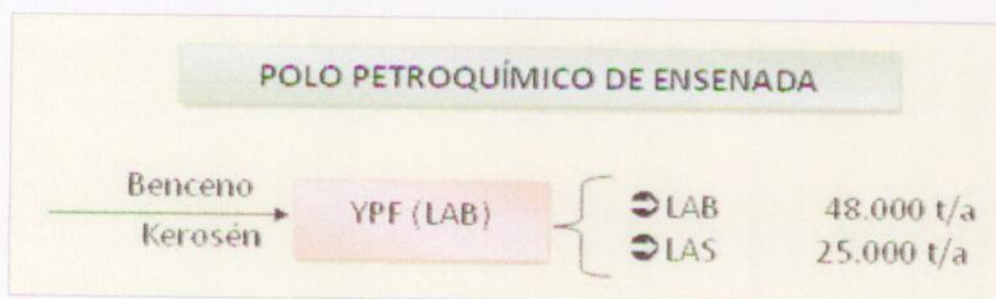


Ilustración 10. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF.
Producciones del “Complejo LAB”. Datos de Diseño

²⁰ HF: Ácido Fluorhídrico.

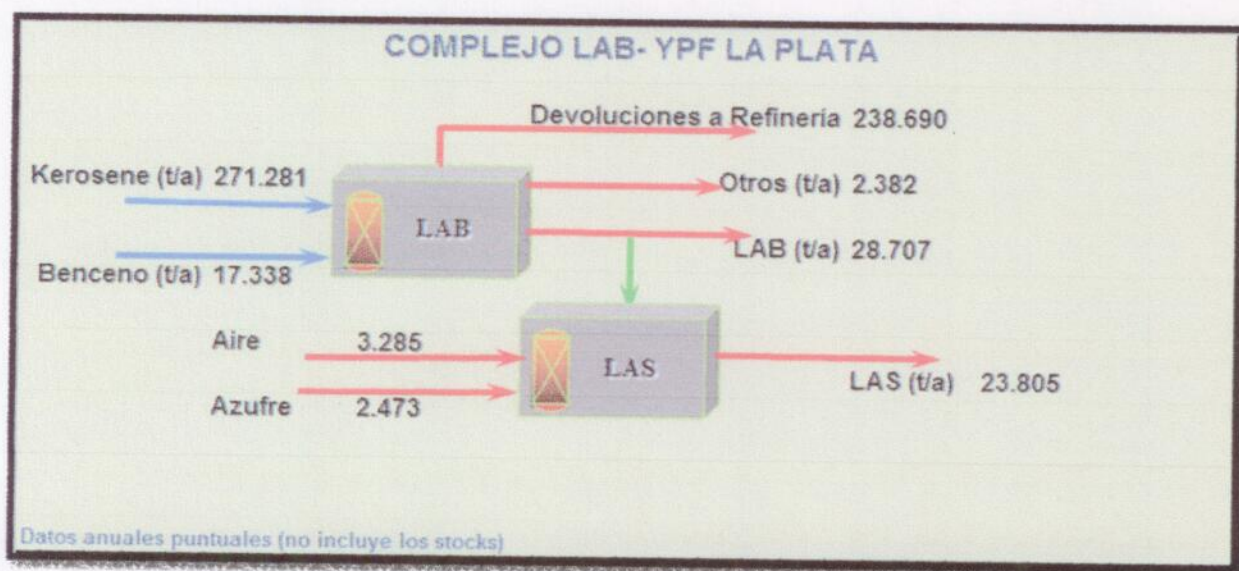


Ilustración 11. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF.
Producciones del "Complejo LAB"

VI.A.2 Producciones, Materias Primas e Insumos

VI.A.2.a Complejo Aromático

Los datos que se muestran a continuación corresponden a uno de los últimos años, el objeto del ejercicio es mostrar la amplia flexibilidad y por ende variabilidad de producción que presenta el sub-complejo productivo.

La **materia prima principal y mayoritaria** en la nafta virgen proveniente de la refinería y para el mismo ejercicio se han consumido **1.119.429 toneladas**.

Producciones (t/a)		Sub-productos Recuperaciones y Devoluciones a refinería (t/a)	
Benceno:	50.804	Nafta Liviana Devolución:	273.296
Tolueno:	105.779	Nafta Pesada Devolución:	119.256
O-Xileno:	12.501	LPG + Propelente:	44.548
Paraxileno:	0	Hidrógeno a refinería:	18.609
Aromático Pesado:	19.192	Base Octánica:	33.855
Xilenos Mezcla:	96.093	Fuel Gas Recuperado:	81.263
Solventes Parafínico:	42.710	Fuel Oil Residual:	3.406
Aguarrás:	9.623		

Tabla 19. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo Aromático. Producción

Los insumos para el mismo ejercicio fueron los siguientes:

- Percloroetileno
- Monoetanolamina
- Solvente de extracción (SULFOLANO)
- Arcilla decolorante
- Dimetildisulfuro
- Bola de alumina
- Bola para Catalizador

VI.A.2.b Complejo Olefinas

Al igual que en el caso del complejo aromático, este grupo de plantas tiene posibilidades de modificar las condiciones operativas e incluso hasta sacar de servicio alguna planta en función de la demanda y/o los precios de los commodities. Razón por la cual se puede apreciar variaciones respecto de las condiciones de diseño que afectan de manera directa al cálculo de la huella de carbono.

Las cantidades anuales consumidas para el mismo ejercicio de las principales materias primas son: **Isoamilenos 230.880** tonelada, corriente de **butanos-butilenos 203.545** toneladas, **Gas Natural 13.967** toneladas y **metanol 44.319** toneladas. Además, el proceso de reformación de gas natural (que produce oxo-gas) consumo **15.909 toneladas de vapor de agua**.

Producciones (t/a)		Sub-productos Recuperaciones y Devoluciones a refinería (t/a)	
		Refinado	145.557
		Iso-butano	113.418
		Light End	5.687
		Componente Petroquímico	282
TAME	105.690	Etoxo	3.796
MTBE	65.179	CO	127
1-Buteno	2.435	H ₂	602
OXO-Alcohol	33.491	CO ₂	7.617
		LPG	1.836
		Isododeceno	5.523
		Fuel Gas Recuperado	7.306
		Fuel Oil Residual	2.632

Tabla 20. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo Olefinas. Producción

Los principales insumos que se consumieron, para el mismo ejercicio anual, en este complejo fueron:

- Resinas
- Catalizador EADC
- Hipoclorito de Sodio
- Soda Cáustica
- Amoníaco líquido anhidro a granel
- Catalizadores
- Inhibidores de oxidación
- Bolas cerámicas para catalizador
- Óxido negro de cobalto

- Ácido Sulfúrico
- Piedra Póme

VI.A.2.c Complejo MAN

A diferencia de los dos complejos anteriores, éste se dedica a la producción de un único producto "Anhídrido Maleico" lo cual facilita la estimación de la huella de carbono.

La materia prima central de este grupo de plantas es el **n-butano**²¹, del cual se han consumido unas **41.099 toneladas** durante el ejercicio anual tomado para este estudio. Además como otras materias primas consume aire y agua de procesos.

Producciones (t/a)		Sub-productos Recuperaciones y Devoluciones a refinería (t/a)	
Anhídrido Maleico	14.747	Ácido Maleico	43
		LPG	21.326
		Otras Recuperaciones (RLP)	367

Tabla 21. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo MAN. Producción

Los principales insumos del proceso de producción de MAN son:

- O-Xilenos
- Hipoclorito de Sodio
- Soda Cáustica
- Trimetil Fosfato
- Ácido Tiodipropiónico

²¹ n-butano: normal butano

- Material para embalaje (papel, hilo de poliéster, cartón, bolsas de plástico, pallet de pino y film) para las ventas de anhídrido maleico en briquetas.

VI.A.2.d Complejo PIB

Las características de este complejo son relativamente sencilla si se trabaja con el MIX de Polibutílenos, si se desea abrir la información y el análisis por tipo de polibuteno que componen el mix los cálculos de la huella de carbono y su análisis se complica porque el mismo es variable. Esta última está relacionada con la demanda y los precios de los diferentes polibutenos.

La materia prima central de este complejo es una corriente rica en **isobutileno**, para el ejercicio anual empleado para los cálculos el consumo fue de **75.039 toneladas**. Además requiere una pequeña alimentación de hidrógeno, unas 76 toneladas anuales para la carga antes mencionada.

Producciones (t/a)		Sub-productos Recuperaciones y Devoluciones a refinería (t/a)	
MIX de Polisobutílenos	11.838	Polisol	1.850
		Slop	593
		LPG a Refinería	59.049

Tabla 22. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo PIB. Producción

Los principales insumos del proceso de producción del mix de polibutenos son:

- Hipoclorito de Sodio
- Soda Cáustica
- Antioxidante
- Catalizadores (cloruro de aluminio, otro)
- Bola de alúmina
- Material para venta en tambores (precintos plásticos, pallet de pino, tambores, tapas para tambores, etiquetas adhesivas, etc.), para el polibutenos grado "0".

VI.A.2.e Complejo LAB

La producción de LAB y LAS al ser productos centrales (prácticamente exclusivos) permite la estimación de la huella de carbono de manera mucho más sencilla que la de un complejo multi-productos integrado.

En la producción de la LAB las materias primas son kerosene y benceno, este último proveniente del complejo aromático antes presentado. Para el ejercicio empleado para las estimaciones se consumieron **271.281 toneladas de kerosene y 17.338 toneladas de benceno**.

Parte de la producción de LAB fue utilizada como MMPP para producir LAS, que demandó adicionalmente aire y **azufre (2.473 toneladas)**.

Producciones (t/a)		Sub-productos Recuperaciones y Devoluciones a refinería (t/a)	
LAB*	28.707	Devoluciones a Refinería	238.690
LAS	23.805	Otros Sub-productos	2.382

*El total producido es el final (no incluye el LAB usado como MMPP para el LAS).

Tabla 23. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo LAB. Producción

VI.A.3 Energía

Los datos de los energéticos corresponden al mismo ejercicio citado para las producciones anuales discriminadas por sub-complejo productivo.

VI.A.3.a Complejo Aromático

Utility	Consumo Anual	Unidades	Comentarios
EE	22.400.362	kWh/a	Compra
GN	5.498.872	m ³ /a	Para generar EE
LPG	616	t/a	
Vapor (alta P)	29.913	t/a	Compra a tercero
GN	23.349.142	m ³ /a	Para generar vapor de alta presión
Fuel Gas	14.295	t/a	
Fuel Oil Residual	13.546	t/a	
Fuel Oil	10.361	t/a	
GN	3.235.450	m ³ /A	Combustible a procesos.
Fuel Gas	59.648	t/a	

Nota: existen recuperaciones de calor de procesos que producen vapor (evitan generarlo en las calderas) lo cual se ve reflejado en un menor consumo de combustibles.

Tabla 24. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo Aromático. Consumo de energía

VI.A.3.b Complejo Olefinas

Utility	Consumo Anual	Unidades	Comentarios
EE	23.978.715	kWh/a	Compra
GN	5.886.329	m ³ /a	Para generar EE
LPG	659	t/a	
Vapor (alta P)	10.214	t/a	Compra a tercero
GN	7.972.928	m ³ /a	Para generar vapor de alta presión
Fuel Gas	4.881	t/a	
Fuel Oil Residual	4.625	t/a	
Fuel Oil	3.538	t/a	
GN	5.922.068	m ³ /a	Combustible a proceso/s.
Fuel Gas	8.017	t/a	

Tabla 25. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo Olefinas. Consumo de energía

VI.A.3.c Complejo MAN

Utility	Consumo Anual	Unidades	Comentarios
EE	18.983.204	kWh/a	Compra
GN	4.660.024	m ³ /a	Para generar EE
LPG	522	t/a	
GN	4.263.723	m ³ /a	Combustible a Proceso

NOTA: este complejo, al igual que la gran mayoría, recupera calor del proceso (reacciones exotérmicas) y produce vapor. Esta recuperación se tiene en cuenta en el balance global de vapor de toda la petroquímica y permite bajar la cantidad de vapor a generar en la caldera.

Tabla 26. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo MAN. Consumo de energía

VI.A.3.d Complejo PIB

Utility	Consumo Anual	Unidades	Comentarios
EE	5.593.484	kWh/a	Compra
GN	1.373.096	m ³ /a	Para generar EE
LPG	154	t/a	
Vapor (alta P)	3.620	t/a	Compra a tercero
GN	2.825.320	m ³ /a	Para generar vapor de alta presión
Fuel Gas	1.730	t/a	
Fuel Oil Residual	1.639	t/a	
Fuel Oil	1.254	t/a	Combustible a proceso
GN	949.920	m ³ /a	

Tabla 27. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo PIB. Consumo de energía

VI.A.3.e Complejo LAB

Utility	Consumo Anual	Unidades	Comentarios
EE	19.989.745	kWh/a	Compra
GN	4.907.11	m ³ /a	Para generar EE
LPG	550	t/a	
Vapor (alta P)	51.367	t/a	Compra a tercero
Fuel Gas	26.411.457	m ³ /a	Combustible a proceso
Fuel Oil Residual	1.469	t/a	

NOTA: por la localización del complejo LAB, el vapor no es producido por el sector servicios auxiliares, como lo es para el caso del resto de los complejos que integran la Petroquímica de YPF en Ensenada. Razón por la cual es comprado a un tercero.

Tabla 28. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroquímica La Plata – YPF. Complejo LAB. Consumo de energía

VI.A.4 Efluentes

No se han podido obtener datos relacionados con los efluentes pero se ha podido conocer en forma descriptiva y general los sistemas de tratamientos actualmente instalados en la Petroquímica que YPF posee en el POLO de Ensenada.

VI.A.4.a Complejo Aromáticos

La materia prima principal es la nafta proveniente de la refinería, lo que en líneas generales produce una corriente acuosa contaminada con hidrocarburos (HC) y por lo tanto sus características permiten un tratamiento del tipo físico en una primera instancia. El complejo cuenta con pileta del tipo API "cubierta", la que posibilita una primera separación HC - agua. El hidrocarburo va a tanques de recuperación de Fuel Oil y luego se usa como combustibles para los servicios auxiliares. El agua se envía a un proceso de clarificación, utilizando productos químicos y un sedimentador. El agua tratada y en especificación es vertida al Canal Oeste, si no está en especificación se envía a una pileta pulmón y se reprocesa.

Los barros generados durante el proceso de clarificación son enviados a piletas de secados y luego (cuando se elimina el agua) se envían a una biocelda ubicada en el mismo predio. El agua de secado se reenvía al sistema de tratamiento descripto al principio de esta sección.

NOTA: debido a que el efluente del complejo PIB es de características similares (agua con HC) luego de un primer filtrado se envía a este sistema de tratamiento.

VI.A.4.b Complejo Olefinas

El principal inconveniente de esta sección es la presencia de metanol, razón por la cual además de una separación física primaria (en piletas tipo API) se emplean piletas biológicas aireadas. En estas los microorganismos degradan el metanol.

Luego del tratamiento biológico se emplean un sistema de sedimentación para el recirculado de los barros con microorganismos a las piletas (sembrado) y el excedente es secado en otras piletas de secados (no se mezcla con los barros del complejo anterior).

El agua en especificación es vertida al canal oeste y los barros son enviados a la biocelda. En caso de no lograrse los parámetros de vertido existen pulmones de acumulación para el posterior reproceso.

En el caso específico del proceso de dimerización, el tratamiento de sus efluentes es llevado a cabo en la misma planta y fue descrito como una parte del proceso.

VI.A.4.c Complejo MAN

La primera etapa, proceso continuo, no genera efluentes y, como se mencionara en la descripción de los procesos productivos, la segunda etapa se realiza en forma batch. Es en esta última, donde tienen lugar la deshidratación del ácido maleico y la purificación/ refinación del MAN crudo, es donde se generan un efluente (base acuosa) que tienen un tratamiento específico.

Cada tres batch, se realiza un lavado de la columna el cual genera un efluente que es incinerado en un horno que utiliza como combustible gas natural. Los gases de salida del horno de incineración son enfriados en un generador de vapor, este último es utilizado en el proceso.

VI.A.4.d Complejo PIB

El efluente de este proceso es agua con hidrocarburos, principalmente polímeros, los cuales tienen una etapa primaria de filtrado (filtros tipo manga), los cuales permiten

recuperar HC ya sea para reproceso en planta o sino como combustible recuperado para calderas, principalmente.

Posteriormente el agua con algo de HC es enviado al sistema de tratamiento de efluentes del complejo aromáticos (por tratarse de corrientes de características similares).

VI.A.4.e Complejo LAB

En la etapa de des-hidrogenación catalítica se obtiene una corriente conocida como "agua ácida" que va a tratamiento de aguas ácidas de refinería.

En la planta de LAS, Los vapores que provienen del reactor de sulfonación, se tratan para remover cualquier indicio de SO_3 no reaccionado, materia orgánica y SO_2 . El procedimiento que se sigue involucra el agregado de una cantidad controlada de LAB fresco para que reaccione con el SO_3 remanente, una filtración para remover el LAB/LABS arrastrado y luego un lavado en contracorriente de los gases para que el SO_2 presente reaccione con una solución de soda cáustica y obtener sulfito de sodio.

Finalmente el sulfito es oxidado a sulfato y el gas de escape saturado con agua previamente, es filtrado y enviado a la atmósfera.

Las corrientes acuosas de efluente no ácidas están diferenciadas de las ácidas, las mismas son tratadas en los sistemas de tratamiento de efluentes de la refinería.

VI.B. Petroken (Petroquímica Ensenada S.A.)

VI.B.1 Descripción

Petroken inauguró su planta de polipropileno con una capacidad de 100.000 toneladas/año, luego aumentó su capacidad a 180.000 toneladas/año (1999) e inauguró una planta de compuestos de última generación para abastecer la región con poleolefinas de avanzada (capacidad actual: 20.000 toneladas/año).

La cartera de productos de Petroken abarca tecnologías ampliamente utilizadas: homopolímeros y copolímeros LIPP, Novolen y Spheripol como así también compuestos de polipropileno con formulaciones de Montell y Targor (fusionadas en Basell) y los propios masterbatches de Petroken.

El propileno grado polímero (previo acondicionamiento y principalmente seco) es combinado con un reciclo o reflujo proveniente de la etapa posterior de separación. Se agrega hidrógeno para controlar el peso molecular en el medio de reacción. Se eligen las condiciones de polimerización (temperatura, presión y concentración de los reactivos) dependiendo del grado que se desee producir. La reacción es exotérmica, y el enfriamiento del reactor se realiza por la transferencia de calor por la descompresión (flash) de la mezcla de los gases licuados del reactor con las corrientes de alimentación.

Luego de terminado este paso, se separa el polipropileno de residuos de la reacción, como monómeros, catalizador, etc., los cuales son refluados al reactor.

Finalmente el polímero se pone en contacto con nitrógeno en un tanque de purga para despojarlo del propileno residual. El gas de purga se recupera, el polvo se transporta a los silos de polvo, y posteriormente por extrusión se convierte en pellets, donde se incorpora una gama completa de aditivos y estabilizados bien dispersados.

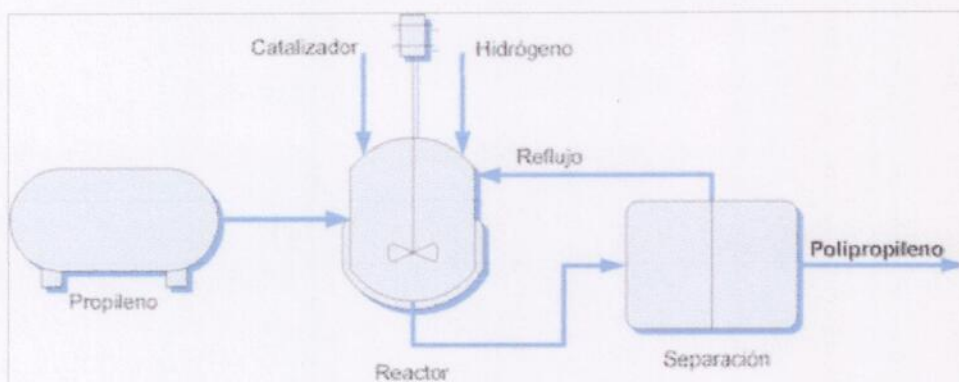


Ilustración 12. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroken S.A. Esquema del proceso LIPP

VI.B.2 Producción, materias primas e insumos

Petroken produce de 180.000t/a de polipropileno, para lo cual emplea polipropileno grado polímero como su principal materia prima. Los principales insumos del proceso son: catalizador y cocatalizador, dimetileter y etil p-etoxibenzoato.

El consumo específico, por tonelada de polipropileno es de 1,045 toneladas e incluye materia prima e insumos (catalizadores y químicos).

En líneas generales se asume que las pérdidas para este tipo de procesos es del 1,5% del producto final.

VI.B.3 Energía

La tabla que se presenta a continuación contiene el consumo específico, por tonelada de polipropileno (PP) producido, de los principales utilities relacionados con las emisiones de gases de efecto invernadero.

Utility	Consumo específico	
Vapor	0,40	(t vapor /t PP)
Energía Eléctrica	507	(kWh/t PP)

Tabla 29. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico de Ensenada. Petroken S.A. Consumo de energía por tn de polipropileno (PP)

VI.B.4 Efluentes

En líneas generales la bibliografía menciona que para el tratamiento de los efluentes del proceso productivo de polipropileno hace falta un filtrado (para recuperar los sólidos), una separación del tipo física con piletas de separación HC-agua por tiempo de residencia y una etapa de oxidación de la carga orgánica remanente para posibilitar su vertido final.

Como medida de contingencia se suele incluir piletas ó tanques de acumulación para reproceso en caso de no alcanzar la especificación de vertido.

NOTA: para la oxidación se puede utilizar una pileta ecualizadora la cual dispone de aereadores, que funcionan en forma permanente, que aportan el oxígeno necesario para llevar a cabo el tratamiento. Los efluentes son aireados, siendo el tiempo de residencia el suficiente como para lograr la oxidación de la carga orgánica presente en la corriente a tratar.

VII. POLO PETROQUÍMICO DE BAHÍA BLANCA

VII.A. PROFERTIL S.A.

VII.A.1 Descripción

Está integrado por varias unidades de proceso que posibilitan el tratamiento y reformación del gas natural en presencia de agua y posteriormente aire, la separación del producto Dióxido de Carbono (CO_2) del gas reformado, la producción y separación de Amoníaco (NH_3) y finalmente la producción de Urea Granulada a partir de los mencionados CO_2 y NH_3 .

Siguiendo el orden del proceso se describen a continuación las principales secciones del Complejo

VII.A.2 Reformación

El objetivo de esta sección es convertir el gas natural (principalmente metano) en una mezcla de hidrógeno, nitrógeno y óxidos de carbono, a través del agregado de vapor de agua y de aire.

En el reformador primario, el gas natural previamente desulfurado se mezcla con vapor de agua donde se descompone para dar H_2 , CO y CO_2 . La reacción se realiza dentro de los tubos de un horno, que contiene el catalizador. En el reformador secundario se agrega aire precalentado, y se combustiona parte de la mezcla, esencialmente hidrocarburo no reaccionado e hidrógeno producido en el reformador primario. El producto final es una mezcla gaseosa de H_2 , N_2 , CO , CO_2 y H_2O .

VII.A.3 Conversión de monóxido de carbono (CO)

Se procede a la máxima conversión de monóxido de carbono de los gases de salida del reformador por medio de una reacción exotérmica y catalítica con vapor de agua, obteniéndose dióxido de carbono como subproducto e hidrógeno.

VII.A.4 Remoción del dióxido de carbono (CO_2)

El gas proveniente de la sección de conversión de CO es tratado en una unidad de separación del CO_2 que utiliza el proceso de adsorción con el solvente MDEA. El CO_2 extraído es enviado hacia la unidad de producción de urea.

VII.A.5 Metanización

Es necesaria la eliminación de CO y CO_2 porque son venenos para el catalizador de síntesis de NH_3 , esto se realiza en el metanizador, donde dichos compuestos reaccionan con H_2 para formar metano (CH_4), que es inocuo para el catalizador de síntesis de NH_3 .

VII.A.6 Síntesis de amoníaco

El gas de síntesis primeramente se comprime y luego de etapas de intercambio térmico ingresa al convertidor de síntesis de amoníaco que consiste en una carcaza de alta presión, dos lechos catalíticos en serie y un intercambiador de calor. Allí se produce la reacción entre el N_2 y el H_2 para producir NH_3 .

El NH_3 es finalmente separado mediante enfriamiento y se recupera otra parte del NH_3 formado a partir del lavado con agua de los gases de reacción y posteriormente destilación. El H_2 sin reaccionar es separado y recirculado.

El NH_3 producido es enviado a los tanques de almacenamiento final y/o destinado a la producción de Urea Granulada.

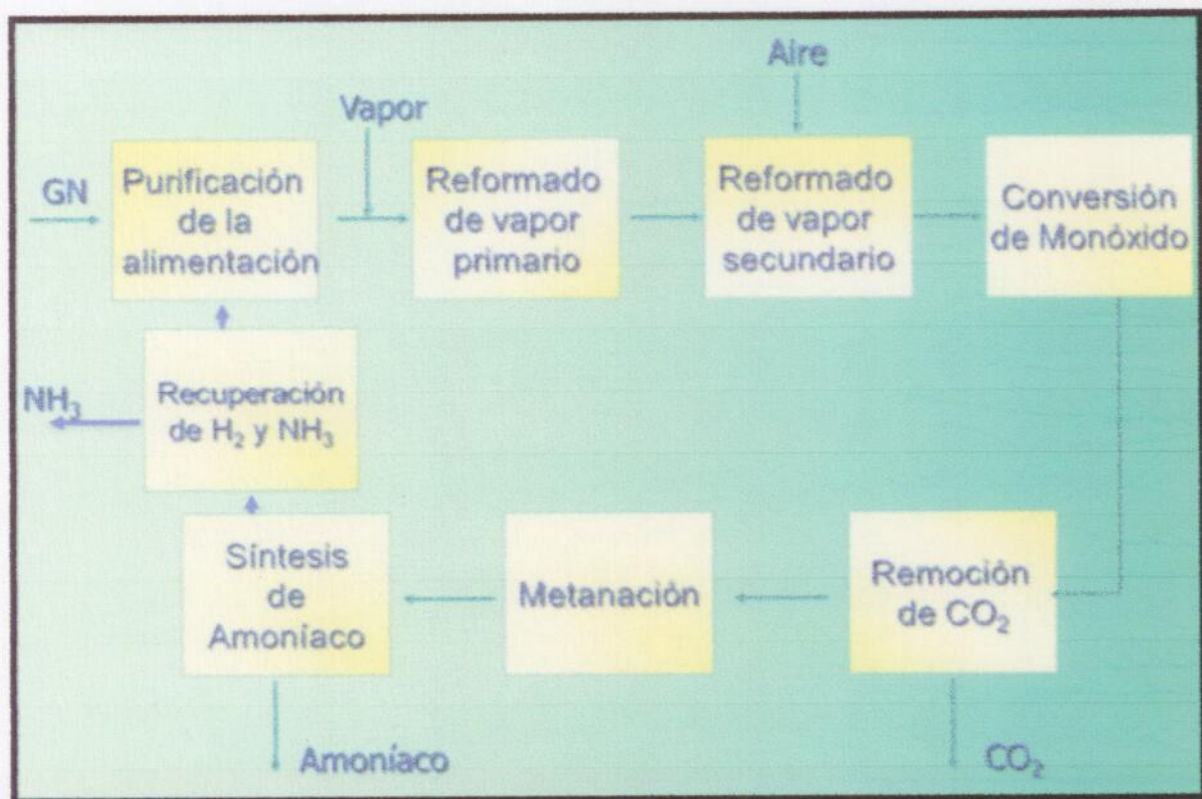


Ilustración 13. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PROFERTIL. Esquema de Producción de Amoníaco

VII.A.7 Planta de urea

La planta de Profertil, está diseñada para la producción de Urea, a partir de la combinación del amoníaco y anhídrido carbónico (obtenidos en la etapas anteriores del proceso), en un reactor construido específicamente para resistir las condiciones de presión, temperatura y corrosividad propias de este proceso, teniendo en cuenta la presencia del anhídrido carbónico.

El producto final se obtiene como pequeñas esferitas (urea granulada).

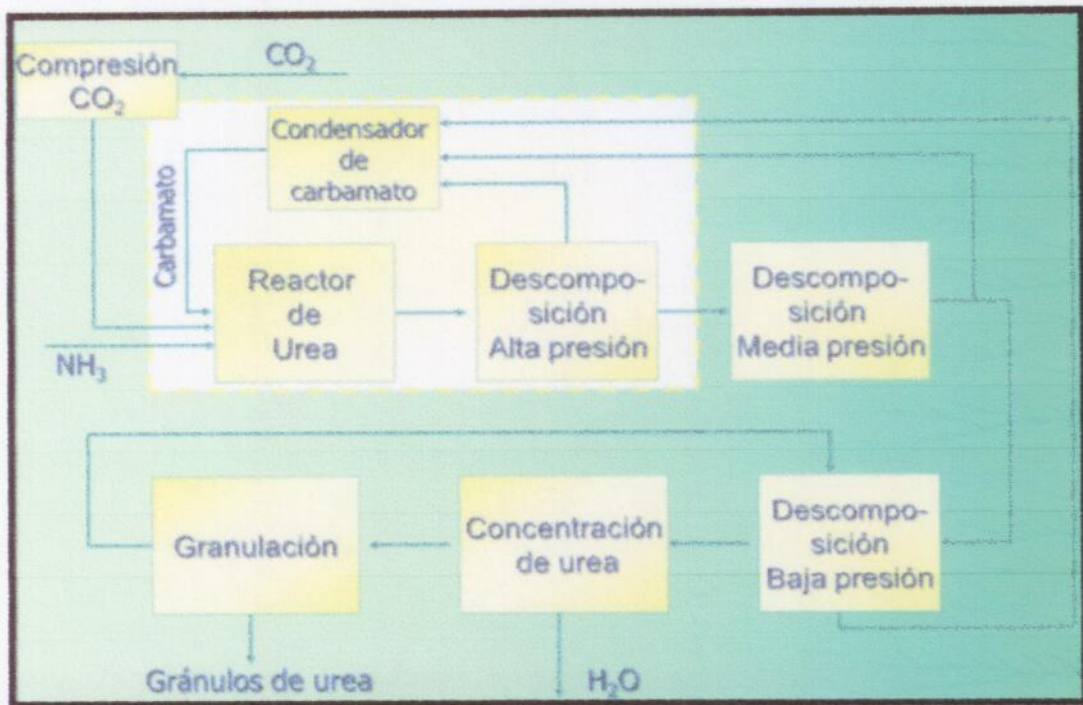


Ilustración 14. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PROFERTIL. Esquema de Producción de UREA

VII.A.8 Producción, Materias Primas e Insumos

De acuerdo a los datos de diseño de la planta, la misma produce 750.000 toneladas año de amoníaco y 1.100.000 toneladas año de urea granulada.

- Para la producción de amoníaco (NH_3), el consumo específico de gas natural como materia prima es de 5.928 millones de calorías por tonelada de amoníaco producido.

Los insumos principales de esta planta son: agua (vapor), aire y catalizadores.

- En la producción de urea granulada las materias primas principales son el NH_3 y el CO_2 . El consumo específico, por tonelada de urea granulada producida, de cada una de estas MMPP es de 0,57 toneladas NH_3 y 0,748 toneladas de CO_2 .

Como insumo principal se puede citar al catalizador.

VII.A.9 Energía

En las tablas siguientes se resumen los consumos energéticos específicos (por tonelada producida).

Utility	Consumo específico	
Gas Natural (comb.)	1.667	(Millones Calorías /t NH ₃)
Energía Eléctrica	53	(kWh/t NH ₃)

Tabla 30. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PROFERTIL. Consumos específicos para la producción de Amoníaco

Utility	Consumo específico	
Vapor	0,67	(t vapor /t UREA g.)
Energía Eléctrica	309	(kWh/t UREA g.)

Tabla 31. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PROFERTIL. Consumos específicos para la producción de Urea Granulada

VII.A.10 Efluentes

Toda la información presentada en esta sección se encuentra publicada por Profertil en su página web²² como método de difusión sobre su compromiso por el cuidado del ambiente.

²² <http://www.profertil.com.ar/medio-ambiente.jsp>

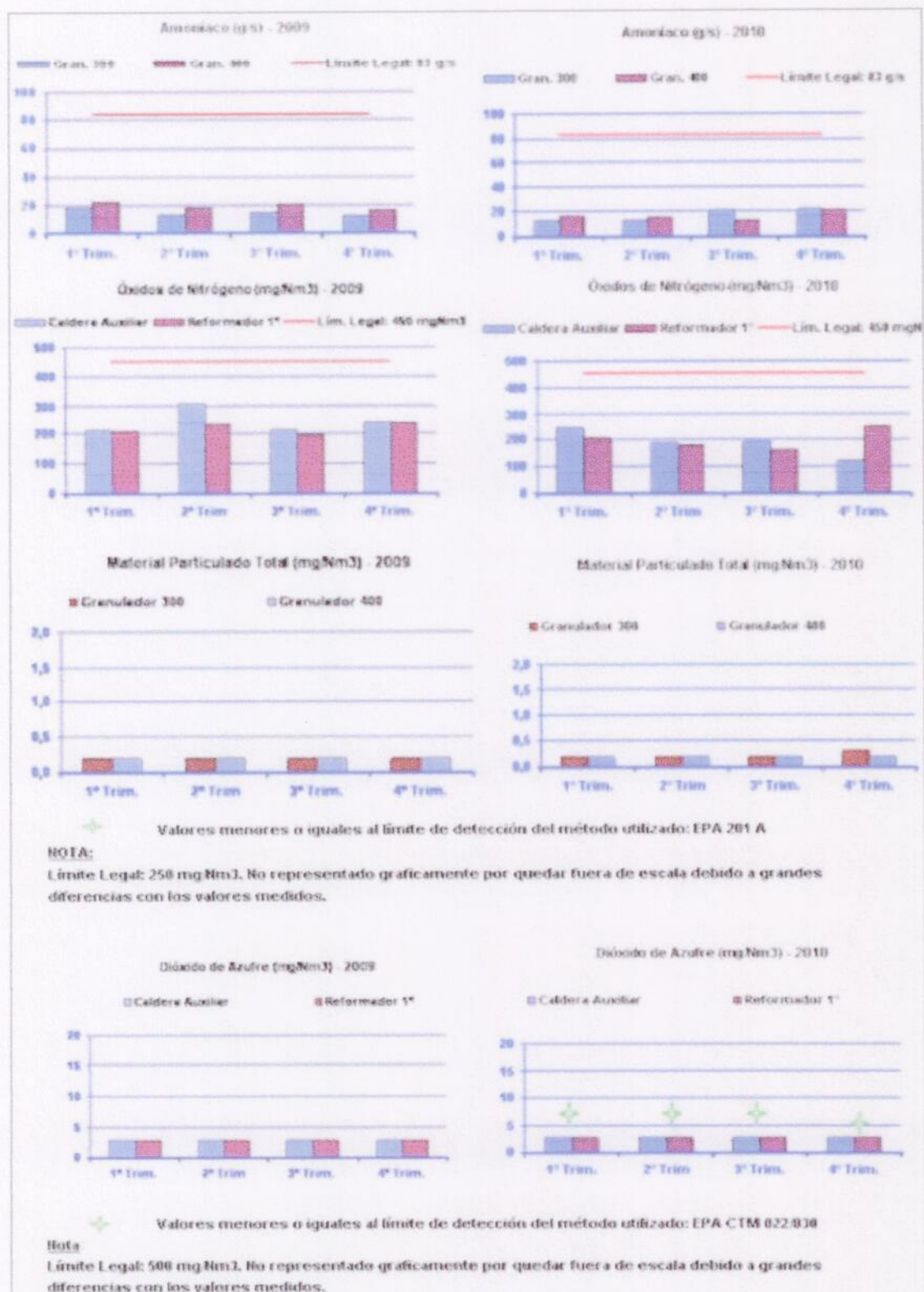


Gráfico 3. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PROFERTIL. Efluentes I

Agua

Efluente líquido



Gráfico 4. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PROFERTIL. Efluentes II

VII.B. PBB Polisur - DOW

VII.B.1 Descripción

Toda la información presentada en esta sección se encuentra publicada por Profertil en su página web²³ como método de difusión sobre su compromiso por el cuidado del ambiente.

Luego, el gas craqueado se comprime en un compresor de varias etapas, con refrigeración intermedia, para evitar la polimerización de las olefinas. En los refrigerantes intermedios condensa el agua. Generalmente el gas se lava con una solución de hidróxido sódico para eliminar el H_2S y el CO_2 que lleva consigo. Al final de la última etapa el gas se seca mediante alúmina activada o tamices moleculares, que también retienen el CO_2 residual.

En el etapa de acondicionamiento final (purificación), el gas seco se enfría y se introduce en la torre deetanizadora. Una vez removido el etano la corriente pasa al convertidor de acetileno (hidrogenación de C_2), en el cual el acetileno se hidrogena selectivamente a etileno y/o etano.

El gas saliente del convertidor de acetileno se envía a la torre demetanizadora y finalmente, la fracción no condensada, pasa al splitter de C_2 . De este último se obtiene

²³ <http://www.profertil.com.ar/medio-ambiente.jsp>

por fondo etano, que se recicla a pirólisis, y por cabeza etileno impurificado y el etileno de alta pureza se obtiene en una extracción lateral superior.

VII.B.1.a Proceso de producción PEBD

Para producir PEBD se utilizan reactores de alta presión. El gas etileno es comprimido e inyectado al reactor donde se activa por medio de un catalizador y se polimeriza. El producto fluye a un separador donde se retira el gas no utilizado, retornándolo al proceso.

Luego el material fundido va a un extrusor, donde opcionalmente, se agregan aditivos antes de pelletizarlo. El PEBD una vez pelletizado es transportado neumáticamente a silos para su homogeneización, clasificación y distribución.

Las presiones en los procesos de alta presión están oscilan entre 15.000 y 50.000 psi, con temperaturas entre 150 y 325 °C, el calor de reacción es removido a través de chaquetas de enfriamiento en un proceso generalmente adiabático.

Hay dos procesos, uno el de reactor autoclave (con agitador) y otro con reactor tubular (serpentina).

La polimerización que se realiza en PBB Polisur es bajo el proceso tubular se alimenta etileno al reactor, agregándose como catalizadores una combinación de oxígeno y peróxido. La reacción tiene una conversión de 20 a 30%. El reactor está constituido por tubos con camisas por las que circula agua caliente, lo que permite regular la temperatura de reacción y el perfil de temperatura. Al final del reactor, una válvula automática regula la presión de éste descargando periódicamente una mezcla de gas y polímero a un separador de alta presión.

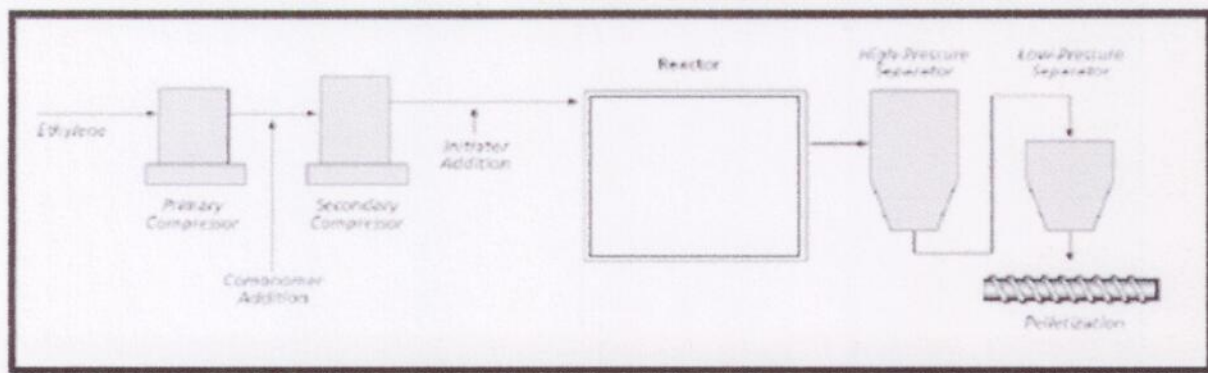


Ilustración 15. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Proceso de producción de PEBD. Esquema²⁴

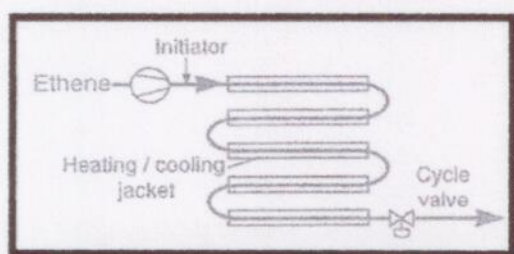


Ilustración 16. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Esquema del reactor tubular²⁵

²⁴ Fuente: Boletín IPA N°54 del año 2009

²⁵ Fuente: Boletín IPA N° 54 del año 2009

VII.B.1.b Proceso de producción PEAD

El polietileno se obtiene mediante un proceso catalítico, por reacción de etileno con hidrógeno y buteno en suspensión de hexano o de isobutano (proceso Slurry). Las reacciones se realizan en un reactor agitado de proceso continuo.

En estas condiciones el catalizador se mantiene suspendido en el hexano y el polímero, a medida que se genera, se va depositando sobre su superficie.

Una vez terminada la reacción, la suspensión pasa por una centrífuga que separa el hexano del polvo húmedo. El polietileno obtenido en polvo, es secado en horno con corriente de nitrógeno caliente. Luego el polvo es transportado a los silos de almacenaje, donde es homogeneizado antes de enviarlo a la unidad de extrusión.

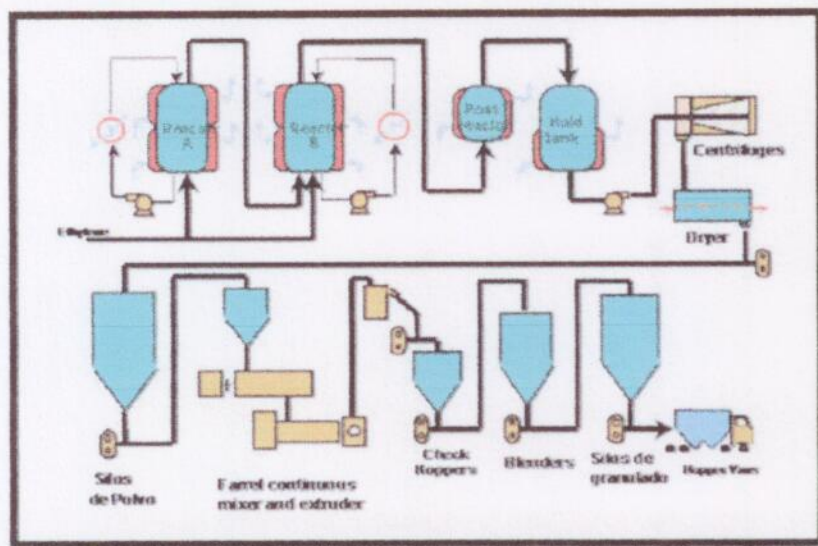


Ilustración 17. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisor-DOW. Esquema de proceso para PEAB (slurry)²⁶

VII.B.1.c Procesos de producción PEBDL/PEAD

NOTA: PBB Polisor posee dos plantas de producción para este mismo producto, sus tecnologías fueron desarrolladas por diferentes tecnólogos y a continuación se presenta una descripción del tipo general con un esquema de procesos específicos; más adelante se detallan consumos específicos por tipo de tecnología.

El etileno purificado se une con el comonomero en cantidades definidas, que son función de la densidad del producto a obtener, formando la corriente de alimentación fresca al reactor. A la corriente anterior se le adiciona hidrógeno gaseoso de alta

²⁶ Fuente: Boletín IPA N° 54 del año 2009

pureza, en una cantidad determinada que es función del peso molecular y de la distribución del mismo en el polietileno a obtener. A la corriente así obtenida se le adiciona una corriente de cocatalizador en forma dosificada, que es función del producto a obtener. Esta corriente gaseosa se mezcla con la corriente gaseosa de reciclo y entra al reactor de polimerización de lecho fluido por su parte inferior. En la cámara de reacción del reactor se hallan partículas de polvo de polietileno al estado fluidizado por medio de la corriente gaseosa que atraviesa la placa de distribución de gas. El catalizador se introduce en la cámara de reacción al estado de polvo seco. De esta manera, la corriente gaseosa circulante va polimerizando alrededor de las partículas de catalizador, generando un incremento en el volumen de éstas, que permanecen en estado fluido.

El porcentaje de polimerización en cada paso por el reactor es del 2 %, y la conversión total del monómero en el proceso es mayor al 97 %. El peso molecular y su distribución en el polímero obtenido es función de la temperatura de reacción. Las partículas del polímero son descargadas del reactor en forma intermitente por medio de un sistema de válvulas a una cámara de desgasificación primaria o tanque de descarga de producto. La fracción no convertida del gas es purificada y pasa por un compresor centrífugo que le eleva la presión por encima de la presión del reactor, y luego pasa por un intercambiador que le regula su temperatura, para posteriormente ser mezclado con la corriente de alimentación fresca que entra nuevamente al reactor. El polvo de polímero pasa al tanque de desgasificación donde es fluidificado por medio de nitrógeno para poder eliminar casi totalmente el resto de gas; la corriente gaseosa emergente es enviada a la antorcha para su quemado.

El polvo sale del tanque de desgasificación a través de una válvula exclusiva rotativa que oficia de dosificador volumétrico continuo que lo envía conjuntamente con los aditivos dosificados por un sistema gravimétrico a un mezclador intensivo. En el mezclador el polímero es amasado, mezclado y plastificado, formando una masa homogénea de elevada viscosidad; esta última es tomada por una bomba a engranajes especialmente diseñados para materiales altamente viscosos que la impulsa a través de la plaqueta de la pelletizadora. Los pellets suspendidos en el agua son separados de esta última por medio de una zaranda húmeda que vuelca el agua para ser reciclado, y envía los

pellets húmedos a un secador centrífugo rotativo en el cual son secados por medio de aire que circula en contracorriente.

Este proceso es utilizado para producir desde PELBD hasta PEAD.

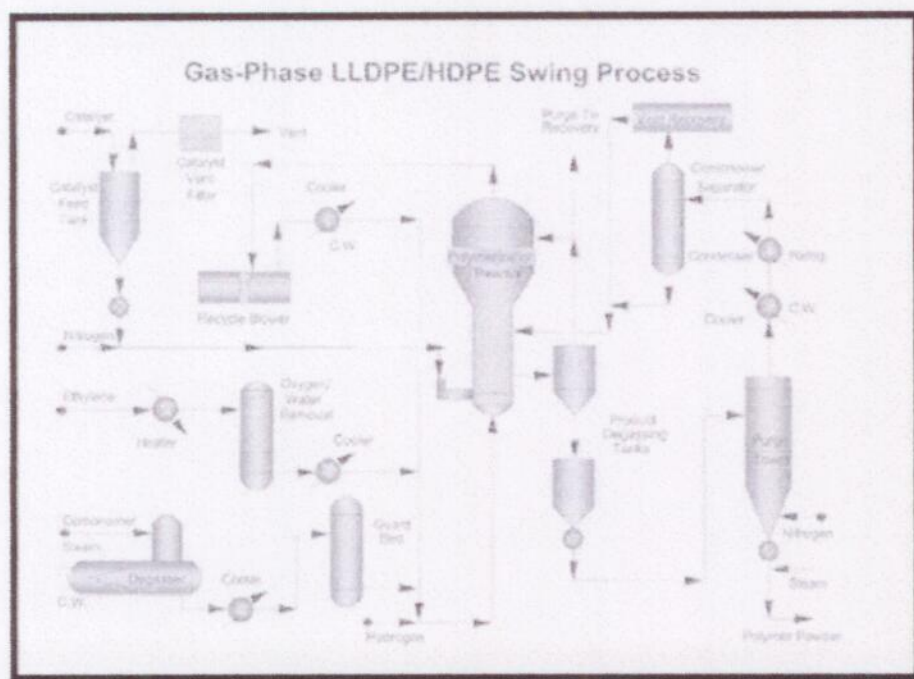


Ilustración 18. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Esquema de proceso con reactor en fase gaseosa²⁷

²⁷ Fuente: Boletín IPA N°54 del año 2009

VII.B.2 Producción, Materias Primas e Insumos

VII.B.2.a Plantas de etileno

PBB Polisur posee dos plantas de **producción de etileno**, la primera de ellas es de una capacidad de **250.000 toneladas año** y la segunda es de **450.000 toneladas año**. Su materia **prima principal** es el **etano** que se extrae del gas natural y el **consumo específico de etano, catalizadores y químicos es de 1,2342 toneladas por tonelada de etileno producida**.

VII.B.2.b Planta de PEBD

La capacidad de **producción anual de PEBD es 90.000 toneladas** y emplea como **materia prima etileno** a razón de **1,06 toneladas por tonelada de producto** y el consumo específico de químicos, antioxidante y aditivos es de 0,00042 toneladas (por tonelada de PEBD producida).

VII.B.2.c Planta de PEAD

PBB cuenta con una planta cuya capacidad de producción es de 120.000 toneladas año. Como materia prima utiliza etileno que ellos mismos producen a razón de 1,035 toneladas por tonelada de PEAD. Los insumos principales son: hidrógeno, catalizador y un mix antioxidantes químicos y aditivos; el consumo específico de los insumos antes mencionados es de 0,00102 t/ t PEAD.

VII.B.2.d Plantas de PEBDL /PEAD

La planta cuyo tecnólogo es Union Carbide, que se encuentra montada sobre una plataforma flotante desde 1982, tiene una capacidad de 150.000 toneladas año. La segunda planta es un desarrollo de DOW Solution y cuenta con una capacidad anual instalada de 290.000 toneladas.

Materias Primas	Unidades	Tecnologías	
		Union Carbide	DOW Solution
Etileno	t/t PEBDL-PEAD	0,94284	0,9532
Octano-1	t/t PEBDL-PEAD	-	0,0728
Buteno-1	t/t PEBDL-PEAD	0,08964	-
Solvente	t/t PEBDL-PEAD	-	0,0403
Hidrógeno	t/t PEBDL-PEAD	0,0005	0,0007

Tabla 32. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Materias Primas

Adicionalmente se requieren los siguientes insumos: catalizadores, antioxidantes y aditivos.

VII.B.3 Energías

A continuación se presentan los requerimientos de energéticos por planta y como consumo específico en función del producto final de las mismas.

VII.B.3.a Plantas de etileno

Utility	Consumo específico	
Gas Natural	3.301	(Millones Calorías/t)
Energía Eléctrica	29	(kWh/t etileno)

Tabla 33. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Planta de Etileno. Requerimientos energéticos

VII.B.3.b PEBD

Utility	Consumo específico	
Energía Eléctrica	941	(kWh/t PEBD)

Tabla 34. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Planta de PEBD. Requerimientos energéticos

Durante la descripción del proceso se mencionó la recuperación de calor por camisa que implica una producción de vapor de 0,18 t/ t PEBD (recuperación de calor de procesos que evita el consumo de combustibles fósiles).

VII.B.3.c PEAD

Utility	Consumo específico	
Energía Eléctrica	280	(kWh/t PEAD)
Vapor	0,35	(t / t PEAD)

Tabla 35. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polísur-DOW. Planta de PEAD. Requerimientos energéticos

NOTA: se plantea como alternativa de cálculo para la huella de carbono, estimar el total del vapor recuperado del proceso de PEBD y descontarlo al consumo de este proceso y luego asumir que la diferencia se cubre con calderas convencionales (para estimar las emisiones asociadas a este utility).

Utilities	Unidades	Tecnologías	
		Union Carbide	DOW Solution
Vapor	t/t PEBDL-PEAD	0,39	0,46
Electricidad	kWh/t PEBDL-PEAD	399	143
Gas Natural	Millones de Calorías /t PEBDL-PEAD	39	178

Tabla 36. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polísur-DOW. Requerimientos energéticos como consumo específico en función del producto final de cada planta

VII.B.3.d Efluentes

Solo se ha conseguido información pública²⁸ de todo el complejo productivo (sin discriminar por proceso y/o planta).

²⁸ DOW y PBBPolísur - Progreso de DOW y PBBPolísur con los Objetivos del 2005

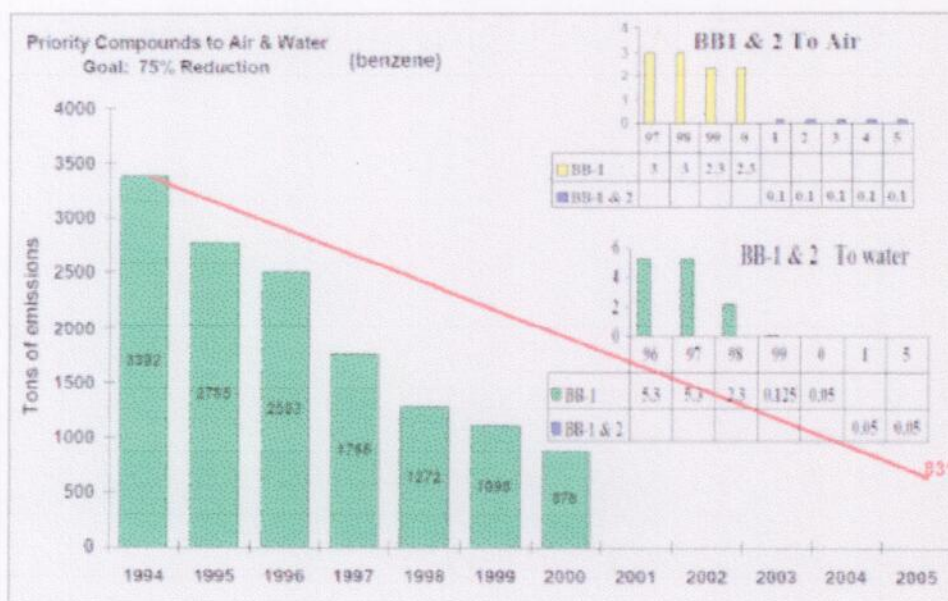


Ilustración 19. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Emisiones Químicas (Compuestos Prioritarios)

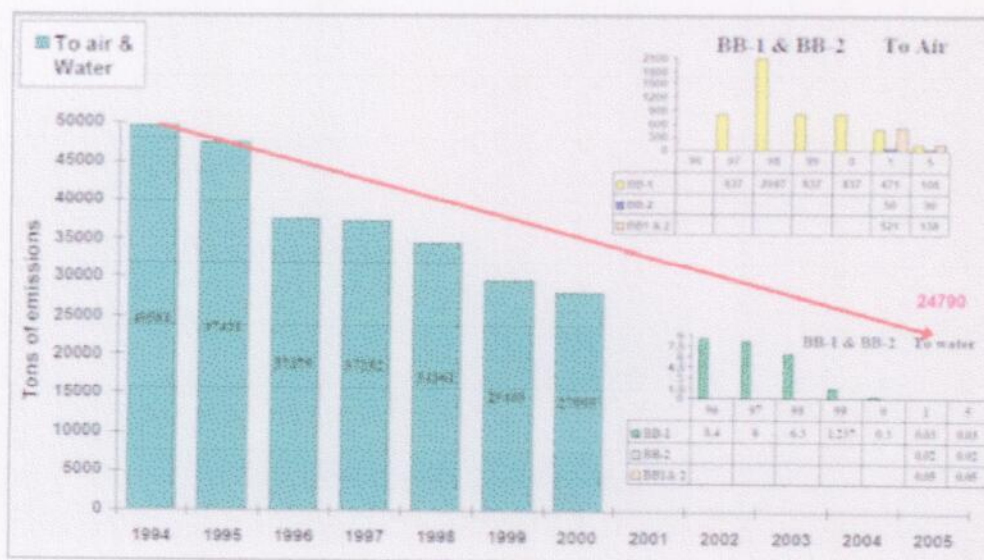


Ilustración 20. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Emisiones Químicas (cualquier producto químico excepto los productos de combustión y sólidos disueltos: cloruro de sodio y sulfatos)

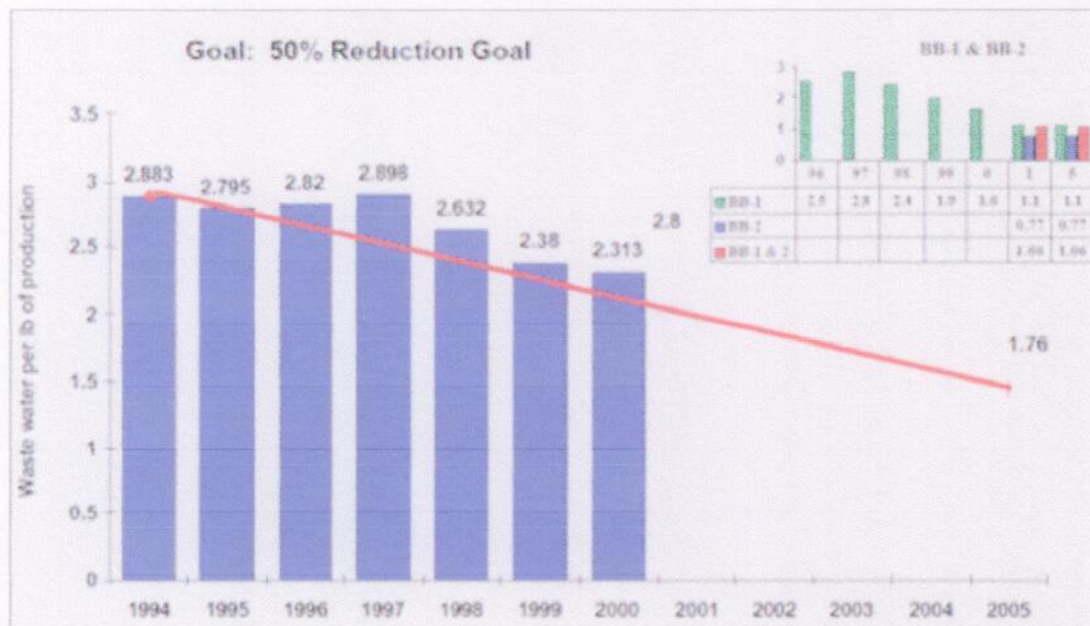


Ilustración 21. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Reducción de agua residual (efluentes de proceso y domésticos)

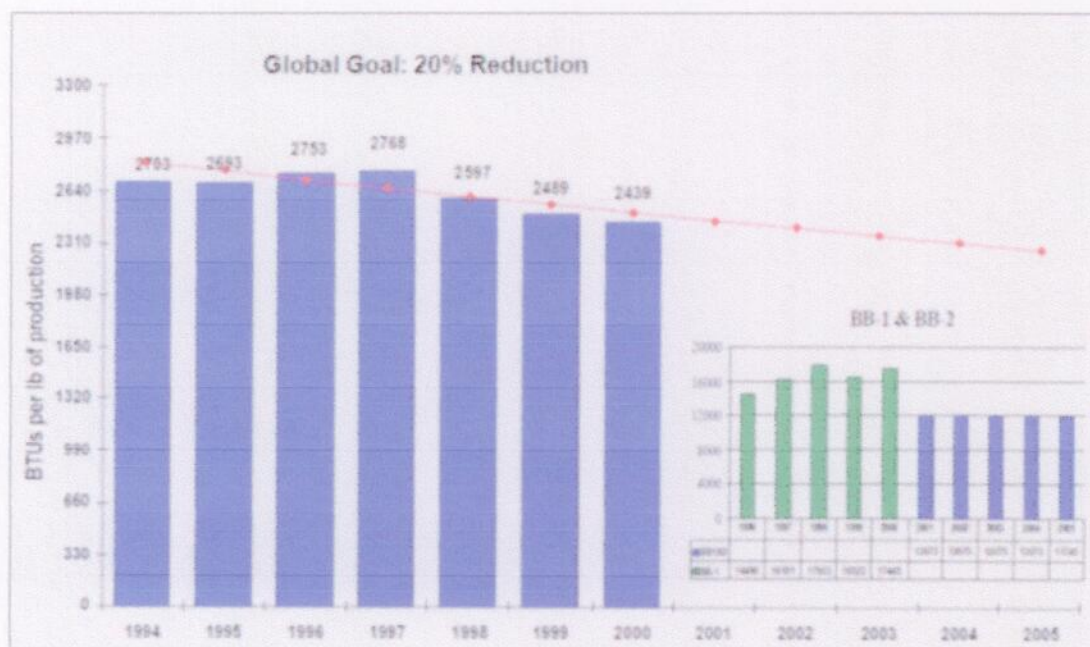


Ilustración 22. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Reducción de Residuos



Ilustración 23. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. PBB Polisur-DOW. Reducción de Residuos (Residuos sólidos y volátiles)

VII.C. SOLVAY - INDUPA

VII.C.1 Descripción

VII.C.2 Planta de producción de Cloro

VII.C.3 Del proceso de producción de cloro se obtienen varios sub-productos muy útiles (hidrógeno y una solución de hidróxido de sodio llamada soda cáustica). El cloro (gaseoso) se produce mediante la electrólisis del cloruro de sodio (sal común).

El proceso consiste en aplicar una corriente eléctrica a una determinada sustancia iónica, lo que permite separar sus iones. La electrólisis se produce en una celda donde se distinguen dos electrodos: el polo positivo y el polo negativo, de forma que al aplicar la corriente, de forma que al aplicar la corriente los iones positivos se sienten atraídos por el cátodo y los negativos por el ánodo.

Solvay Indupa utiliza el proceso de electrólisis con celda de mercurio²⁹, este último actúa como cátodo, "amalgamando" el sodio elemental. Esta amalgama, cuando se pone en contacto con agua libera al sodio, desprendiendo hidrógeno y formando hidróxido de sodio en solución. El mercurio desamalgamado se recircula al proceso.

En el ánodo se obtiene el cloro gaseoso.

²⁹ Fue la primera tecnología a escala industrial

El proceso da productos muy puros pero tienen como desventaja el hecho de utilizar mercurio (requiere controles y medidas de seguridad estrictas).

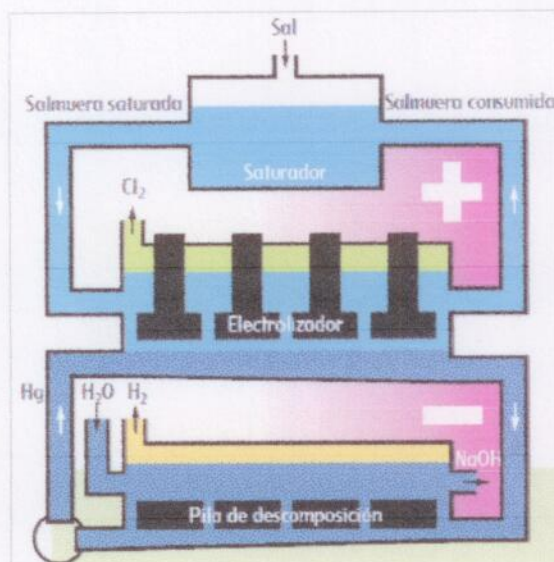


Ilustración 24. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. Electrólisis de mercurio

VII.C.3.a Planta de producción de VCM (Cloruro de Vinilo)

En la unidad de cloración, el cloro gaseoso reacciona directamente con el etileno para generar dicloroetileno (EDC). Los gases residuales³⁰ son utilizados como combustible en una caldera que genera calor.

³⁰ Aire presente en el cloro y una pequeña cantidad de etileno

Cuando el EDC se calienta hasta temperaturas de hasta 500°C, sus moléculas se separan en cloruro de vinilo y cloruro de hidrógeno, en un proceso llamado pirolisis.

Luego de la reacción la mezcla es enfriada rápidamente (donde se recupera calor mediante la generación de vapor) y se envía a una torre de fraccionamiento para obtener EDC que reaccionó (y que se recicla), el cloruro de hidrógeno es enviado a una unidad de oxiclорación. En esta última se obtiene EDC impuro que antes de ser recirculado al proceso por una torre para su purificación.

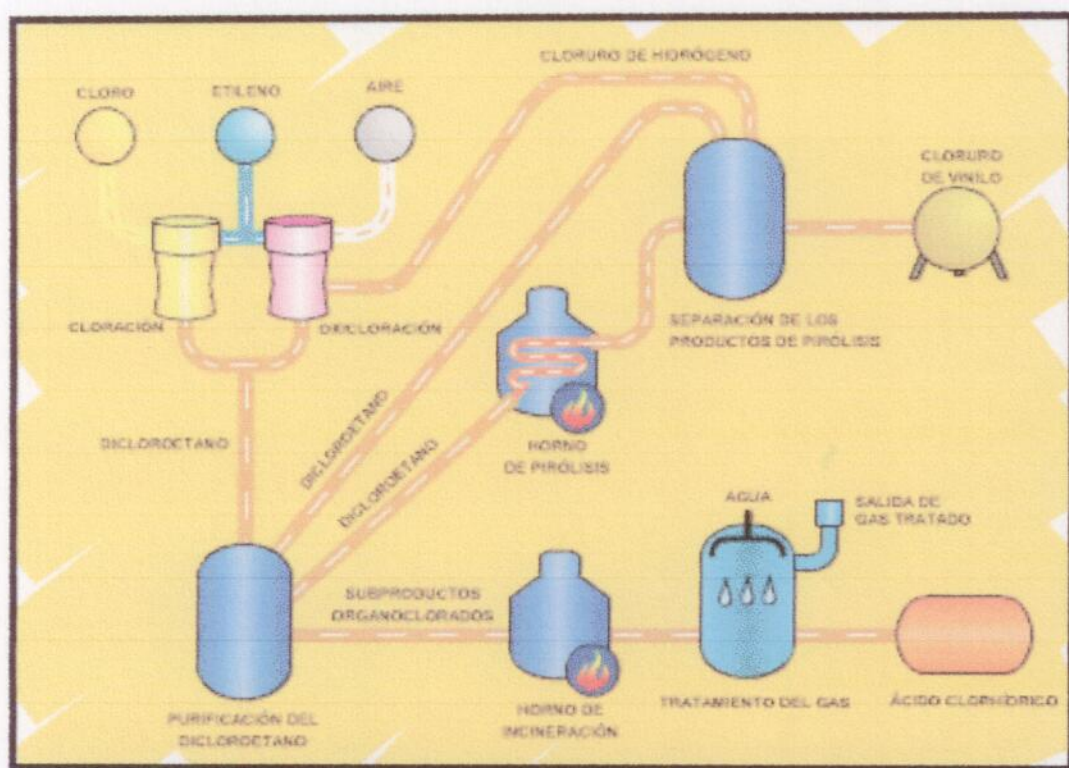


Ilustración 25. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. Cloruro de vinilo – Flujo de producción

VII.C.3.b Planta de producción de PVC

Este es un proceso de polimerización en el cual las moléculas de cloruro de vinilo se asocian entre sí, formando cadenas de peso molecular superior. La polimerización puede ser llevada a cabo de varias maneras, dos de esos procesos son: polimerización en suspensión y polimerización en emulsión. En Solvay-Indupa BB se lleva a cabo la primera.

El proceso es del tipo semi-continuo, en el cual el reactor se alimentó con el monómero cloruro de vinilo, con aditivos, catalizadores y agua (la reacción ocurre en medio acuoso). Luego el reactor es vaciado y la mezcla de agua y PVC es separada del monómero que no reaccionó. El PVC es centrifugado, secado y embalado. El agua es reciclada o enviada al sistema de tratamiento de efluentes.

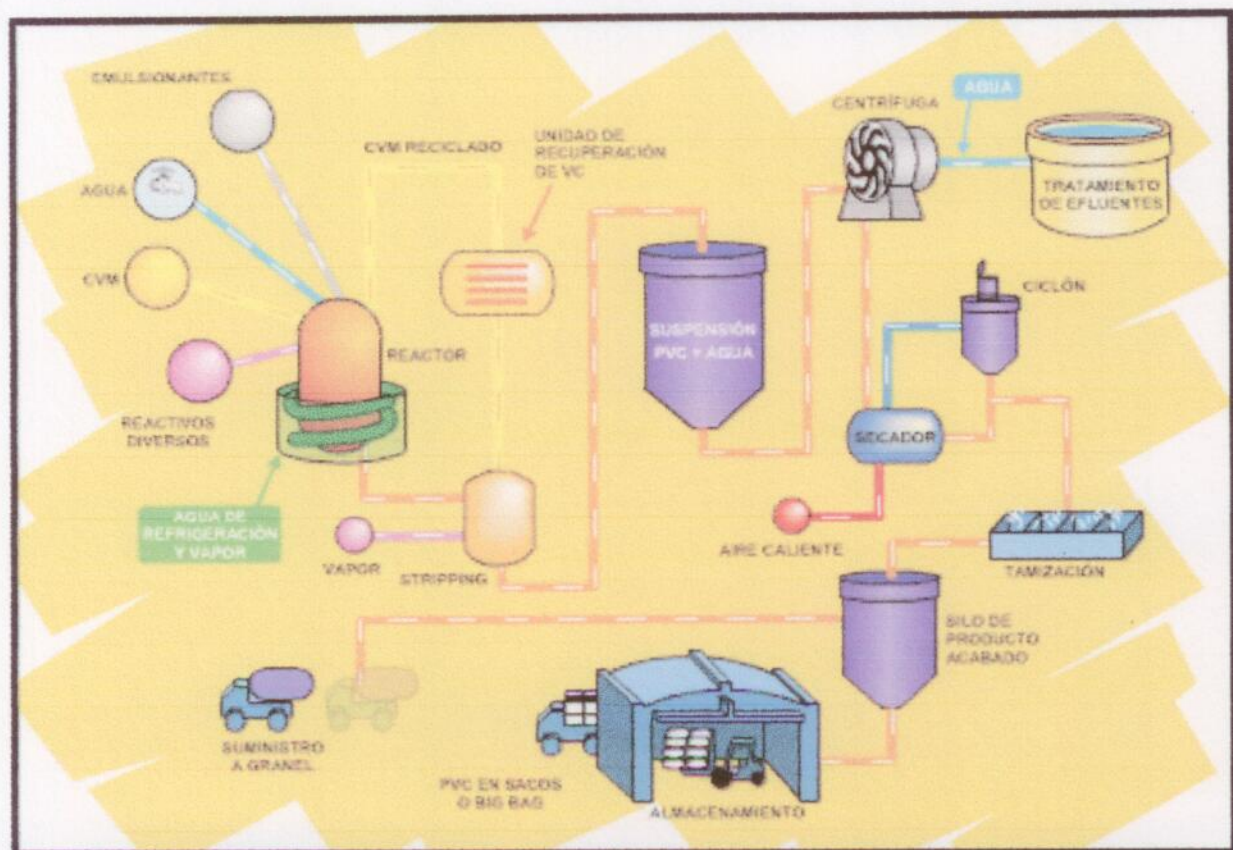


Ilustración 26. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. PCV – Flujo de producción³¹

³¹ El PVC (Policloruro de Vinilo) – UCA Facultad de Química e Ingeniería “Fray Rogelio Bacon” – Bruera - Suarez

VII.C.4 Producción, Materias Primas e Insumos

VII.C.4.a Planta de producción de Cloro

La planta que posee la firma Solvay-Indupa en Bahía Blanca tiene una capacidad de **producción de 163.000 toneladas de Cloro** y como sub-productos se obtienen **194.000 toneladas de soda cáustica** y aproximadamente unos **48.000 Nm³ de hidrógeno**.

La tabla siguiente concentra las materias primas requeridas y sus consumos específicos.

Materia Prima	Consumo Específico (t/t Cl ₂)
Sal	1,6513
Ácido Clorhídrico	0,0357
Carbonato de Sodio	0,03452
Cloruro de Calcio	0,0129
Ácido Sulfúrico	0,00863

Tabla 37. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. Planta de producción de Cloro. Materias Primas

Además se pueden citar los siguientes insumos: sulfuro de sodio, ánodo, mercurio, etc.

VII.C.4.b Planta de producción de VCM

Materia Prima	Consumo Específico (t/t VCM)
Cloro	0,59375
Etileno	0,46783
Oxígeno	0,13172
Soda Cáustica (50%)	0,0079
Amoníaco	0,00143

Tabla 38. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. Planta de producción de VCM. Materias Primas

Además se pueden citar como insumo el catalizador.

VII.C.4.c Planta de producción de PVC

Materia Prima	Consumo Específico (t/t PVC)
Cloruro de Vinilo	1,00914
Soda Cáustica (50%)	0,00354
HCl (100%)	0,00171
Copolímero	0,00115
Monolaurato de sorbitán	0,00115
DEHPC*	0,00077
Hidroquinona	0,00001

*Peroxidocarbonato de di-2-(etil- hexilo) (DEHPC)

Tabla 39. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. Planta de producción de PVC. Materias Primas

VII.C.5 Energías

VII.C.5.a Planta de producción de Cloro

Utility	Consumo específico	
Energía Eléctrica	3,565	(kWh/t Cl ₂)
Vapor	1,40	(t / t Cl ₂)

Tabla 40. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. Planta de producción de Cloro. Energía

VII.C.5.b Planta de producción de VCM

Utility	Consumo específico	
Energía Eléctrica	86	(kWh/t VCM)
Vapor	1,9	(t / t VCM)
Fuel Oil	1.022	Millones de calorías/t VCM

Tabla 41. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. Planta de producción de VCM. Energía

VII.C.5.c Planta de producción de PVC

Utility	Consumo específico	
Energía Eléctrica	371	(kWh/t PVC)
Vapor	0,66	(t / t PVC)

Tabla 42. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Bahía Blanca. SOLVAY – INDUPA. Planta de producción de PVC. Energía

VII.C.6 Efluentes

La producción de cloro y soda cáustica se realiza mediante electrólisis de una solución de sal común, utilizando celdas a cátodo circulante de mercurio. Por lo tanto se generan residuos que se encuentran contaminados con ese metal pesado.

Originalmente, estos sólidos se acumularon en piletas construidas especialmente.

En 1995, la empresa presentó ante la nación (SRNyDS) y la provincia de Bs. Aires (SPA) un programa de mejoras ambientales.

Dentro de este programa se analizaron distintas alternativas de tratamiento de dichos sólidos. A partir de 1996, al adquirir Solvay la mayoría accionaria de la compañía, se intensificaron los estudios sobre el tema. Esta tarea permitió desarrollar un método de tratamiento que logra:

- una inertización económicamente viable de los sólidos mercuriados;
- recuperar el mercurio presente en los mismos;
- disminuir en un 83 % la producción diaria de barros del proceso;
- reciclar el 76 % de agua;
- recuperar y reutilizar el CO₂ desprendido en la reacción;
- disminuir en hasta un 50 % el volumen final de residuo a disposición final.

El VCM tiene propiedades tóxicas, razón por la cual es muy importante que no se lo libera a la atmósfera y que no permanezca en el producto. Por eso, varias etapas del proceso y las características de los equipamiento fueron pensadas para evitar /minimizar tales pérdidas.

Cabe mencionar también que el diseño del proceso maximiza las recirculaciones y aprovechamiento para reducir las corrientes a tratar.

La planta cuenta además con los procesos característicos de tratamiento de efluentes del tipo físico-químicos y biológicos.

VIII. POLO PETROQUÍMICO CAMPANA-ZÁRATE-SAN NICOLÁS

VIII.A. BUNGE S.A.

VIII.A.1 Descripción

Como se mencionara anteriormente, BUNGE ha adquirido la fabricación de Fertilizantes a Petrobras Argentina SA (Petrobras Energy). El proceso de producción de Amoníaco y UREA tiene como tecnólogo a "CHEMICO".

VIII.A.1.a Planta de Producción de Amoníaco

Dicho tecnólogo ha desarrollado el proceso de producción de amoníaco sobre la base de mejoras en los procesos de reciclo y ahorro de energía.

Proceso original fue repensado para recircular o reciclar corrientes secundarias y se basó en el uso de la monoetanolamina (MEA) como un solvente selectivo para separar el CO_2 de $\text{NH}_3\text{-CO}_2$ mezcla. El amoníaco se condensa luego purificado y reciclado descomponer el carbamato, el ahorro de vapor y agua de refrigeración.. En el desarrollo posterior del proceso de reciclaje químico, dos autoclaves de síntesis de urea que funcionan en paralelo. Un reactor recibe como alimentación sólo amoniaco fresco y de dióxido de carbono, mientras que el otro reactor fue alimentado con la solución de carbamato de amonio reciclado. Esto minimiza el efecto del agua recibida y la conversión de la urea total a más del 60%.

VIII.A.1.b Planta de Producción de UREA

Esta tecnología se centra en un reciclo parcial de amoníaco en estado líquido y el proceso es conocido Proceso Térmico de obtención de UREA (también puede encontrarse en la bibliografía como Proceso Térmico con Reciclo).

Los esquemas de bloques en general no muestran reciclos así que la estructura del proceso productivo, en forma gráfica es similar a lo ya presentado en la descripción del Profertil, razón por la cual no serán repetidos en esta sección.

VIII.A.1.c Producción de UAN

UAN es una solución de urea y nitrato de amonio en agua que se utiliza como fertilizante. La combinación de urea y nitrato de amonio tiene una muy baja humedad relativa crítica (18% a 30 ° C) y por lo tanto sólo puede ser utilizado en fertilizantes líquidos. El grado más común de estas soluciones de fertilizantes es 32.0.0 UAN (32% N), también conocido como UN32 o de la ONU de 32, que se compone de nitrato de amonio al 44%, 36% de urea y sólo el 20% de agua.

La producción de UAN es un proceso que permite obtener una solución de Nitrato de Amonio-UREA y Agua.

Dicho proceso se realiza a presión atmosférica y los productos (MMPP) que utiliza se encuentran en estado líquido razón por la cual se trata de una dilución en base acuosa.

VIII.A.1.d Planta de Tiosulfato de Amonio

Si bien no se ha podido averiguar cuál es el tecnólogo de la planta que BUNGE posee en Campana para la producción de Tiosulfato de Amonio, se ha definido presentar el proceso productivo de la firma HALDOR TOPSOE por tratarse de un proceso probado y por contar en el país con representantes de dicha firma.

La presente invención se refiere a un proceso para la producción continua de tiosulfato de amonio a partir de H_2S , SO_2 y NH_3 que comprende: (a) una primera etapa de absorción en la cual se produce una solución de bisulfito amónico poniendo en contacto una primera corriente gaseosa que contiene SO_2 con NH_3 y una solución acuosa que comprende bisulfito amónico, en uno o más absorbedores conectados en serie, y extrayendo un gas de purga de uno de dichos absorbedores, (b) se pasa la solución producida en dicha primera etapa de absorción a una segunda etapa de absorción en la cual una segunda corriente gaseosa compuesta por H_2S se pone en contacto con NH_3 y con una solución acuosa de tiosulfato de amonio de tal modo que se produce una solución rica en tiosulfato de amonio.

VIII.A.2 Producciones, Materias Primas e Insumos

La planta que posee la firma BUNGE en Campana tiene una capacidad de producción de 135.000 toneladas de Amoniaco, 212.000 toneladas de UREA, 547.500 toneladas

de UAN y 140.000 toneladas de Tiosulfato de Amonio. Todos estos fertilizantes de amplio rango de aplicación.

Las tablas siguientes concentran las materias primas requeridas y sus consumos específicos para tales procesos productivos.

VIII.A.2.a Planta de NH₃

Materia Prima	Consumo Especifico
GN como MMPP	5.928 (Millones de Calorías/t NH ₃)
Agua de Procesos	1,1 (m ³ /t NH ₃)

Tabla 43. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Bunge. Planta de producción de NH₃. Materias Primas

VIII.A.2.b Planta de UREA

Materia Prima	Consumo Especifico (t/t UREA)
CO ₂	0,74142
NH ₃	0,57

Tabla 44. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Bunge. Planta de producción de Urea. Materias Primas

VIII.A.2.c Planta de UAN

Materia Prima	Consumo Especifico*
Nitrato de Amonio	al 44%
UREA	al 36%
Agua	al 20%
*Se indican los % de la solución por componente; los mismos se pueden obtener de diferentes concentraciones de las materias primas. No se cuenta con el dato concreto del proceso de la planta de BUNGE.	

Tabla 45. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Bunge. Planta de producción de UAN. Materias Primas

VIII.A.2.d Planta de Tiosulfato de Amonio

No se ha podido conseguir información específica y/o detallada sobre insumos y materias primas.

VIII.A.3 Energías

A continuación se presentan los datos de las dos plantas de las cuales se ha conseguido información sobre consumos energéticos específicos.

VIII.A.3.a Planta de producción de NH_3

Utility	Consumo específico	
GN como Combustible	1.667	(Millones de Calorías/t NH_3)
Electricidad	53	(kWh/t NH_3)

Tabla 46. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Bunge. Planta de producción de NH_3 . Energía

VIII.A.3.b Planta de producción de UREA

Utility	Consumo específico	
Vapor	0,73	(t/t UREA)
Electricidad	176	(kWh/t UREA)

Tabla 47. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Bunge. Planta de producción de Urea. Energía

VIII.A.3.c Planta de producción de UAN

No se cuenta con información sobre este proceso productivo pero por tratarse de una solución, donde no pareciera tener lugar reacciones químicas y las materias primas no se encuentran en estado gaseoso, el energético principal podría ser la energía eléctrica (principalmente asociada al consumo del sistema de bomba).

Por lo antes comentado se podría esperar que el consumo de energéticos sea mucho menor en emisiones de GEIs que las relacionadas con las Materias Primas.

VIII.A.3.d Planta de Tiosulfato de Amonio

No se cuenta con datos y/o información genérica relacionada con el consumo de energéticos.

VIII.A.4 Efluentes

Solo se ha podido obtener información del tipo genérico sobre este tema. En otro orden, en nuestro compromiso ambiental con la comunidad, realizamos diversas actividades, tales como el tratamiento de residuos sólidos por "landfarming" y lombricultura, tratamiento y reutilización de efluentes líquidos, medición y control de material particulado en aire y forestación para evitar la polución ambiental (como una medida de mitigación).

VIII.B. CABOT S.A.

VIII.B.1 Descripción

Cabot Argentina produce "Negro de HUMO", producto este que ha extendido sus aplicaciones. Estas últimas van desde Adhesivos y Sellantes, Asfalta, Cementos y Material de Juntas, Cuero, Metalurgia y Siderurgia y Textil.

Las materias primas para hacer negro de humo pueden incluir desde gas natural hasta aceites pesados con alto contenido de poliaromáticos, como los productos de la torre de vacío descrita en los capítulos anteriores.

La diferencia básica entre los dos primeros procesos y el último es que los procesos de canal y de horno obtienen los productos quemando parcialmente los materiales usados como materia prima (el proceso se centra en una combustión incompleta), mientras que el proceso térmico consiste en descomponer los productos por medio de calor.

Antes de 1945, el negro de humo se fabricaba a partir del gas natural usando cualquiera de los tres procesos mencionados. Después de esta fecha se modificó el proceso de horno para de esta forma poder usar hidrocarburos líquidos como materia prima, y actualmente es el que más se usa

Los hidrocarburos que se utilizan como carga son desde gasóleos hasta residuos pesados. En general, estas cargas deben tener un alto porcentaje de aromáticos pesados o poliaromáticos, y un bajo contenido de azufre. Además deben producir un mínimo de ceniza mineral.

El negro de humo en líneas generales contiene de 88 a 99.3% de carbono, 0.4-0.8% de hidrógeno, y 0.3 a 17% de oxígeno.

El hidrógeno es un remanente de las moléculas de hidrocarburo originales, y por eso forma parte de la estructura gráfica. Por otro lado, como el oxígeno se absorbe en la superficie, se le puede incorporar en cantidades variables mediante tratamientos posteriores.

El proceso productivo que tiene lugar en la planta de Campana es de hornos y obtiene el producto mediante una combustión incompleta, falta de aire, en la cual se produce una alta cantidad de humo, el gas y las otras MMPP se quema debajo de una placa de hierro giratoria y refrigerada con agua, de la que se rasca el hollín depositado.

Cabot fabrica decenas de grados comerciales de diverso tamaño y estructura, cada uno produce a través de pequeños ajustes en los diferentes reactores.

A título descriptivo general se ilustra el proceso de producción mediante la tecnología de Mitsubishi Chemical Corporation.

El esquema que se muestra a continuación permite apreciar no solo la parte de producción del negro de humo (zona de reacción) sino también las secciones de separación y recolección, pelletización y empaque.

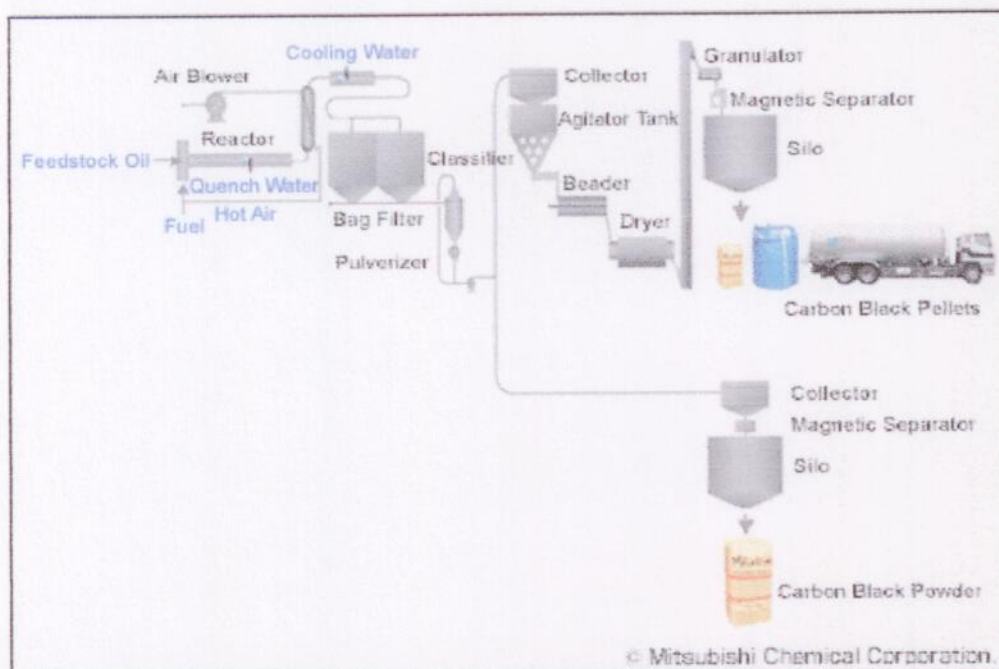


Ilustración 27. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CABOT. Proceso de fabricación de “Negro de Humo”³²

VIII.B.2 Producción, Materias Primas e Insumos

La firma CABOT Argentina posee una capacidad productiva de **70.000 toneladas anuales de Negro de Humo**.

³² Fuente: www.carbonblack.jp/en/product/koutei.html

Materia Prima	Consumo Específico
Alquitrán y Aromáticos	1,637 (t/t BC*)
Gas Natural	4.222 (Millones de Calorías/t BC)
Agua de procesos**	13m ³ /t BC

* BC "Black Carbon"

** Empleada para la recuperación de calor y otros usos

Tabla 48. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CABOT. Materias primas

Sub-Producto	Producción Específico
Fuel Gas	5.833 (Millones de Calorías/t BC)
Recuperación de Calor (vapor)	1,7 (t/t BC)

Tabla 49. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CABOT. Subproductos

VIII.B.3 Energía

Utility	Consumo específico
Electricidad	556 (kWh/t BC)
GN Combustible	526 (Millones de Calorías/t BC)

Tabla 50. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CABOT. Energía

VIII.B.4 Efluentes

No se ha podido conseguir datos y/o información del tipo genérica sobre el presente ítem.

VIII.C. DAK AMERICAS Argentina S.A.

VIII.C.1 Descripción

El PET es una resina poliéster de glicol etilénico y ácido tereftálico; se clasifica en función de la viscosidad intrínseca, la cual es directamente proporcional a su peso molecular y de la modificación polimérica que reduce la velocidad de cristalización y el punto de fusión.

Las Resinas de Polietileno Tereftalato (PET) de DAK Americas son usadas para la fabricación de envases. Internamente, este rubro es una unidad de negocios integrada

dentro de DAK Americas que se abastece con materia prima propia, Ácido Tereftálico de la unidad de negocios de Monómeros de DAK.

Industrialmente, se puede partir de dos productos intermedios distintos: TPA ácido tereftálico ó DMT dimetiltereftalato. Esta planta utiliza la primera.

El proceso consiste en hacer reaccionar por esterificación TPA con Etilenglicol para obtener el monómero Bis-beta-hidroxi-etil-tereftalato, el cual en una fase sucesiva, mediante policondensación, se polimeriza en PET.

En la reacción de esterificación, se elimina agua en el proceso del TPA.

La reacción de policondensación se facilita mediante el uso de catalizadores y elevadas temperaturas (arriba de 270°C).

La eliminación del etilenglicol es favorecida por el vacío que se aplica en la autoclave; el glicol recuperado se destila y vuelve al proceso de fabricación.

Cuando la masa del polímero ha alcanzado la viscosidad deseada, registrada en un reómetro adecuado, se romperá el vacío, introduciendo nitrógeno en la autoclave. En este punto se detiene la reacción y la presencia del nitrógeno evita fenómenos de oxidación. La masa fundida, por efecto de una suave presión ejercida por el nitrógeno, es obligada a pasar a través de una matriz, en forma de spaghetti que, cayendo en una batea con agua se enfrían y consolidan. Los hilos que pasan por una cortadora, se reducen a gránulos, los cuales, tamizados y desempolvados se envían al almacenamiento y fabricación.

El gránulo así obtenido es brillante y transparente porque es amorfo, tiene baja viscosidad, o sea un bajo peso molecular, I.V. = 0.55 a 0.65.

Hasta aquí se ha descrito un proceso que permite obtener PET una viscosidad intrínseca de 0,6 (IV=0,6). PET amorfo.

Para la obtención de PET cristalizado para ser utilizado en procesos de inyección, se requiere pasar el PET IV=0,6 por procesos de cristalización y/o polimerización en fase sólida. DAK ofrece un PET cuyo IV=0.82, este implicaría una cristalización parcial y posterior reacción química (polimerización).

La figura siguiente muestra un esquema completo desde la refinación hasta la obtención de envases, recordar que en este complejo solo se produce el termoplástico (resina) que luego dará origen a la botella en otro proceso productivo.



Ilustración 28. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. DAK AMERICAS Argentina S.A. Diagrama de Flujo Integral de envases a partir de PET

Lo encerrado con la curva de color azul permite visualizar las etapas del diagrama de flujo que forman parte de la planta que DAK AMERICAS posee en Campana. La fecha de ingreso al área delimitada representa las materias primas que ingresan al proceso y la fecha de salida de la misma área presenta el producto final.

VIII.C.2 Producción, Materias Primas e Insumos

La producción de **PET** de la planta que la firma DAK AMERICA posee en la ciudad de Campana alcanza las **185.000 toneladas anuales**.

VIII.C.2.a Producción de PET Amorfo (IV=0,6)

Materia Prima	Consumo Específico
Ácido Tereftálico	0,8675 (t/t PET _{IV=0,6})
Etilenglicol	0,3385 (t/t PET _{IV=0,6})

Tabla 51. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. DAK AMERICAS Argentina S.A. Producción de PET Amorfo. Materias primas

VIII.C.2.b Producción de PET Cristalino (IV=0,82)

Materia Prima	Consumo Específico
PET IV=0,6	1,003 (t/t PET _{IV=0,82})
Etilenglicol	0,013 (t/t PET _{IV=0,82})

Tabla 52. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. DAK AMERICAS Argentina S.A. Producción de PET Cristalino. Materias primas

NOTA: el mismo etilenglicol que se utiliza en el proceso de purificación (cristalización y polimerización).

VIII.C.3 Energía

Al igual que en el ítem de materias primas e insumos, los consumos energéticos específicos se presenta por separado para el PET amorfo y purificado.

VIII.C.3.a Producción de PET Amorfo (IV=0,6)

Utility	Consumo específico	
Electricidad	101	(kWh/t PET _{IV=0,6})
GN Combustible	548	(Millones de Calorías/t PET _{IV=0,6})
Vapor	0,24	(t/t PET _{IV=0,6})

Tabla 53. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. DAK AMERICAS Argentina S.A. Producción de PET Amorfo. Energía

VIII.C.3.b Producción de PET Cristalino (IV=0,82)

Utility	Consumo específico	
Electricidad	101	(kWh/t PET _{IV=0,82})
GN Combustible	199	(Millones de Calorías/t PET _{IV=0,82})

Tabla 54. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. DAK AMERICAS Argentina S.A. Producción de PET Cristalino. Energía

VIII.C.4 Efluentes

No se ha podido conseguir datos y/o información del tipo genérica sobre el presente ítem.

VIII.D. PETROBRAS ENERGY – PS (Poliestireno)

VIII.D.1 Descripción

La planta, que produce poliestireno cristal de uso general, de alto impacto y biorientado, forma parte de Petrobras Energía, una compañía de energía integrada, ubicada en Buenos Aires. La planta está localizada en la ciudad de Zarate, Provincia de Buenos Aires, sobre la margen Oeste del Río Paraná de las Palmas, a una distancia aproximada de 80 Km hacia el Norte de la Ciudad de Buenos Aires.

Este material es un plástico liviano que se utiliza para fabricar diversos artículos, entre los que se incluyen envases desechables para alimentos, cubiertos, calzado, útiles escolares y piezas utilizadas en heladeras, equipos de aire acondicionado y aspiradoras.

VIII.D.1.a Planta de Poliestireno

Esta planta produce poliestireno en dos grados: a) Poliestireno de uso general (cristal): GPPS y b) Poliestireno de alto impacto: HIPS

La tecnología es Monsanto, basada en un proceso continuo donde la polimerización del estireno se realiza en masa continua. Las instalaciones fueron diseñadas en 1984 y la puesta en marcha se realizó en 1986.

La polimerización del estireno puro da como resultado un poliestireno puro que es un sólido incoloro, rígido, frágil y con flexibilidad limitada. A este poliestireno puro se lo denomina "**poliestireno cristal**" o "**poliestireno de uso general**" (General Purpose Polystyrene, GPPS). Debajo de los 95 °C (temperatura de transición vítrea del poliestireno), el poliestireno cristal es vítreo, por encima de esa temperatura es más blando y puede moldearse.

El poliestireno puro es quebradizo pero lo suficientemente duro como para que se pueda producir un producto de relativamente alto rendimiento mediante la transferencia

de algunas de las propiedades de un material más elástico. Es por esto que al en la polimerización se lo mezcla con un caucho, en general caucho polibutadieno.

En condiciones normales poliestireno y el polibutadieno no pueden ser mezclados, es por esto que se mezclan el estireno, el polibutadieno (u otro caucho), el catalizador y el acelerador durante la polimerización.

Al producto resultante de esta mezcla poliestireno con injertos de polibutadieno se lo denomina "**poliestireno de alto impacto**" (High-Impact Polystyrene, HIPS) o "poliestireno choque".

El termo-polímero acrilonitrilo-butadieno-estireno, conocido como plástico ABS es similar al poliestireno de alto impacto. Es un copolímero de acrilonitrilo y del estireno pero endurecido con polibutadieno. Es un material heterogéneo formado por una fase homogénea rígida y otra elastomérica.

La polimerización del estireno requiere la presencia de una pequeña cantidad de un iniciador, para dar inicio a la reacción³³.

³³ Iniciador = peróxidos, que opera rompiéndose para generar un radical libre. Este se une a una molécula de monómero, formando así otro radical libre más grande, que a su vez se une a otra molécula de monómero y así sucesivamente. Finalmente se termina la cadena por reacciones tales como la unión de dos radicales, las cuales consumen pero no generan radicales.

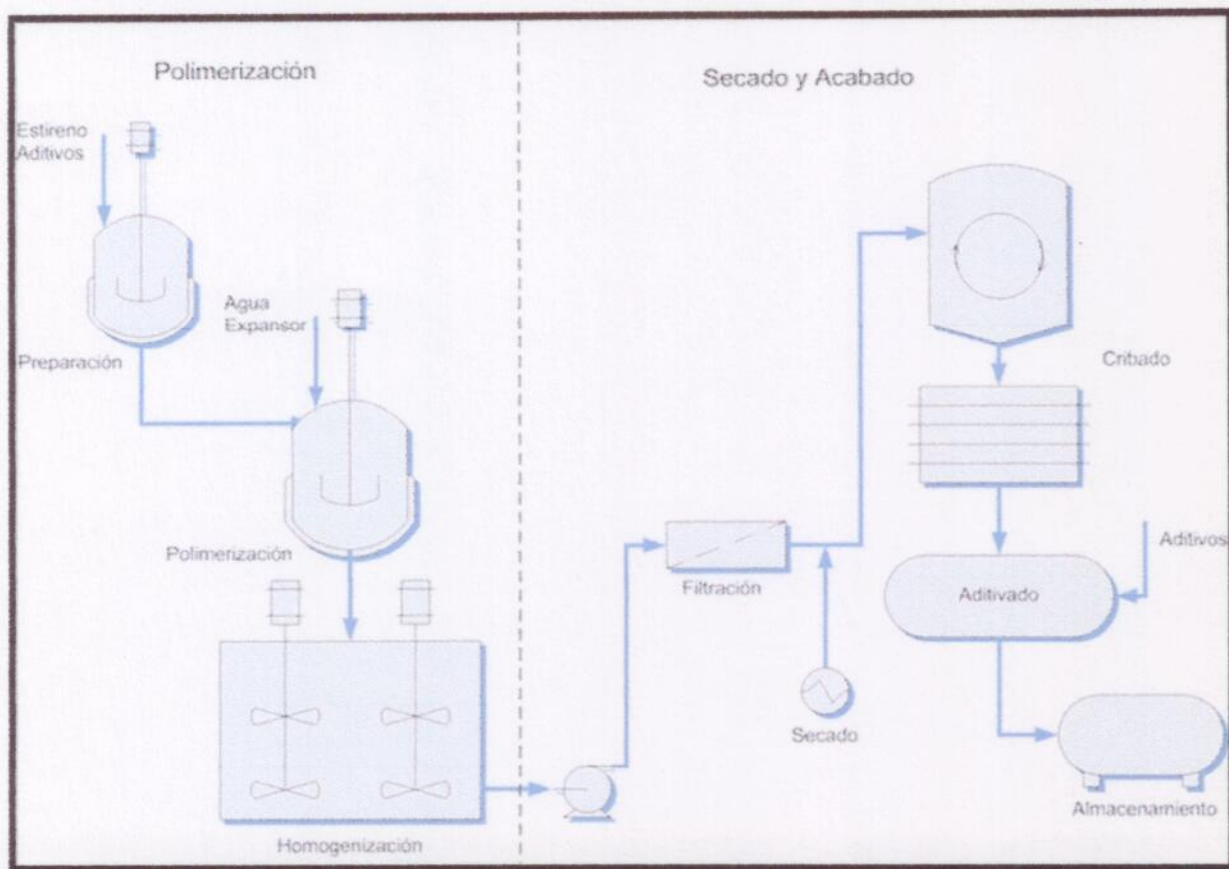


Ilustración 29. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Petrobras Energy.
Esquema genérico del proceso de producción de Poliestireno

VIII.D.1.b Características de la Planta BOPS

La planta de BOPS fabrica láminas de poliestireno biorientado (estirado en dos direcciones) que se comercializa en bobinas. Se producen láminas transparentes o coloreadas.

En 1997/98 se realizó el proyecto. La puesta en marcha de la misma comenzó en Junio de 1999. Fue seleccionada la tecnología Marshall & William (USA).

VIII.D.2 Producciones, Materias Primas e Insumos

La capacidad de producción global de la planta de poliestireno de uso general (GPPS) y de alto impacto (HIPS) es de 66.000 toneladas año y la capacidad nominal de producción de BOPS es de 14.000 toneladas anuales.

VIII.D.2.a Producción de PS (GPPS)

Materia Prima	Consumo Específico
Estireno	1,01 (t/t PS _{GPPS})
Etilbenceno	0,00158 (t/t PS _{GPPS})

Tabla 55. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Petrobras Energy.
Producción de PS (GPPS). Materias primas

VIII.D.2.b Producción de PS (HIPS)

Materia Prima	Consumo Específico
Estireno	0,932 (t/t PS _{HIPS})
Polibutadieno	0,0778 (t/t PS _{HIPS})
Etilbenceno	0,00158 (t/t PS _{HIPS})
T-Butil Perbenzoato	0,00047 (t/t PS _{HIPS})

Tabla 56. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Petrobras Energy.
Producción de PS (HIPS). Materias primas

Los datos de consumos específicos de materias primas e insumos de la planta de producción de BOPS (poliestireno biorientado) no se han podido obtener.

VIII.D.3 Energía

Al igual que el ítem anterior solo se cuenta con datos de consumos específicos de la planta de mayor capacidad (GPPS/HIPS).

VIII.D.3.a Producción de PS (GPPS)

Utility	Consumo específico	
Electricidad	121	(kWh/t PS _{GPPS})
GN Combustible	132	(Millones de Calorías/t PS _{GPPS})
Vapor	0,16	(t/ t PS _{GPPS})

Tabla 57. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Petrobras Energy.
Producción de PS (GPPS). Energía

VIII.D.3.b Producción de PS (HIPS)

Utility	Consumo específico	
Electricidad	128	(kWh/t PS _{GPPS})
GN Combustible	132	(Millones de Calorías/t PS _{GPPS})
Vapor	0,16	(t/ t PS _{GGPS})

Tabla 58. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. Petrobras Energy.
Producción de PS (HIPS). Energía

VIII.D.4 Efluentes

No se ha podido conseguir información concreta y/o específica acerca de los efluentes de la planta de poliestireno. Pero en función de la filosofía que declara la empresa en su página web es esperable que la misma esté orientada hacia el cuidado responsable del medio ambiente.

Con el objetivo de cumplir con el compromiso asumido de responsabilidad ambiental, Petrobras maximiza resultados y agrega valor a sus operaciones. Lo hace a través de proyectos e inversiones enfocados a la minimización de impactos ambientales y a asegurar la seguridad y salud de nuestro personal.

VIII.E. CARBOCLOR S.A.

VIII.E.1 Descripción

Este complejo petroquímico productivo esta desarrollado y totalmente integrado con una planta de refinación (actualmente ANCAP), utiliza gases residuales ricos en olefinas como la principal materia prima.

VIII.E.1.a Planta IPA (alcohol isopropílico ó isopropanol)

El Alcohol Isopropílico es obtenido a partir del propileno contenido en una corriente de propano-propileno (GLP), reaccionando con una corriente de ácido sulfúrico (esterificación), seguida por una hidrólisis de éster a alcohol.

Ambas corrientes son alimentadas a un sistema de 2 reactores que trabajan con presiones de entre 20 y 25 kg/cm² y temperaturas de 50 a 60 °C. El ácido sulfúrico con concentración del 75% convierte el 95% del propileno.

El éster producido en el 2º reactor es separado en 2 etapas de hidrólisis, obteniéndose un "alcohol crudo".

El ácido sulfúrico débil obtenido es reciclado a la planta de concentración.

La purificación del alcohol crudo se realiza en un proceso de 5 columnas de destilación, obteniéndose un producto final con 99,9% de pureza mínima y 100 ppm de agua máximo.

Como subproducto del proceso de IPA se obtiene eter isopropílico (IPE), el cual es separado por destilación y luego concentrado hasta 90%.

VIII.E.1.b Planta Acetona

La cual es obtenida por deshidrogenación catalítica del Alcohol Isopropílico en fase gaseosa, a 250 – 270 °C, en un reactor multitubular.

Los vapores de acetona son parcialmente condensados y pasan por un separador líquido- vapor.

La acetona remanente es separada del hidrógeno(H₂) producido en la reacción y extraída en una planta de enfriamiento.

El H₂ extraído es de una pureza del 99 %.

La acetona cruda es destilada en un proceso de purificación con 3 columnas rectificadoras, obteniéndose acetona con 99,5% de pureza mínima, y 0.5% de agua máxima.

VIII.E.1.c Planta de Butanol Secundario

En la cual es obtenido a partir de normal butilenos contenidos en una mezcla de n-butilenos/butano e isobutano, libre de isobutileno (GLP), reaccionando selectivamente con ácido sulfúrico (esterificación) produciendo un éster en 2 reactores, con presiones de 5-6 kg./cm² y temperatura aproximada de 35 °C.

El éster se separa e hidroliza en 2 etapas, obteniéndose alcohol y ácido diluido.

El alcohol crudo obtenido luego de la neutralización y enfriamiento, se purifica en cinco columnas rectificadoras, logrando una pureza de 99,9 % y 0,1 % de agua máximo.

VIII.E.1.d Planta de MEK (metil etil cetona)

Aquí se produce a partir de SBA, en reacción similar a la acetona, en el mismo reactor operando alternativamente. La pureza obtenida luego de las etapas de destilación es de 99,9 %, separándose en el proceso algunos subproductos, como la Etil amil cetona (EAK).

VIII.E.1.e Planta de MIK (metil isobutil cetona)

En esta la acetona líquida precalentada reacciona en un reactor multitubular en contacto con H₂ a presión. Los procesos de condensación alcohólica, deshidratación e hidrogenación tienen lugar sobre catalizador de paladio, en condiciones de 30 kg/cm² y 130-140 °C. El producto crudo contiene aproximadamente 35% de MIBK y es purificado en 2 columnas de destilación complementarias.

VIII.E.1.f Planta de MTBE

La tecnología³⁴ es la misma que la descrita anteriormente cuando se desarrolló el Polo Petroquímica de Ensenada (en La Plata) dentro de las plantas que integran el Complejo Olefinas. Razón por la cual no se va a describir nuevamente en esta sección.

³⁴ IFP - Axens

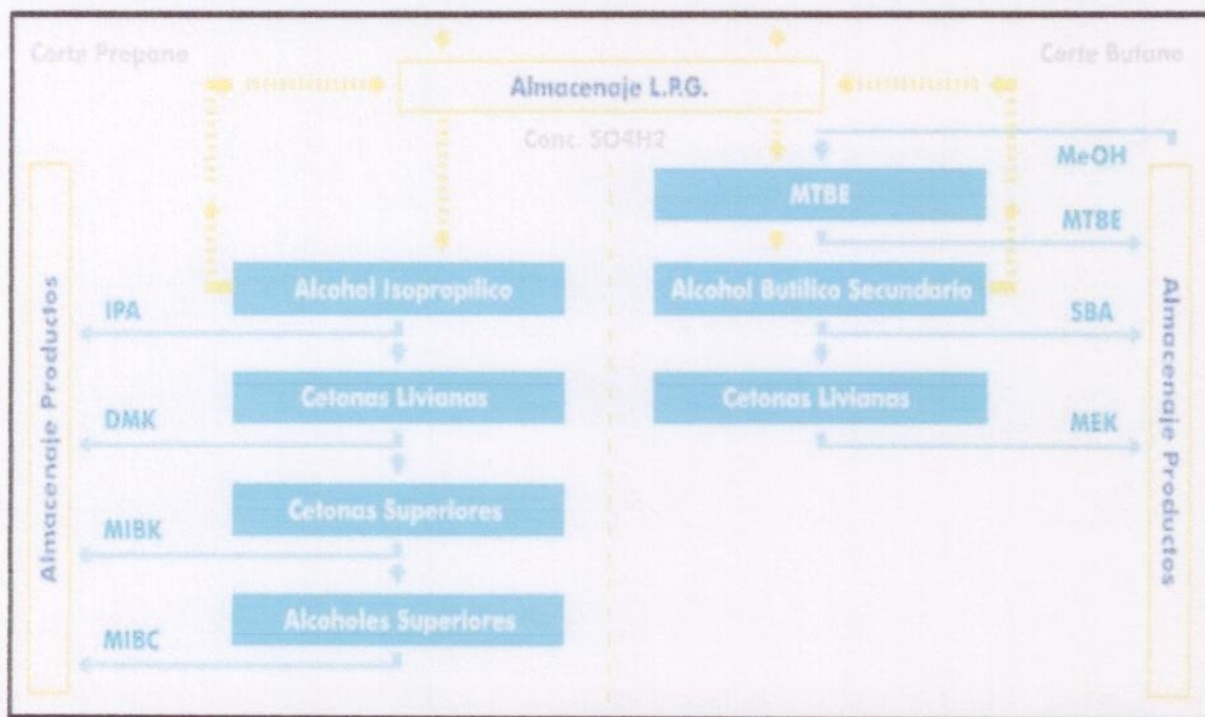


Tabla 59. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.

Diagrama de producción de Solventes Oxigenados y MTBE

VIII.E.2 Producciones, Materias Primas e Insumos

La siguiente tabla concentra los datos de producción anuales de los productos de CARBOCLOR SA (línea de solventes oxigenados y MTBE).

Producto	Producción (t/año)
IPA (isopropanol)	48.000
Acetona	18.000
SBA (butanol secundario)	13.000
MEK (metil-etil-cetona)	9.000
MIK (metil-isobutil-cetona)	8.500
MTBE	33.000

Nota: no se incluye dentro del listado la producción de MIBC (metil isobutil carbinol) debido a su escala (2.000 toneladas año).

Tabla 60. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.

Producción

A continuación se presenta, en tablas, las principales materias primas e insumos por proceso productivo.

VIII.E.2.a Proceso de IPA

MMPP e insumos	Consumo específico	
Propileno (grado refinería)	0,8222	(t/t IPA)
Soda Cáustica (al 50%)	0,00108	(t/t IPA)
Catalizador	0,00012	(t/t IPA)
Carbón Activado	0,00009	(t/t IPA)

Tabla 61. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.
Proceso de IPA. Materias primas e insumos

Sub-Productos	Producción específica	
Fuel Gas	750	(Millones de Calorías/t IPA)
Propano	5.333	(Millones de Calorías/t IPA)

Tabla 62. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.
Proceso de IPA. Subproductos

VIII.E.2.b Proceso de Acetona

MMPP e insumos	Consumo específico (por tonelada de Acetona)	
Monóxido de Carbono	138	Nm ³ /t
Hidrógeno	7,3	Nm ³ /t
Ácido Acético	0,2988	t/t
n-butil cetono	0,00073	t/t
Metanol	0,1715	t/t
Rodio	99.5	mg/t

Tabla 63. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.
Proceso de Acetona. Materias primas e insumos

Sub-Productos	Producción específica	
Ácido Acético	0,75	t/t

Tabla 64. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.
Proceso de Acetona. Subproductos

VIII.E.2.c Proceso de Butanol Secundario (SBA)

MMPP e insumos	Consumo específico	
MTBE refinado	1,6508	t/t SBA
Resina de Intercambio	0,0009	t/t SBA
Agua Desionizada	0,24	t/ m ³

Tabla 65. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.
Proceso de Butanol Secundario (SBA). Materias primas e insumos

Sub-Productos	Producción específica	
C ₄ (MMPP alquilación)	0,898	t/t SBA
Heavy & Light Ends	276	Millones de Calorías/t SBA

Tabla 66. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.
Proceso de Butanol Secundario (SBA). Subproductos

VIII.E.2.d Proceso de Metil-etil-cetona (MEK)

MMPP e insumos	Consumo específico	
MTBE refinado	1,8088	t/t MEK
Sal de Roca	0,0034	t/t MEK
Resina Intercambio	0,001	t/ t MEK
Agua Deionizada	0,26	m ³ /t MEK

Tabla 67. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.
Proceso de Metil-etil-cetona (MEK). Materias primas e insumos

Sub-Productos	Producción específica	
C ₄ (MMPP alquilación)	0,9837	t/t MEK
Heavy & Light Ends	306	Millones de Calorías/t MEK

Tabla 68. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.
Proceso de Metil-etil-cetona (MEK). Subproductos

VIII.E.2.e Proceso de Metil-isobutil-cetona (MIK)

MMPP e insumos	Consumo específico	
Hidrógeno (al 97%)	255	Nm ³ /t MIK
Acetona - Catalizadores y Químicos	1,307	t/t MIK

Tabla 69. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.
Proceso de Metil-isobutil-cetona (MIK). Materias primas e insumos

VIII.E.2.f Proceso de MTBE

MMPP e insumos	Consumo específico	
Alimentación de C ₄	1,512	t/t MTBE
Catalizador y Químico	0,00013	t/t MTBE
Metanol	0,3610	t/t MTBE

Tabla 70. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.
Proceso de MTBE. Materias primas e insumos

Sub-Productos	Producción específica	
C ₄ Refinado	0,845	t/t MEK

Tabla 71. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.
Proceso de MTBE. Subproductos

VIII.E.3 Energía

VIII.E.3.a Proceso de IPA

Utilities	Consumo específico	
Vapor	6,6	(t/t IPA)
Electricidad	93	(kWh/t IPA)
GN Combustible	1.111	(Millones de Calorías/t IPA)

Tabla 72. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.
Proceso de IPA. Energía

VIII.E.3.b Proceso de Acetona

Utilities	Consumo específico	
Vapor	1,1	(t/t Acetona)
Electricidad	50	(kWh/t Acetona)

**Tabla 73. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.
Proceso de Acetona. Energía**

VIII.E.3.c Proceso de SBA

Utilities	Consumo específico	
Vapor	3,8	(t/t Acetona)
Electricidad	97	(kWh/t SBA)

**Tabla 74. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.
Proceso de SBA. Energía**

VIII.E.3.d Proceso de MEK

Utilities	Consumo específico		
Vapor	6,7	(t/t MEK)	
Electricidad	115	(kWh/t MEK)	
GN Combustión	501	Millones de	Calorías/t MEK)

**Tabla 75. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.
Proceso de MEK. Energía**

VIII.E.3.e Proceso de MIK

Utilities	Consumo específico	
Vapor	2,3	(t/t MIK)
Electricidad	66	(kWh/t MIK)

**Tabla 76. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.
Proceso de MIK. Energía**

VIII.E.3.f Proceso de MTBE

Utilities	Consumo específico	
Vapor	0,43	(t/t MTBE)
Electricidad	6,6	(kWh/t MTBE)

Tabla 77. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico Campana-Zárate – San Nicolás. CARBOCLOR S.A.
Proceso de MTBE. Energía

VIII.E.4 Efluentes

Al igual que varios otros complejos productivos, no se ha podido obtener información acerca del tipo de efluente y sus tratamientos. Pero la empresa expresa a través de su sitio web un alto grado de compromiso del tipo social y ambientalmente responsable.

En materia de Medio Ambiente, Carboclor es miembro directivo del Comité Interindustrial de Conservación Ambiental de Campana y Zárate (CICACZ), desplegando intensa actividad coordinada entre empresas y Municipios de la zona. En relación con el tratamiento de temas ambientales y su apertura a la comunidad, Carboclor ha consolidado su participación en el Grupo Interindustrial de Integración Comunitaria en conjunto con empresas de Campana, implementándose un Programa de visitas de vecinos a plantas industriales, para tomar conocimiento de sus actividades y de la temática ambiental de la zona.

Debido a la presencia de metanol y en función del compromiso antes destacado es de esperar que el complejo cuente con un tratamiento del tipo biológico, que seguramente debe contar con un proceso de separación del tipo físico-químico (piletas del tipo API y clarificación o decantación).

VIII.F. Otras Plantas Petroquímicas (Polo Campana- San Nicolás- Zárate)

No se han desarrollado los aspectos antes detallados para las plantas de **Atanor SCA**, **Carboquímica del Paraná** ni **Terniun Siderar**, todas ellas localizadas en la ciudad de San Nicolás. Las dos primeras son de pequeña escala de producción en comparación con el resto de los complejos petroquímicos (menor a 5000 toneladas anuales). Mientras que en el caso de Terniun no se ha podido conseguir información acerca de los consumos específicos del proceso de producción de sulfato de aluminio por neutralización.

IX. POLO PETROQUÍMICO "GRAN BUENOS AIRES"

Es importante destacar que esta definición de POLO Petroquímico no es del todo correcta debido a que las industrias no se encuentran concentradas en una misma zona. Adicionalmente en líneas generales se pueden considerar como petroquímicas de pequeña escala en comparación con las plantas y complejos antes analizados.

Por todo lo antes mencionado y debido a que ha sido difícil hacer contacto con las empresas y mucho más aún conseguir información, se define desarrollo solo los ítems de la encuesta para los siguientes productos: acetaldehído, ácido acético, formaldehído y nylon 66.

IX.A. ATANOR S.A.

IX.A.1 Descripción

IX.A.1.a Complejo Industrial de Baradero

El **acetato de etilo** es obtenido por esterificación directa del ácido acético con alcohol etílico en presencia de un catalizador. El éster crudo formado es neutralizado y purificado por destilación. El producto obtenido es de calidad grado uretano. En ATANOR se producen anualmente unas 30.000 toneladas a partir de etanol y ácido acético pero no se han podido conseguir datos de este proceso; razón por la cual no se tratará en los ítems siguientes.

El **acetaldehído**, este producto, también conocido como aldehído acético, etanal o aldehído etílico, es obtenido como producto intermediario en la síntesis de ácido acético. Se trata de un líquido incoloro muy volátil, que hierve a temperatura ambiente, con un olor irritante característico, que puede ser frutal y agradable a bajas concentraciones. El proceso se basa en una oxidación directa catalítica y exotérmica. La obtención industrial en gran escala de acetaldehído tiene lugar en un sistema de dos fases, es decir, gas/líquido. Los reactivos gaseosos, etileno, aire u O_2 reacciona con la disolución clorhídrica acuosa de los catalizadores en un reactor de columna de insuflación construido con titanio o revestido de cerámico.

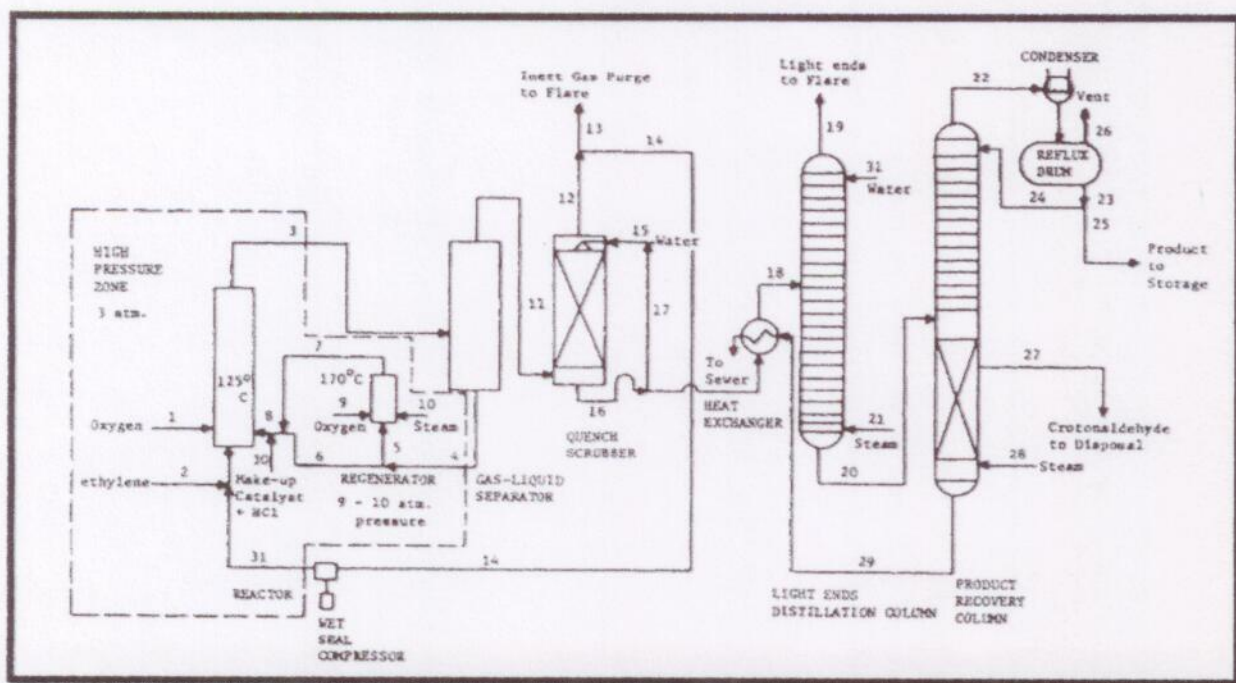


Ilustración 30. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Proceso de una etapa para la producción de acetaldehído a partir de etileno

El **ácido acético**, el principio de obtención es la oxidación de acetaldehído con aire ó con oxígeno en fase líquida a (50-70 °C) con catalizador de acetato de manganeso. El ácido acético se puede obtener por oxidación directa del etanol, pero en general, el ácido concentrado se suele preparar a partir de acetaldehído que, a su vez, se ha obtenido por hidratación del acetileno u oxidación del etanol.

El principal inconveniente del método de obtención radica en que se generan sub-productos, por consiguiente la conversión global disminuye y la separación se hace más compleja.

El esquema siguiente, representa un proceso genérico (no se puede aseverar que el mismo sea el empleado en ATANOR).

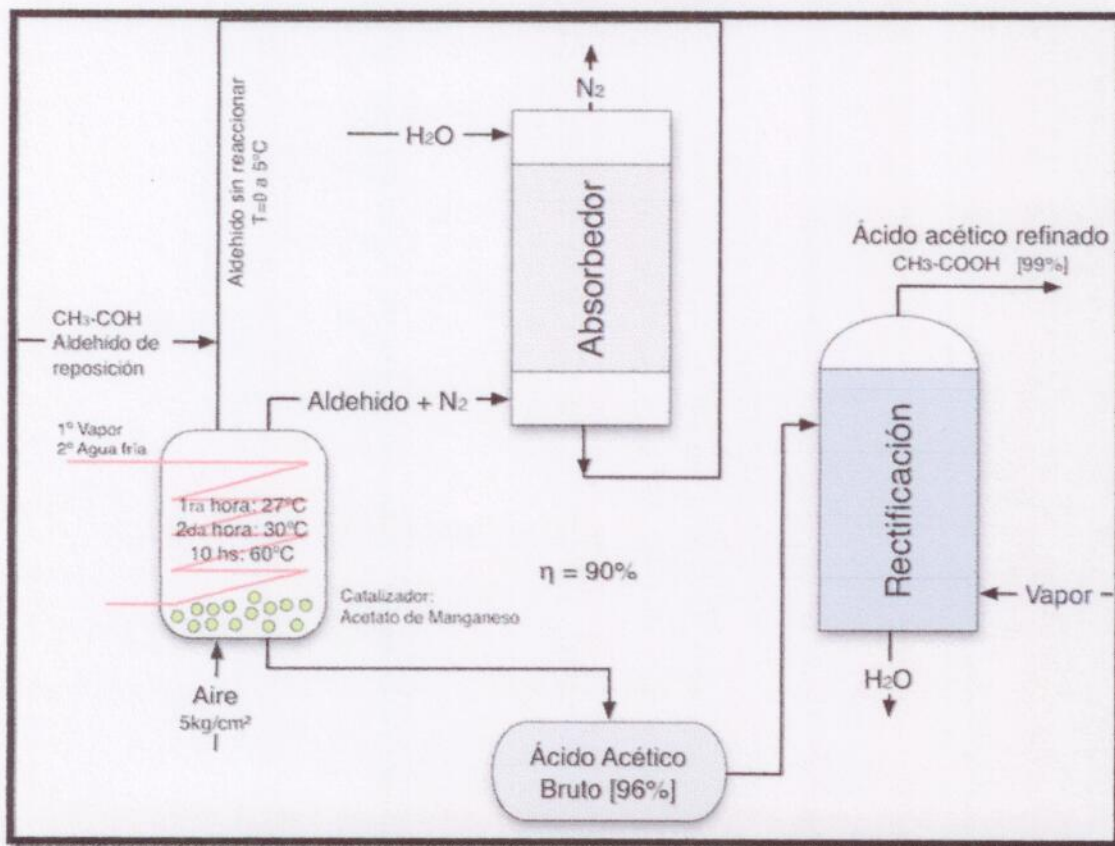


Ilustración 31. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Esquema del proceso de producción de ácido acético

IX.A.1.b Complejo Industrial de Munro

El formaldehído ha sido fabricado y continúa siendo fabricado a partir del metanol. La mayoría del formaldehído comercializado es producido a partir del metanol y el aire.

La oxidación del metanol a formaldehído con catalizador de acero - óxido de molibdeno, es el más usado actualmente. Estos catalizadores han sido mejorados por el agregado de óxido de otros metales y métodos de activación y preparación. Se estima que el 70% de la capacidad productiva instalada usa catalizadores formados por óxidos de metales.

Todo el formaldehído es obtenido por medio de reacciones exotérmicas a presión atmosférica y a una temperatura entre los 300°C y los 400°C. Con un apropiado control de la temperatura se puede mantener una conversión del metanol mayor a un 99%. Los subproductos no deseados son monóxido de carbono y ácido fórmico. En el proceso

hay pérdidas físicas y pequeñas cantidades de metanol en el producto final por lo que el rendimiento global del metanol varía entre el 88% y 92% en peso.

El metanol es vaporizado y mezclado con aire y gas eliminado de la torre de absorción ingresando luego en el reactor donde atraviesa los tubos del catalizador, es aquí donde se produce la reacción química. El calor liberado en la reacción es utilizado para evaporar el fluido de transmisión de calor, luego este es condensado para generar vapor. De esta forma se controla la temperatura del reactor.

El producto abandona el reactor por la parte inferior de este, es enfriado antes de ingresar a la torre de absorción por la parte inferior de esta.

La concentración final de formaldehído en el producto es controlada por el caudal de agua que ingresa a la torre de absorción por la parte superior de esta. Se llega a obtener un producto con una concentración de formaldehído superior al 55% y menos del 1% de metanol. El ácido fórmico es removido por intercambio de iones.

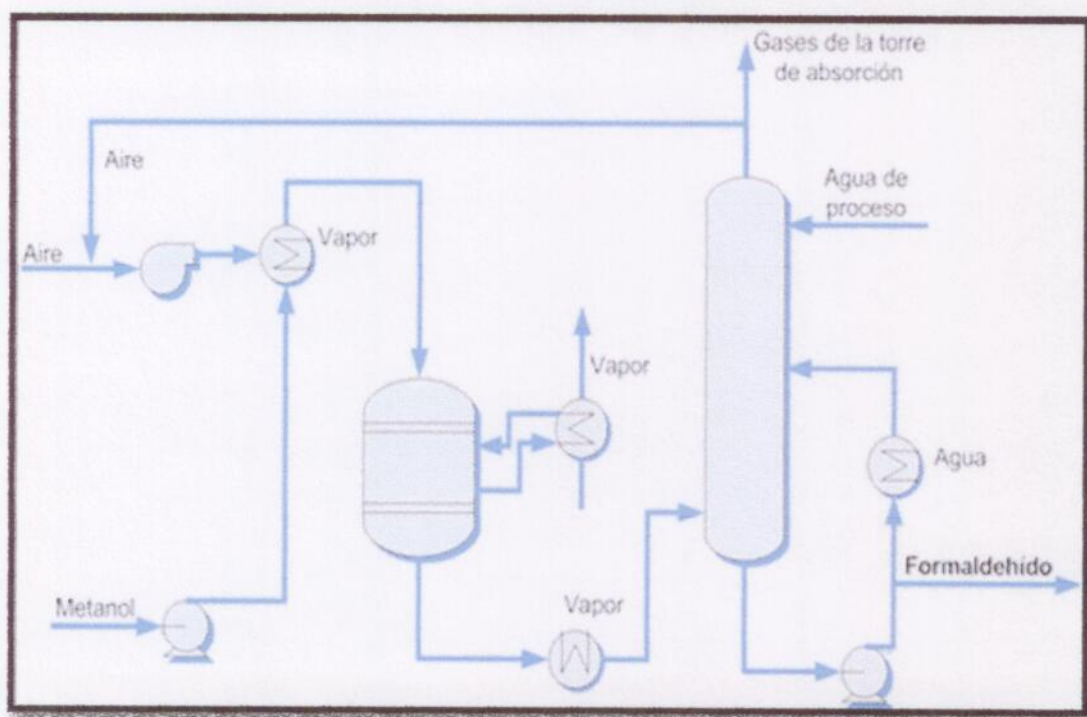


Ilustración 32. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Proceso de obtención de formaldehído a partir del metanol con catalizadores de óxidos de metales

IX.A.2 Producción, Materias Primas e Insumos

Los datos de consumos específicos son a título genérico no se ha podido confirmar que la tecnología del proceso productivo sea coincidente con los datos de bibliografía recopilados.

IX.A.2.a Producción de Acetaldehído

MMPP e insumos	Consumo específico	
Etileno	0,68	(t/t)
Oxígeno (uso moderado)	0,4	(t/t)
HCl (al 100%)	0,0033	(t/t)
Catalizador (Cu-Pd)	507,1	(cm ³ /t)

Tabla 78. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Producción de Acetaldehído. Materias primas e insumos

IX.A.2.b Producción de Ácido Acético

MMPP e insumos	Consumo específico	
Etileno	0,5304	(t/t)
Oxígeno (uso moderado)	0,312	(t/t)
HCl (al 100%)	0,0026	(t/t)
Etil acetato	0,0055	(t/t)
Catalizador (Cu-Pd)	395,5	(cm ³ /t)

Tabla 79. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Producción de Ácido Acético. Materias primas e insumos

IX.A.2.c Producción de Formaldehído

MMPP e insumos	Consumo específico	
Catalizador (Fe-Mo)	0,00013	(t/t)
Metanol	1,1733	(t/t)

Tabla 80. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Producción de Formaldehído. Materias primas e insumos

IX.A.3 Energía

IX.A.3.a Producción de Acetaldehído

Utilities	Consumo específico	
Vapor	3	(t/t)
Electricidad	112	(kWh/t)

Tabla 81. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Producción de Acetaldehído. Energía

IX.A.3.b Producción de Ácido Acético

Utilities	Consumo específico	
Vapor	5,9	(t/t)
Electricidad	381	(kWh/t)

Tabla 82. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Producción de Acido Acético. Energía

IX.A.3.c Producción de Formaldehído

Utilities	Consumo específico	
Vapor	-1,7*	(t/t)
Electricidad	249	(kWh/t)
*El signo negativo implica recuperación de calor mediante la generación de vapor		

Tabla 83. Industria Petroquímica. Polo Petroquímico "Gran Buenos Aires". ATANOR. Producción de Formaldehído. Energía

IX.A.4 Efluentes

Como se hiciera mención durante el tratamiento de los efluentes de la planta de ATANOR localizada en el Polo Petroquímico de Zárate-Campana-San Nicolás, no se cuentan con datos específicos y se destaca el compromiso que la empresa asume de cara a la comunidad y al cuidado del medio ambiente.

En el caso particular de la producción de formaldehído, en general no se justifica económicamente incinerar el gas liberado en la torre de absorción para generar vapor.

Este gas está esencialmente compuesto por nitrógeno y oxígeno con componentes combustibles (dimetileter, monóxido de carbono, formaldehído y metanol) que representan solo un pequeño porcentaje del total. Sin embargo, las presiones que sufren las empresas por mantener el medio ambiente hacen necesaria su incineración. Se desconoce cuál es el tratamiento real que ATANOR ha implementado en su planta de Munro.

IX.B. INVISTA Argentina

IX.B.1 Descripción

La sal de nylon 66, adipato de hexametilenediamonio, es hecho agregando ácido adípico a una solución de hexametilenediamina en agua. La solución de sal de nylon acuosa es concentrada por evaporación y luego se envía a la etapa de reacción que tiene lugar en tres etapas. En la primera se adiciona ácido acético para controlar el peso molecular, tiene lugar en un reactor tubular a alta presión donde además se remueve el agua. Se baja la presión gradualmente en un reactor tubular largo, y se calienta bajo vacío. El nylon66 fundido final es extruzado y pelletizado para forma chips de nylon 66. Dependiendo del grado final que se desee obtener se definen los aditivos a adicionar.

IX.B.2 Producción, Materias Primas e Insumos

La planta de **producción de Nylon 66** ubicada en Berazategui tiene una capacidad instalada de **46.000 toneladas anuales**.

MMPP e insumos	Consumo específico	
Ácido Adípico	0,6535	(t/t)
Hexametilenediamina	0,5198	(t/t)
Ácido acético	0,00175	(t/t)
Agua de Procesos	2,4	m ³ /t

IX.B.3 Energía

Utilities	Consumo específico	
Vapor	2,3	(t/t)
Electricidad	88	(kWh/t)
Fuel Oil Combustible	1.667	(Millones de Calorías/t)

IX.B.4 Efluentes

No se ha podido obtener información específica acerca de los efluentes de esta planta y sus procesos de tratamiento.

X. CONSIDERACIONES FINALES SOBRE EL *CLUSTER* PETROQUÍMICO

En función de todo lo antes presentado y elaborado durante el desarrollo de esta segunda etapa del trabajo, se puede obtener las siguientes conclusiones:

✓ En los casos de complejos petroquímicos integrados, ya sea en forma interna y/o con la refinería, las estimaciones de la huella de cada producto en particular pueden verse afectada por el esquema productivo que defina la empresa. Esto se debe a la posibilidad de direccionar las materias primas hacia la generación de más de un producto final.

✓ Los datos de efluentes son los más difíciles de conseguir, y por ende la huella relacionada con esta etapa de producción puede no ser del todo representativa. Cabe mencionar que todas las empresas expresan públicamente su compromiso con el cuidado del ambiente.

✓ Debido a la gran dispersión de las industrias que componen el Polo Petroquímico del Gran Buenos Aires y a su pequeña escala, en comparación con el resto de las industrias del sector, se ha realizado un análisis parcial del mismo. Se han incluido solamente las empresas que presentan una escala de producción superior a las 5.000 toneladas anuales y de las cuales se ha podido conseguir algún tipo de información (ya sea de la bibliografía o por contacto).

Industria Petroquímica. Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

X.A. Consideraciones Metodológicas

La metodología de cálculo y modelización se basó en las guías "Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero".

Los Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero se detallan en la tabla a continuación y corresponden al IPCC - SAR 2:

Gas	Fórmula	Potencial de Calentamiento
CO ₂	CO ₂	1
Metano	CH ₄	21
Oxido Nítrico	N ₂ O	310

Tabla 84. Industria Petroquímica. Consumo de energía en la producción de Nylon 66

En aquellos casos en los que fue posible, se estimaron las emisiones asociadas a la obtención de las materias primas para poder completar el análisis de ciclo de vida del producto.

Las emisiones han sido estimadas por unidad de producto y luego, si es posible contar con información estadística, se han estimado las emisiones netas.

X.A.1 Factores de emisión. Datos Estadísticos

Se han recopilado y seleccionado en función de las características de las actividades analizadas, empleándose los factores de menor incertidumbre, disponibles en el país o de literatura científica internacional. Los documentos utilizados para la elaboración de los factores de emisión y los cálculos fueron:

Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero³⁵.

Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático – Informe Final. Buenos Aires. Año 2007³⁶.

Información Estadística de la Industria Petroquímica y Química de la Argentina - 31ª Edición - Julio 2011 – Instituto Petroquímico Argentino (IPA)³⁷

Approved consolidated baseline and monitoring methodology ACM0017-Production of biodiesel for use as fuel - Versión 01.1 de la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL)³⁸

X.A.2

X.A.3

³⁵ <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

³⁶ <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1124>

³⁷ http://www.ipa.org.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=39

³⁸ <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/WENY1VXSSZHD73WXG3RXX8KNAICCAT>

X.A.4 Gas Natural

El factor de emisión correspondiente a la combustión del Gas Natural se obtuvo de la Segunda Comunicación Nacional. En la tabla a continuación se indica la marcha de cálculo utilizada:

Variable	Descripción	Unidades	Fuente	M ³
PCI	Poder Calorífico Inferior	Kcal/M ³	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO ₂	8,300
D	Densidad	Kgs./ M ³	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO ₂	0,7190
Frac Ox	Fracción de Carbono Oxidado	%	Modulo Energía - Hoja 1-1 - Método de Referencia	0,995
C_c	Contenido de Carbono	TC/TJ	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO ₂	15,31
FE_{CO2} Kcal	Factor de emisión de CO ₂	KgsCO ₂ /Kcal	$FE_{CO2} = C_c * Frac\ Ox * 44/12$	0,0002339
FE_{CO2} Unidad	Factor de emisión de CO ₂	KgsCO ₂ /M ³	FE x PCI	1,94
FE_{N2O}	Factor de emisión de N ₂ O	KgsN ₂ O/TJ	Modulo Energía - Hoja 1-3	0,525
FE_{CH4}	Factor de emisión de CH ₄	KgsCH ₄ /TJ	Modulo Energía - Hoja 1-3	3,125
FE_{CO2eq} Unidad	Factor de emisión de CO _{2eq}	KgsCO _{2eq} /M ³	FE total x M ³	1,95
FE_{CO2eq} Kcal	Factor de emisión de CO _{2eq}	KgsCO _{2eq} /Kcal	FE total x Kcal	0,0002348

Tabla 85. Industria Petroquímica. Marcha de cálculo de las emisiones por combustión de Gas Natural

Por otra parte se estimaron las emisiones asociadas a la producción y el transporte del Gas Natural hasta las plantas de proceso. Dicho valor se estimó en base a la categoría "Emisiones Fugitivas" correspondiente al Gas Natural del Inventario de Gases de Efecto invernadero de la República Argentina correspondiente al año 2000, el cual incluye las emisiones fugitivas de gases de efecto invernadero durante los procesos de extracción, transporte y procesamiento del gas natural.

Año 2000	Inventario GEIs (TnCO ₂ eq)	Producción de Gas Natural (Mill. M3)	Kgs CO ₂ eq/M3	Kgs CO ₂ eq/Kcal
Emisiones Fugitivas Gas Natural	1.585.340	45.135	0,26	0,000031

Tabla 86. Industria Petroquímica. "Emisiones fugitivas" de Gas Natural

X.A.5 Materias Primas de Refinerías/Metanol:

En el caso de todas las corrientes de materias primas provenientes de las refinerías se han utilizado los valores de emisiones asociadas a la extracción de petróleo y refinación de la Metodología MDL: "Approved consolidated baseline and monitoring methodology ACM0017-Production of biodiesel for use as fuel - Versión 01.1". En el siguiente cuadro se indican los valores para cada una de las etapas:

Variable	Descripción	Valor
EF_{PROD}	Factor de emission por producción de petróleo crudo	0,073 tCO ₂ e/tn petrodiesel
EF_{REF}	Factor de emission relative a la refinación de petróleo	0,233 tCO ₂ e/t petrodiesel
EF_{MeOH_PC}	Emisiones específicas por tonelada de methanol producido	1.95 tCO ₂ /tonne methanol producido

Debido a que no se cuenta con los valores desagregados para cada uno de los productos de refinerías, el valor aplicado a las corrientes de salida de refinería es el correspondiente a Petrodiesel.

X.A.6 Electricidad:

El factor de emisión de la red eléctrica (0,351 KgsCO₂eq/KWh) se obtuvo de la Dirección Nacional de Prospectiva- Secretaría de Energía. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Extraído de Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible SAyDS – 2010³⁹ Es importante destacar que el valor utilizado corresponde con el Promedio total del Sistema Interconectado Nacional. En el caso de un análisis más detallado este valor debiera ajustarse.

X.A.7 Consumo de Vapor:

Para estimar las emisiones asociadas al consumo de vapor de los procesos se ha considerado la performance real de una caldera de presión 10 Kgs/cm² y 10 Tn/hora de capacidad nominal alimentada con Gas Natural y con un recupero del 85% de condensado. Se tomaron los valores mínimos de un periodo de 12 meses. Estos valores son muy conservativos dado que es esperable que las calderas de alta presión y altos consumos tengan valores inferiores de emisiones por tonelada de vapor. En la siguiente tabla se pueden apreciar los consumos y emisiones consideradas:

³⁹ <http://www.ambiente.gob.ar/default.asp?IdArticulo=456>

Parámetro	Unidades	Valor
Consumo específico (GN)	M ³ GN/Tn Vapor	69
Consumo específico (KCAL)	Kcal/Tn Vapor	572.673
Emisiones GEIs	KgsCO ₂ eq/Tn Vapor	134,47

Tabla 87. Industria Petroquímica. Emisiones asociadas al consumo de vapor

X.A.8 Emisiones asociadas a los procesos:

En aquellos casos que corresponden emisiones asociadas a los procesos de producción, se utilizaron los valores indicados en las Guías del IPCC Volumen 3.

X.A.9 Tratamiento de Efluentes:

En general no se han podido obtener datos sobre los efluentes, volúmenes, DQO de entrada y salida a los sistemas de tratamiento y el tipo de tratamiento. Debido a ello se han utilizado valores de referencia internacionales especificados en las guías del IPCC en el volumen 5.

X.A.10 Otros Insumos y Materias Primas elaboradas:

Se han realizado estimaciones de las emisiones de los insumos en aquellos casos en que fue posible reconstruir los procesos de producción, aun siendo de origen externo. Por otra parte en los casos en que los productos petroquímicos son elaborados en los polos analizados se han utilizado los valores estimados. Finalmente se indican las materias primas para las que no ha sido posible realizar ninguna estimación con una incertidumbre razonable.

X.A.11 Asignación de emisiones entre Co-Productos:

Para la asignación de emisiones se han considerado solo los principales productos elaborados, es decir aquellos que dan origen a la planta de producción. Los subproductos que se generan adicionalmente no han sido contemplados en la asignación de emisiones.

X.B. Polo Ensenada

X.B.1 Petroquímica La Plata – YPF

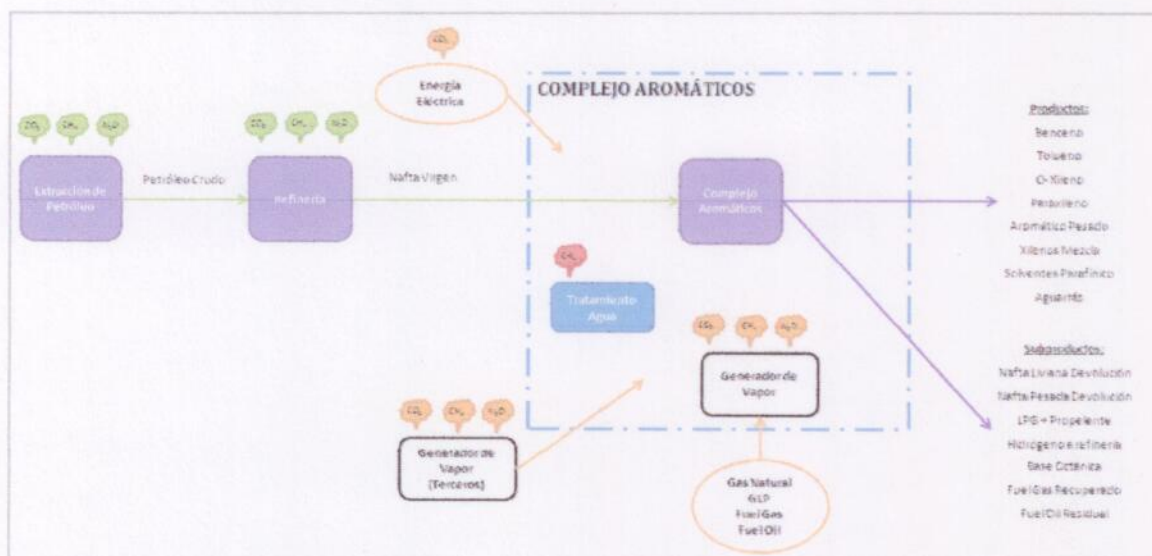


Ilustración 33. Industria Petroquímica. Petroquímica La Plata - YPF. Complejo Aromáticos

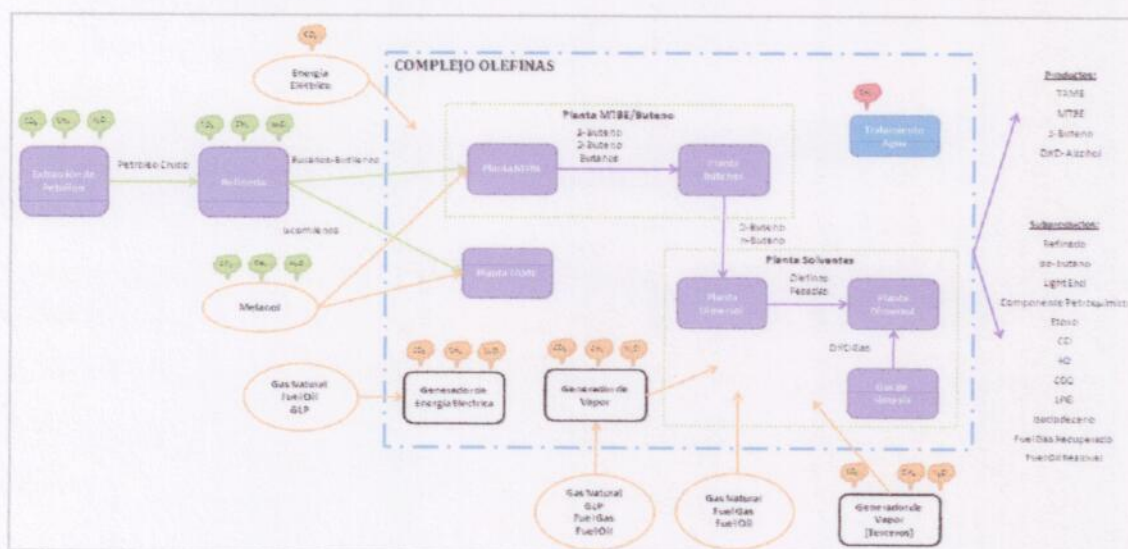


Ilustración 34. Industria Petroquímica. Petroquímica La Plata - YPF. Complejo Olefinas

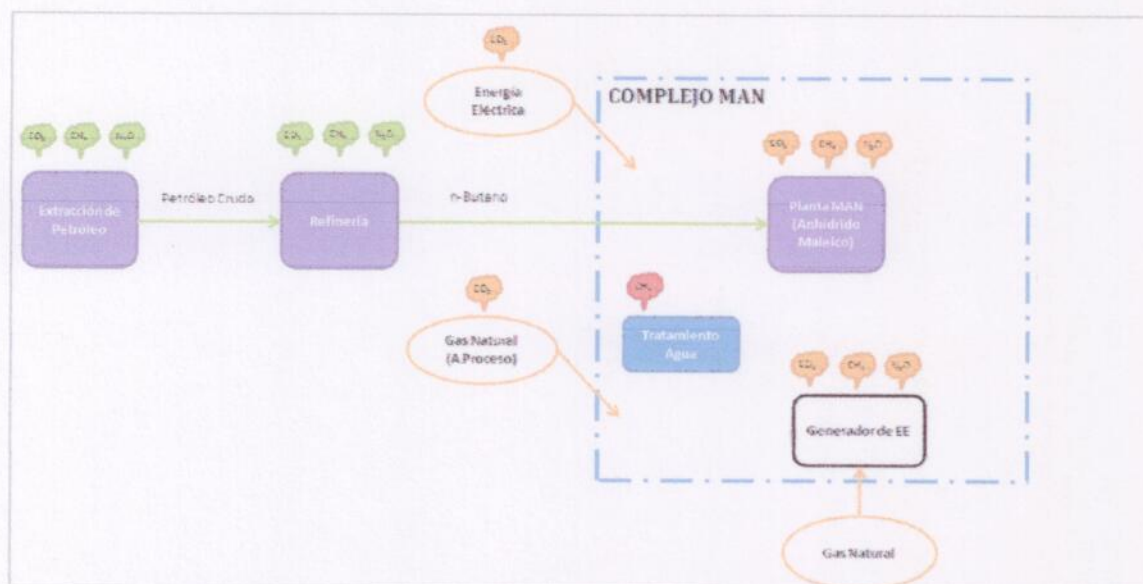


Ilustración 35. Industria Petroquímica. Petroquímica La Plata - YPF. Complejo MAN

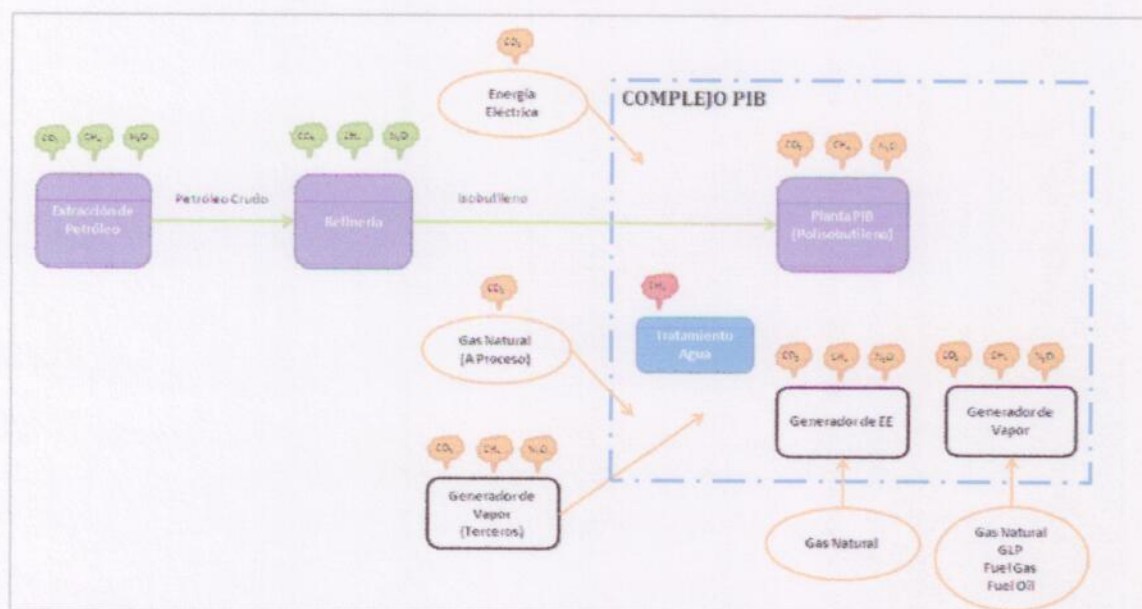


Ilustración 36. Industria Petroquímica. Petroquímica La Plata - YPF. Complejo PIB

En la siguiente tabla se observan las emisiones para cada uno de los productos elaborados en la planta YPF, por concepto:

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Benceno	Complejo Aromáticos YPF	376	1.083	-	3	1.461
Tolueno	Complejo Aromáticos YPF	376	1.083	-	3	1.461
O-Xileno	Complejo Aromáticos YPF	376	1.083	-	3	1.461
Paraxileno	Complejo Aromáticos YPF	376	1.083	-	3	1.461
Aromático Pesado	Complejo Aromáticos YPF	376	1.083	-	3	1.461
Xilenos Mezcla	Complejo Aromáticos YPF	376	1.083	-	3	1.461
Solventes Parafínicos	Complejo Aromáticos YPF	376	1.083	-	3	1.461
Aguarrás	Complejo Aromáticos YPF	376	1.083	-	3	1.461
TAME	Complejo Olefinas YPF	1.167	105	-	106	1.378
MTBE	Complejo Olefinas YPF	1.420	105	-	106	1.631
1-Buteno	Complejo Olefinas YPF	1.420	105	-	106	1.631
OXO-Alcohol	Complejo Olefinas YPF	633	511	-	106	1.249
Anhídrido Maleico	Complejo MAN YPF	853	1.733	-	106	2.692
Polisobutileno	Complejo PIB YPF	1.940	2.287	-	106	4.332
LAB/LAS	Complejo LAB YPF	2.063	1.343	-	106	3.511

Tabla 88. Industria Petroquímica. Emisiones Petroquímica La Plata - YPF

Respecto a los efluentes, para el complejo aromático se consideraron los efluentes de una refinería de petróleo, mientras que para el resto de los complejos productivos se tomaron los valores correspondientes a Sustancias químicas orgánicas.

Se asumió que todos los combustibles se queman en forma completa, y se calculan las emisiones como si se liberaran en el proceso.

En el caso de algunos procesos (Ej. Oxoalcoholes) resulta complicada la separación entre los conceptos de Energía y Procesos, por lo cual se asignaron todas las emisiones al concepto Energía.

X.B.2 Petroken – Petroquímica Ensenada S.A.

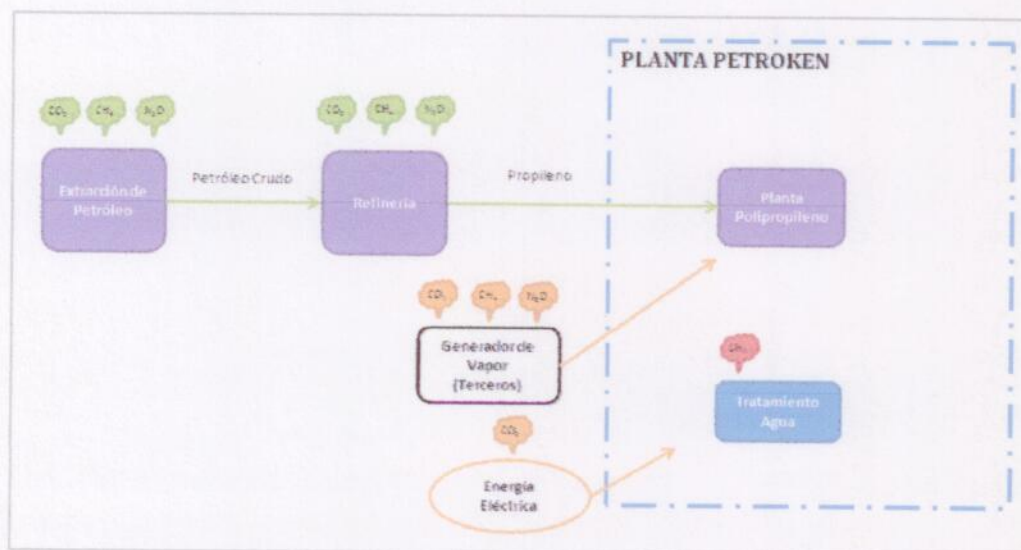


Ilustración 37. Petroken – Petroquímica Ensenada S.A. Esquema de funcionamiento de Planta

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Polipropileno	Planta PETROKEN	325	232	-	106	662

Tabla 89. Emisiones Petroken – Petroquímica Ensenada S.A.

X.C. Polo Bahía Blanca

X.C.1 Plantas MEGA/TGS

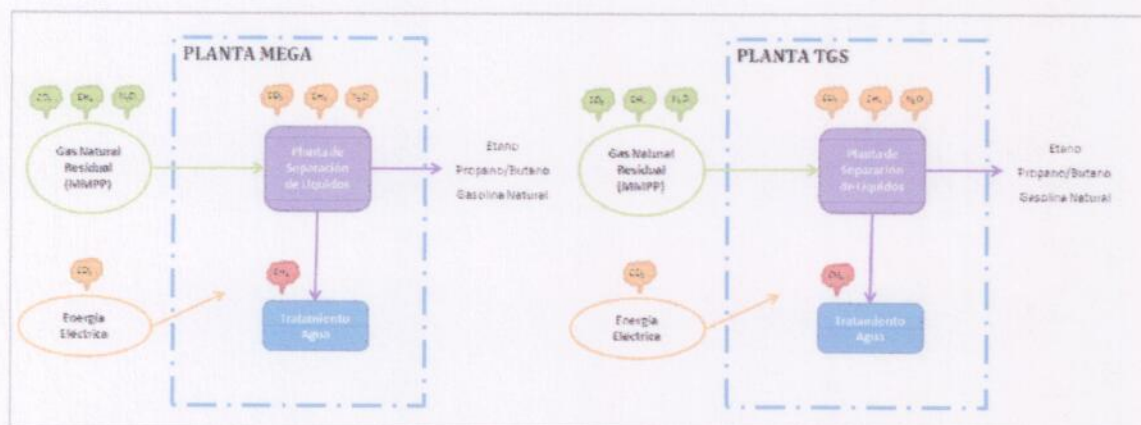


Ilustración 38. Industria Petroquímica. Polo Bahía Blanca. Plantas MEGA/TGS. Esquema de funcionamiento

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Etano	Planta MEGA	2	-	-	3	5
Etano	Planta TGS	4	-	-	3	7

Tabla 90. Industria Petroquímica. Polo Bahía Blanca. Emisiones Plantas MEGA/TGS

Los valores de rendimiento de las materias primas, y los porcentajes de extracción de etano, han sido obtenidos de las páginas web correspondientes a las empresas mencionadas. En este caso también es complicada la separación de las emisiones asociadas a la energía utilizada en el proceso.

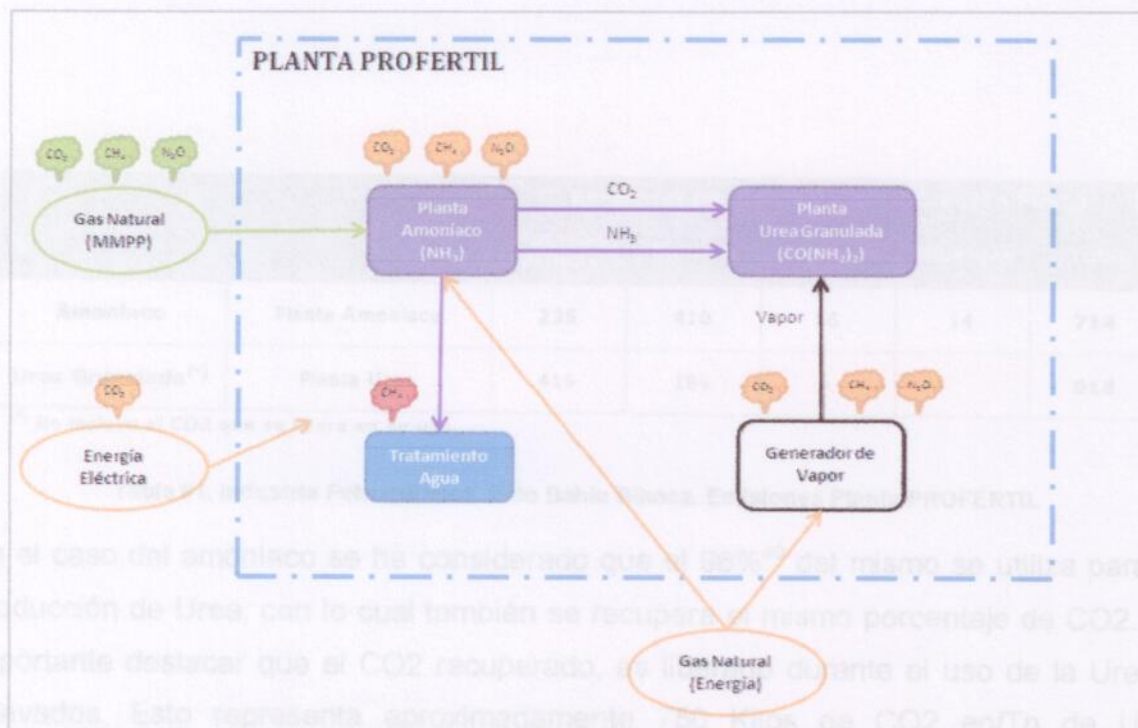


Ilustración 39. Industria Petroquímica. Polo Bahía Blanca. Planta PROFÉRTIL. Esquema de funcionamiento

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Amoniaco	Planta Amoniaco	235	410	56	14	714
Urea Granulada^(*)	Planta Urea	419	199	-		618

^(*) No incluye el CO₂ que se libera en su uso.

Tabla 91. Industria Petroquímica. Polo Bahía Blanca. Emisiones Planta PROFÉRTIL

En el caso del amoniaco se ha considerado que el 96%⁴⁰ del mismo se utiliza para la producción de Urea, con lo cual también se recupera el mismo porcentaje de CO₂. Es importante destacar que el CO₂ recuperado, es liberado durante el uso de la Urea y derivados. Esto representa aproximadamente 750 Kilos de CO₂ eq/Tn de Urea utilizada. Este valor NO ESTÁ INCLUIDO en el presente cálculo.

⁴⁰ De acuerdo a la Información Estadística de la Industria Petroquímica y Química de la Argentina - 31ª Edición - Julio 2011 – Instituto Petroquímico Argentino (IPA).

X.C.3 planta PBB Polisur-DOW caso ARCO, el resque de vapor excediendo del

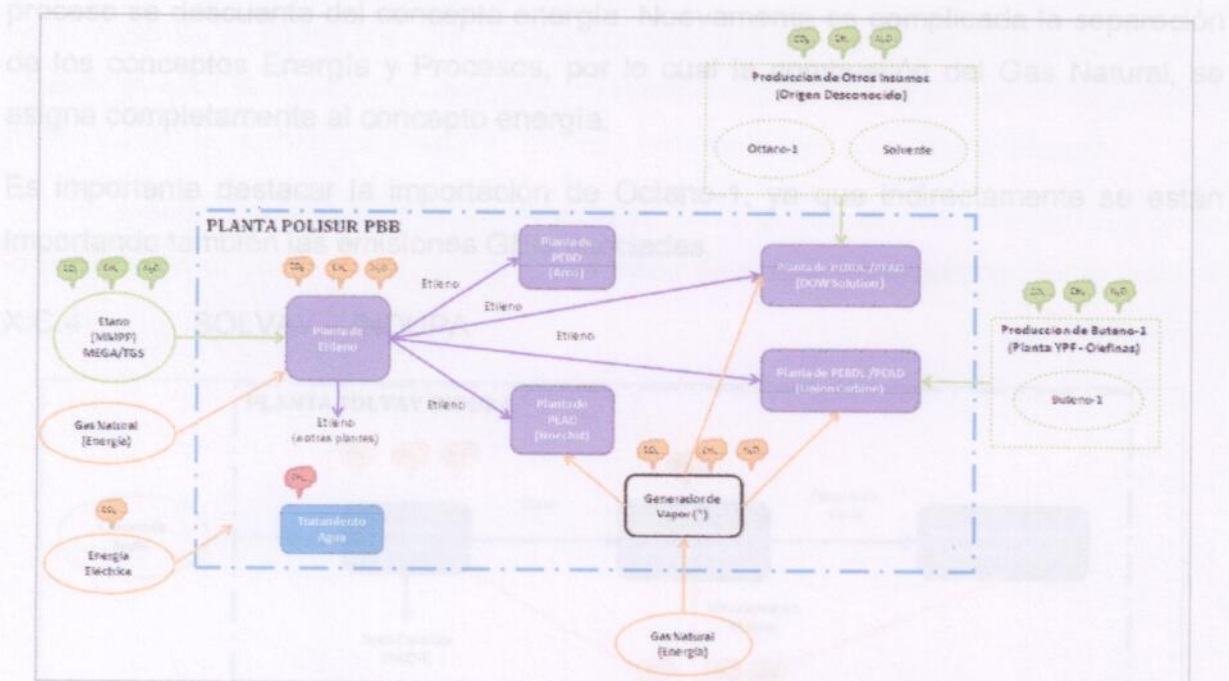


Ilustración 40. Industria Petroquímica. Polo Bahía Blanca. Planta PBB Polisur-DOW. Esquema de funcionamiento

		Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
Producto	Planta	Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Etileno	Planta de Etileno	109	785	-	49	944
PEBD	Planta de PEBD - Arco (alta presión)	1.000	306	-	49	1.356
PEAD	Planta de PEAD - Hoechst	983	145	-	49	1.177
PEBDL/PEAD	Planta de PEBDL-PEAD - Union Carbide	1.037	149	-	49	1.236
PEBDL/PEAD	Planta de PEBDL-PEAD - DOW Solution	1.074	92	-	49	1.215

Tabla 92. Industria Petroquímica. Polo Bahía Blanca. Emisiones Planta PBB Polisor-DOW

Debido a la imposibilidad de separar las corrientes de efluentes de cada línea, se ha tomado un valor único (Volumen y DQO) para todas las producciones de la planta, este valor ha sido contrastado con el publicado en el informe de sostenibilidad de PBB-Polisur del año 2010, dando un desvío del orden del 2% aproximadamente. En el caso

de la planta de PEAD de proceso ARCO, el recupero de vapor excedentario del proceso se descuenta del concepto energía. Nuevamente es complicada la separación de los conceptos Energía y Procesos, por lo cual la combustión del Gas Natural, se asigna completamente al concepto energía.

Es importante destacar la importación de Octano-1, ya que indirectamente se están importando también las emisiones GEIs asociadas.

X.C.4 SOLVAY – INDUPA

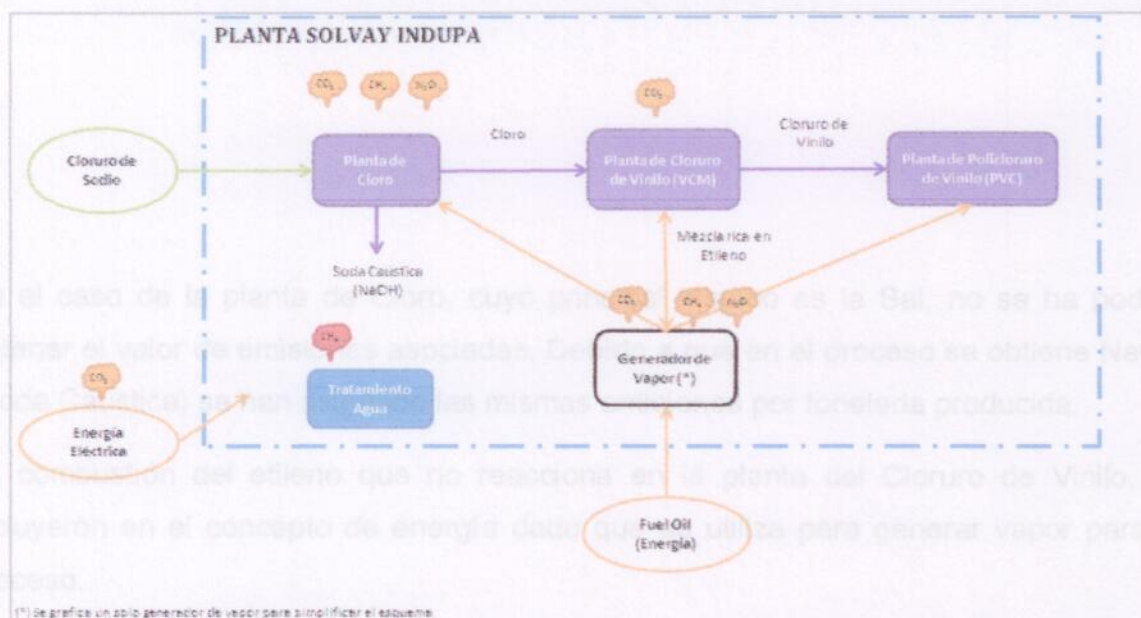


Ilustración 41. Industria Petroquímica. Polo Bahía Blanca. Planta SOLVAY – INDUPA. Esquema de funcionamiento

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Cloro	Planta de Cloro	-	724	-	385	1.109
NaOH	Planta de Cloro	-	724	-	385	1.109
Cloruro de Vinilo (VCM)	Planta de Cloruro de Vinilo (VCM)	1.136	401	8	844	2.390
PVC	Planta de Policloruro de Vinilo (PVC)	2.427	272	-	844	3.543

Tabla 93. Industria Petroquímica. Polo Bahía Blanca. Emisiones Planta SOLVAY - INDUPA

En el caso de la planta de Cloro, cuyo principal insumo es la Sal, no se ha podido obtener el valor de emisiones asociadas. Debido a que en el proceso se obtiene NaOH (Soda Cáustica) se han asignado las mismas emisiones por tonelada producida.

La combustión del etileno que no reacciona en la planta del Cloruro de Vinilo, se incluyeron en el concepto de energía dado que se utiliza para generar vapor para el proceso.

X.D. Polo Campana

X.D.1 Planta BUNGE

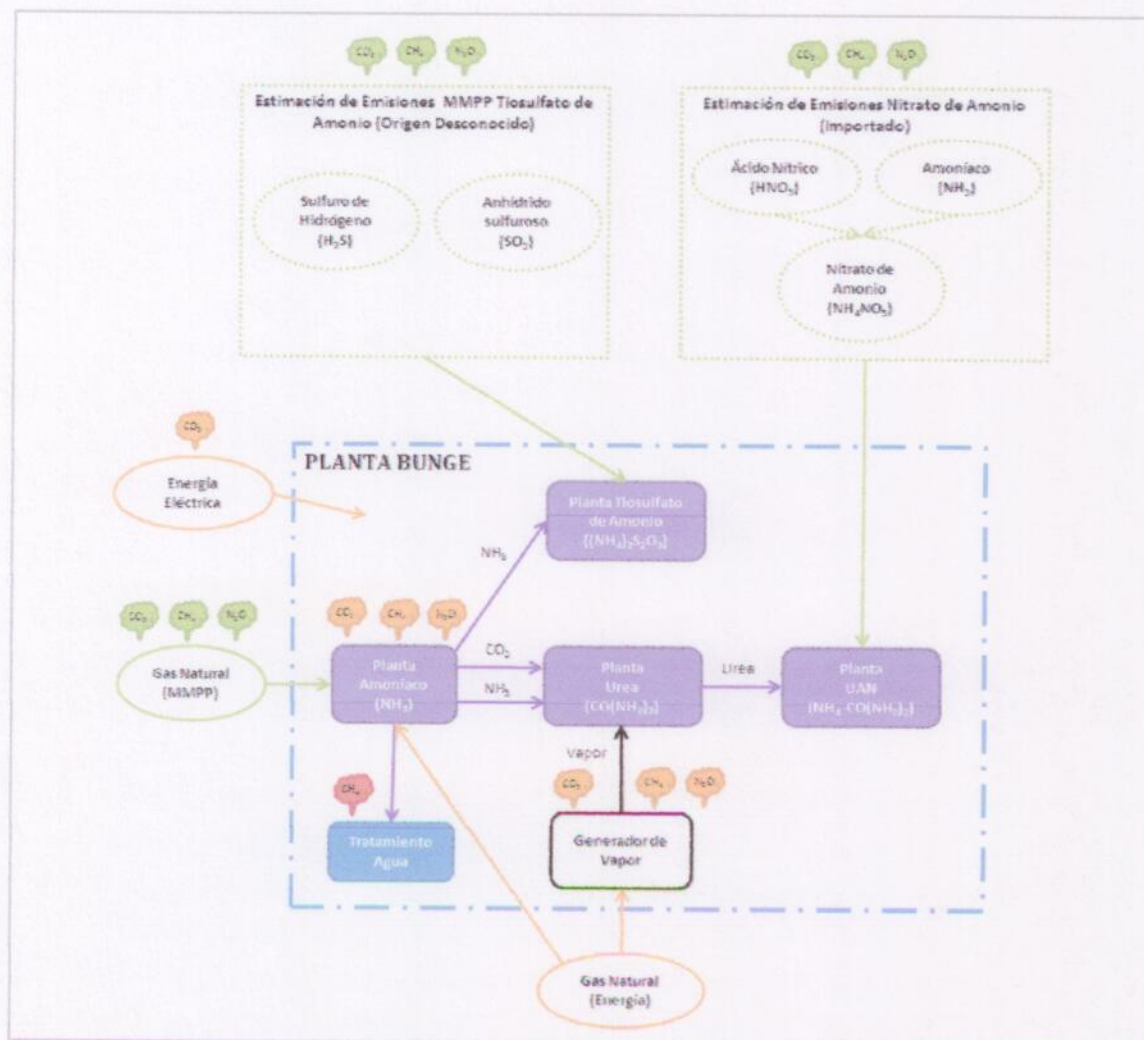


Ilustración 42. Industria Petroquímica. Polo Campana. Planta BUNGE. Esquema de funcionamiento

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Amoniaco	Planta NH ₃	235	410	56	14	714
Urea (*)	Planta Urea	420	160	-	-	580
UAN (*)	Planta UAN	1.194	62	-	-	1.256
Tiosulfato de Amonio	Planta Tiosulfato de Amonio	164	62	-	-	226

(*) No incluye el CO₂ que se libera en su uso.

Tabla 94. Industria Petroquímica. Polo Campana. Emisiones Planta BUNGE

En el caso del amoniaco se ha considerado que el 96%⁴¹ del mismo se utiliza para la producción de Urea, con lo cual también se recupera el mismo porcentaje de CO₂. Es importante destacar que el CO₂ recuperado, es liberado durante el uso de la Urea y derivados. Esto representa aproximadamente 750 Kilos de CO₂eq/Tn de Urea utilizada, o un valor de 263 KgsCO₂eq/Tn UAN. Este valor NO ESTÁ INCLUIDO en el presente cálculo.

Respecto a la producción de UAN, el Nitrato de Amonio es importado en su totalidad, se han supuesto unas emisiones asociadas al mismo de acuerdo con un probable proceso de producción el cual utiliza Amoníaco y Acido Nítrico. Por otra parte al no tener la información de los consumos de energía necesarios se utilizaron valores de consumo eléctrico similares.

⁴¹ De acuerdo a la Información Estadística de la Industria Petroquímica y Química de la Argentina - 31ª Edición - Julio 2011 – Instituto Petroquímico Argentino (IPA)

En el caso de la producción de Tiosulfato de Amonio, no se pudo estimar de manera razonable las emisiones de los insumos básicos, por lo cual se los dejó en 0 y se consideró el consumo eléctrico de la planta de Urea por no tener valor.

X.D.2 Planta CABOT

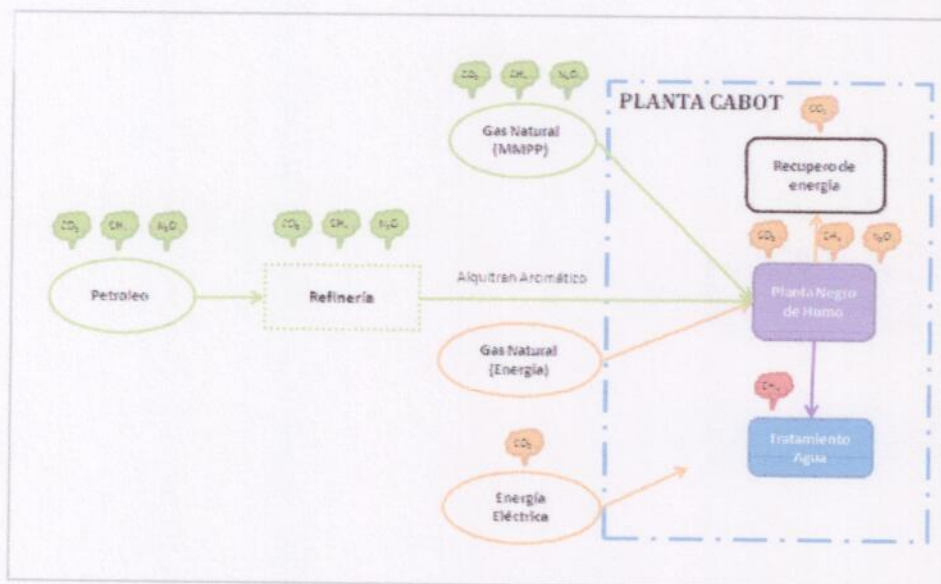


Ilustración 43. Industria Petroquímica. Polo Campana. Planta CABOT. Esquema de funcionamiento

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Negro de Humo	Planta BC	147	-33	2.620	164	2.897

Ilustración 44. Industria Petroquímica. Polo Campana. Emisiones Planta CABOT

Las emisiones por recupero de vapor se incluyen en el concepto energía, es por eso que obtiene un valor negativo. No se consideraron las emisiones del Fuel Gas Recuperado.

Para las emisiones debidas al proceso se han utilizado los valores indicados en la guía del IPCC por Defecto para la producción de Negro de Humo.

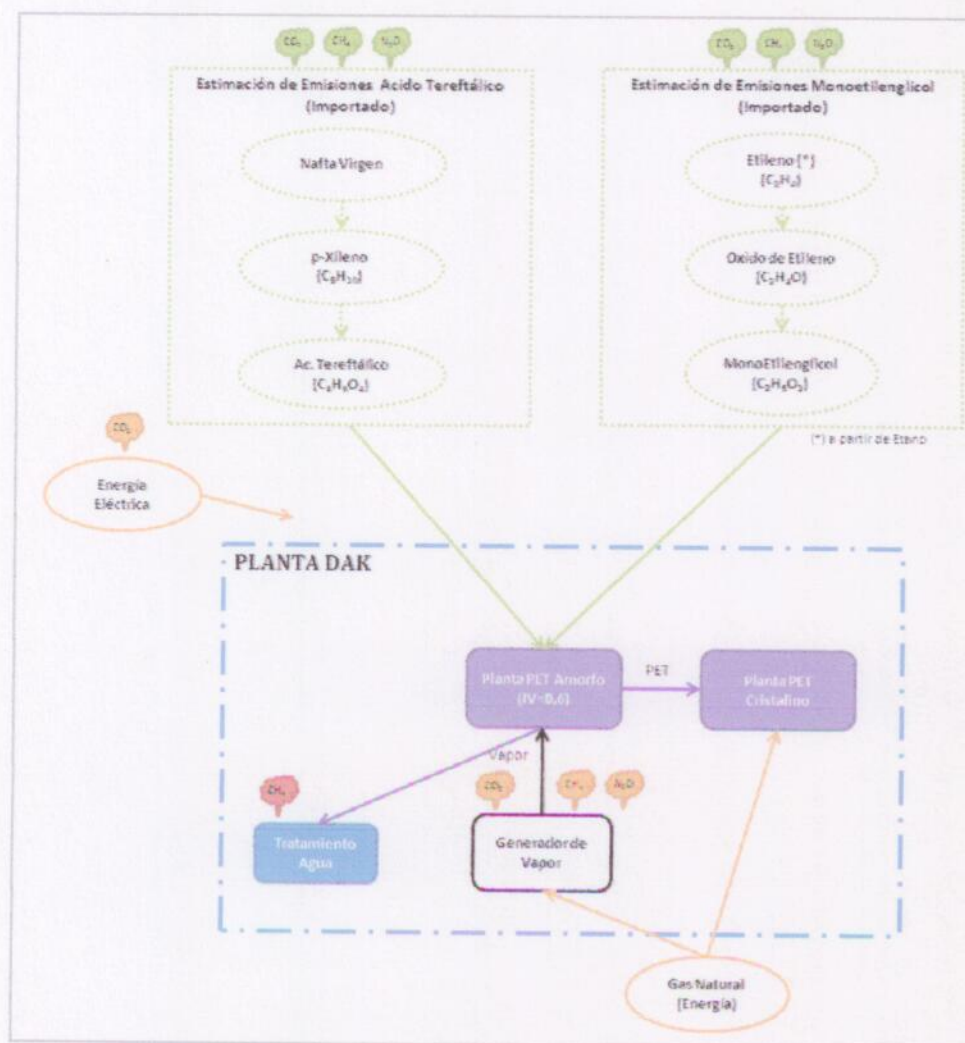


Ilustración 45. Industria Petroquímica. Polo Campana. Planta DAK AMERICAS Argentina S.A. Esquema de funcionamiento

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
PET 0,6	Planta PET 0,6 (Amorfo)	1.442	164	-	844	2.450
PET 0,82	Planta PET 0,82 (Cristalino)	2.516	82	-	844	3.442

Tabla 95. Industria Petroquímica. Polo Campana. Emisiones Planta DAK AMERICAS Argentina S.A.

En el caso del PET ambas materias primas básicas son importadas, se han estimado las emisiones asociadas de acuerdo a la información disponible. Debido a la falta de información sobre los sistemas de tratamiento de efluentes se consideraron procesos anaeróbicos con datos de Volumen y DQO por defecto de la guía del IPCC para Sustancias Orgánicas.

X.D.4 Petrobras Energy – PS (Poliestireno)

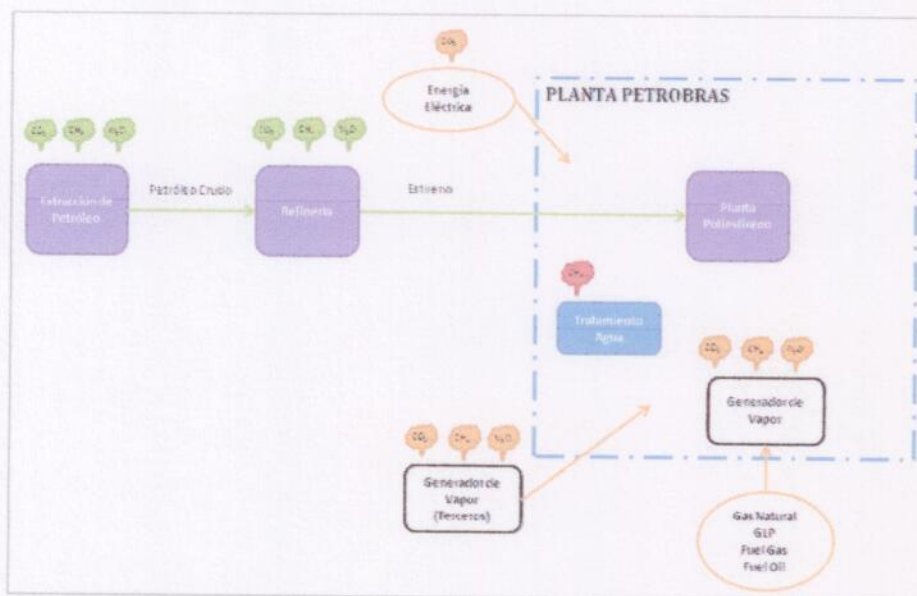


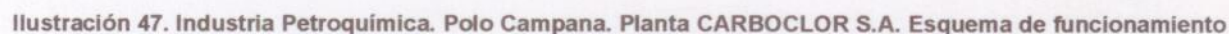
Ilustración 46. Industria Petroquímica. Polo Campana. Planta Petrobras Energy – PS. Esquema de funcionamiento

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Poliestireno (GPPS)	Planta Poliestireno	1.220	73	-	844	2.138
Poliestireno (HIPS)	Planta Poliestireno	1.221	76	-	844	2.141

Tabla 96. Industria Petroquímica. Polo Campana. Emisiones Petrobras Energy – PS

En la estimación de las materias primas no se cuenta con valor de la planta de Petrobrás de donde proviene el estireno, por lo cual se toman datos de Planta de Etileno de PBB Polisur, de la Planta de Aromáticos YPF Ensenada y se asume un promedio entre el Etileno y el benceno. A su vez no se consideran emisiones de la producción del Etilbenceno.

X.D.5 CARBOCLOR S.A.



Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
IPA	Planta de Isopropanol (IPA)	253	294	-	106	652
Acetona	Planta Acetona	1.750	165	-	106	2.021
MIK	Planta MIK	2.642	332	-	106	3.080
SBA	Planta de Butanol Secundario (SBA)	505	926	-	106	1.537
MEK	Planta MEK	2.008	158	-	106	2.271
MTBE	Planta MTBE	1.167	60	-	106	1.332

Tabla 97. Industria Petroquímica. Polo Campana. Emisiones CABOCLOR S.A.

En referencia al tratamiento de efluentes se consideró un sistema Aeróbico con los valores de ingreso por defecto de las guías del IPCC para Sustancias Orgánicas.

X.E. Polo Petroquímico “Gran Buenos Aires”

X.E.1 ATANOR S.A.

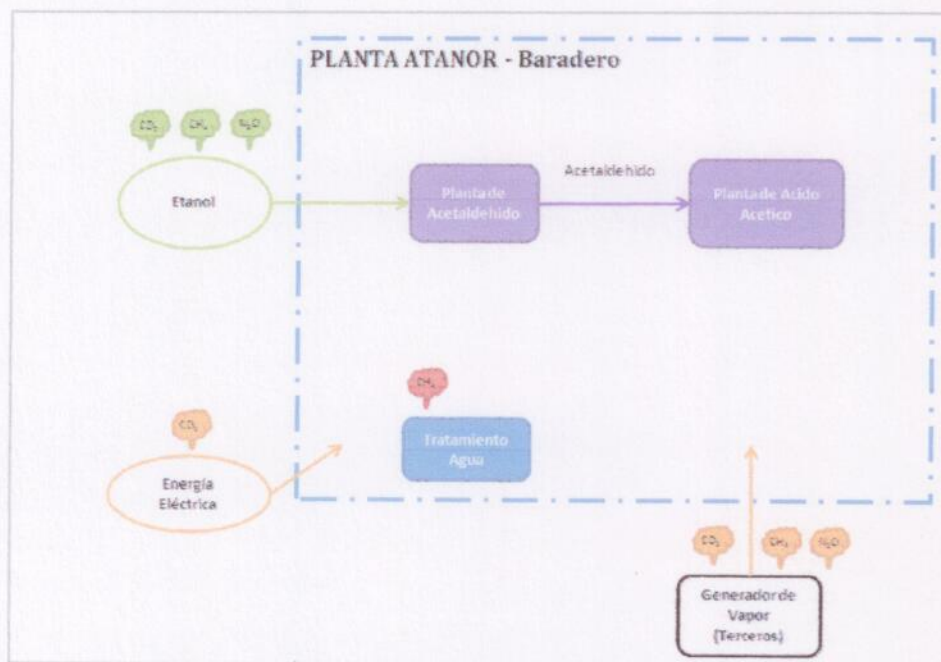


Ilustración 48. Industria Petroquímica. Polo Gran Buenos Aires. ATANOR (Baradero). Esquema de funcionamiento

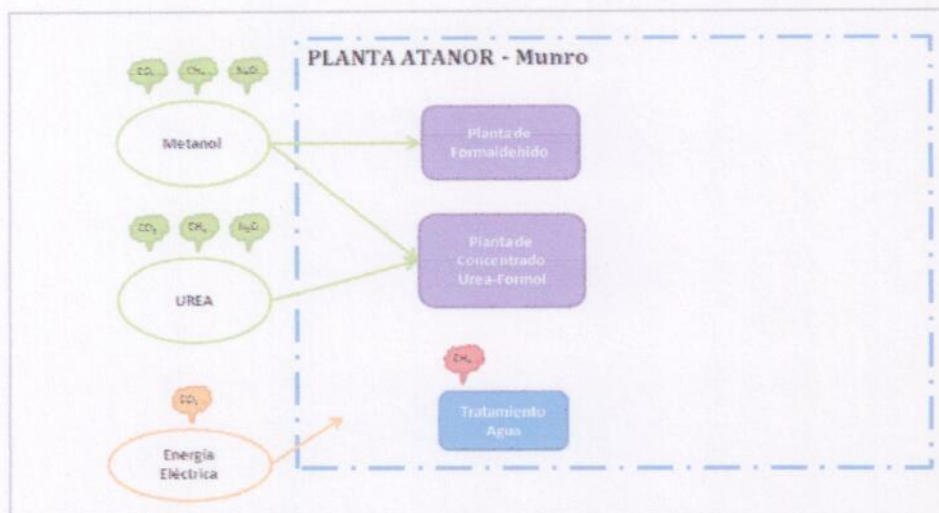


Ilustración 49. Industria Petroquímica. Polo Gran Buenos Aires. ATANOR (Munro). Esquema de funcionamiento

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Acetaldehído	Planta Acetaldehído (Baradero)	208	443	-	844	1.495
Acido Acético	Planta Acido Acético (Baradero)	1.192	927	-	844	2.964
Formaldehído	Planta Formaldehído (Munro)	2.059	87	-	844	2.991

Tabla 98. Industria Petroquímica. Polo Gran Buenos Aires. Emisiones ATANOR

En el caso del recupero de Vapor correspondiente al formaldehído, el mismo se descuenta del concepto energía. Debido a la falta de información sobre el tratamiento de efluentes se consideró una planta de tratamiento anaeróbica.

X.E.2 INVISTA Argentina

La planta de la firma INVISTA produce Nylon 66 a partir de Acido Adípico y Hexametilendiamina, ambos productos son importados en su totalidad. Estos materiales en su proceso de producción liberan corrientes gaseosas del orden de los 300 KgsN₂O/Tn, y de acuerdo al sistema de tratamiento de los gases se reducen en un 92% aproximadamente⁴². Esto da como resultado las elevadas emisiones de las materias primas. Como se puede apreciar el Nylon es el producto petroquímico analizado que mas cantidad de emisiones por tonelada posee por la razón antes mencionada.

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Nylon 66	Planta Nylon 66	19.286	630	-	30	19.946

Tabla 99.. Industria Petroquímica. Polo Gran Buenos Aires. Emisiones INVISTA Argentina

⁴² Guía IPCC 2006 – Volumen 3 – Capítulo 3 – Sección 3.4. - Producción de ácido adípico

X.F. Estimación Emisiones Provincia de Buenos Aires

X.F.1 Amoniaco

En el caso del Amoniaco, existen en Argentina 3 plantas de producción:

- FABRICA MILITAR RIO TERCERO (Córdoba) – Capacidad: 12.000 Tn. A partir de agosto de 2007 se discontinuó la producción.

- BUNGE ARGENTINA S.A Campana (Bs. As.) - Capacidad: 135.000 Tn

- PROFERTIL S.A. Bahía Blanca (Bs. As.) - Capacidad: 750.000 Tn

Es decir que el 100% de la producción de Amoniaco de Argentina se realiza en la Provincia de Buenos Aires, del cual se destina un 96% para la producción de Urea. Las mismas plantas que producen Amoniaco se encuentran integradas para producir Urea y Urea Granulada.

A continuación se puede observar la evolución de los volúmenes y las emisiones asociada:

AÑO	Factor de Emision 714 KgsCO2eq/Tn Volumen (Toneladas)				Balance de Emisiones (Tn CO2eq)			
	Produccion	Importacion	Exportacion	Consumo Aparente	Produccion	Importacion	Exportacion	Consumo Aparente
2001	732.345	726	191.206	541.865	529.239	519	196.611	387.147
2002	728.675	0	89.801	638.874	520.617	0	64.160	456.457
2003	891.046	1	129.762	761.285	696.626	1	92.711	548.916
2004	864.629	2	72.221	792.404	617.748	1	51.600	566.149
2005	804.575	2	47.648	756.934	574.845	1	94.040	540.807
2006	899.064	2	31.305	861.761	638.068	1	22.967	615.709
2007	674.127	92	57.045	617.174	481.644	66	40.757	440.958
2008	572.280	86	31.858	540.508	408.877	61	22.762	386.177
2009	690.559	908	12.520	678.942	493.384	645	8.945	485.084
2010	597.329	1.042	12.099	586.326	426.770	744	8.602	418.913

Tabla 100. Industria Petroquímica. Emisiones asociadas a la producción de Amoniaco

X.F.2 Urea

Como se comentó anteriormente la Provincia de Buenos Aires concentra el 100% de la Producción de Urea.

Factor de Emisión promedio		612 KgsCO2eq/Tn			Balance de Emisiones (Tn CO2eq)			
AÑO	Volumen (Toneladas)			Consumo Aparente	Producción	Importación	Exportación	Consumo Aparente
	Producción	Importación	Exportación					
2001	985.570	158.661	294.900	794.381	572.268	98.981	180.884	485.576
2002	1.122.405	147.467	491.957	777.915	686.551	90.202	300.920	475.894
2003	1.301.485	70.171	504.794	866.922	796.091	42.922	308.795	530.278
2004	1.257.596	122.674	428.942	956.728	769.490	75.087	259.316	585.210
2005	1.248.801	46.333	500.848	794.291	768.865	28.341	306.355	485.851
2006	1.432.841	97.886	550.898	979.829	876.489	59.875	336.573	599.341
2007	1.021.410	509.188	245.164	1.285.434	624.775	311.460	149.962	786.273
2008	879.306	218.991	139.304	958.993	537.853	133.952	85.209	586.596
2009	1.122.401	42.550	458.945	711.006	686.549	26.027	277.669	484.907
2010	945.558	487.501	122.948	1.264.117	580.825	267.610	75.202	779.234

Tabla 101. Industria Petroquímica. Emisiones asociadas a la producción de Urea

X.F.3 UAN

En el caso del UAN, también la Provincia de Buenos Aires concentra el total de la producción Argentina (Planta Bunge – Campana)

UAN									
Factor de Emisión promedio					1.256 KgsCO2eq/Tn				
Volumen (Toneladas)					Balance de Emisiones (Tn CO2eq)				
AÑO	Produccion	Importacion	Exportacion	Consumo Aparente	Produccion	Importacion	Exportacion	Consumo Aparente	
2004	219.901	157.598	5.482	372.017	276.181	197.897	6.884	467.144	
2005	260.735	129.896	6.137	384.494	327.406	163.111	7.706	482.811	
2006	289.775	259.850	7.294	546.391	356.338	326.295	9.159	679.474	
2007	210.149	337.292	4.905	542.536	263.885	429.539	6.159	681.265	
2008	189.229	325.404	8.958	505.675	237.616	408.612	11.249	634.979	
2009	88.204	124.383	12.419	200.168	110.758	156.188	15.595	251.352	
2010	124.491	387.709	0	512.200	156.924	486.848	0	643.172	

Tabla 102. Industria Petroquímica. Emisiones asociada a la producción de UAN

Es importante destacar que para la producción de UAN es necesario importar la totalidad del Nitrato de amonio con la consiguiente importación de emisiones de GEIs. En el siguiente cuadro se pueden apreciar los volúmenes.

Importación de Nitrato de Amonio para producción de UAN		
Factor de Emisión promedio		985 KgsCO ₂ eq/Tn UAN
AÑO	Volumen (Toneladas)	Emisiones (Tn CO ₂ eq)
2004	96.756	216.607
2005	114.729	256.890
2006	124.861	279.523
2007	92.466	207.001
2008	89.261	196.395
2009	38.310	86.888
2010	54.776	122.626

Tabla 103. Importación de Nitrato de Amonio para la producción de UAN

X.F.4

X.F.5 Tiosulfato de Amonio

Respecto al Tiosulfato de amonio la única planta de producción en Argentina es la de Bunge en Campana.

Tiosulfato de Amonio								
Factor de Emisión promedio 226								
AÑO	Volumen (Toneladas)				Balance de Emisiones (Tn CO ₂ eq)			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo Aparente	Producción	Importación	Exportación	Consumo Aparente
2001	-	472	93	579	-	107	21	96
2002	-	878	-	878	-	198	-	198
2003	-	11.323	-	11.323	-	2.559	-	2.559
2004	-	30.532	19	30.563	-	6.910	4	6.908
2005	54.118	1.085	22	55.281	12.228	245	5	12.469
2006	83.307	9.088	120	92.775	18.937	2.054	27	20.963
2007	71.327	104	142	71.789	16.290	23	32	16.221
2008	73.566	38	36	73.618	16.623	20	3	16.635
2009	34.108	265	28	34.345	7.707	60	6	7.761
2010	59.931	10.103	38	69.946	13.542	2.233	20	15.805

Tabla 104. Industria Petroquímica. Empresa "Bunge".

Emisiones asociadas a la producción de Tiosulfato de amonio

X.F.6 Negro de Humo

En el caso del Negro de Humo, la única planta de producción de Argentina se encuentra en la Provincia de Buenos Aires (CABOT). En el cuadro a continuación se puede observar la evolución de los volúmenes y las emisiones asociadas a la producción de dicho producto.

Factor de Emisión 3.126 KgsCO ₂ eq/Tn								
AÑO	Volumen (Toneladas)				Balance de Emisiones (Tn CO ₂ eq)			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo Aparente	Producción	Importación	Exportación	Consumo Aparente
2001	52.496	2.321	23.759	31.558	164.106	8.319	74.272	98.652
2002	65.147	2.916	35.474	32.589	203.654	9.116	110.894	101.875
2003	68.008	6.342	33.248	41.102	212.588	19.826	103.895	129.459
2004	71.398	17.753	40.739	48.412	223.185	55.497	127.353	151.329
2005	65.442	28.390	42.630	51.202	204.576	88.749	133.264	160.061
2006	68.581	10.635	33.493	46.124	215.639	33.249	104.701	144.167
2007	64.112	9.937	20.932	33.117	200.413	31.064	65.435	166.047
2008	45.445	10.308	13.089	42.664	142.064	32.223	40.917	133.371
2009	56.167	6.337	20.054	42.460	175.582	19.966	62.815	132.739
2010	65.207	15.523	26.754	59.976	203.341	48.526	33.635	168.739

Tabla 105. Industria Petroquímica. Empresa "Cabot". Emisiones asociadas a la producción de Negro de Humo ("Black Carbon")

XI. INDUSTRIA SIDERÚRGICA

XI.A. Caracterización de la producción

Se denomina siderurgia a la técnica del tratamiento del mineral de hierro que se realiza para obtener diferentes tipos de hierro o de sus aleaciones.

La Industria Siderúrgica involucra todos aquellos procesos destinados a la manufactura de elementos de Acero, desde la transformación del mineral de Hierro y/o Chatarra hasta la comercialización de los elementos por ella producida.

Un primer abordaje a la actividad puede realizarse a nivel de procesos productivos. En este sentido, debe considerarse que el acero puede obtenerse a partir de dos materias primas fundamentales:

- El arrabio, obtenido a partir de mineral en instalaciones dotadas de alto horno (proceso integral);
- Las chatarras, tanto férricas como inoxidables.

El tipo de materia prima condiciona el proceso de fabricación. En líneas generales, para fabricar acero a partir de arrabio se utiliza el convertidor con oxígeno, en tanto que si se parte de chatarra como única materia prima se utiliza exclusivamente el horno de arco eléctrico (proceso electro-siderúrgico). Los procesos en horno de arco eléctrico pueden usar prácticamente un 100% de chatarra metálica como primera materia⁴³,

⁴³ Steel Recycling Institute; 2000

convirtiéndolo en un proceso más favorable desde un punto de vista ecológico. Aun así, la media de las estadísticas actuales calcula que el 85% de las materias primas utilizadas en los hornos de arco eléctrico son chatarra metálica, en tanto que las estimaciones del porcentaje mundial de industrias que utilizaban el convertidor con oxígeno en 1995 eran del 59% y de un 33% para las que utilizaban horno de arco eléctrico⁴⁴.

Las aleaciones de acero se realizan generalmente a través del horno de arco eléctrico, incluyendo el acero inoxidable. En algunos tipos de acero inoxidable se añade a su composición molibdeno, titanio, niobio u otro elemento, con el fin de conferir a los aceros distintas propiedades.

En el proceso de obtención de acero a través de horno eléctrico, la materia prima es la chatarra, a la que se le presta una especial atención, con el fin de obtener un elevado grado de calidad de la misma. Para ello, la chatarra es sometida a unos severos controles e inspecciones por parte del fabricante de acero, tanto en su lugar de origen como en el momento de la recepción del material en fábrica. La calidad de la chatarra depende de tres factores:

- Su facilidad para ser cargada en el horno.
- Su comportamiento de fusión (densidad de la chatarra, tamaño, espesor, forma).

⁴⁴ Wolf, B.; et al; 2001

- Su composición, siendo fundamental la presencia de elementos residuales que sean difíciles de eliminar en el proceso del horno.

Atendiendo a su procedencia, la chatarra se puede clasificar en tres grandes grupos:

a) *Chatarra reciclada*: formada por despuntes, rechazos, etc. originados en la propia fábrica. Se trata de una chatarra de excelente calidad.

b) *Chatarra de transformación*: producida durante la fabricación de piezas y componentes de acero (virutas de máquinas herramientas, recortes de prensas y guillotinas, etc.).

c) *Chatarra de recuperación*: suele ser la mayor parte de la chatarra que se emplea en la acería y procede del desguace de edificios con estructura de acero, plantas industriales, barcos, automóviles, electrodomésticos, etc.

La fabricación del acero en horno eléctrico se basa en la fusión de las chatarras por medio de una corriente eléctrica, y al afino posterior del baño fundido.

El horno eléctrico consiste en un gran recipiente cilíndrico de chapa gruesa (15 a 30 mm de espesor) forrado de material refractario, que forma la solera y alberga el baño de acero líquido y escoria. El resto del horno está formado por paneles refrigerados por agua. La bóveda es desplazable para permitir la carga de la chatarra a través de unas cestas adecuadas.

La imagen siguiente esquematiza el proceso de producción de acero mediante el uso de horno eléctrico.

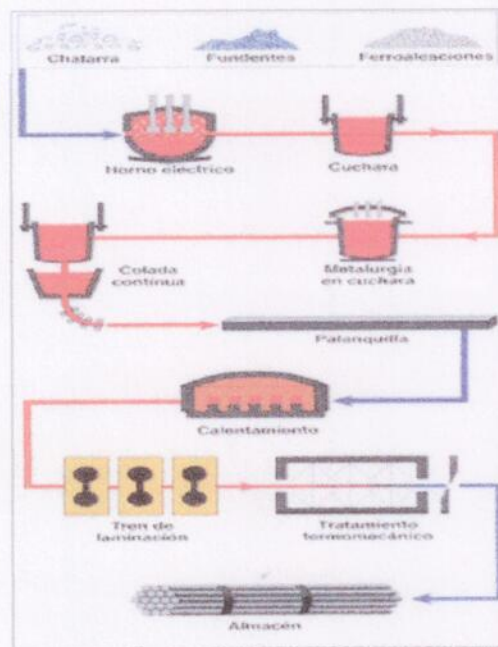


Ilustración 50. Producción de acero mediante horno eléctrico

La bóveda está dotada de una serie de orificios por los que se introducen los electrodos, generalmente tres, que son gruesas barras de grafito de hasta 700 mm de diámetro. Los electrodos se desplazan de forma que se puede regular su distancia a la carga a medida que se van consumiendo.

Los electrodos están conectados a un transformador que proporciona las condiciones de voltaje e intensidad adecuadas para hacer saltar el arco, con intensidad variable, en función de la fase de operación del horno.

Otro orificio practicado en la bóveda permite la captación de los gases de combustión, que son depurados convenientemente para evitar contaminar la atmósfera. El horno va montado sobre una estructura oscilante que le permite bascular para proceder al sangrado de la escoria y el vaciado del baño.

El proceso de fabricación se divide básicamente en dos fases: la fase de fusión y la fase de afino.

Fase de fusión

Una vez introducida la chatarra y los agentes reactivos y escorificantes (principalmente cal) en el horno, se desplaza la bóveda hasta cerrar el horno y se bajan los electrodos

hasta la distancia apropiada, haciéndose saltar el arco hasta fundir completamente los materiales cargados. El proceso se repite hasta completar la capacidad del horno, constituyendo este acero una colada.

Fase de afino

El afino se lleva a cabo en dos etapas. La primera en el propio horno y la segunda en un horno cuchara. En el primer afino se analiza la composición del baño fundido y se procede a eliminar de impurezas y elementos indeseables (silicio, manganeso, fósforo, etc.) y se realiza un primer ajuste de la composición química por medio de la adición de ferroaleaciones que contienen los elementos necesarios (cromo, níquel, molibdeno, vanadio o titanio).

El acero obtenido se vacía en una cuchara de colada, revestida de material refractario, que hace la función de cuba de un segundo horno de afino en el que termina de ajustarse la composición del acero y de dársele la temperatura adecuada para la siguiente fase en el proceso de fabricación.

La colada continua

Finalizado el afino, la cuchara de colada se lleva hasta la batea receptora de la colada continua donde vacía su contenido en una bandeja receptora dispuesta a tal efecto.

La colada continua es un procedimiento siderúrgico en el que el acero se vierte directamente en un molde de fondo desplazable, cuya sección transversal tiene la forma geométrica del semi-producto que se desea fabricar.

La batea receptora tiene un orificio de fondo, o buza, por el que distribuye el acero líquido en varias líneas de colada, cada una de las cuales disponen de su lingotera o molde, generalmente de cobre y paredes huecas para permitir su refrigeración con agua, que sirve para dar forma al producto. Durante el proceso la lingotera se mueve alternativamente hacia arriba y hacia abajo, con el fin de despegar la costra sólida que se va formando durante el enfriamiento.

Posteriormente se aplica un sistema de enfriamiento controlado por medio de duchas de agua fría primero, y al aire después, cortándose el semi-producto en las longitudes deseadas mediante sopletes que se desplazan durante el corte.

En todo momento el semi-producto se encuentra en movimiento continuo gracias a los rodillos de arrastre dispuestos a lo largo de todo el sistema.

Finalmente, se identifican todos los lingotes (conocidos también como tochos) con el número de referencia de la colada a la que pertenecen, como parte del sistema implantado para determinar la trazabilidad del producto, vigilándose la cuadratura de su sección, la sanidad interna, la ausencia de defectos externos y la longitud obtenida.

La laminación

Los tochos no son utilizables directamente, debiendo transformarse en productos comerciales por medio de la laminación o forja en caliente.

De forma simple, puede describirse la laminación como un proceso en el que se hace pasar al semi-producto (lingote o tocho) entre dos rodillos o cilindros, que giran a la misma velocidad y en sentidos contrarios, reduciendo su sección transversal gracias a la presión ejercida por éstos. En este proceso se aprovecha la ductilidad del acero, es decir, su capacidad de deformarse, tanto mayor cuanto mayor es su temperatura. De ahí que la laminación en caliente se realice a temperaturas comprendidas entre 1.250°C, al inicio del proceso, y 800°C al final del mismo.

La laminación sólo permite obtener productos de sección constante, como es el caso de las barras corrugadas.

El proceso comienza elevando la temperatura de los tochos mediante hornos de recalentamiento hasta un valor óptimo para ser introducidas en el tren de laminación. Generalmente estos hornos son de gas y en ellos se distinguen tres zonas: de precalentamiento, de calentamiento y de homogeneización. El paso de los lingotes de una zona a otra se realiza por medio de distintos dispositivos de avance. La atmósfera en el interior del horno es oxidante, con el fin de reducir al máximo la formación de cascarilla.

Alcanzada la temperatura deseada en toda la masa del lingote o tocho, éste es conducido a través de un camino de rodillos hasta el tren de laminación. Este tren está formado por parejas de cilindros que van reduciendo la sección del lingote. Primero de la forma cuadrada a forma de óvalo, y después de forma de óvalo a forma redonda. A

medida que disminuye la sección, aumenta la longitud del producto transformado y, por tanto, la velocidad de laminación. El tren se controla de forma automática, de forma que la velocidad de las distintas cajas que lo componen va aumentando en la misma proporción en la que se redujo la sección en la anterior.

El tren de laminación se divide en tres partes:

- Tren de desbaste: donde la palanquilla sufre una primera pasada muy ligera para romper y eliminar la posible capa de cascarilla formada durante su permanencia en el horno.
- Tren intermedio: formado por distintas cajas en las que se va conformando por medio de sucesivas pasadas la sección.
- Tren acabador: donde el producto experimenta su última pasada y obtiene su geometría de corrugado.

Las barras ya laminadas se depositan en una gran placa o lecho de enfriamiento. De allí son trasladadas a las líneas de corte a medida y empaquetado y posteriormente pasan a la zona de almacenamiento y expedición.

En el caso de la laminación de rollos, éstos salen del tren acabador en forma de espira, siendo transportados por una cinta enfriadora, desde la que las espiras van siendo depositadas en un huso, donde se compacta y se ata para su despacho, o bien se lleva a una zona de encarretado, dónde se forman bobinas en carrete.

Durante la laminación se controlan los distintos parámetros que determinarán la calidad del producto final: la temperatura inicial de los tochos, el grado de deformación de cada pasada (para evitar que una deformación excesiva dé lugar a roturas o agrietamientos del material), así como el grado de reducción final, que define el grado de forja, y sobre todo el sistema de enfriamiento controlado.

Como se mencionara al inicio de esta sección, la producción de acero puede usar horno eléctrico (ya descrito) o lo que se denomina alto horno. Luego, las etapas de preparación del producto son en líneas generales similares (colada, laminación, etc.). A continuación se describe brevemente el proceso inherente a un alto horno.

Producción y refinación del arrabio

El arrabio es el primer proceso que se realiza para obtener acero. Los materiales básicos empleados son mineral de hierro, coque y caliza. El coque se quema como combustible para calentar el horno, y al arder libera monóxido de carbono, que se combina con los óxidos de hierro del mineral y los reduce a hierro metálico.

La caliza de la carga del horno se emplea como fuente adicional de monóxido de carbono y como sustancia fundente. Este material se combina con la sílice presente en el mineral (que no se funde a las temperaturas del horno) para formar silicato de calcio, de menor punto de fusión. Sin la caliza se formaría silicato de hierro, con lo que se perdería hierro metálico. El silicato de calcio y otras impurezas forman una escoria que flota sobre el metal fundido en la parte inferior del horno.

Un alto horno es virtualmente una planta química que reduce continuamente el hierro del mineral. Químicamente desprende el oxígeno del óxido de hierro existente en el mineral para liberar el hierro.

Está formado por una cápsula cilíndrica de acero forrada con un material no metálico y resistente al calor, como ladrillos refractarios y placas refrigerantes. El diámetro de la cápsula disminuye hacia arriba y hacia abajo, y es máximo en un punto situado aproximadamente a una cuarta parte de su altura total.

La parte inferior del horno está dotada de varias aberturas tubulares llamadas toberas, por donde se fuerza el paso del aire. Cerca del fondo se encuentra un orificio por el que fluye el arrabio cuando se sangra (o vacía) el alto horno. Encima de ese orificio, pero debajo de las toberas, hay otro agujero para retirar la escoria.

La parte superior del horno, cuya altura es de unos 30 metros, contiene respiraderos para los gases de escape, y un par de tolvas redondas, cerradas por válvulas en forma de campana, por las que se introduce la carga en el horno.

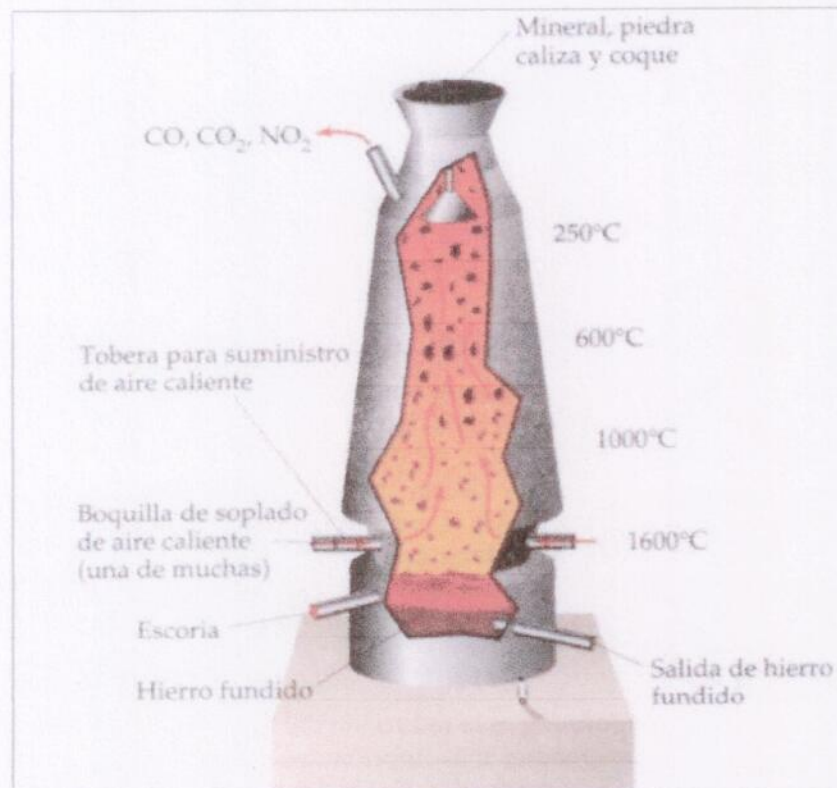


Ilustración 51. Funcionamiento de un alto horno

Los materiales se llevan hasta las tolvas en pequeñas vagonetas o cucharas que se suben por un elevador inclinado situado en el exterior del horno. Las materias primas se cargan por la parte superior del horno y entre ellas se cuentan: mineral de hierro, pellets, chatarra, caliza, cuarzo.

El aire que se inyecta, que ha sido precalentado hasta los 1.030°C aproximadamente, en las estufas o cilindros con estructuras de ladrillo refractario, es forzado dentro de la base del horno para quemar coque. El coque en combustión genera el intenso calor requerido para fundir el mineral y produce los gases necesarios para separar el hierro del mineral.

Los altos hornos funcionan de forma continua. La materia prima que se va a introducir en el horno se divide en un determinado número de pequeñas cargas que se introducen a intervalos de entre diez y quince minutos. La escoria que flota sobre el metal fundido se retira una vez cada dos horas, y el arrabio se sangra cinco veces al día.

El ladrillo se calienta durante varias horas quemando gas de alto horno, que son los gases de escape que salen de la parte superior del horno. Después se apaga la llama y se hace pasar el aire a presión por la estufa. El peso del aire empleado en un alto horno supera el peso total de las demás materias primas.

Esencialmente, el CO gaseoso a altas temperaturas tiene una mayor atracción por el oxígeno presente en el mineral de hierro (Fe_2O_3) que el hierro mismo, de modo que reaccionará con él para liberarlo.

Químicamente, entonces, el hierro se ha reducido en el mineral. Mientras tanto, a alta temperatura, la piedra caliza fundida se convierte en cal, la cual se combina con el azufre y otras impurezas. Esto forma una escoria que flota encima del hierro derretido.

Después de la II Guerra Mundial se introdujo un importante avance en la tecnología de altos hornos: la presurización de los mismos. Estrangulando el flujo de gas de los respiraderos del horno es posible aumentar la presión del interior del horno hasta 1,7 atmósferas o más. Esta presurización permite una mejor combustión del coque y una mayor producción de hierro. En muchos altos hornos puede lograrse un aumento de la producción del 25 por ciento. En instalaciones experimentales también se ha demostrado que la producción se incrementa enriqueciendo el aire con oxígeno.

Cada cinco o seis horas, se cuelan desde la parte interior del horno hacia una olla de colada o a un carro de metal caliente, entre 150 a 375 toneladas de arrabio. Luego se transportan a un horno de fabricación de acero. La escoria flotante sobre el hierro fundido en el horno se drena separadamente. Cualquier escoria o sobrante que salga del horno junto con el metal se elimina antes de llegar al recipiente. A continuación, el contenedor lleno de arrabio se transporta a la fábrica siderúrgica (Acería).

Los altos hornos modernos funcionan en combinación con hornos básicos de oxígeno o convertidores al oxígeno, y a veces con hornos de crisol abierto, más antiguos, como parte de una única planta siderúrgica. En esas plantas, los hornos siderúrgicos se cargan con arrabio. El metal fundido procedente de diversos altos hornos puede mezclarse en una gran cuchara antes de convertirlo en acero con el fin de minimizar el efecto de posibles irregularidades de alguno de los hornos.

El hierro recién colado se denomina "arrabio". El oxígeno ha sido removido, pero aún contiene demasiado carbono (aproximadamente 4%) y demasiadas impurezas (silicio, azufre, manganeso y fósforo) como para ser útil. Por ello debe ser refinado, ya que esencialmente el acero es hierro altamente refinado que contiene menos del 2 por ciento de carbono.

La fabricación del acero a partir del arrabio implica no sólo la remoción del carbono para llevarlo al nivel deseado, sino también la remoción o reducción de las impurezas que contiene. Se pueden emplear varios procesos de fabricación de acero para purificar o refinar el arrabio; es decir, para remover sus impurezas. Cada uno de ellos incluye el proceso básico de oxidación.

En la refinación del arrabio en el alto horno, el oxígeno fue removido del mineral por la acción del CO (monóxido de carbono) gaseoso, el cual se combinó con los átomos de oxígeno en el mineral para terminar como CO₂ gaseoso (dióxido de carbono). Ahora, el oxígeno se empleará para remover el exceso de carbono del arrabio. A alta temperatura, los átomos de carbono (C) disueltos en el hierro fundido se combinan con el oxígeno para producir monóxido de carbono gaseoso y de este modo remover el carbono mediante el proceso de oxidación. Una vez obtenido el metal con alto grado de pureza, es sometido a los procesos de colada continua y laminación antes descriptos.

Finalmente, en lo que hace a la generación y disposición de efluentes en la industria siderúrgica, debe considerarse que los procesos mineros consideran la utilización de agua como medio para el proceso de producción de concentrados de hierro. En

general, gran parte del agua es reciclada en forma continua, produciéndose rechazos de fina granulometría, compuestos principalmente por silicatos, óxidos de hierro, calcio y potasio, los cuales son transportados en una fase acuosa. Estas colas de proceso, que han sido exhaustivamente evaluadas, son inertes y no-tóxicas para el medio ambiente. La disposición final de estos efluentes mineros se pueden realizar mediante un emisario submarino o mediante un tranque de relave⁴⁵, de manera de provocar el mínimo impacto sobre el medio receptor. En el caso del emisario submarino, las características físicas y químicas del efluente son permanentemente evaluadas.

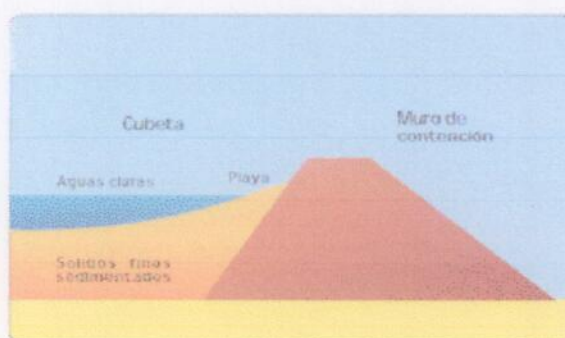


Ilustración 52. Funcionamiento de un tanque de relave

⁴⁵ Un tanque de relave es una obra que se construye para contener en forma segura los relaves provenientes de una planta de beneficio de minerales, principalmente por flotación. Los relaves están compuestos por material molido y agua con reactivos.

XI.B. Principales productos

Los principales productos obtenidos en la industria siderúrgica son:

Hierro primario.

Acero crudo.

- Laminados terminados en caliente.
- Planos terminados en frío.

Por su parte, en la producción anual de los principales productos muestra, para el período 2001-2008, una tendencia oscilante pero creciente en el período tomado en su totalidad, salvo para los planos terminados en frío.

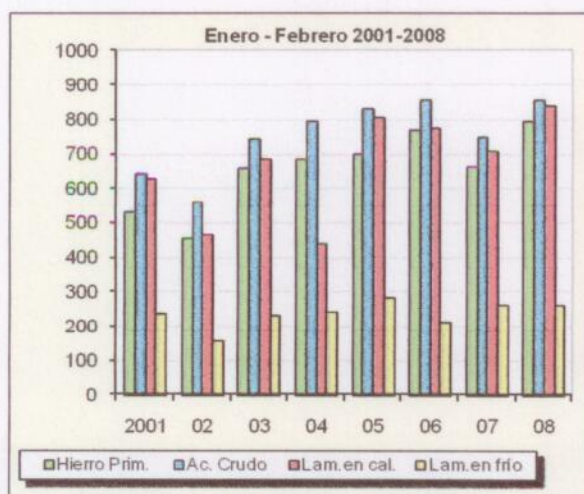


Gráfico 5. Producción siderúrgica nacional. Fuente: Cámara Argentina del Acero

XI.C. Localización de la Industria Siderúrgica en la Argentina

La industria siderúrgica tiene su centro más importante en San Nicolás de los Arroyos (Provincia de Buenos Aires), donde se encuentra Siderar S.A.I.C. (fusión de las empresas Aceros Paraná y Propulsora Siderúrgica) con la Planta General Savio, anteriormente de la Sociedad Mixta Siderúrgica Argentina (SOMISA). A ella se agregan, entre otras empresas, los Altos Hornos Zapla en Jujuy, de Aceros Zapla S.A.; la planta siderúrgica TAMET S.A. en Puerto Vilelas, Chaco; Aceros Bragado S.A. en Bragado (Buenos Aires) y Granadero Baigorria (Santa Fe); y proyectos importantes

como el de SIDINSA en Bahía Blanca (Buenos Aires) y SIDESUR en San Antonio Oeste (Río Negro).

Otras plantas dedicadas a la actividad siderúrgica son: Techint ubicada en Campana; Dálmine-Siderca sobre la vera del Río Paraná, gestionada por el grupo Tenaris; y Propulsora Siderúrgica Ensenada (ex Siderar y actualmente Tenaris).

Finalmente, en la provincia de Santa Fe se encuentra localizada la planta de producción de la empresa Acindar.



Ilustración 53. Localización de la industria siderúrgica en la Argentina

Finalmente, en lo que hace al consumo de energía en el sector, el siguiente gráfico relaciona la producción de acero líquido (en miles de toneladas) con el consumo específico de energía (que se encuentra en giga calorías por tonelada de acero líquido producido). Las diferentes curvas representan distintos escenarios de consumo energético en función de la tecnología, de las mejoras introducidas en el proceso productivo y/o del tipo de operación (ejemplos: procesos con o sin inyección de petróleo en Altos Hornos, presencia de aislaciones térmicas, tipo de colada continua, etc.).

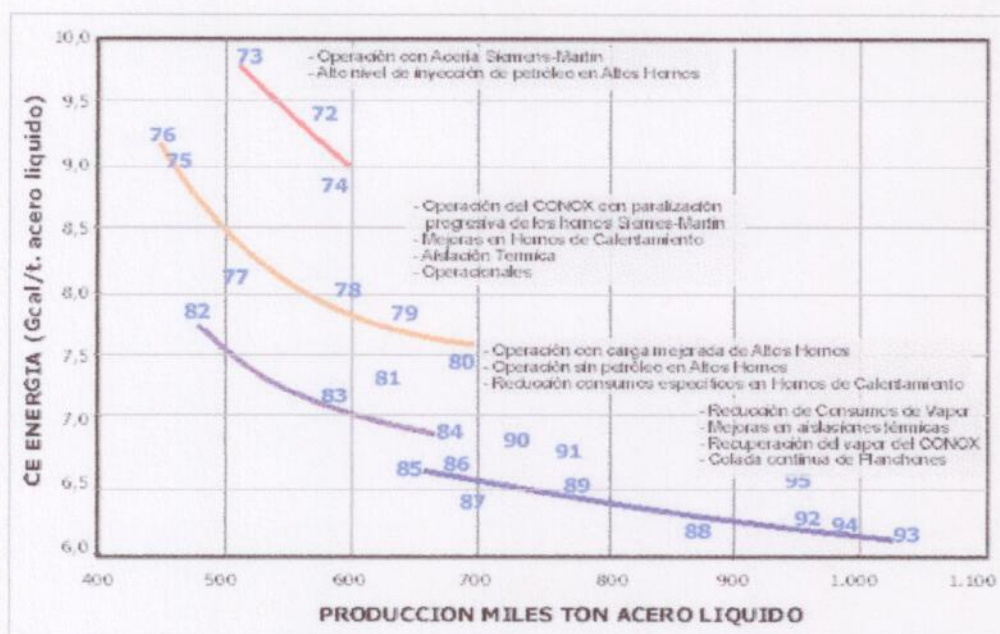


Gráfico 6. Consumo de energía en el sector siderúrgico

XI.D. Industria Siderúrgica. Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

XI.D.1 Consideraciones Metodológicas

La metodología de cálculo y modelización se basó en las guías "Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero".

Los Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero se detallan en la tabla a continuación y corresponden al IPCC - SAR 2:

Gas	Fórmula	Potencial de Calentamiento
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	21
Oxido Nitroso	N ₂ O	310

Tabla 106. Gases de Efecto Invernadero. Potenciales de Calentamiento

En aquellos casos en los que fue posible, se estimaron las emisiones asociadas a la obtención de las materias primas para poder completar el análisis de ciclo de vida del producto.

Las emisiones han sido estimadas por unidad de producto y luego, si se dispone de la información estadística, se han estimado las emisiones netas.

XI.D.2 Factores de emisión - Datos Estadísticos

Se han recopilado y seleccionado en función de las características de las actividades analizadas, empleándose los factores de menor incertidumbre, disponibles en el país o de literatura científica internacional. Los documentos utilizados para la elaboración de los factores de emisión y los cálculos fueron:

“Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”⁴⁶.

Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático – Informe Final. Buenos Aires. Año 2007⁴⁷.

⁴⁶ <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

⁴⁷ <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1124>

Informe "Análisis Comparativo sobre el Uso Eficiente de la energía en la Minería de la APEC" del Programa de estudios e Investigaciones en energía, Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile para el Ministerio de Minería de Chile, diciembre 2004⁴⁸.

Sitios de internet Asociación Mundial del Acero, Cámara Argentina del Acero, y Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.⁴⁹

XI.D.3 Electricidad:

El factor de emisión de la red eléctrica (0,351 KgsCO₂eq/KWh) se obtuvo de la Dirección Nacional de Prospectiva- Secretaría de Energía. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Extraído de Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible SAYDS – 2010⁵⁰ Es importante destacar que el valor utilizado corresponde con el Promedio total del Sistema Interconectado Nacional. En el caso de un análisis más detallado este valor debiera ajustarse.

XI.D.4 Carbón Mineral

Se ha asumido que las emisiones indicadas para cada proceso de producción incluyen las correspondientes a la quema del carbón mineral. En referencia a la obtención de la materia prima, se han estimado las emisiones de Metano correspondientes a la Extracción y Post-extracción de acuerdo al Volumen 2 – Capítulo 4 de las guías del IPCC 2006. No se ha considerado ningún sistema de captura y destrucción de metano

⁴⁸ natlaw.com/interam/ch/eg/sp/spcheg00004.pdf

⁴⁹ www.worldsteel.org; www.cisider.org.ar/; materias.fi.uba.ar

⁵⁰ www.ambiente.gob.ar/default.asp?IdArticulo=456

en las minas, ni sistema de captura y almacenamiento geológico. Esto debiera ajustarse de acuerdo al origen del carbón mineral.

Variable	Descripción	Unidades	Fuente / Ecuación	Valor
FE Fugitivas Carbón	Factor de emisión de CH ₄	M ³ CH ₄ / Tn	Valor por default. Ecuación 4.1.3/4.1.4 (Extracción + Post-extracción)	20,5
F CONVERSION	Factor de conversión	KgsCH ₄ /M ³	Densidad a 20 °C y Presión de 1 ATM.	0,67
FE Carbón	Factor de emisión extracción de Carbón Mineral.	KgCO ₂ eq/Tn Carbón mineral	Ecuación 4.1.3/4.1.4 (Extracción + Post-extracción) No se considera captura y quema en las minas	288

Tabla 107. Industria Siderúrgica. Emisiones asociadas a Carbón Mineral

XI.D.5 Gas Natural

De la misma forma que para el Carbón Mineral, se consideraron que las emisiones de la quema del Gas Natural están incluidas en las indicadas para el proceso. Pero para el caso de la producción de Pellets ha sido necesario utilizar el factor de emisión correspondiente, el cual se obtuvo de la Segunda Comunicación Nacional. En la tabla a continuación se indica la marcha de cálculo utilizada:

Variable	Descripción	Unidades	Fuente	M ³
PCI	Poder Calorífico Inferior	Kcal/M ³	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO ₂	8.300
D	Densidad	Kgs./ M ³	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO ₂	0,7190
Frac Ox	Fracción de Carbono Oxidado	%	Modulo Energía - Hoja 1-1 - Método de Referencia	0,995
C _C	Contenido de Carbono	TC/TJ	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO ₂	15,31
FE _{CO2} Kcal	Factor de emisión de CO ₂	KgsCO ₂ /Kcal	FE _{CO2} = C _C *Frac Ox * 44/12	0,0002339
FE _{CO2} Unidad	Factor de emisión de CO ₂	KgsCO ₂ /M ³	FE x PCI	1,94
FE _{N2O}	Factor de emisión de N ₂ O	KgsN ₂ O/TJ	Modulo Energía - Hoja 1-3	0,525
FE _{CH4}	Factor de emisión de CH ₄	KgsCH ₄ /TJ	Modulo Energía - Hoja 1-3	3,125
FE _{CO2eq} Unidad	Factor de emisión de CO _{2eq}	KgsCO _{2eq} /M ³	FE total x M ³	1,95
FE _{CO2eq} Kcal	Factor de emisión de CO _{2eq}	KgsCO _{2eq} /Kcal	FE total x Kcal	0,0002348

Tabla 108. Industria Siderúrgica. Emisiones asociadas a Gas Natural

Por otra parte se estimaron las emisiones asociadas a la producción y el transporte del Gas Natural hasta las plantas de proceso. Dicho valor se estimó en base a la categoría "Emisiones Fugitivas" correspondiente al Gas Natural del Inventario de Gases de Efecto invernadero de la República Argentina correspondiente al año 2000, el cual incluye las emisiones fugitivas de gases de efecto invernadero durante los procesos de extracción, transporte y procesamiento del gas natural.

Año 2000	Inventario GEIs (TnCO ₂ eq)	Producción de Gas Natural (Mill. M ³)	Kgs CO ₂ eq/M ₃	Kgs CO ₂ eq/Kcal
Emisiones Fugitivas Gas Natural	1.585.340	45.135	0,26	0,000031

Tabla 109. "Emisiones fugitivas" de Gas Natural

XI.D.6 Emisiones asociadas a los procesos de producción

Los procesos de producción de hierro y aceros poseen emisiones asociadas a la liberación de corrientes gaseosas conteniendo CO₂ y CH₄ fundamentalmente, el cual se encontraba almacenado en los combustibles y materias primas utilizadas.

Los factores de emisión están detallados en el Volumen 3 – Capítulo 4, y los mismos incluyen en general las emisiones asociadas a la quema de los combustibles utilizados en los procesos, por tal motivo resultó complicado separar las emisiones entre los conceptos Materias Primas, Energía y Procesos.

XI.D.7 Emisiones asociadas al Tratamiento de Efluentes

La Industria Siderúrgica no se encuentra dentro de las industrias mencionadas en el Capítulo 6 del Volumen 6 de las Guías para la Elaboración de Inventarios Nacionales de GEIs (IPCC 2006). Por lo cual no hay información disponible para efectuar los cálculos correspondientes.

XI.D.8 Emisiones correspondientes a procesos de transformación

Al momento de la elaboración del presente estudio no se contaba con información suficiente para la estimación de las emisiones asociadas a los procesos de

transformación del hierro y acero en los productos elaborados (Chapas, Planchas, Tubos, etc.).

Estos procesos de transformación incluyen fundamentalmente consumos energéticos para los trenes de laminación, y conformado.

Resulta indispensable para mejorar las estimaciones correspondientes completar el análisis del ciclo incluyendo estos procesos.

XI.D.9 SIDERAR

SIDERAR concentra su producción de Acero en la Planta integrada de San Nicolás. El proceso productivo se esquematiza a continuación:

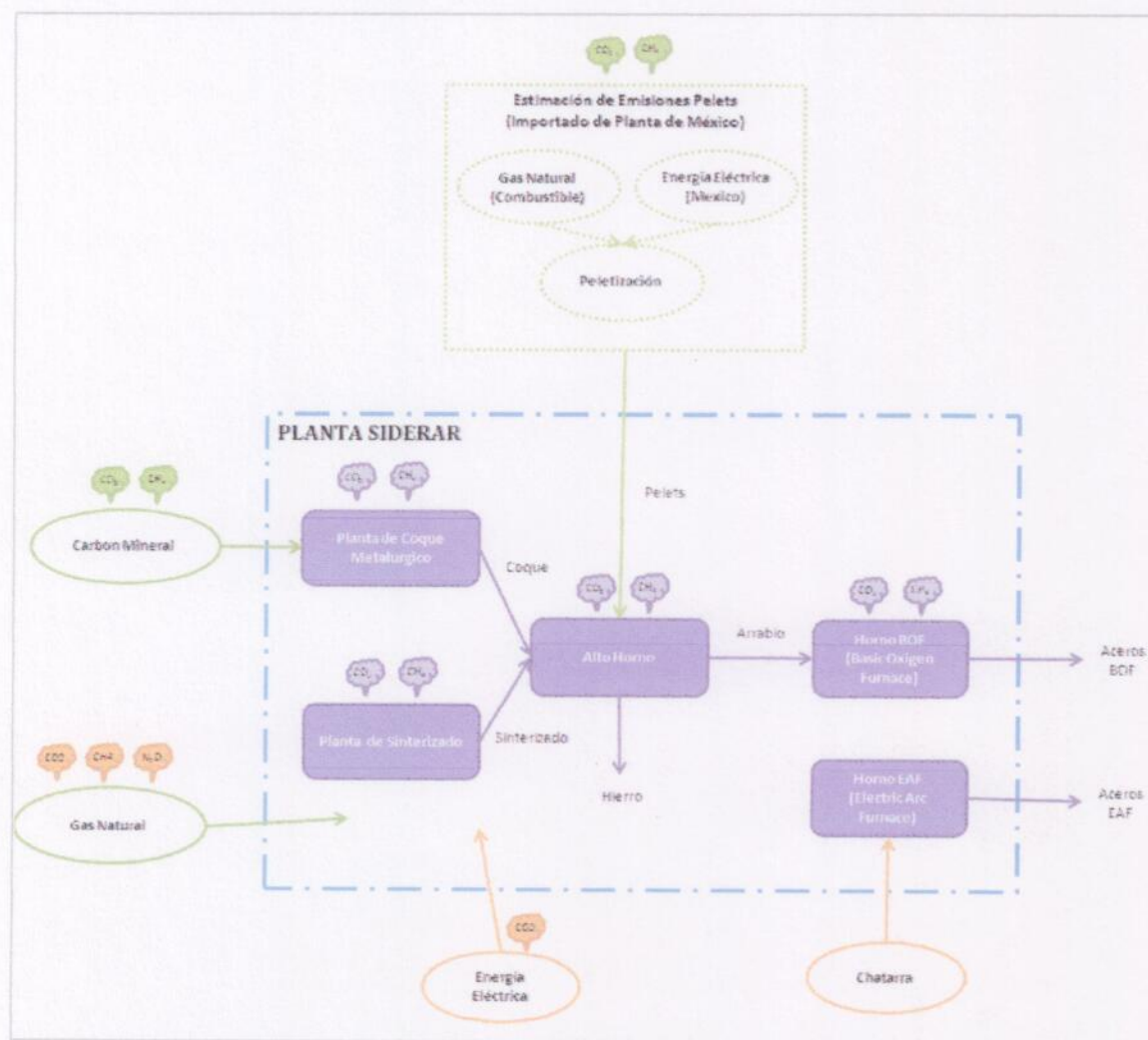


Ilustración 54. Industria Siderúrgica. Planta SIDERAR. Esquema de funcionamiento

El análisis de los productos elaborados fue realizado por etapas, tomando en cuenta como MMPP el subproducto generado en la etapa anterior. Es complicado separar los consumos entre MMPP, Energía y Procesos, en general se ha tomado como convención incluir en la categoría MMPP las emisiones del ciclo de producción, y en el

caso de Procesos se ha optado por dejar las emisiones indicadas en la guía del IPCC 2006.

A continuación se detallan algunos aspectos metodológicos específicos para cada etapa del proceso:

XI.D.9.a Planta de Pelletizado

Los pellets utilizados en el proceso de producción de Arrabio en el Alto horno se importan desde México. Para la estimación de las emisiones asociadas a los mismos se ha utilizado la información correspondiente a la planta ubicada en Huasco (Chile) (consumos energéticos) y los valores del sistema interconectado mexicano para la electricidad. En lo que respecta a las emisiones asociadas a la producción del Mineral de Hierro, no se cuenta con información suficiente para poder calcular las emisiones correspondientes. Tampoco se han considerado emisiones asociadas al transporte de los pellets.

XI.D.9.b Planta de Coque

Para la obtención del coque se consideró un consumo específico de 1,1 Tn de Carbón Mineral por Tn de Coque. Se han estimado las emisiones correspondientes a la extracción de carbón mineral de acuerdo a la metodología del IPCC – Volumen 2 – Capítulo 2. No se ha considerado el reaprovechamiento del gas de coque a lo largo del proceso productivo de Acero, asumiendo que se utiliza con fines energéticos en la misma planta integrada.

XI.D.9.c Planta de Sinterizado

En el caso de la planta de sinterizado, no ha sido posible obtener el Factor de emisión de la producción de los insumos necesarios.

XI.D.9.d Planta de Arrabio

Para la producción de arrabio se estimaron los consumos específicos de los insumos por tonelada de arrabio, y se utilizaron los factores de emisión calculados anteriormente. En el caso de los carbonatos (Calcita y Dolomita) no ha sido posible estimar las emisiones provenientes de su producción. Asimismo, dentro de las

estimaciones efectuadas no ha sido posible tomar en cuenta las emisiones de metano generadas en el proceso de producción de arrabio debido a que no se ha encontrado el factor de emisión indicado en las Guías del IPCC 2006. De la misma forma que para la producción de coque, no se ha considerado la recuperación de energía de los gases del alto horno, ya que se asume que son consumidos en la misma planta.

Planta de Acero:

En el caso específico de SIDERAR, el proceso de producción de Acero cuenta con dos etapas: una primera con un proceso de producción de acero en un Horno Básico de Oxígeno (BOF), y una segunda etapa donde la mezcla junto con la chatarra pasa a un Horno de Arco eléctrico (EAF). Debido a la falta de información sobre los porcentajes utilizados de chatarra y Acero BOF, a los fines del cálculo, se consideró como si todo el acero fuera BOF, es decir utilizando el factor de emisión correspondiente.

En el caso de la chatarra, se asume que la misma tiene un contenido de carbono similar al acero BOF, es decir que se le suman las emisiones del reproceso correspondiente. Se debiera ajustar la metodología para poder “descontar” adecuadamente las emisiones por no producir acero adicional.

Las emisiones estimadas para cada producto elaborado se detallan en la siguiente tabla por concepto:

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Pelets	México	-	67	30	-	97
Coque	Planta de Coque	317	9	560	-	887
Sinterizado	Planta de Sinterizado	-	35	201	-	236
Arrabio (*)	Alto Horno	770	-	1.350	-	2.120
Acero BOF	BOF	1.993	53	110	-	2.156
Acero EAF	EAF	2.156	541	80	-	2.776

(*) La misma materia prima sirve como combustible del proceso.

Tabla 110. Industria Siderúrgica. Emisiones Planta SIDERAR

Planta AcerBrag

En la planta de AcerBrag, el proceso de producción de acero se lleva a cabo mediante la utilización de un Horno EAF o de Arco Eléctrico. Las materias primas utilizadas son fundamentalmente Carbón Mineral y Chatarra férrica. En el primer caso se han considerado las emisiones fugitivas correspondientes a la extracción de las minas. En el caso de la chatarra, se asume que la misma tiene un contenido de carbono similar al acero BOF. Nuevamente surge la necesidad de ajustar la metodología para poder "descontar" adecuadamente las emisiones por no producir acero adicional.

En el gráfico que figura a continuación se muestra el proceso productivo que se desarrolla en la mencionada planta

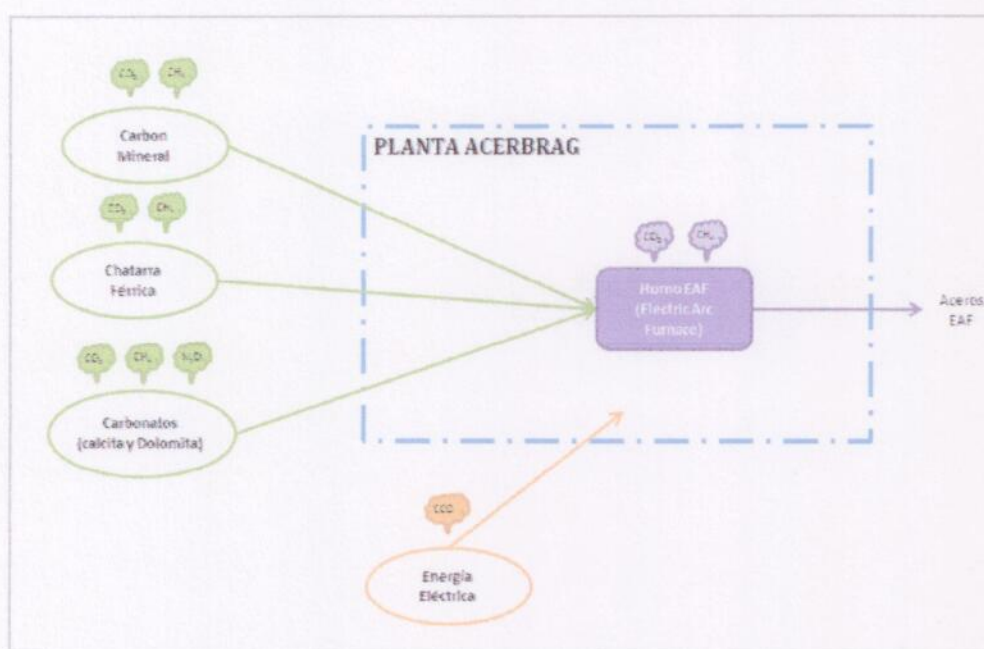


Tabla 111. Industria Siderúrgica. Planta AcerBrag. Esquema de funcionamiento

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas (*)	Energía	Procesos	Effuentes	Total
Acero EAF	AcerBrag EAF	43	541	80	-	664

(*) Se consideran 0 las emisiones asociadas a la chatarra utilizada

Tabla 112. Industria Siderúrgica. Emisiones Planta AcerBrag

XI.D.10 Planta Tenaris Campana

La planta que posee Tenaris en Campana, Provincia de Buenos Aires, utiliza Hierro Reducido Directo (o Hierro Esponja) el cual es producido en la Planta de ACINDAR en Santa Fe, y chatarra férrica como materia prima de carga para el Horno EAF o de Arco eléctrico.

En el diagrama que figura a continuación se muestra el proceso productivo correspondiente a dicha planta.

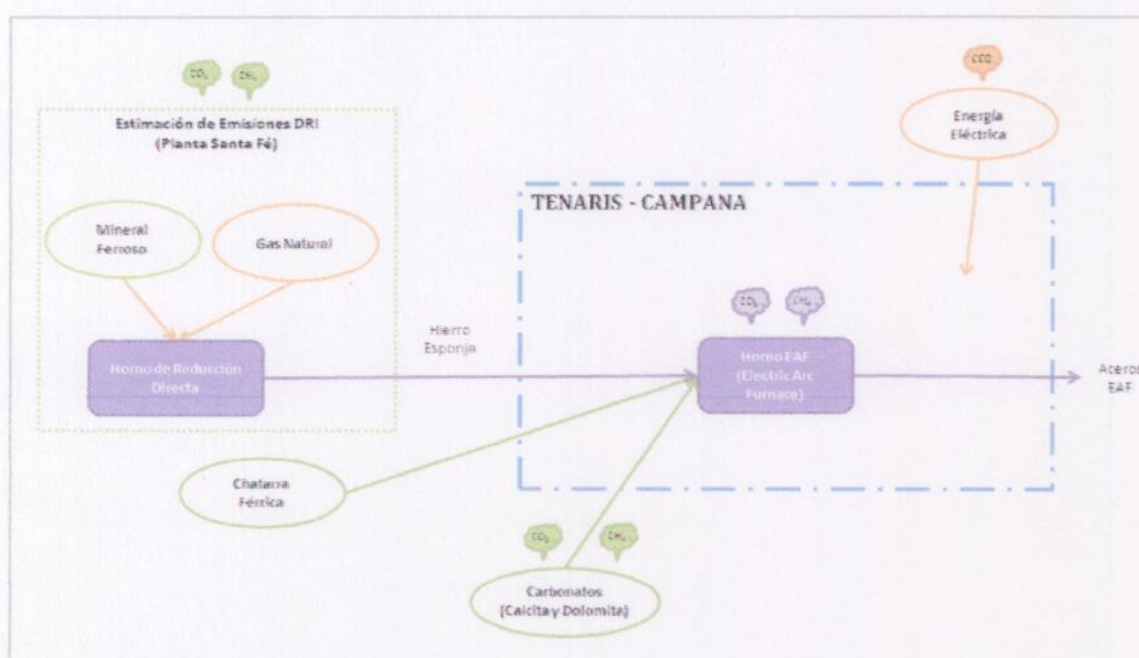


Ilustración 55. Industria Siderúrgica. Planta Tenaris Campana. Esquema de funcionamiento

De acuerdo a lo informado en la página web de Tenaris, los productos elaborados tienen una composición de un 35% de Hierro Esponja, y un 65% de chatarra férrica.

De la misma forma que se comentó anteriormente surge también la necesidad de ajustar la metodología para poder "descontar" adecuadamente las emisiones por no producir acero adicional.

En el caso de las emisiones asociadas al Hierro Esponja, las mismas fueron estimadas utilizando los factores de emisión indicados en la Guía IPCC 2006. No se ha considerado ningún tipo de transporte.

Las emisiones de GEIs por unidad de producto asociadas al proceso de producción de Acero de la planta Tenaris Campana se observan en la siguiente tabla:

Producto	Planta	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas (*)	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Acero EAF	Tenaris EAF	245	541	80	-	866
(*) Se consideran 0 las emisiones asociadas a la chatarra utilizada						

Tabla 113. Industria Siderúrgica. Emisiones Planta Tenaris Campana

XII. INDUSTRIA DEL CEMENTO PORTLAND

XII.A. Caracterización de procesos productivos

La fabricación de cemento es una actividad industrial de procesamiento de minerales, que se divide en un número variable de etapas en función del agrupamiento de los procesos y sub-procesos que se realicen.

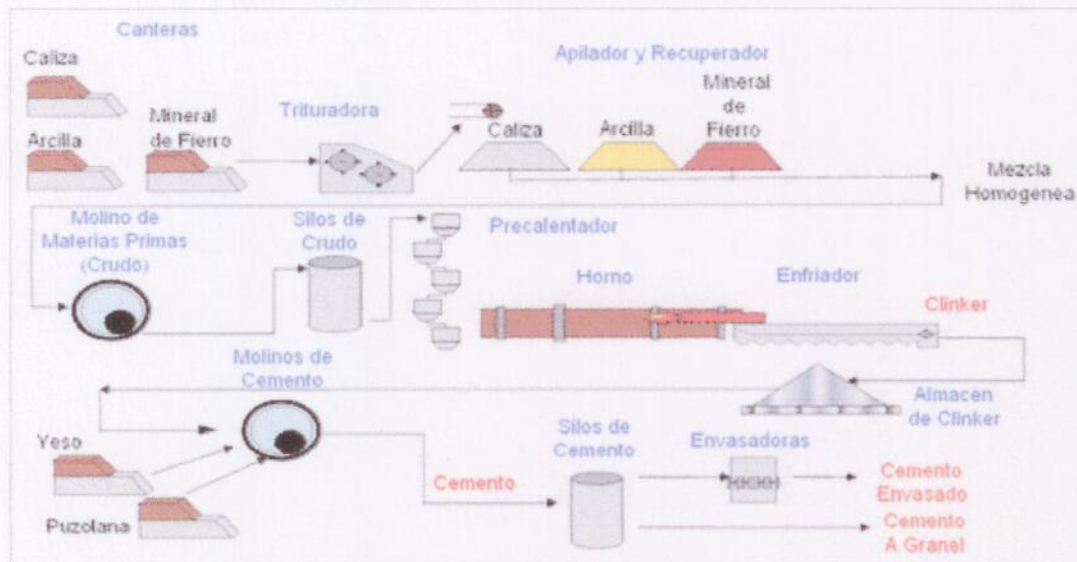


Ilustración 56. Proceso de fabricación del Cemento

A continuación se presenta una descripción de las etapas que completan el proceso de producción de cemento.

Trituración de la roca

Se realiza en dos etapas, inicialmente se puede reducir la roca de un tamaño máximo de 1,5 m hasta los 25 cm. El material se deposita en un parque de almacenamiento. Seguidamente, y luego de verificar su composición química, se pasa a la trituración secundaria, reduciéndose su tamaño a 2 mm aproximadamente.

El material triturado se lleva a la planta por cintas transportadoras, depositándose en un parque de materias primas. En algunos casos se efectúa un proceso de pre-homogeneización.

La siguiente etapa comprende la molienda. Para ello se utilizan molinos de bolas o prensas de rodillos, que producen un material de gran finura. En este proceso se

efectúa la selección de los materiales, de acuerdo al diseño de la mezcla prevista, para optimizar el material crudo que ingresará al horno, considerando el cemento de mejores características.

Homogeneización y mezcla de la materia prima

El material molido debe ser homogeneizado para garantizar la efectividad del proceso de clinkerización mediante una calidad constante. Este procedimiento se efectúa en silos de homogeneización.

Las materias primas (caliza, marga, arcilla, pizarra, etc.) aportan los siguientes compuestos minerales: carbonato cálcico (CaCO_3), óxido de silicio (SiO_2), óxido de aluminio (Al_2O_3) y óxido de hierro (Fe_2O_3).

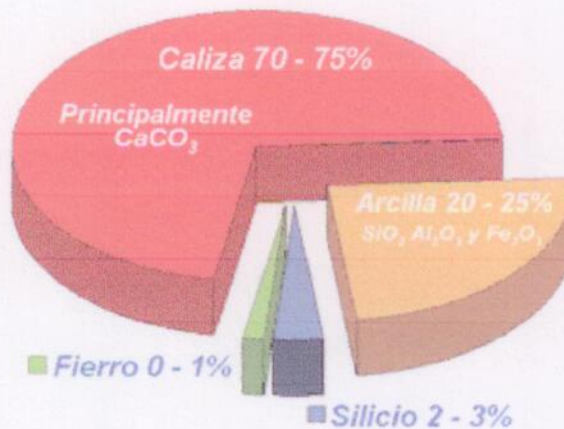


Gráfico 7. Proceso de homogeneización. Materias primas y compuestos minerales

El material resultante, constituido por un polvo de gran finura, debe presentar una composición química constante. Se obtiene así una mezcla en forma de polvo de los minerales denominada crudo o harina.

Calcinación del polvo crudo: obtención del clinker

Una vez homogeneizado el polvo crudo, se procede a calcinarlo en hornos que funcionan a altas temperaturas (hasta alcanzar los 1500°C), de modo que se "funden" sus componentes y cambia la composición química de la mezcla, transformándose en clinker.

El polvo crudo es introducido mediante un sistema de transporte neumático, siendo dosificado a un intercambiador de calor por suspensión de gases de varias etapas, en la base del cual se instala un moderno sistema de pre-calcinación de la mezcla antes de la entrada al horno rotatorio donde se desarrollan las restantes reacciones físicas y químicas que dan lugar a la formación del clinker.

El intercambio de calor se produce mediante transferencias térmicas por contacto íntimo entre la materia y los gases calientes que se obtienen del horno, a temperaturas de 950 a 1.100°C en un sistema de 4 a 6 ciclones en cascada, que se encuentran al interior de una torre de concreto armado de varios pisos, con alturas superiores a los cien metros.

Transformación del clinker en cemento

Posteriormente el clinker se enfría y almacena a cubierto, y luego se le conduce a la molienda final, mezclándose con yeso (retardador del fraguado), puzolana (material volcánico que contribuye a la resistencia del cemento) y caliza, entre otros aditivos, en cantidades que dependen del tipo de cemento que se quiere obtener. Como resultado final se obtiene el cemento.

El horno es el elemento fundamental para la fabricación del cemento. Está constituido por un tubo cilíndrico de acero con longitudes de 40 a 60 m y con diámetros de 3 a 6 m, y está revestido interiormente con materiales refractarios. En el horno para la producción del cemento se producen temperaturas de 1.500 a 1.600°C, dado que las reacciones de clinkerización se encuentra alrededor de 1.450°C. El clinker que egresa a una temperatura de 1.200 °C pasa luego a un proceso de enfriamiento rápido por enfriadores de parrilla. Luego utilizando transportadores metálicos, es llevado a una cancha de almacenamiento.

Desde este depósito y mediante un proceso de extracción controlada, el clinker es conducido a la molienda de cemento por molinos de bolas a circuito cerrado o prensas de rodillos con separadores neumáticos que permiten obtener una finura de alta superficie específica. El cemento así obtenido es transportado por medios neumáticos para depositarse en silos donde se encuentra listo para ser despachado.

El despacho del cemento portland que produce la planta se realiza en bolsas de 42,5 kg. y a granel.

Tipos de fabricación

Existen dos procesos de producción:

fabricación por vía seca

fabricación por vía húmeda.

En la *fabricación seca*, una vez que las materias primas han sido trituradas, molidas y homogeneizadas pasan a un horno que alcanza temperaturas de 1.400 grados centígrados, obteniéndose de este modo el clinker. Seguidamente, se deja reposar el clinker por un periodo de entre 10 y 15 días para luego adicionarle yeso y finalmente triturarlo para obtener cemento. En la *fabricación por vía húmeda*, se combinan las materias primas con agua para crear una pasta que luego es procesada en hornos a altas temperaturas para producir el clinker.

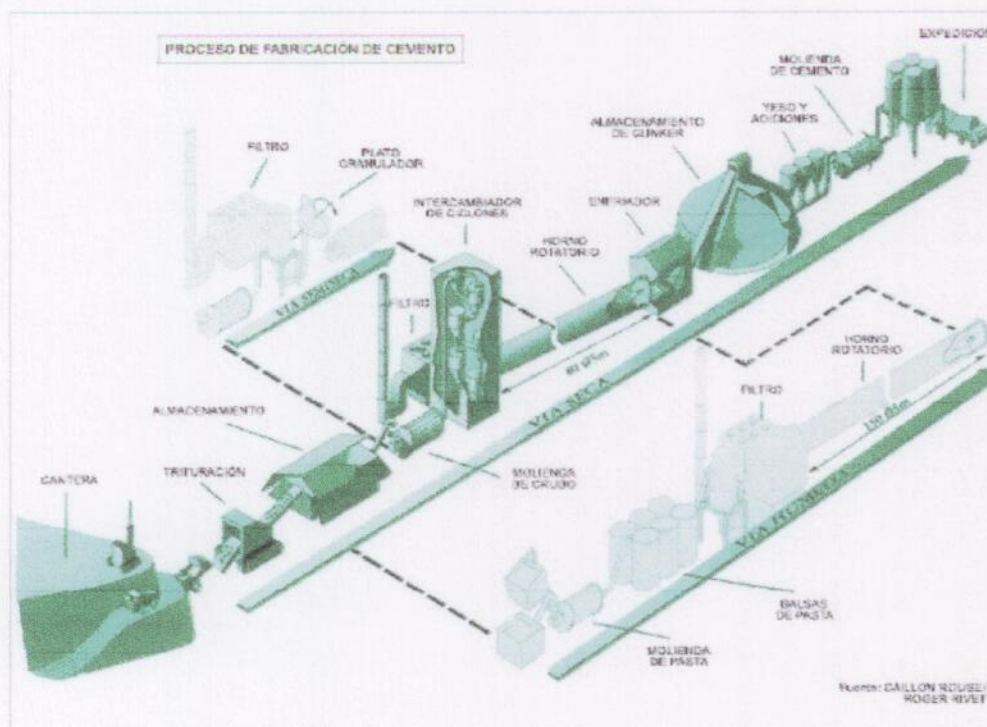


Ilustración 57. Proceso industrial de fabricación de cemento

XII.B. Estadísticas sectoriales⁵¹

La gráfica siguiente permite visualizar, a nivel país, el crecimiento de la actividad tanto en producción como en despacho de cemento entre los años 2009 y 2010.



Gráfico 8. Producción y despacho de cemento a nivel nacional

⁵¹ Fuente: Asociación de Fabricantes de Cemento Portland.
<http://www.afcp.org.ar/index.php?IDM=17&mpal=3&alias=Anuarios>

Los datos respectivos se presentan en la siguiente tabla:

Producción Mensual			Despacho Mensual		
Año	2009	2010	Año	2009	2010
Mes			Mes		
Enero	716.651	754.194	Enero	745.288	760.276
Febrero	690.099	718.788	Febrero	695.516	715.816
Marzo	763.036	867.846	Marzo	772.784	896.699
Abril	781.632	841.703	Abril	770.433	847.306
Mayo	775.000	821.047	Mayo	735.495	794.639
Junio	778.968	813.936	Junio	804.953	818.933
Julio	780.516	861.310	Julio	818.566	851.747
Agosto	846.194	909.716	Agosto	829.211	927.064
Septiembre	799.230	914.434	Septiembre	809.174	933.785
Octubre	879.491	970.168	Octubre	879.283	955.105
Noviembre	813.284	1.012.046	Noviembre	791.285	1.016.232
Diciembre	760.800	937.900	Diciembre	760.840	915.840
TOTAL	9.384.901	10.423.088	TOTAL	9.412.828	10.433.442
Cifras expresadas en toneladas					

Tabla 114. Producción y despacho de cemento a nivel nacional

XII.C. Localización de la Industria del Cemento Portland

Argentina cuenta con 18 plantas de producción de cemento distribuidas en diez provincias (Jujuy, Catamarca, San Juan, Mendoza, Neuquén, Chubut, Santa Cruz, San Luis, Córdoba y Buenos Aires). Ocho de esas plantas se ubican en territorio de la Provincia de Buenos Aires.



Ilustración 58. Argentina. Localización de la industria del cemento portland

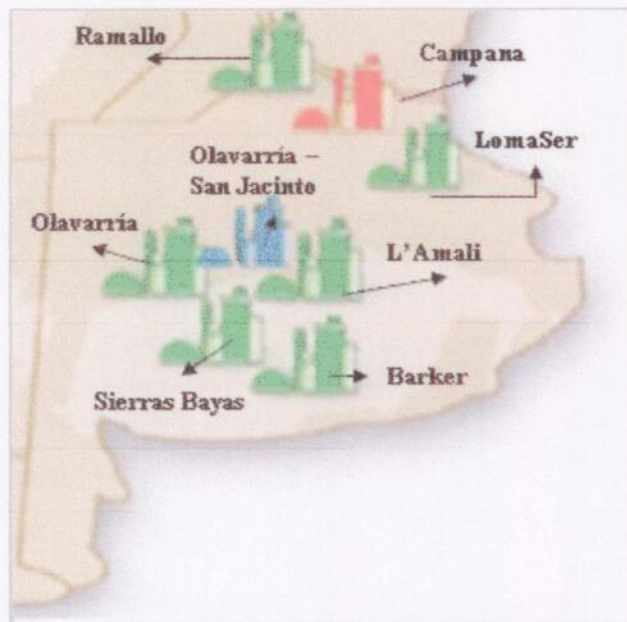


Ilustración 59. Provincia de Buenos Aires. Localización de la industria del cemento portland

XII.D. La industria del Cemento y el Cambio Climático⁵²

En nuestro país la Asociación de Fabricantes de Cemento Portland, así como a nivel regional la Federación Interamericana del Cemento, y a nivel Mundial el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), cuya rama argentina es el Consejo Empresario Argentino para el Desarrollo Sostenible (CEADS), se encuentran evaluando el escenario presente y futuro, para contribuir a una sociedad orientada hacia el desarrollo sostenible.

⁵² <http://www.afcp.org.ar/publico/2010/cambio.html>

En este lineamiento, el desempeño ambiental es una meta permanente que busca definir de forma equilibrada los principios de eficiencia económica, balance ambiental y equidad social transmitidos en todas las operaciones desarrolladas por el sector cementero en la Argentina.

Considerando que el CO₂ es considerado uno de los principales factores del cambio climático, la industria cementera, alineada a nivel mundial con el trabajo de la WBCSD, se ha comprometido a reducir progresivamente las emisiones generadas por el sector, implementando una serie de acciones.

Las emanaciones provienen principalmente del proceso de producción, debido a la descarbonatación de la caliza; le siguen el empleo de combustibles no renovables en el funcionamiento de los hornos, e indirectamente las emisiones por energía eléctrica y el transporte del material.

Para mitigar estas emisiones, las empresas del sector desarrollaron y continúan avanzando en estrategias que optimicen sus procesos productivos.

A continuación se mencionan algunas de las iniciativas implementadas en la obtención de este fin.

- **Uso de Combustibles alternativos**

La utilización de este tipo de insumos en sustitución de los combustibles fósiles tiene un importante beneficio ambiental por la reducción del consumo de combustibles tradicionales no renovables.

- **Eficiencia energética**

El desarrollo tecnológico ha dado lugar a técnicas que incrementan la eficiencia energética de las fábricas de cemento, disminuyendo significativamente el impacto ambiental global. Considerando que la producción del cemento exige un consumo elevado de energía térmica y eléctrica, el sector invierte en la generación de energía renovable producida por distintas fuentes naturales. Además, la valorización energética, es decir, el empleo de residuos con contenido energético como sustitutos de una parte del combustible convencional, es otra vía para reducir las emisiones de CO₂.

- Adiciones y producción de Clinker

Se ha sustituido parte del clinker por diversas adiciones como el filler calcáreo, las puzolanas y subproductos de otras industrias, como la escoria de alto horno y las cenizas volantes silíceas. Esto permite disminuir la cantidad de materia prima y de combustible necesarios en el proceso productivo.

XII.E. Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

XII.E.1 Consideraciones Metodológicas

La metodología de cálculo y modelización se basó en las guías "Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero".

Los Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero se detallan en la tabla a continuación y corresponden al IPCC - SAR 2:

Gas	Fórmula	Potencial de Calentamiento
Dióxido de Carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	21
Oxido Nitroso	N ₂ O	310

Tabla 115. Industria del Cemento. Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero

En aquellos casos en los que fue posible, se estimaron las emisiones asociadas a la obtención de las materias primas para poder completar el análisis de ciclo de vida del producto.

Las emisiones han sido estimadas por unidad de producto y luego, si se dispone de información estadística, se han estimado las emisiones netas.

XII.E.2 Factores de emisión – Datos Estadísticos

Se han recopilado y seleccionado en función de las características de las actividades analizadas, empleándose los factores de menor incertidumbre, disponibles en el país o

de literatura científica internacional. Los documentos utilizados para la elaboración de los factores de emisión y los cálculos fueron:

"Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero"⁵³.

Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático – Informe Final. Buenos Aires. Año 2007⁵⁴.

Approved consolidated baseline and monitoring methodology ACM0017-Production of biodiesel for use as fuel - Version 01.1 de la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL)⁵⁵

Sitios de Internet varios de plantas productoras de cemento portland.⁵⁶

XII.E.3 Combustibles utilizados en el Horno de Clinkerización

A los fines del cálculo de las emisiones asociadas a los consumos de los combustibles incluidos en el horno de Clinkerización, y a falta de datos reales sobre los combustibles utilizados por las distintas plantas en dicho horno, se ha considerado la utilización de Gas Natural (60%), Fuel Oil (30%) y Biomasa (10%).

⁵³ <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

⁵⁴ <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1124>

⁵⁵ <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/WENY1VXSSZHD73WXG3RXX8KNAICCAT>

⁵⁶ <http://www.lemona.biz/EL%20CEMENTO-1/historia%20del%20CEMENTO.pdf>

Respecto a los consumos energéticos se han tomado los valores máximos y mínimos indicados por Cachan (2001) por tonelada de Clinker, afectándose por un coeficiente del 95% para expresarlo en toneladas de cemento.

Requerimiento Energético (Mj/TnClinker)	
Máximo	5.500
Mínimo	3.200

Tabla 116. Industria del Cemento. Requerimiento energético por tonelada de Clinker

XII.E.3.a Gas Natural

El factor de emisión correspondiente a la combustión del Gas Natural se obtuvo de la Segunda Comunicación Nacional. En la tabla a continuación se indica la marcha de cálculo utilizada:

Variable	Descripción	Unidades	Fuente	M³
PCI	Poder Calorífico Inferior	Kcal/M³	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO₂	8.300
D	Densidad	Kgs./ M³	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO₂	0,7190
Frac Ox	Fracción de Carbono Oxidado	%	Modulo Energía - Hoja 1-1 - Método de Referencia	0,995
Cc	Contenido de Carbono	TC/TJ	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO₂	15,31
FE_{CO2} Kcal	Factor de emisión de CO₂	KgsCO₂/Kcal	$FE_{CO2} = C_c * Frac\ Ox * \frac{44}{12}$	0,0002339
FE_{CO2} Unidad	Factor de emisión de CO₂	KgsCO₂/M³	FE x PCI	1,94
FE_{N2O}	Factor de emisión de N₂O	KgsN₂O/TJ	Modulo Energía - Hoja 1-3	0,525
FE_{CH4}	Factor de emisión de CH₄	KgsCH₄/TJ	Modulo Energía - Hoja 1-3	3,125
FE_{CO2eq} Unidad	Factor de emisión de CO₂eq	KgsCO₂eq/M³	FE total x M³	1,95
FE_{CO2eq} Kcal	Factor de emisión de CO₂eq	KgsCO₂eq/Kcal	FE total x Kcal	0,0002348

Tabla 117. Industria del Cemento. Marcha de cálculo de emisiones por combustión de Gas Natural

Por otra parte se estimaron las emisiones asociadas a la producción y el transporte del Gas Natural hasta las plantas de proceso. Dicho valor se estimó en base a la categoría "Emisiones Fugitivas" correspondiente al Gas Natural del Inventario de Gases de Efecto invernadero de la República Argentina correspondiente al año 2000, el cual incluye las emisiones fugitivas de gases de efecto invernadero durante los procesos de extracción, transporte y procesamiento del gas natural.

Año 2000	Inventario GEIs (TnCO ₂ eq)	Producción de Gas Natural (Mill. M ³)	Kgs CO ₂ eq/M ³	Kgs CO ₂ eq/Kcal
Emisiones Fugitivas Gas Natural	1.585.340	45.135	0,26	0,000031

Tabla 118. Industria del Cemento. "Emisiones fugitivas" de Gas Natural

XII.E.3.b Fuel-Oil

El factor de emisión correspondiente a la combustión del Fuel Oil también se obtuvo de la Segunda Comunicación Nacional. En la tabla a continuación se indica la marcha de cálculo utilizada:

Variable	Descripción	Unidades	Fuente	Kg
PCI	Poder Calorífico Inferior	Kcal/Kg	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO ₂	9.800
D	Densidad	Kgs./ Kg	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO ₂	0,9450
Frac Ox	Fracción de Carbono Oxidado	%	Modulo Energía - Hoja 1-1 - Método de Referencia	0,990
C_c	Contenido de Carbono	TC/TJ	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO ₂	21,25
FE_{CO2} Kcal	Factor de emisión de CO ₂	KgsCO ₂ /Kcal	$FE_{CO2} = C_c * Frac\ Ox * \frac{44}{12}$	0,0003230
FE_{CO2} Unidad	Factor de emisión de CO ₂	KgsCO ₂ /Kg	FE x PCI	3,17
FE_{N2O}	Factor de emisión de N ₂ O	KgsN ₂ O/TJ	Modulo Energía - Hoja 1-3	0,3
FE_{CH4}	Factor de emisión de CH ₄	KgsCH ₄ /TJ	Modulo Energía - Hoja 1-3	2,08
FE_{CO2eq} Unidad	Factor de emisión de CO _{2eq}	KgsCO _{2eq} /Kg	FE total x M ³	3,17
FE_{CO2eq} Kcal	Factor de emisión de CO _{2eq}	KgsCO _{2eq} /Kcal	FE total x Kcal	0,0003236

Tabla 119. Industria del Cemento. Marcha de cálculo de emisiones por combustión de Fuel-Oil

En el caso de las emisiones provenientes de las refinerías se han utilizado los valores de emisiones asociadas a la extracción de petróleo y refinación de la Metodología MDL: "Approved consolidated baseline and monitoring methodology ACM0017-Production of biodiesel for use as fuel - Version 01.1". En el siguiente cuadro se indican los valores para cada una de las etapas:

Variable	Descripción	Valor
EF_{PROD}	Factor de emission por producción de petróleo crudo	0,073 tCO ₂ e/tn petrodiesel
EF_{REF}	Factor de emission relacionado a la refinación de petróleo	0,233 tCO ₂ e/t petrodiesel

Tabla 120. Industria del Cemento. Emisiones provenientes de refinerías

Debido a que no se cuenta con los valores desagregados para el Fuel-Oil, el valor aplicado es el correspondiente a Petrodiesel.

XII.E.3.c Biomasa

En cuanto a la combustión de biomasa, solo se consideran las emisiones correspondientes a N₂O y CH₄. Los valores utilizados son los correspondientes a la Segunda Comunicación Nacional para la categoría Leña:

Variable	Descripción	Unidades	Fuente	Kg.
PCI	Poder Calorífico Inferior	Kcal/Kg	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO ₂	2.300
FE_{N2O}	Factor de emisión de N ₂ O	KgsN ₂ O/TJ	Modulo Energía - Hoja 1-3	4,00
FE_{CH4}	Factor de emisión de CH ₄	KgsCH ₄ /TJ	Modulo Energía - Hoja 1-3	30,00
FE_{CO2eq} Unidad	Factor de emisión de CO _{2eq}	KgsCO _{2eq} /M ³	FE total x M ³	0,02
FE_{CO2eq} Kcal	Factor de emisión de CO _{2eq}	KgsCO _{2eq} /Kcal	FE total x Kcal	0,0000078

Tabla 121. Industria del Cemento. Emisiones por combustión de Biomasa

No se han considerado emisiones correspondientes al abastecimiento de la biomasa.

XII.E.4 Electricidad

En lo que hace a consumos de energía eléctrica, se ha tomado un consumo por tonelada de cemento producido (Cachan 2001⁵⁷) de la cual gran parte de esta energía es consumida en la sección de Molienda. En la tabla a continuación se indican los valores utilizados.

	Requerimiento Energético (Kwh/TnClinker)
Máximo	130
Mínimo	90

Tabla 122. Industria del Cemento. Consumo de energía eléctrica

⁵⁷ CACHAN, A. (2001). Cementos. Andalucía. Encuentro Medioambiental Almeriense: En busca de soluciones.

El factor de emisión de la red eléctrica (0,351 KgsCO₂eq/KWh) se obtuvo de la Dirección Nacional de Prospectiva- Secretaría de Energía. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Extraído de Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible SAYS – 2010⁵⁸ Es importante destacar que el valor utilizado corresponde con el Promedio total del Sistema Interconectado Nacional. En el caso de un análisis más detallado este valor debiera ajustarse.

XII.E.5 Cemento: Tipos y composición

A los fines del cálculo, se ha considerado según es indicado en las Guías para la elaboración de Inventarios nacionales del IPCC (2006) en el Volumen 3, Capítulo 2, ecuación 2.4, que en que la producción de cemento que se efectúa es en su mayoría cemento portland (95 % clinker, principal fuente de emisión del sector cementero), ya que en el caso del cemento de albañilería se desconoce la proporción de cemento y cal que se utilizan para la producción de este tipo de cemento en las distintas plantas.

XII.E.6 Materias Primas e Insumos

En cuanto a las materias primas para la elaboración del Clinker, si bien las emisiones asociadas al proceso se encuentran incluidas dentro del factor de emisión, deberán considerarse las de la producción y extracción de las mismas. Sin embargo, no se cuenta con la información necesaria para efectuar el cálculo de las emisiones provenientes de la producción de las mencionadas materias primas. No obstante se han

⁵⁸ <http://www.ambiente.gob.ar/default.asp?IdArticulo=456>

consultado diversas fuentes y se han tomado los siguientes consumos medios por tonelada de cemento producido⁵⁹:

Variable	Descripción	Unidades	Valor
CE Oxido de calcio	Consumo Especifico de (Oxido de Calcio) piedra caliza	Tn de CaO/Tn Portland	0,645
CE Oxido de Silicio	Consumo especifico Oxido de silicio (Arcillas)	Tn SiO2/Tn Portland	0,210
CE Oxido de Aluminio	Consumo especifico Oxido de Aluminio (Arcillas)	Tn Al2O3/Tn Portland	0,060
CE Oxido de Hierro	Consumo especifico Oxido de Hierro (Arcillas)	Tn Fe2O3/Tn Portland	0,045
CE Yeso	Consumo especifico de yeso	Tn yeso /Tn Portland	0,020

Tabla 123. Industria del Cemento. Emisiones asociadas al proceso de elaboración de Clinker

XII.E.7 Emisiones asociadas al Tratamiento de Efluentes

La Industria Cementera no se encuentra dentro de las industrias mencionadas en el Capítulo 6 del Volumen 6 de las Guías para la Elaboración de Inventarios Nacionales de GEIs (IPCC 2006). Por lo cual no hay información disponible para efectuar los cálculos correspondientes.

XII.E.8 Producción de Cemento Portland

Debido a la falta de información específica de los consumos productivos y materias primas utilizadas en las distintas plantas, se ha construido un modelo genérico de emisiones para la producción del cemento Portland en la Provincia de Buenos Aires, que se detallan a continuación:

⁵⁹ <http://www.lemona.biz/EL%20CEMENTO-1/historia%20del%20CEMENTO.pdf>

Planta	Empresa
Olavarría	Loma Negra
L'Amali	Loma Negra
Barker	Loma Negra
Sierras Bayas	Loma Negra
Olavarría	Cementos Avellaneda

Tabla 124. Industria del Cemento. Plantas de producción de cemento Portland

En el siguiente esquema se pueden observar las fuentes de emisión consideradas para el análisis de las emisiones:

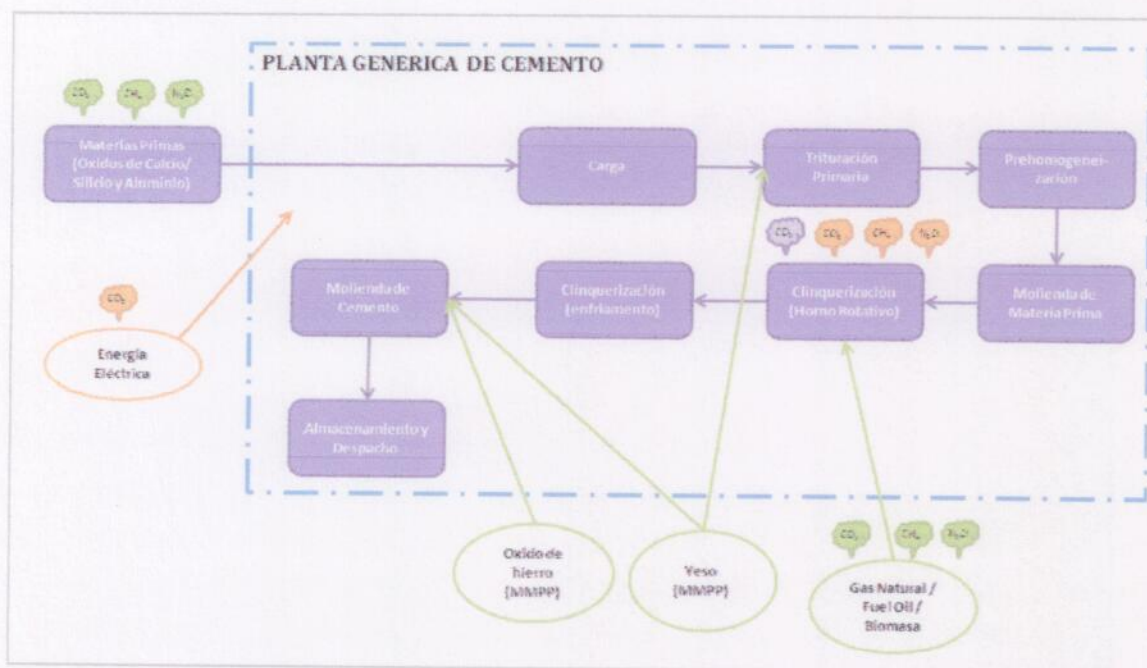


Ilustración 60. Industria del Cemento. Planta genérica. Esquema de funcionamiento

En la tabla a continuación se pueden observar las estimaciones de emisiones de GEIs por unidad de producto para los consumos energéticos máximos y mínimos asociadas al proceso de producción de cemento:

Producto		Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Cemento Portland	Mínimo	-	226	494	-	720
Cemento Portland	Máximo	-	380	494	-	874

Tabla 125. Industria del Cemento. Emisiones de GEIs asociadas a la producción de cemento

En el caso de la planta de HOLCIM ubicada en la Provincia de Buenos Aires, esta no posee producción de Clinker, solo molienda de cemento. Es decir que las emisiones asociadas a la producción del mismo, se importan desde otra provincia. Sin embargo, es importante aclarar que dichas emisiones importadas desde otra provincia se deben asignar al cemento producido.

XIII. INDUSTRIA DE PRODUCCIÓN DE ACEITE⁶⁰

XIII.A. Caracterización productiva y de procesos

El aceite ha sido obtenido de varios tipos de suministros vegetales por siglos. El método usado para extraer el aceite de los vegetales, hoy es, sin embargo, ampliamente mejorado y mucho más eficiente. Actualmente el proceso de extracción de aceite utiliza solventes orgánicos para obtener virtualmente el 100% de aceite posible. Además, el proceso no se detiene con la extracción del aceite vegetal, sino que luego es refinado para remover los ácidos grasos y otras impurezas que están adicionadas y que producen que el aceite tenga olores y una apariencia desagradables y que puede en algunos casos ser peligroso para la salud.

Los suministros que pueden ser usados para obtener el aceite de cocina incluyen semillas vegetales, semillas de algodón, linaza, maní o maíz.

⁶⁰ Fuente: <http://www.latinamerican-markets.com/argentina---industria-aceitera>

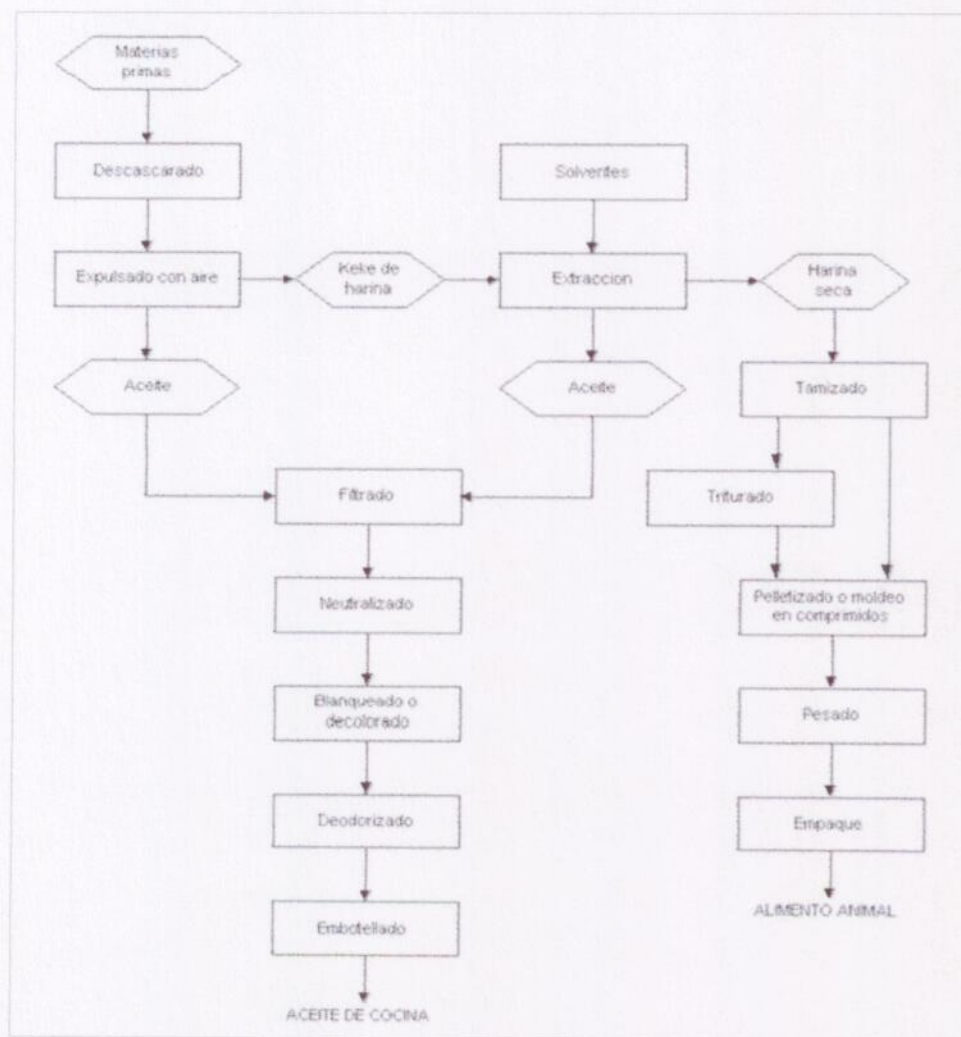


Ilustración 61. Industria de producción de Aceite. Diagrama de flujo de la producción de aceite

A continuación, se describen las etapas el proceso productivo del aceite:

Expresión

1. Los granos de las semillas son llevados dentro de una tolva por una correa transportadora y luego con un separador magnético se obtiene el hierro para prevenir que los restos del metal se mezclen con las semillas y causen daño a las partes movibles del equipo descascarador. Alguna piedra pequeña o arenilla que pase desapercibida y que haya sido mezclada con las semillas desde la granja es separada por un diseño especial que permite sacar piedras antes de comenzar el descascarado de las semillas.

2. Después de empezar el triturado, las semillas descascaradas son separadas de las cáscaras por un dispositivo filtrador.

3. Las semillas son colocadas dentro de un expulsador a presión que obtendrá el aceite desde las semillas. Después de ser filtrado, el aceite es bombeado hacia un tanque almacenador en la sección de refinería.

Extracción

La pasta de harina expulsada desde el expulsador a presión es alimentada hacia un rodillo de ruptura donde es molido a granos finos antes de colocarlo dentro de un extractor de celdas rotativo.

En este punto, la consistencia de la pasta de harina seca es aproximadamente del 10% de aceite vegetal. Debido a que el expulsador mecánico continuo generaba una gran pérdida de aceite, el método de extracción con solventes orgánicos es usado para extraer las sobras de aceite desde el residuo de harina. En la extracción de aceite se usa desde hace años Hexano normal, que es un solvente orgánico no tóxico.

El solvente evaporado es recuperado a través de un sistema de enfriamiento y reciclado dentro del extractor. El residuo del aceite que queda es bombeado dentro del tanque almacenador para ser refinado.

La pasta del extractor es descargada y transportada al tostador disolvente, donde es vaporizada. El solvente libre de harina es enfriado y transportado a un dispositivo filtrador, donde la harina o pasta cruda es separada del polvo fino. La pasta o harina cruda es asentada en el polvo fino y se agrega a la pasta filtrada.

El aceite puro y rico en proteínas vegetales de la harina o pasta de semillas es luego formado en bolitas de tamaños uniformes. Estas bolitas son empaquetadas en bolsas de polipropileno y vendidas como alimento animal.

Refinación

El crudo de aceite generalmente contiene algunos ácidos grasos libres, almidón, goma, sustancias colorantes y otras sustancias que hacen al aceite nubloso, turbio y oscuro en color y con olores indeseables. Un completo proceso de refinación purifica el aceite

y lo hace aceptable para su uso en la cocina a través de una refinación alcalino-ácido, seguido de una decoloración y deodorización.

1. Los ácidos grasos libres son neutralizados con soda cáustica y ceniza de soda, formando un concentrado. Este concentrado es obtenido a través de una fuerza centrífuga. El aceite neutralizado es bombeado hacia un tanque de almacenamiento.
2. La deodorización es realizada para remover las impurezas no deseadas con una alta presión de vapor en una cámara sellada al vacío. Después de este paso final de refinación, deodorización, transparencia y neutralizado del aceite, éste queda disponible para ser empaquetado.

MATERIAS PRIMAS		
Semillas de vegetal puro. Semillas de algodón, maíz, maní, etc. Ácido fosfórico. Hexano normal. Soda cáustica (o ceniza de soda) Arcilla activa.		
MAQUINARIA Y EQUIPOS TÍPICAMENTE INVOLUCRADOS		
TRATAMIENTO Y EXTRACCIÓN DE LAS SEMILLAS DE ACEITE	REFINACIÓN DEL ACEITE	BLANQUEADO DEL ACEITE
Desgranadora Transportador Separador de hierro. Tolva medidora. Descascaradora. Calentador de semillas. Expulsador de aceite Filtro de presión. Cocina para la harina Transportador de la pasta de harina. Rodillo de rotura. Exprimidor de celdas rotativo Caldera de vapor. Recolector de harina. Equipo recuperador de solventes. Calentador.	Separador hermético. Separador de agua. Mezcladora acondicionador de goma. Mezcladora de neutralización. Lavadora. Calentador Secador al vacío. Tanque de procesamiento de agua pura. Deminizer.	Depósito almacenador de arcilla. Tanque mezclador de arcilla Intercambiador de calor. Blanqueador. Filtro de presión. Bomba al vacío.
DEODORIZACIÓN	COMÚN	TRATAMIENTO Y MOLDEO DE LA HARINA
Deodorizador. Recipiente de ácido graso Bomba al vacío Caldera de alta presión de vapor Tanque medidor.	Tanque almacenador de crudo de aceite Tanque almacenador de aceite refinado Tanque suministrador de agua industrial. Tanque de almacenamiento de agua atenuada. Camión de balanza pesadora.	Enfriador de la harina. Cubeta elevadora. Tamizadora. Martillo molidor. Tolva. Moldeadora Enfriadora de las bolitas de harina. Separador de tamaños de la harina. Balanza automática Máquina cosedora de las bolsas.

Tabla 126. Industria de producción de Aceite. Materias primas y maquinaria involucrada en el proceso productivo

XIII.B. Localización de la industria de producción de Aceite

La industria de aceite argentina se concentra en las provincias de Santa Fe, Entre Ríos, Córdoba y Mendoza, en el Gran Buenos Aires y en la Capital Federal.

La Argentina es el líder mundial en exportaciones de aceite de soja y girasol. El 90% del aceite comestible que se produce se exporta a 66 países, principalmente a África y al sudeste asiático.

Según un estudio de mercado de la consultora CLAVES Información Competitiva, la industria aceitera local es una de las más desarrolladas del mundo, agrupando a una docena de fuertes competidores a nivel internacional, liderados por la empresa Cargill. Estas doce empresas producen el 90% del total, siendo el 10% restante producido por otras 35 empresas locales.

El volumen global de la producción de aceites comestibles alcanzó en 2004 las 5,8 millones de toneladas, siendo un sector con sostenida expansión.

XIII.C. Productos y empresas

El segmento de mayor relevancia es el del aceite de soja, le sigue el de girasol y luego el de maní. Analizando a las firmas, sobresale que:

- Cargill es el principal exportador, superando la cantidad exportada por dicha empresa su propio volumen de producción.
- Aceitera General Deheza y sus empresas vinculadas son el principal productor y uno de los principales exportadores, especialmente de las variedades de soja, girasol y maní.
- El Grupo Bunge, segundo en cuanto a producción, se dedica prácticamente por completo al negocio de la exportación y es la empresa con mayor capacidad del sector.
- Por otra parte, Molinos Río de la Plata es el que tiene mayor participación en el mercado interno, además de ser un importante exportador de aceites fraccionados.

Con respecto a los mercados, China e India son los principales destinos para el aceite de soja (57%), los Países Bajos lo son para el aceite de girasol (30%), y Brasil –junto a los Estados Unidos– para el aceite de oliva.

XIII.D. Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

XIII.D.1 Consideraciones Metodológicas

La metodología de cálculo y modelización se basó en las guías "Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero".

Los Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero se detallan en la tabla a continuación y corresponden al IPCC - SAR 2:

Gas	Fórmula	Potencial de Calentamiento
CO ₂	CO ₂	1
Metano	CH ₄	21
Oxido Nitroso	N ₂ O	310

Tabla 127. Industria de producción de Aceite. Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero

En aquellos casos en los que fue posible, se estimaron las emisiones asociadas a la obtención de las materias primas para poder completar el análisis de ciclo de vida del producto.

Las emisiones han sido estimadas por unidad de producto y luego, si se dispone de información estadística, se han estimado las emisiones netas.

Factores de emisión – Datos Estadísticos:

Se han recopilado y seleccionado en función de las características de las actividades analizadas, empleándose los factores de menor incertidumbre, disponibles en el país o de literatura científica internacional. Los documentos utilizados para la elaboración de los factores de emisión y los cálculos fueron:

- "Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero"⁶¹.
- Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático – Informe Final. Buenos Aires. Año 2007⁶².
- Origen y aplicación de los cinco principales granos oleaginosos de argentina - Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina (CIARA)⁶³.
- Informe INTA IIR-BC-INF-03-09 - "Balances energéticos de la producción argentina de biodiesel con datos locales de la etapa industrial"
- Informe INTA IIR-BC-INF-07-09 - "Análisis comparativo del consumo energético y las emisiones de gases efecto invernadero de la producción de biodiesel a base de soja bajo manejos de siembra directa y labranza convencional"

⁶¹ <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

⁶² <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1124>

⁶³ <http://www.ciaracec.com.ar>

- "Guidelines on apportioning emissions from production processes between main product and co- and by-products" Versión 01 de la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) ⁶⁴
- "Huella de carbono en las exportaciones de la provincia de Buenos Aires". Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad Nacional de La Plata.
- Capítulo de Industria Petroquímica del presente estudio.

XIII.D.2 Materias Primas e Insumos

Se utilizaron los valores de Originación de Materias Primas para Girasol y Soja estimados en el estudio "Huella de carbono en las exportaciones de la provincia de Buenos Aires", incluyendo las emisiones correspondientes al Flete campo a Acopio, Acopio y Secado, y Flete a Molino.

La estimación de los consumos de insumos se obtuvo del documento "INTA IIR-BC-INF-04-09 Balances energéticos etapa industrial". Se utilizaron para el caso del aceite de girasol los valores de soja debido a la ausencia de información. Los insumos considerados fueron:

- Hexano
- Soda cáustica

⁶⁴ http://cdm.unfccc.int/EB/050/eb50_repan12.pdf

Con respecto a las emisiones asociadas a cada uno de los mismos, los valores utilizados corresponden al capítulo correspondiente a "Emisiones industria petroquímica" del presente trabajo.

XIII.D.3 Electricidad

El factor de emisión de la red eléctrica (0,351 KgsCO₂eq/KWh) se obtuvo de la Dirección Nacional de Prospectiva - Secretaría de Energía. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Extraído de Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible SAYDS - 2010⁶⁵.

Es importante destacar que el valor utilizado corresponde con el Promedio total del Sistema Interconectado Nacional.

XIII.D.4 Tratamiento de Efluentes

Debido a la dificultad de obtener datos sobre los efluentes involucrados en el proceso, se han utilizado valores de referencia internacionales especificados en las Guías del IPCC (Volumen 5, Capítulo 6: Tratamiento y eliminación de aguas residuales, ecuación 6.5. Cuadro 6.8. Ecuación 6.6. Cuadro 6.9).

XIII.D.5 Apropiación de emisiones

Según la metodología estipulada por la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio *"Guidelines on apportioning emissions from production processes between main product and co- and by-products"* EB 50, utilizándose la opción de

⁶⁵ <http://www.ambiente.gob.ar/default.asp?IdArticulo=456>

apropiación por precios de mercado. Los precios de referencia utilizados corresponden a al mes de Febrero de 2012 de la Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina (CIARA).

XIII.E. Correspondencia con el estudio “Huella de Carbono en las exportaciones de los productos agropecuarios de la provincia de Buenos Aires”

Los cálculos realizados en este capítulo, si bien son conceptualmente similares a las estimaciones realizadas en el estudio “Huella de Carbono en las exportaciones de los productos agropecuarios de la provincia de Buenos Aires”, que forma parte de una serie de estudios realizados en la materia, difieren en primera instancia en la consideración de las emisiones asociadas a la producción de los insumos para el proceso productivo (Hexano y NaOH). Y en segunda medida se han actualizado los valores de mercado para la apropiación de emisiones entre co-productos.

XIII.F. Industria Aceitera

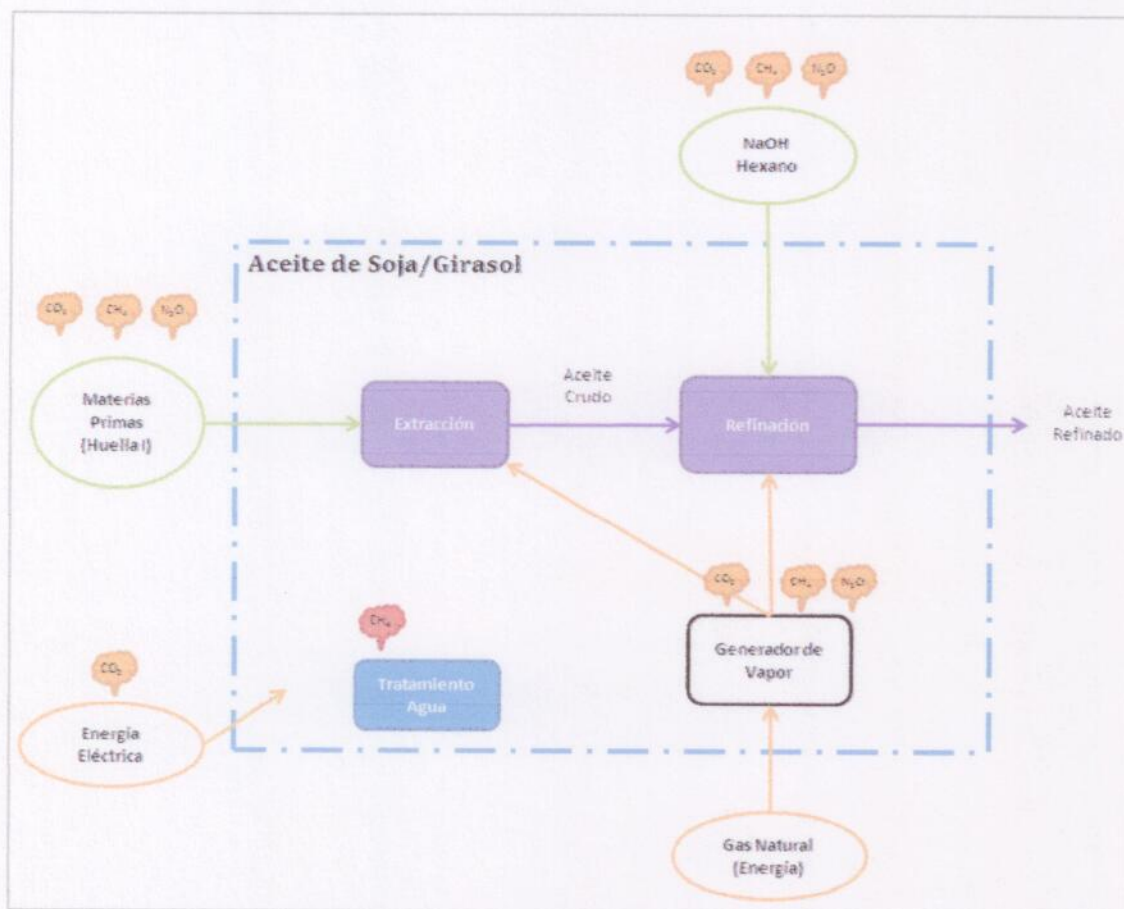


Ilustración 62. Industria de producción de Aceite. Planta de Aceite de Soja/Girasol. Esquema de funcionamiento

Producto	Sistema productivo	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas (*)	Energía	Procesos	Effluentes	Total
Aceite Girasol	RN-SD-1F81%	382	285	-	11	678
Aceite Girasol	RN-SD-SF18%	344	285	-	11	640
Aceite Girasol	RS-LC-1F81%	550	285	-	11	847
Aceite Girasol	RS-LC-SF18%	508	285	-	11	804
Aceite Soja	RN-SD-1F90%-S1°	336	315	-	11	663
Aceite Soja	RN-SD-SF-S2°	386	315	-	11	712
Aceite Soja	RS-SD-1F90%-S1°	375	315	-	11	702
Aceite Soja	RS-LC-1F90%-S1°	391	315	-	11	717

(*) Incluye Modelo Agrícola e Insumos.

Tabla 128. Industria de producción de Aceite. Emisiones de GEIs

XIV. INDUSTRIA PAPELERA

XIV.A. Caracterización de la producción

La fabricación de pasta, papel y derivados del papel alcanza cifras que sitúan a esta industria entre las más grandes del mundo. La demanda de productos celulósicos está en permanente crecimiento y su industria está fuertemente ligada al medio ambiente.

La cadena productiva de pulpa, papel e industria gráfica comprende desde la producción de la pulpa elaborada a partir de materias primas fibrosas, como la madera, el bagazo de caña u otras fuentes de fibras, hasta la producción de papel y la producción de imprentas y editoriales.

En el caso de la madera, fuente tradicional de fibras para la industria pastero-papelera, está compuesta por tres tipos de sustancias principales, la celulosa, las hemicelulosas y la lignina, presentes en diversas proporciones (en promedio, celulosa 45%, hemicelulosas 20%, lignina 30%), además de componentes minoritarios (como los extractivos 5%).

Para llevar a cabo la fabricación del papel, la madera debe atravesar un proceso de transformación químico-mecánico que permita liberar las fibras de celulosa formando un producto denominado pulpa. Se entiende por *pulpado* a la operación de separación de las células que componen un material fibroso lignocelulósico, que normalmente precede a la etapa de fabricación de papel. En la industria se distinguen dos grandes grupos de procesos de *pulpado*, según utilicen energía mecánica (*pulpados mecánicos* o de alto rendimiento), o térmica y química (*pulpados químicos*), aunque también existen combinaciones de estos métodos.

Pulpado Mecánico

En los procesos de *pulpado mecánico*, se recurre esencialmente a medios mecánicos para la individualización de las fibras y el desarrollo de las propiedades de las pulpas. Inicialmente las pulpas mecánicas tuvieron una reducida aceptación por su baja resistencia. Esta deficiencia sigue siendo una de sus limitantes pero actualmente las pulpas de muy alto rendimiento (incluyendo desde las mecánicas puras y quimimecánicas) constituyen un 25 % de la producción mundial de pulpas y esta

proporción es creciente debido, entre otras cosas, a los avances tecnológicos de estos procesos en las últimas dos décadas que han permitido la extensión de su aplicación.

Entre las razones de su vigencia debe mencionarse:

- Método económico si la energía eléctrica es barata y disponible.
- Alto rendimiento (superiores al 85 %).
- No produce contaminación significativa.
- Posee propiedades específicas que las hacen irremplazables para algunos usos.

Asimismo, como limitaciones de los pulpados mecánicos sobresalen:

- Alto requerimiento energético (1.000 a 2.500 Kwh/t).
- Aplicable a ciertas materias primas.
- Baja resistencia en relación a las pulpas químicas y semiquímicas.
- Menor permanencia (amarilleo y rigidización por efecto del tiempo).

A continuación se presenta un ejemplo de planta de pulpado quimiotermomecánico (CTMP, por sus siglas en inglés), indicando sus insumos principales y cantidades típicas para cada uno de ellos en función de la capacidad productiva.

Principales insumos:

- Fibra (madera)
- Energía eléctrica
- Combustible: gas natural
- Productos químicos
- Agua
- Materiales de terminación y embalaje

Por tonelada de producto final, usualmente se requieren las cantidades detalladas en la tabla siguiente:

	Insumo	Unidad	Unidades por Tonelada
Fibra	Rollizo	Ton	1,2
Químicos	H ₂ O ₂ (peróxido)	Kg	45,0
	NaOH (soda cáustica)	Kg	26,0
	MgSO ₄ (sulfato de magnesio)	Kg	4,0
	Na ₂ SiO ₃ (silicato de sodio)	Kg	20,0
	DTPA (estabilizante blanqueo)	Kg	1,0
	Otros	Kg	5,0
Agua		m ³	3,0
Energía eléctrica	Consumo de energía	KWh	1985
Combustible (secado)	Gas Natural	GJ	3,0

Fuente: Tesis "Producción de Pulpa de Madera BCTMP", Hugo Chaikh, Universidad del CEMA, 2007.

Tabla 129. Industria Papelera. Insumos de un proceso CTMP típico

El siguiente diagrama ilustra un flujo típico del un pulpado de alto rendimiento, como por ejemplo el pulpado quimio-termo-mecánico.

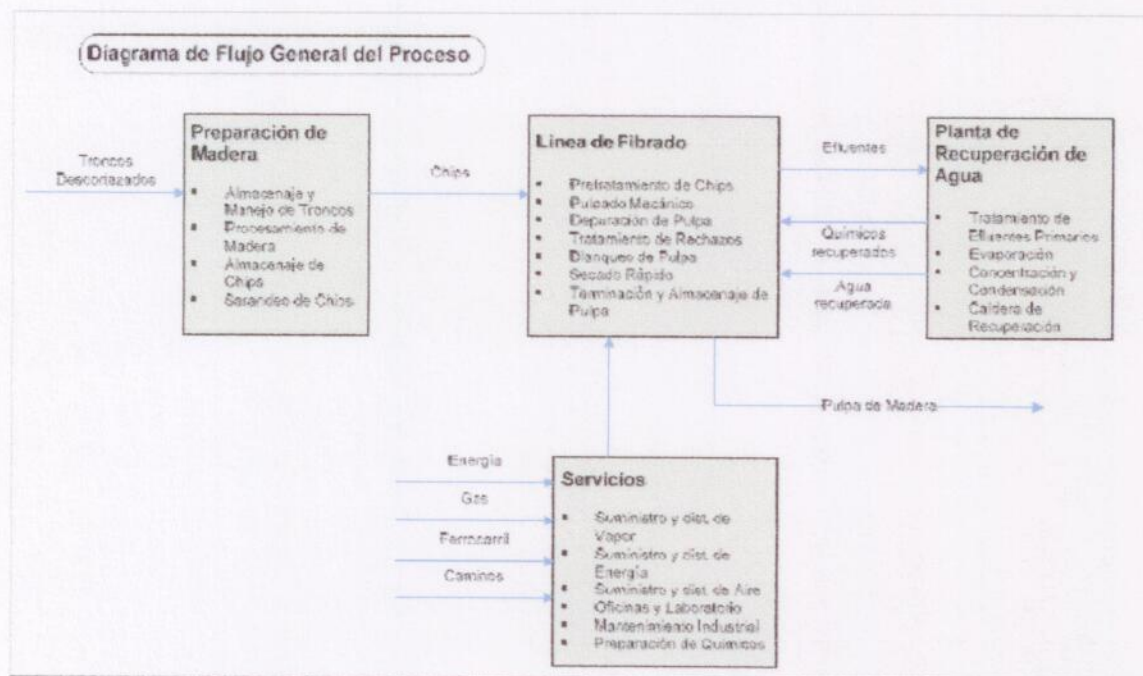


Ilustración 63. Industria Papelera. Diagrama de flujo de pulpado quimiotermomecánico (CTMP)

Pulpado Químico

Los *pulpados químicos* conllevan la disolución selectiva de alrededor de la mitad del material inicial (la mayoría de la lignina y parte de los carbohidratos), y el pulpado en sí mismo implica transformaciones químicas de la madera. Existen dos variantes del pulpado químico principales: el pulpado Kraft o alcalino (el más ampliamente utilizado en el mundo), y el pulpado al sulfito o ácido (utilizado para la manufactura de ciertos productos especiales). Durante el pulpado químico, la madera se cuece con productos químicos adecuados en solución acuosa a temperaturas y presiones elevadas. Estos métodos eliminan la mayor parte de la lignina; pero también degradan una cierta cantidad de celulosa y hemicelulosa, por lo que el rendimiento en pulpa es bajo (40-50%).

- Proceso "al sulfito": se utiliza una mezcla de ácido sulfuroso con ion bisulfito para atacar y solubilizar la lignina. Las pulpas "al sulfito" son más claras que las pulpas Kraft y pueden blanquearse con mayor facilidad, pero los papeles son más débiles que sus equivalentes Kraft, aunque de mejor opacidad y acabado más suave y uniforme, lo cual facilita una impresión de mejor calidad. Este proceso no está tan difundido en el mundo como el método Kraft por no contar con un sistema rentable de recuperación de reactivos.

- Pulpado Kraft: El objetivo principal del pulpado Kraft es separar químicamente las fibras de la madera disolviendo la lignina presente en la lámina media. El proceso Kraft ha llegado a ocupar una posición dominante en el mundo (80% de la producción mundial) debido a la calidad superior de sus pulpas (poseen elevadas resistencias y se aplican a cualquier materia prima) y su eficiente sistema de recuperación de reactivos químicos, con producción simultánea de energía.

La pulpa Kraft produce papeles resistentes y de blancura permanente. La pulpa cruda (sin blanquear), caracterizada por un color marrón oscuro, se utiliza en papeles bolseros (de azúcar, cemento, etc.) y cartones para embalajes. La pulpa blanqueada se utiliza para papeles que deben permanecer inalterables en el tiempo, como los papeles para libros de alta calidad, o, en el caso de la pulpa de fibras largas, como pulpa de refuerzo.

El proceso Kraft consiste en dos ciclos fundamentales: el proceso de pulpado (con hidróxido de sodio y sulfuro de sodio), y el proceso de recuperación de químicos. El proceso de pulpado consiste en la cocción de los chips, y el lavado posterior de la pulpa, en la que se separa el licor negro que contiene los químicos inorgánicos residuales, y los materiales disueltos de la madera. El proceso de recuperación consiste en una serie de etapas, que comienzan con el quemado del licor negro en una caldera donde se genera energía (a partir de la materia orgánica que contienen), y se recuperan los químicos originales para ser recirculados a la etapa de cocción.

Durante este proceso, las operaciones típicas de una planta de pulpado químico alcalino incluyen:

- Patio de maderas.
- Línea de pulpa marrón.
- Planta de blanqueo.
- Línea de secado.
- Línea de recuperación de químicos y energía.
- Área de evaporadores.
- Caldera de recuperación.
- Caustificación y horno de cal.
- Caldera de biomasa.
- Sistema de recolección de gases y abatimiento de olores.
- Recolección de derrames y sistema de recirculación.
- Planta de tratamiento de agua.
- Aguas pluviales.
- Planta de tratamiento de efluentes.

El siguiente esquema ilustra un ciclo típico de un proceso de pulpado Kraft:

Tipología	Área de utilización	Consumo promedio (kg/ADt)	Consumo promedio anual (t/año)	Medio normal de transporte
Fuel Oil	Horno de cal / Calderas	45	58.500	Marítimo
Hidróxido de Sodio	Línea de Fibra / Calderas	34,7	45.500	Marítimo / Terrestre
Oxígeno	Línea de Fibra	29	38.000	Generación en el sitio
Acido Sulfúrico	Línea de Fibra / Planta de dióxido de cloro	22,2	29.000	Marítimo / Terrestre
Piedra Caliza	Caustificación	20	26.000	Marítimo / Terrestre
Clorato de Sodio	Planta de dióxido de cloro	15,8	20.500	Marítimo / Terrestre / Generación en el sitio
Peróxido de Hidrógeno ⁽¹⁾	Línea de Fibra / Planta de dióxido de cloro	10,9	14.000	Marítimo / Terrestre / Generación en el sitio
Dióxido de Cloro	Línea de Fibra / Tratamiento de aguas	9,3	12.000	Generación en el sitio
Talco	Línea de Fibra	2,0	2.600	Marítimo / Terrestre
Sulfato de Magnesio	Línea de Fibra	2,0	2.600	Marítimo / Terrestre
Metanol ⁽¹⁾	Planta de dióxido de cloro	1,7	2.250	Marítimo / Terrestre
Urea ⁽²⁾	Tratamiento de efluentes	0,6	850	Marítimo / Terrestre
Acido fosfórico ⁽²⁾	Tratamiento de efluentes	0,03	40	Marítimo / Terrestre

Tabla 130. Industria Papelera. Insumos representativos de una planta a gran escala

Fuente: Resumen Informe Ambiental, Fábrica de Celulosa, Energía Eléctrica e Instalaciones Portuarias en la Republica Oriental del Uruguay, CEPP, ZFPP, Octubre 2010

Parámetros	Valores	Unidades
Energía consumida	529	kWh/ADt
Generación potencial de energía	999	kWh/ADt
Exceso potencial de energía	470	kWh/ADt

Tabla 131. Industria Papelera. Valores estimados de potencia consumida y generada de una planta a gran escala

Fuente: Resumen Informe Ambiental, Fábrica de Celulosa, Energía Eléctrica e Instalaciones Portuarias en la Republica Oriental del Uruguay, CEPP, ZFPP, Octubre 2010

Parámetros	Carga media anual esperada a largo plazo		Carga máxima del promedio mensual (m³/d o kg/d)
	m³/ADt o kg/ADt	m³/d o kg/d	
Caudal ⁽¹⁾	25	102.010	118.332
DBO ₅ total	< 0,6	2.448	4.080
DQO total	< 9	36.724	47.741
SST	< 0,9	3.672	6.937
AOX	< 0,15	< 612	816
Nitrógeno Total	< 0,2	816	1.300
Fósforo Total	< 0,035	143	224

Tabla 132. Industria Papelera. Características de la descarga de la planta de tratamiento de efluentes de una planta a gran escala

Fuente: Resumen Informe Ambiental, Fábrica de Celulosa, Energía Eléctrica e Instalaciones Portuarias en la Republica Oriental del Uruguay, CEPP, ZFPP, Octubre 2010

El siguiente diagrama ilustra un flujo típico del un pulpado químico o de bajo rendimiento, como el pulpado Kraft:

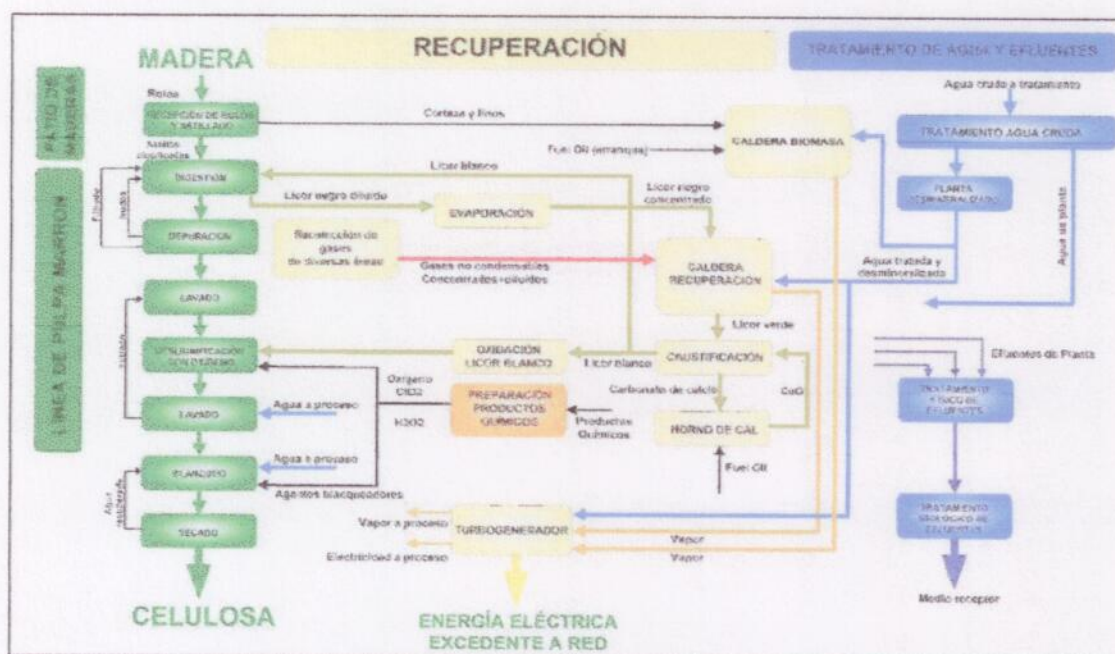


Ilustración 65. Diagrama de Flujo de Pulpado Químico Kraft Blanqueado

Fuente: Resumen Informe Ambiental, Fábrica de Celulosa, Energía Eléctrica e Instalaciones Portuarias en la Republica Oriental del Uruguay, CEPP, ZFPP, Octubre 2010.

Fabricación del Papel

Se entiende por papel a una hoja afieltrada de fibras formada sobre un tamiz fino a partir de una suspensión acuosa.

Luego del proceso de pulpado, las fibras lignocelulósicas atraviesan una serie de operaciones que conforman el proceso de fabricación del papel.

Entre estas etapas, se pueden mencionar:

1) Preparación de las pastas, que incluye los procesos de:

a. Desintegración y despastillado

b. Refinación

c. Mezcla de Aditivos

d. Depuración

2) Formación de la hoja en la mesa de fabricación

3) Prensado en húmedo

4) Secado

5) Estucado

6) Acabado del papel

a. Calandrado

b. Bobinado

c. Cortado

El desarrollo de este proceso se presenta en la siguiente ilustración:

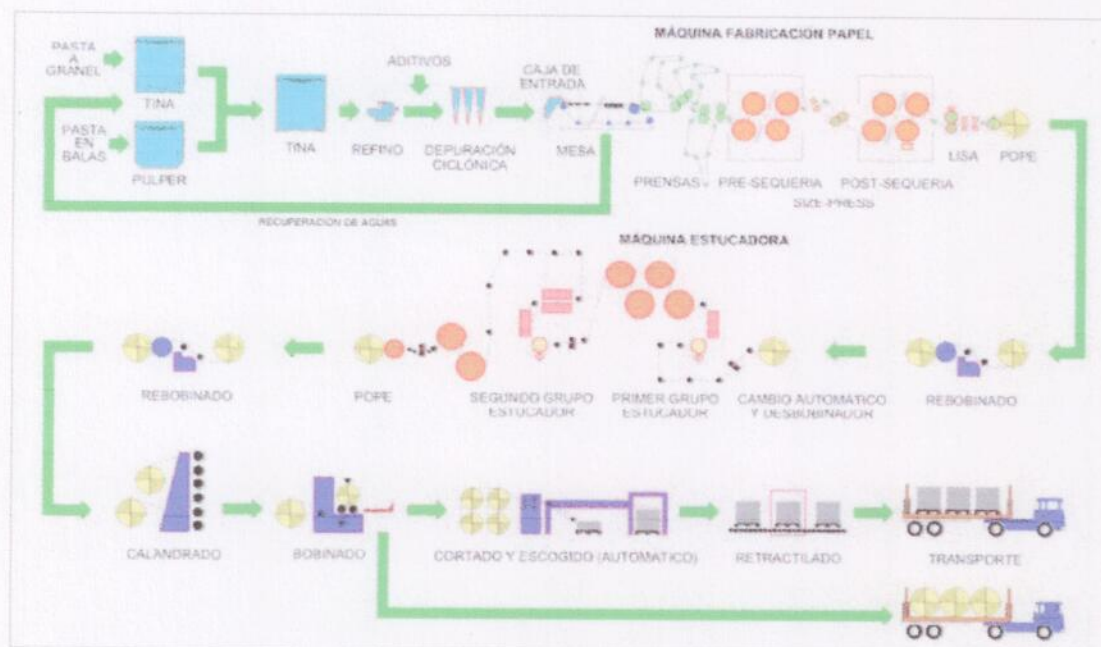


Ilustración 66. Etapas en la fabricación del papel

Fuente: Formación del Papel, Torrapapel S.A., Barcelona, España

Durante la etapa de preparación, la pasta que normalmente viene en forma de pulpa seca prensada debe ser desintegrada mecánicamente de manera de poner a las fibras en suspensión en agua. Una vez logrado este paso, ocurre el refinado, que es la operación mediante la cual se modifica la morfología de las fibras y su estructura físico-química por acción mecánica, siempre en un medio acuoso. Para lograr las características deseadas en el papel, pueden añadirse productos denominados aditivos y auxiliares, tales como carbonato de calcio, caolín, etc. Finalmente, durante la etapa final de preparación, se procede a la fase de depuración, con el objetivo de llevar un control de los elementos que pasan a formar parte de la hoja. Los objetivos principales de la depuración son obtener un papel limpio, sin manchas, y evitar roturas y desgastes en la fabricación.

Una vez que la pasta se ha acondicionado correctamente, la suspensión fibrosa ingresa en la máquina de papel, en donde se realiza la formación de la hoja. Es en la mesa de fabricación donde se realiza el desagote de agua (tanto por gravedad como

por vacío) y la hoja se conforma. Cuando la hoja deja la mesa de fabricación posee aproximadamente un 20% de contenido de fibras.

Luego prosigue el prensado, donde se hace pasar la hoja de papel en contacto con un fieltro entre dos rodillos para eliminar parte del agua mecánicamente y consolidar la hoja, hasta llegar a un contenido de fibras del 40%.

A continuación, el secado pretende reducir el contenido de agua de la hoja hasta quedar aproximadamente con un 5% de humedad. Es la sección más voluminosa de la máquina de papel y la operación más costosa, y se lleva a cabo por medio de cilindros que utilizan en su interior vapor recalentado para extraer la humedad del papel.

Durante el estucado se cubre la superficie del papel o cartón con una mezcla de componentes en estado líquido para darle a la hoja características superiores.

Luego se procede al calandrado, operación que se realiza para mejorar el acabado superficial de la hoja y cuyo objetivo es uniformizar la superficie y el espesor del papel y aumentar su brillo, así como también las propiedades ópticas en general.

Finalmente, la hoja de papel es enrollada en una gran bobina, la que luego se debobina en bobinas menores, las cuales serán sometidas a la operación de cortado para darle un formato establecido.

XIV.B. Indicadores productivos y económicos de la industria papelera

XIV.B.1 Situación Internacional

El consumo mundial de fibras fue 382,4 millones de toneladas en 2009. Un 52,4% de este consumo correspondió a fibra reciclada, lo que equivale a poco más de 200 millones de toneladas. El consumo de pulpa maderera representó un 42,2% o 161,3 millones de toneladas en 2009. El resto, alrededor de un 5% del total correspondió a pulpa no maderera (20 millones de toneladas)⁶⁶.

Globalmente, las plantas de celulosa más modernas y de mayor tamaño se encuentran en Chile, Brasil, Finlandia, Alemania e Indonesia.

XIV.B.2 Situación Nacional

En el país, la industria de la celulosa y el papel está representada por alrededor de diez empresas como principales productoras de pasta celulosa, junto a una gran cantidad de empresas productoras de papel. Siete de las empresas productoras de pasta poseen sus procesos integrados, es decir, son productoras de pasta celulosa y papel, en tanto que algunas de ellas poseen también sus propias plantaciones.

En la tabla siguiente se presenta la producción de pasta y papel para el año 2007.

⁶⁶ RISI "Información económica sobre la industria de productos forestales" (www.risiinfo.com)

Producción Total	2.704.880 ton
Pasta	937.810 ton
Papel	1.767.070 ton

Tabla 133. Producción total de Pasta y Papel en la Republica Argentina (2007)

Fuente: Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel (A.F.C.P) www.afcparg.org.ar

La materia prima utilizada para la producción de pasta es, en mayor medida, madera de bosque implantado. Sin embargo, no toda esta madera proviene de bosques certificados.

En algunas zonas del país en las que se produce caña de azúcar, como en el NOA, el residuo del proceso (bagazo) es utilizado para la fabricación de pasta celulosa. La diferente contribución de cada materia prima al volumen producido se refleja en la tabla siguiente.

Total del Pastas	937.810 ton
Pastas de madera	807.058 ton
Otras Fibras	130.752 ton

Tabla 134. Producción de pasta celulósica en la Argentina según materia prima (2007)

Fuente: Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel (A.F.C.P) www.afcparg.org.ar

Cuando se adicionan a las empresas pasteras aquellas que producen productos de papel, se alcanza un universo de más de un centenar de empresas, que constituye el sector industrial completo. Su producción alcanzó un valor bruto de \$5.209.711.000 para el año 2002, según datos de la Encuesta Industrial del INDEC.

La siguiente figura muestra la ubicación de las principales empresas pastero-papeleras en el país.



Ilustración 67. Diez principales empresas del sector pastero papelerero en Argentina

Fuente: "Educar para un desarrollo forestal sostenible", Ministerio de Cultura y Educación. Ministerio del Agro y la Producción.
 Provincia de Misiones, Argentina

Las exportaciones del complejo celulósico papelerero de la Argentina en el año 2009 representaron alrededor del 1% de las exportaciones totales del país, siendo el principal destino de las mismas los países del Mercosur (43%). Papel, cartón y pastas celulósicas concentraron el 60% del total de las exportaciones forestales en dólares y el 40% en toneladas.

Productos Forestales	Millones de Dólares	Participación Porcentual	Toneladas	Participación Porcentual
TOTAL	857,2	100,0	1.264.473,2	100,0
Extractos curtientes	41,1	4,8	36.813,2	2,0
Maderas, carbón	243,9	28,4	703.988,2	55,7
Pastas de madera	129,1	15,1	249.686,1	19,7
Papel y Cartón	389,9	45,5	257.132,6	20,3
Muebles	14,4	1,7	3.346,3	0,3
Resto	38,9	4,5	13.506,8	1,1

Fuente: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Comercio Exterior de Productos Forestales 2009.

Tabla 135. Argentina. Exportaciones de los principales productos forestales. Año 2009

XIV.B.3 Situación en la Provincia de Buenos Aires

La Provincia de Buenos Aires se encuentra entre las principales zonas con desarrollo de actividad foresto industrial del país, junto a las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos.

El recurso forestal provincial se compone de aproximadamente 100.000 hectáreas totales de bosques cultivados, las cuales se concentran mayoritariamente en la región del Delta bonaerense del río Paraná y en la región sudeste, con unas 58.000 hectáreas de salicáceas y unas 17.000 hectáreas de eucaliptus y pinos respectivamente. En el resto de la provincia, hay pequeños emprendimientos productivos destinados a abastecer industrias ya instaladas y a forestaciones de protección funcionales a la actividad agropecuaria.

Núcleo Delta

Es uno de los núcleos de mayor importancia forestal del país, ubicado sobre el delta del río Paraná, de características geográficas especiales, y constituido por largas islas fluviales rodeadas de brazos del río. Las islas suelen estar formadas por un albardón o terraplén en su periferia y una laguna en su interior. El hecho de formar parte del lecho del río le da una ventaja excepcional en cuanto a que están irrigadas todo el año y exentas de heladas, y una desventaja periódica que son las inundaciones.

Para evitar esto último, la parte sur del Delta -que es la más desarrollada- tiene trabajos de levantamiento de los albardones, caminos y puentes para las tareas forestales. En

el Delta se plantan salicáceas, familia botánica de los sauces y los álamos, que se dan bien en zonas higrófilas. Es la plantación más grande de salicáceas del mundo.

Estos árboles poseen algunas ventajas relativas que los hacen muy útiles como materia prima papeleras: son de rápido crecimiento en suelos poco aptos para muchas otras plantas; crecen de estacas y gajos, por lo que su mejoramiento es sencillo, y poseen una madera blanda y esencialmente clara que permite elaborar pulpas de blancos aceptables sin blanqueo, o en una sola etapa. Como contrapartida son fácilmente atacados por hongos

Núcleo del Sudeste de la Provincia de Buenos Aires

Abarca la región de las sierras de Balcarce y Tandil, con la zona comprendida entre ellas y la costa. Como en todo el centro y sur del país, en esta zona existieron plantaciones en cortinas paravientos desde fines del siglo XIX, conformadas por especies de *Eucalyptus*, principalmente *camaldulensis*, *tereticornis* y *globulus*. Debido a los altos costos de la madera en el hemisferio norte, y a la presión ambientalista para no cortar más los bosques naturales, algunos países con alta producción papeleras y déficit en la provisión de madera al mercado interno buscaron en los mercados internacionales materia prima con costos accesibles y calidad aceptable. Esto ha fomentado las plantaciones de considerables extensiones de *Eucalyptus*, con mejoramientos genéticos adecuados a la fabricación de papel, y con una buena perspectiva para destino de exportación.

La Provincia de Buenos Aires posee uno de los más altos índices de producción en cuanto a radicación industrial. Si bien la foresto industria abarca diferentes sectores, el presente estudio se focaliza en la principal industria de transformación química de la madera, como lo es el sector pastero-papeleros. Según datos relevados en el periodo 2004/2005, la producción de pulpa y papel en la provincia empleaba alrededor de 8.000 personas en forma directa y otras 4.000 de manera indirecta.

Las tablas a continuación detallan la evolución de la producción de *papeles* (periódico y para otros usos) en el país y en la Provincia de Buenos Aires entre los años 2000 y 2005.

Año	Producción Papel Periódico (ton)	Producción Papel Otros Usos (ton)
2000	170.410	1.043.708
2001	183.352	1.045.561
2002	171.483	1.036.296
2003	185.350	1.208.611
2004	183.471	1.323.288
2005	198.485	1.392.882

Fuente: Ministerio de Economía de la Provincia de Buenos Aires. Dirección Provincial de Estadística. Estadísticas de Productos Industriales de la Provincia de Buenos Aires, Agosto 2006.

Tabla 136. Evolución de la producción papelera en la República Argentina. Período 2000-2005

Año	Producción Papel Periódico (ton)	Producción Papel Otros Usos (ton)
2000	166.596	229.035
2001	164.953	217.384
2002	155.784	207.808
2003	162.022	254.858
2004	168.603	270.005
2005	170.382	304.879

Ministerio de Economía de la Provincia de Buenos Aires. Dirección Provincial de Estadística. Estadísticas de Productos Industriales de la Provincia de Buenos Aires, Agosto 2006.

Tabla 137. Evolución de la producción papelera en la provincia de Buenos Aires. Período 2000-2005

Al comparar ambas tablas se demuestra el peso relativamente importante que tiene la Provincia de Buenos Aires en la manufactura de papel para diarios, ya que la contribución provincial al total nacional supera en la mayoría de los casos el 85% en este rubro.

La Provincia de Buenos Aires cuenta con un grupo de empresas importantes en el sector pastero paplero, cuyas características se destacan a continuación.

XIV.C. Papel Prensa S.A.

Su planta industrial, fundada en el año 1978, se encuentra emplazada en la localidad de San Pedro. Abastece de papel periódico a la mayoría de los diarios del país, incluyendo a los líderes Clarín y La Nación. El 85% de su materia prima proviene de plantaciones forestales de la zona del Delta del Paraná. Produce papel para diarios a partir de salicáceas (sauces y álamos), que se desarrollan en forma excelente tanto en

la región del Delta como en la Pampa Húmeda. El complejo industrial se ubica dentro de un predio de 150 hectáreas, representado por un conjunto de edificios e instalaciones que cubre una superficie de 40.000 metros cuadrados. El pabellón principal, donde se aloja la máquina elaboradora de papel, mide 250 metros de largo, sus estructuras demandaron aproximadamente 20.000 toneladas de hormigón armado, e insume 1.500.000 horas/hombre anuales de trabajo sin interrupción.

Consume anualmente 360.000 toneladas de madera por año y más de 300.000.000 Kw/h de energía. Utiliza como materias primas pasta química (fibra larga obtenida de coníferas) y pasta quimimecánica (fibra corta, de salicáceas), lo que permite producir aproximadamente 170.000 toneladas de papel por año, que son fabricadas a partir de 141.000 toneladas de pasta quimimecánica, 15.000 toneladas de pasta de papel reciclado producidas en la planta, y 14.000 toneladas de pasta química Kraft.

La carga de madera se recibe en la planta por vía fluvial (barcazas) o terrestre (camiones). La descarga se realiza por medio de grúas. Luego se pesa y se almacena en una playa que sirve como "pulmón" para asegurar la continuidad operativa. Desde la playa se la conduce por cinta transportadora hasta un descortezador en seco, el cual permite disminuir los consumos de agua. Tras estas operaciones, el tronco del árbol es trozado en pequeñas astillas (chips). Las astillas se impregnan con soda cáustica y sulfito de sodio, para facilitar de ese modo la posterior separación de las pequeñas fibras (1 mm de largo) en la etapa de refinación.

El proceso continúa en los refinadores, que es donde se produce el mayor consumo de energía eléctrica (65% del consumo total de la planta). Luego, los depuradores se encargan de eliminar las impurezas de la madera refinada o pasta quimimecánica. Antes de ser almacenada, la pasta se blanquea con peróxido de oxígeno para asegurar una blancura uniforme del papel, de acuerdo con las normas internacionales.

La mezcla de pasta pasa por la máquina de fabricación de papel, construida por la empresa Valmet Oy, de Finlandia, y modernizada recientemente por la empresa Voith Sulzer, la cual produce una hoja continua de papel a más de 1.000 metros por minuto, con un peso de 48,8 gramos por metro cuadrado y un ancho de 770 cm. Así finaliza en una gran bobina de 17 toneladas, que a su vez pasa a la máquina bobinadora, donde

es desenrollada, cortada y puesta en bobinas de acuerdo con los requerimientos de las plantas impresoras. Se produce papel destinado a la impresión de periódicos, para lo cual se ha adaptado el proceso utilizado a fin de lograr las características técnicas que ese tipo de impresión requiere. Dentro del mercado argentino, Papel Prensa S.A. abastece las necesidades de papel de la mayoría de los diarios, cubriendo más del 70% de la demanda interna

En cuanto al uso del agua, se han realizado modificaciones y mejoras en los circuitos de agua para posibilitar su reutilización; de manera que requiere alrededor de 30 m³ de agua fresca por tonelada de papel. El agua que se utiliza proviene del Río Baradero, el que a su vez recibe los efluentes generados. Estos últimos son tratados en un sistema que comprende una etapa de tratamiento primario (sedimentación mecánica) y una de tratamiento secundario, consistente en lagunas de aireación, que permiten tratar el efluente retenido y lograr que la materia orgánica disminuya a valores acordes a la normativa vigente sobre medio ambiente.

En el punto de descarga de efluentes en el río, las aguas clarificadas del agua de río se descargan conjuntamente con los efluentes industriales y cloacales (mediando permiso de la autoridad local). El depósito de lodos se deriva a la empresa Recycomb S.A. - ubicada en la localidad bonaerense de Uribelarrea- para su uso como combustible alternativo. En cuanto a las lagunas aireadas, la primera posee 13 aireadores en marcha, de 75 HP cada uno, y la segunda 8 aireadores.

Los monitoreos operativos de la planta de tratamiento de efluentes han arrojado registros a la salida del tratamiento de efluentes de DBO en promedio de 200-300 mg/l, y DQO 1000-1500 mg/l. La empresa ha certificado y renovado la norma ISO 9001.

XIV.D. Papelera Massuh

La empresa nació en 1948 como una fábrica de envases de alta tecnología para la industria harinera, azucarera y jabonera en el partido de Quilmes. En 1971 se instala como fábrica de pasta semi química, con plantaciones en el Delta, y más tarde en la provincia de Corrientes.

Hoy Papelera Massuh tiene cuatro plantas industriales: dos en la Provincia de Buenos Aires (la División Celulosa y Papel, en Quilmes, y la División Papeles Especiales, en San Justo) y dos en el Parque Industrial de San Luis.

En la actualidad la empresa está dedicada a la producción de celulosa semi-química (sulfito neutro), de alto rendimiento, TCF (blanqueo libre de cloro), para la producción de papel blanco para impresión, y producción de papel marrón (tipo onda liner) con fibra reciclada. Para ello dispone de seis establecimientos forestales con 10.000 hectáreas cultivadas de *Eucaliptus grandis*.

Massuh cuenta con una capacidad instalada teórica de 180 t/d (probada de 160 t/d), pero que se limita a 130 ton/día debido fundamentalmente a la capacidad operativa actual de la planta de tratamiento de efluentes, y las limitaciones de vertido exigido por la autoridad local. La producción actual de celulosa no es suficiente para permitir la exportación de pasta. Al presente, la empresa sólo cubre la demanda interna para producción de papel propia. Además de mejoras previstas a corto plazo en el sistema de tratamiento de efluentes, la empresa se encuentra estudiando la posibilidad de suprimir a futuro la producción de papeles marrones, ampliando la producción de blancos. Esto reduciría la carga orgánica de los efluentes totales a tratar. En cuanto al sistema de energía, la empresa cuenta con dos calderas de alta presión (de 44 kg/cm² cada una), y dos de baja presión (10 kg/cm² y 16 kg/cm²). Las cuatro admiten la posibilidad de operar con gas natural, y con fuel oil como combustible alternativo. Actualmente se consume energía de red, y las turbinas de generación a partir de vapor no se encuentran operativas.

El sistema de tratamiento de efluentes consiste en una primera segregación del efluente de licor negro que se concentra por evaporación, con una producción de 39 ton/día para la producción de lignosulfonatos (concentrados al 45 %) y alrededor de 17 ton/día de lignosulfonatos de sodio sólido (sistema spray). La producción del licor concentrado puede variar de acuerdo a la demanda de venta. Los lignosulfonatos se comercializan para distintas aplicaciones, entre las que cabe mencionar la industria cementera, la producción de alimentos balanceados, y la industria del petróleo.

El resto de los efluentes de licor diluidos se derivan al sistema de tratamiento de efluentes consistente en: clarificador-floculador, pileta de emergencia (para un eventual by-pass), laguna aireada (de 2,5 hectáreas de superficie), con 4 aireadores de inyección de oxígeno líquido, 10 aireadores de inducción, y 14 aireadores rápidos de flujo vertical. La laguna tiene un tiempo de residencia de 7 días. Los lodos purgados de la laguna son comercializados por su alto contenido de fibra a la empresa Kartonsec, que manufactura chapas fibroasfálticas. En caso de interrupciones imprevistas en esta cadena de comercialización existe la posibilidad de recurrir al relleno sanitario CEAMSE para la disposición de los mismos en celdas especiales.

Bajo asesoramiento del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), y con el objeto de mejorar la eficiencia de las lagunas, se han desarrollado mejoras que incluyen la reubicación de aireadores (con incorporación de 18 aireadores más) para transformar el 50 % de la laguna en un sistema de aireación de mezcla completa, y el resto en laguna de estabilización y posterior sedimentación. Paralelamente se está encarando el montaje de una planta piloto de lodos activados para la reducción de la carga orgánica por oxidación.

XIV.E. Kimberly Clark S.A.

La empresa es una compañía líder en la producción y desarrollo de productos para la higiene y la salud de los individuos dentro del mercado de consumo masivo. La firma comercializa marcas tales como Days, Huggies, Scott, Kleenex y Plenitud a partir de pulpa fluff.

En Argentina Kimberly-Clark inició sus operaciones al comienzo de la década del '90. En la actualidad emplea a más de 1.200 personas y cuenta con tres plantas de producción, ubicadas dos de ellas en la Provincia de Buenos Aires, en Pilar y Bernal, y la restante en la provincia de San Luis.

La planta de Pilar se localiza en el Parque Industrial de esa localidad, sobre un terreno de más de 17 hectáreas, con una ubicación estratégica cercana al puerto, lo que permite un fácil acceso a las materias primas y productos terminados importados y a exportar. La actividad productiva está dedicada a los negocios de protección femenina y pañales para adultos, contando actualmente con seis máquinas de tecnología de

punta, procesos automáticos y semiautomáticos en toda la línea, y capacidad de reciclar el 94% de los desperdicios.

La operación industrial ubicada en la localidad de Bernal ocupa un predio de 66.000 m² estratégicamente ubicado cerca de los principales puntos de venta y con una muy buena red de caminos. Aquí Kimberly-Clark produce -a partir de papel tissue- distintos tipos de productos: papel higiénico, rollos de cocina, papel para faciales, servilletas, papel para pañales, entre otros; bajo las marcas Kleenex y Scott. La planta cuenta con la posibilidad de utilizar fibras recicladas.

Las instalaciones han sido totalmente renovadas y posee máquinas de conversión de última tecnología. Abarcan distintos sectores de servicios y de procesos: sector de ingreso de materia prima, máquina de pulpado, sistema de clarificador DAF, de tratamiento y recuperación de fibra, depuradores y prensa, el sector de químicos, máquina de papel, y bobinados, además de sectores de acopio de residuos

La empresa no realiza destintado, y el pulpado se realiza directamente con agua, usando en ocasiones soda cáustica para evitar empaste. La gestión de químicos está tercerizada a la empresa Hércules, que realiza el suministro de los mismos. Esta empresa realiza el control de calidad y dosificación de los insumos. Además posee un laboratorio de calidad.

En cuanto al tratamiento de efluentes, el único sistema de tratamiento es la planta DAF, con el que se logran límites de descarga a sistema de desagüe mixto por debajo de lo normado para este sistema. El destino de los barros del proceso ha sido el relleno sanitario, pero la empresa está analizando la posibilidad de derivarlos a la fabricación de ladrillos.

XIV.F. Papelera del Plata

Es una empresa con una antigüedad de 70 años en el país, que emplea a más de mil personas, y que se dedica a la fabricación, conversión y comercialización de papel tissue (marcas Elite, Higienol, Sussex), fabricación y comercialización de pañales descartables y toallas húmedas para bebés (marca BabySec), comercialización de pañales para adultos (Cotidian), fabricación y comercialización de toallas femeninas y protectores diarios (Ladysoft), y a la recuperación y reciclado de papeles para la

obtención de fibras celulósicas destinadas a la fabricación de papel tissue. Las fibras recicladas constituyen aproximadamente el 80% de la materia prima de estos productos.

Ha invertido 80 millones de dólares en 1994 en la construcción de una planta en Zárate y actualmente posee 2 máquinas, que producen más de 120 mil toneladas anuales. Posee una planta de tratamiento de efluentes (primario y lagunas aireadas), y tratamiento de los lodos mediante biodegradación por técnica de "bio-pile".

XIV.G. Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

XIV.G.1 Consideraciones Metodológicas

La metodología de cálculo y modelización se basó en las guías "Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero".

Los Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero se detallan en la tabla a continuación y corresponden al IPCC - SAR 2:

Gas	Fórmula	Potencial de Calentamiento
CO ₂	CO ₂	1
Metano	CH ₄	21
Oxido Nitroso	N ₂ O	310

Tabla 138. Industria papelera. Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero

En aquellos casos en los que fue posible, se estimaron las emisiones asociadas a la obtención de las materias primas para poder completar el análisis de ciclo vida del producto.

Las emisiones han sido estimadas por unidad de producto y luego, si se cuenta con información estadística, se han estimado las emisiones netas.

XIV.G.2 Factores de emisión – Datos Estadísticos

Se han recopilado y seleccionado en función de las características de las actividades analizadas, empleándose los factores de menor incertidumbre, disponibles en el país o

de literatura científica internacional. Los documentos utilizados para la elaboración de los factores de emisión y los cálculos fueron:

“Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”⁶⁷.

Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático – Informe Final. Buenos Aires. Año 2007⁶⁸.

Approved consolidated baseline and monitoring methodology ACM0017-Production of biodiesel for use as fuel - Version 01.1 de la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL)⁶⁹.

Capítulo de Industria Petroquímica del presente estudio.

XIV.G.3 Consumo de Vapor

En este caso, según las características propias del proceso productivo, el vapor necesario es generado en su totalidad en base a la combustión del licor negro concentrado. Cabe aclarar que no se han considerado las emisiones generadas por la quema de licor, como así tampoco la existencia de excedente de energía eléctrica.

⁶⁷ <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

⁶⁸ <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1124>

⁶⁹ <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/WENY1VXSSZHD73WYG3RXX8KNAICCAT>

XIV.G.4 Materias Primas e insumos

Se consideraron los datos de actividad y las materias primas correspondientes a la explicación del proceso productivo.

No se contemplaron emisiones asociadas a la producción y transporte de las materias primas. Respecto a los insumos se consideraron las emisiones correspondientes a la producción solo de aquellos productos para los cuales se contaba con información.

XIV.G.5 Electricidad

El factor de emisión de la red eléctrica (0,351 KgsCO₂eq/KWh) se obtuvo de la Dirección Nacional de Prospectiva - Secretaría de Energía. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Extraído de Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible SAYS - 2010⁷⁰.

En el caso del proceso Kraft se consideró que la energía es generada a partir de la biomasa y subproductos propios del proceso. No se consideraron ventas de energía a la red.

XIV.G.6 Tratamiento de Efluentes

Como ha sucedido en otras industrias analizadas, ante la ausencia de información específica del sector, se han utilizado valores de referencia internacionales especificados en las Guías del IPCC (Volumen 5, Capítulo 6: Tratamiento y eliminación de aguas residuales, ecuación 6.5. Cuadro 6.8. Ecuación 6.6. Cuadro 6.9).

⁷⁰ <http://www.ambiente.gob.ar/default.asp?IdArticulo=456>

Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)					
Proceso	Materias Primas (*)	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Pulpado Mecánico (CTMP)	29	888	-	6.124	7.040
Pulpado Químico (Kraft)	42	156	-	6.124	6.322

(*) No se consideraron las emisiones correspondientes a la producción primaria.

Tabla 139. Industria papelera. Emisiones de GEIs por tratamiento de efluentes

XV. INDUSTRIA LÁCTEA

XV.A. Introducción

La cadena láctea conforma uno de los complejos más importantes y activos a nivel nacional por su distribución geográfica y su dinámica. La evolución de la producción nacional estuvo ligada al consumo interno hasta la década del 90, etapa en la que las exportaciones comienzan a tener un peso relativo importante. La industria láctea desarrolla en estos años una fuerte estructura vinculada a la expectativa exportadora a partir de la demanda de Brasil de productos lácteos, principalmente leche en polvo. A partir del año 2002 se produce una importante retracción de la producción vinculada a la retracción del consumo interna y la caída de las exportaciones. Para ese mismo año se alcanzó apenas a superar los 8.000 millones de litros de leche, y se producía el cierre de tambos y el pasaje a la producción de granos por los atrayentes márgenes de la actividad granaria, proceso vinculado principalmente a la expansión del cultivo de soja.

A partir de mediados del año 2003 la producción láctea comienza un período de recuperación a través de una mejora significativa de la relación entre el precio de la leche y los concentrados, pero persiste la tendencia en la disminución de los establecimientos tamberos a un ritmo muy inferior. Para el año 2006, la cantidad estimada de tambos fue de 12.500 con una producción anual de leche cruda de 10.161 millones de litros. En el año 2008, según la FAO, la Argentina ocupa el segundo lugar como productor de leche en Sudamérica luego de Brasil. Para el año 2010 la cantidad de tambos que componen la producción primaria nacional ha permanecido estabilizada respecto al año 2006 y la producción creció a 10.300 millones de litros.

XV.B. La producción primara de leche

Las principales cuencas lecheras del país se desarrollan sobre la región Pampeana y su delimitación obedece la dinámica de producción, industrialización y distribución de la cadena láctea. Se distinguen un total de 12 cuencas lecheras en todo el país distribuidas en las provincias de Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa y Buenos Aires. Las cuencas lecheras del territorio nacional son: Noreste de Córdoba, Villa María (Córdoba), Córdoba Sur, Centro de Santa Fe, Sur de Santa Fe, Entre Ríos, Abasto

Norte de Buenos Aires, Abasto Sur de Buenos Aires, Oeste de Buenos Aires, Mar y Sierras Buenos Aires, La Pampa Centro Norte y La Pampa Sur. De los 12.500 tambos que constituyen el rodeo nacional, la provincia de Buenos Aires participa con 2.626 tambos, lo cual representa aproximadamente el 21% de los establecimientos tamberos de la Argentina⁷¹. La producción primaria de leche en la Provincia de Buenos Aires evidencia períodos de contracción y crecimiento similares a los descriptos a escala nacional. Para el año 2009, la provincia alcanzó una producción anual máxima de 2.259 millones de litros, luego de la fuerte contracción registrada en los años 2002 y 2003. Para los años subsiguientes la producción anual alcanzó y superó los niveles registrados sobre fines de la década del 90'. La producción anual provincial representa aproximadamente el un 22% de la producción nacional.

⁷¹ Fuente: Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires.

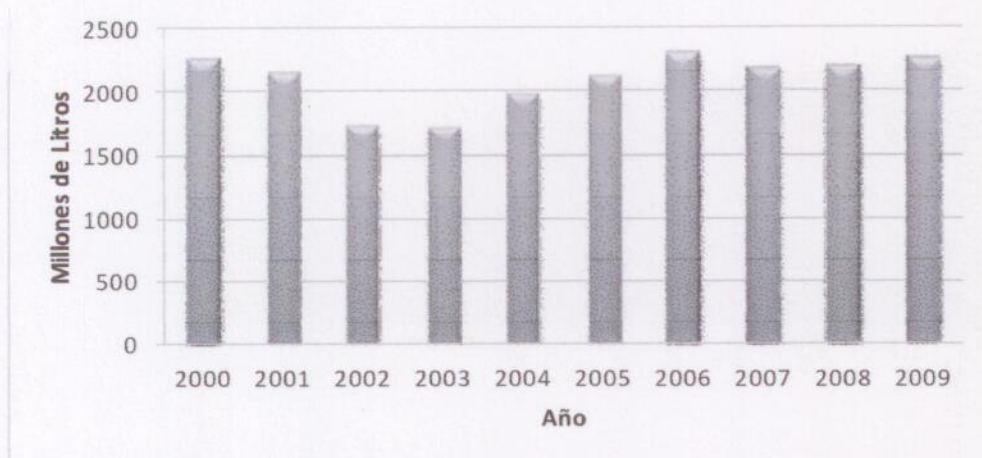


Gráfico 9. Provincia de Buenos Aires. Evolución de la producción de leche (millones de litros)

Fuente: Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires

Las principales cuencas lecheras en el ámbito de la provincia son Abasto Norte, Abasto Sur, Oeste y Mar y Sierras. No obstante, existen zonas no delimitadas donde existen cantidades significativas de tambos y capacidad instalada del eslabón industrial. La Cuenca Abasto Norte abarca los partidos de General Arenales, Junín, Chacabuco, Bragado, Alberti, Chivilcoy, Suipacha, Mercedes, Carmen de Areco, Luján, San Andrés de Giles, San Antonio de Areco, Capitán Sarmiento, Exaltación de la Cruz, Pilar, Campana, Zarate y Baradero. Los distritos que comprenden la cuenca tienen una temperatura media anual de 16,4 °C y precipitaciones promedio de 1.024 mm anuales.

La Cuenca Abasto Sur se compone de los partidos de Veinticinco de Mayo, Navarro, Lobos, Cañuelas, General Las Heras, Marcos Paz, General Rodríguez, Moreno, San Vicente, Monte, General Paz, General Belgrano, Brandsen, La Plata, Berisso, Ensenada, Magdalena, Punta Indio, Chascomús y Castelli. La cuenca presenta valores de temperatura media anual de 16°C y precipitaciones medias anuales de 978 mm.

La Cuenca Oeste se desarrolla en los partidos de General Villegas, Florentino Ameghino, General Pinto, Leandro N. Alem, Rivadavia, Carlos Tejedor, Lincoln, General Viamonte, Pellegrini, Trenque Lauquen, Pehuajó, Carlos Casares, Nueve de Julio, Bolívar, Hipólito Yrigoyen, Daireaux, Guaminí, Adolfo Alsina, Salliqueló y Tres

Lomas. La región que comprende la cuenca presenta menores regímenes de precipitación anual, con un promedio de 932 mm y temperatura media anual de 15,5°C.

Por último la Cuenca Mar y Sierras ocupa los partidos de Rauch, Ayacucho, Mar Chiquita, General Pueyrredón, General Alvarado, Balcarce, Lobería, Tandil, Azul, San Cayetano, Gonzáles Chaves, Benito Juárez, Olavarría y Tres Arroyos. Mar y Sierras presente temperaturas medias anuales promedio de 14,2°C y precipitaciones medias de 896 mm.

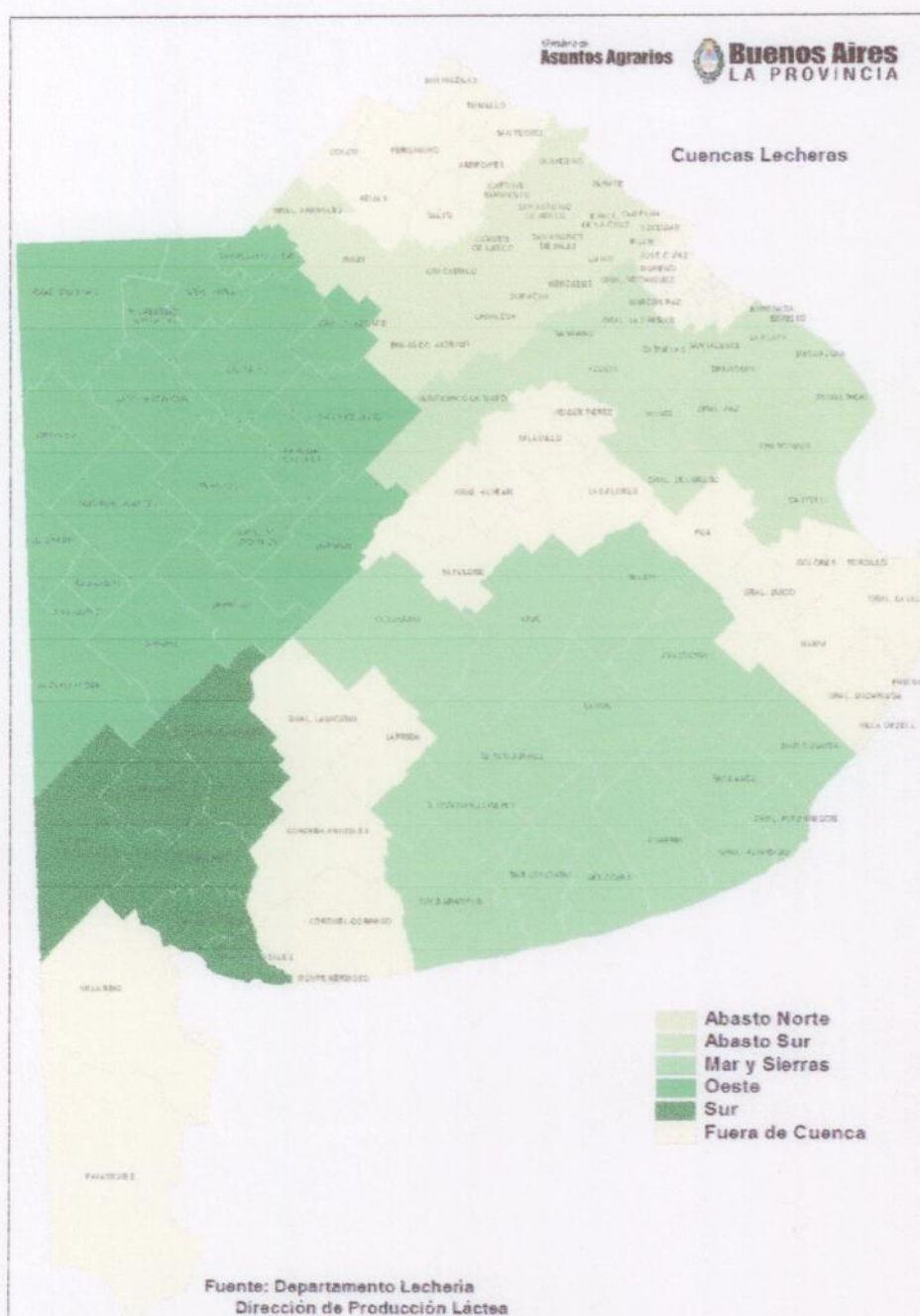


Ilustración 68. Industria Lechera. Provincia de Buenos Aires. Cuencas lecheras

La cantidad de tambos por cuenca es un factor de importancia en la cadena agroalimentaria, debido a la relación que guardan la localización de los tambos y la localización de las plantas procesadoras de leche cruda. Según el “Resumen

Estadístico de la cadena láctea de la provincia de Buenos Aires” realizado por el Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires, la distribución de los tambos por cuenca es la siguiente.

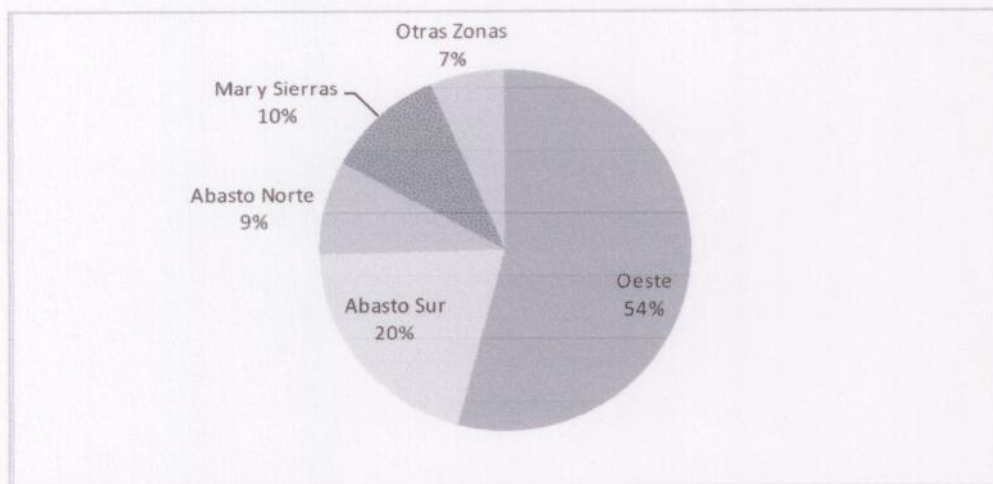


Gráfico 10. Industria Lechera. Provincia de Buenos Aires. Distribución porcentual de tambos por Cuenca

Fuente: Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires

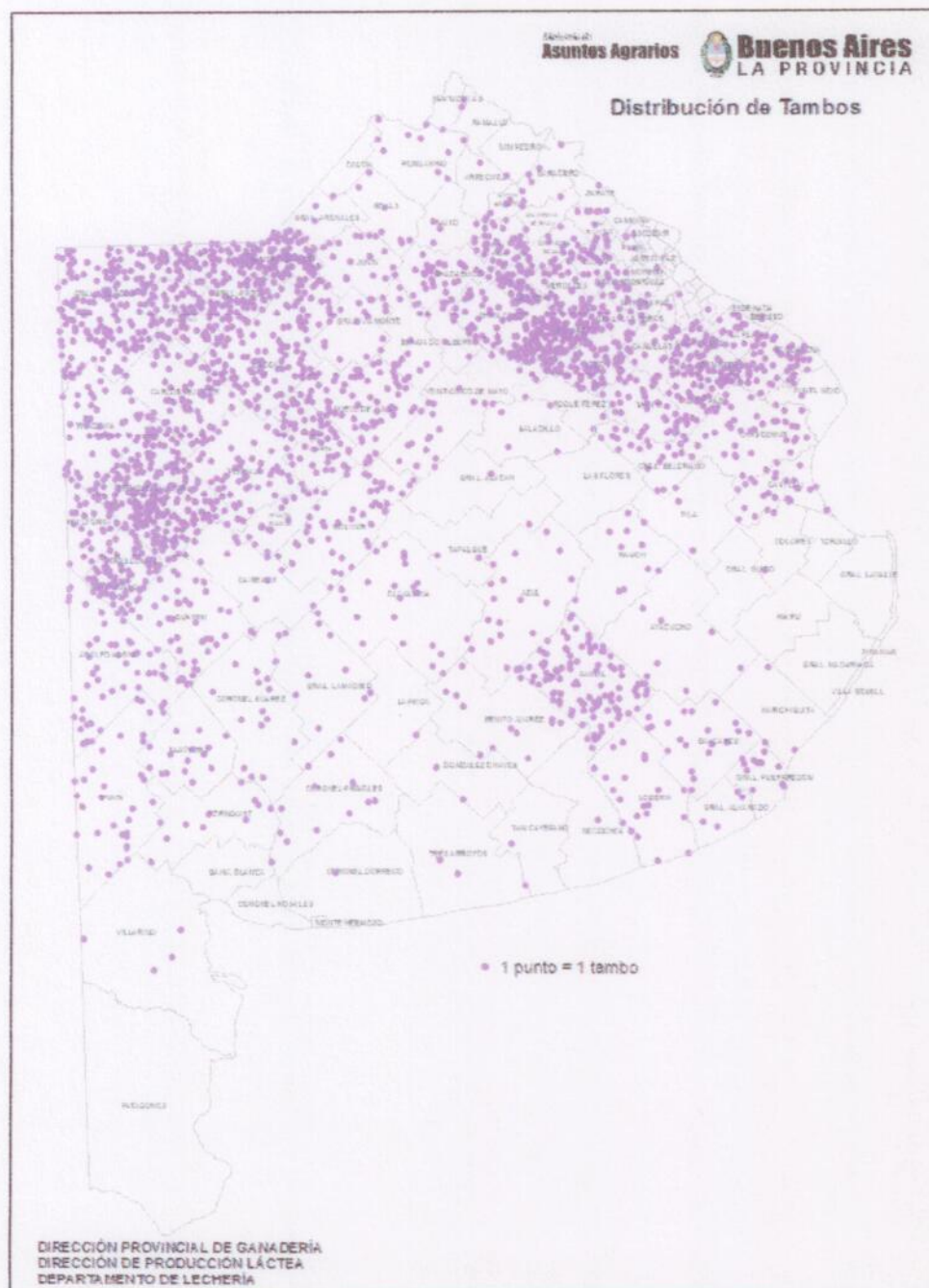


Ilustración 69. Industria Lechera. Provincia de Buenos Aires. Distribución de tambos por cuencas lecheras

La producción de leche en la provincia de Buenos Aires tiene su origen a partir de los distintos sistemas de producción que caracterizan las cuencas lecheras. Las principales variables que distinguen dichos sistemas se relacionan con las condiciones

agroecológicas y la tecnología de producción aplicada. La producción de leche por cuenca lechera de la provincia de Buenos Aires, permite explicar la participación porcentual en el total de la producción provincial.

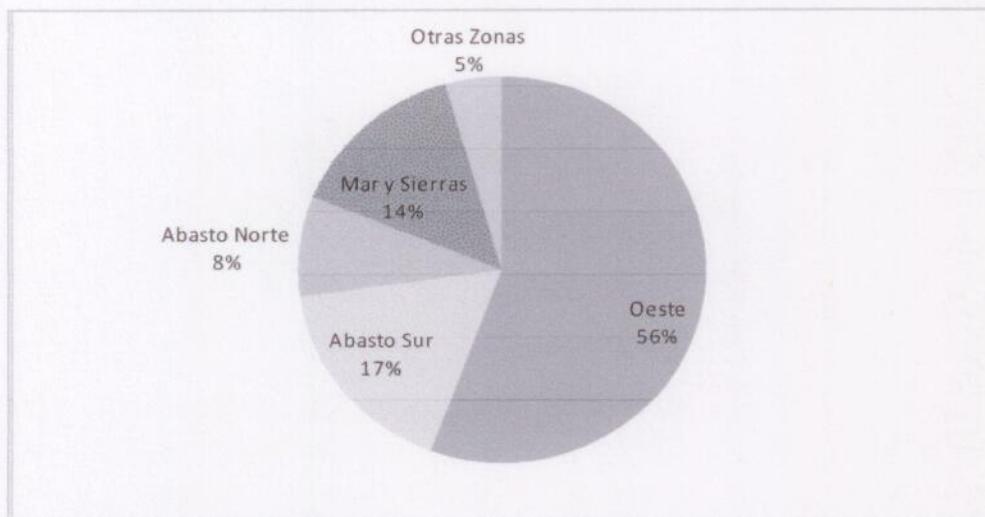


Gráfico 11. Provincia de Buenos Aires. Participación en la producción provincial por cuenca lechera

Fuente: Ministerio de Asunto Agrarios de la Provincia de Buenos Aires

La relación entre el número de tambos y la producción se constituye en un indicador que permite inferir la eficiencia global de producción de cada cuenca lechera. De los gráficos anteriores se deduce que la Cuenca Mar y Sierras, con el 10% de los tambos de la provincia, genera el 14% de la producción provincial, mostrando mayores niveles de productividad. Por otro lado la cuenca Abasto Sur, con un 20% de los establecimientos, genera sólo el 17% de la producción de la provincia.

XV.C. La Industria Láctea

El sector industrial viene transitando un proceso de reconversión que permitió ampliar la capacidad instalada y orientar los procesos hacia la producción de leche en polvo, principal producto de exportación a nivel nacional. La industria está compuesta por una diversidad de empresas, desde las de mayor tamaño, que procesan más de 100.000 Lts. de leche cruda por día, hasta los tambos-fábrica que operan con escasos volúmenes de leche, generalmente de producción propia.

Del total de leche cruda producida en el país aproximadamente el 20% se destina a elaboración de leche fluida, el 72% a la elaboración de productos lácteos y el 8%

restante corresponde a leche informal, es decir la que no ingresa en los canales formales de comercialización. Dentro de la elaboración de productos lácteos el principal destino es la elaboración de quesos en todas sus modalidades, concentrando el 47 % de la producción de leche cruda. Le sigue en importancia la elaboración de leche en polvo que absorbe el 15% de la leche cruda producida.

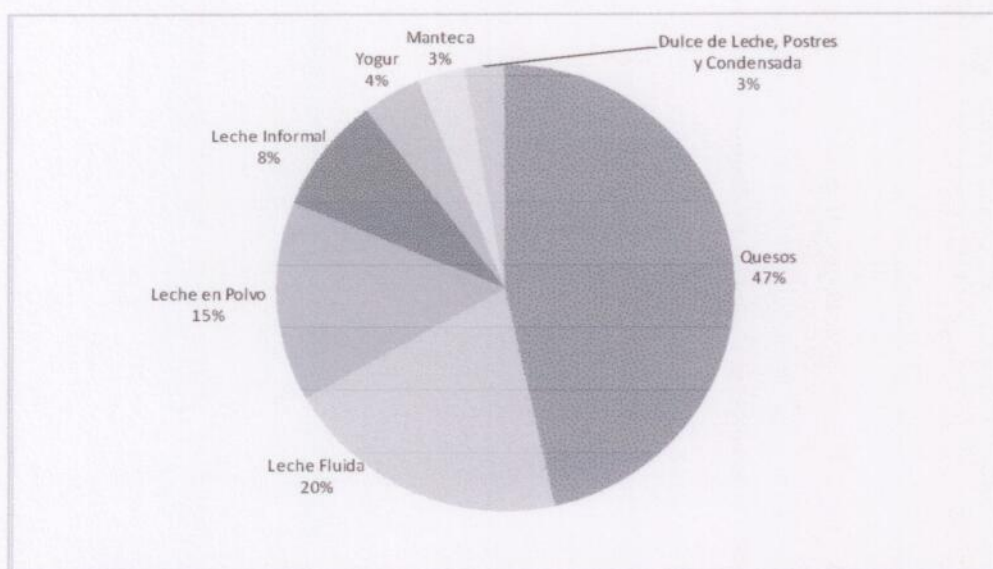


Gráfico 12. Destinos de la producción nacional de leche

Fuente: Ministerio de Agricultura de la Nación. Sistema Integrado de Información Agropecuaria (SIIA)

En la Argentina se genera una amplia variedad de productos lácteos a partir de una industria diversificada. Las plantas industriales pueden estar especializadas en algún producto en particular o elaborar un abanico de productos lácteos de acuerdo a su capacidad instalada. Los principales productos elaborados por la industria nacional son los que se detallan a continuación, destacándose la producción de leche pasteurizada entera y yogur.

Elaboración de Productos Lácteos – Industria Nacional (Año 2009)	
Leche Pasteurizada Entera (Tn)	841.371
Leche Informal (Tn)	748.285
Yogur (Tn)	515.352
Leche Pasteurizada Semidescremada (Tn)	322.723
Leche Esterilizada Entera (Tn)	304.495
Queso de Pasta Blanda (Tn)	274.973
Leche en Polvo Entera (Tn)	191.834
Queso de Pasta Semidura (Tn)	174.859
Leche Esterilizada Semidescremada (Tn)	171.391
Dulce de Leche (Tn)	129.309
Leche Fluida Chocolateada (Miles de Litros)	69.708
Postres Lácteos y Flanes (Tn)	61.706
Manteca (Tn)	50.622
Sueros (Tn)	46.859
Queso de Pasta Dura (Tn)	46.246
Crema (Tn)	42.501
Leche en Polvo Descremada (Tn)	33.080
Leche Esterilizada Semidescremada (Tn)	25.171
Queso Fundido (Tn)	11.988
Otros Productos Lácteos (Tn)	9.097
Caseína (Tn)	8.436
Leche Condensada (Tn)	6.297
Leche Pasteurizada Descremada (Tn)	5.337

Tabla 140. Industria Láctea nacional. Producción año 2009

Fuente: Ministerio de Agricultura de la Nación. Sistema Integrado de Información Agropecuaria (SIIA)

Por otro lado la distribución geográfica de las plantas industriales obedece a la localización de la producción primaria lechera. Por ello, la mayor concentración de plantas se encuentra en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe. La provincia con mayor cantidad de plantas es Buenos Aires, que explica un 36% de las plantas elaboradoras de productos lácteos del país.

Según el último relevamiento realizado por el Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, existen 428 establecimientos elaboradores de productos lácteos registrados de los cuales se encontraron activos, durante el año 2009, 320 plantas pertenecientes a 306 empresas. A su vez, de las 320 plantas elaboradoras de

lácteos, 48 procesan a partir de pasta, por lo que son 272 las plantas que reciben la producción de leche cruda de la provincia.

De la distribución porcentual de plantas industrializadoras de leche cruda por Cuenca de la Provincia de Buenos Aires y el porcentaje de leche procesada por cada una, surge que la cuenca Abasto Sur se comporta como la principal receptora de leche. Por su parte, la Cuenca Mar y Sierras, con más del 16% de las plantas industrializadoras, procesa sólo el 3,24% de los litros de leche. Por último, la Cuenca Oeste con el 56% de la producción primaria de leche, procesa el 28% de la leche a nivel provincial. La leche que ingresa a la provincia de Buenos Aires se estima en 553 millones de toneladas lo cual representa un 24% de la leche procesada en la provincia.

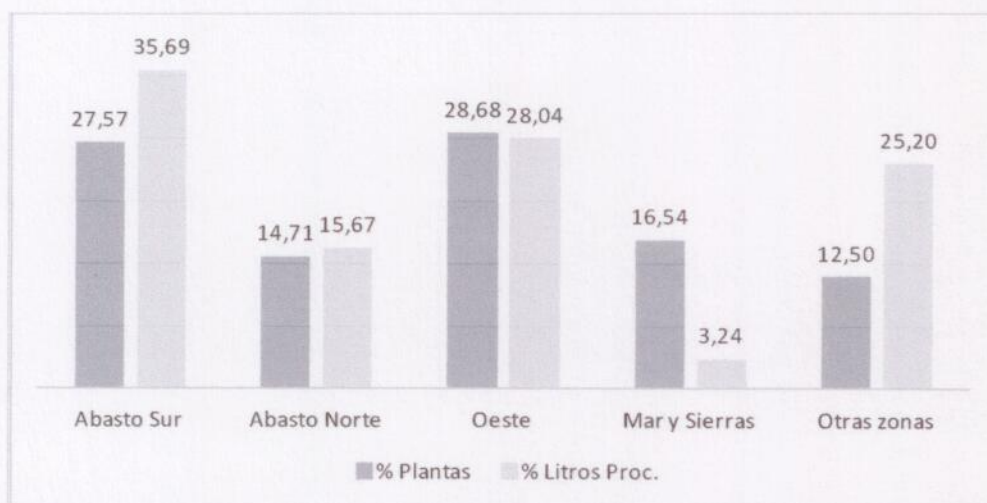


Gráfico 13. Provincia de Buenos Aires. Cantidad de plantas (%) y total de leche procesada (%) por cuenca lechera

Fuente: Ministerio de Asunto Agrarios de la Provincia de Buenos Aires

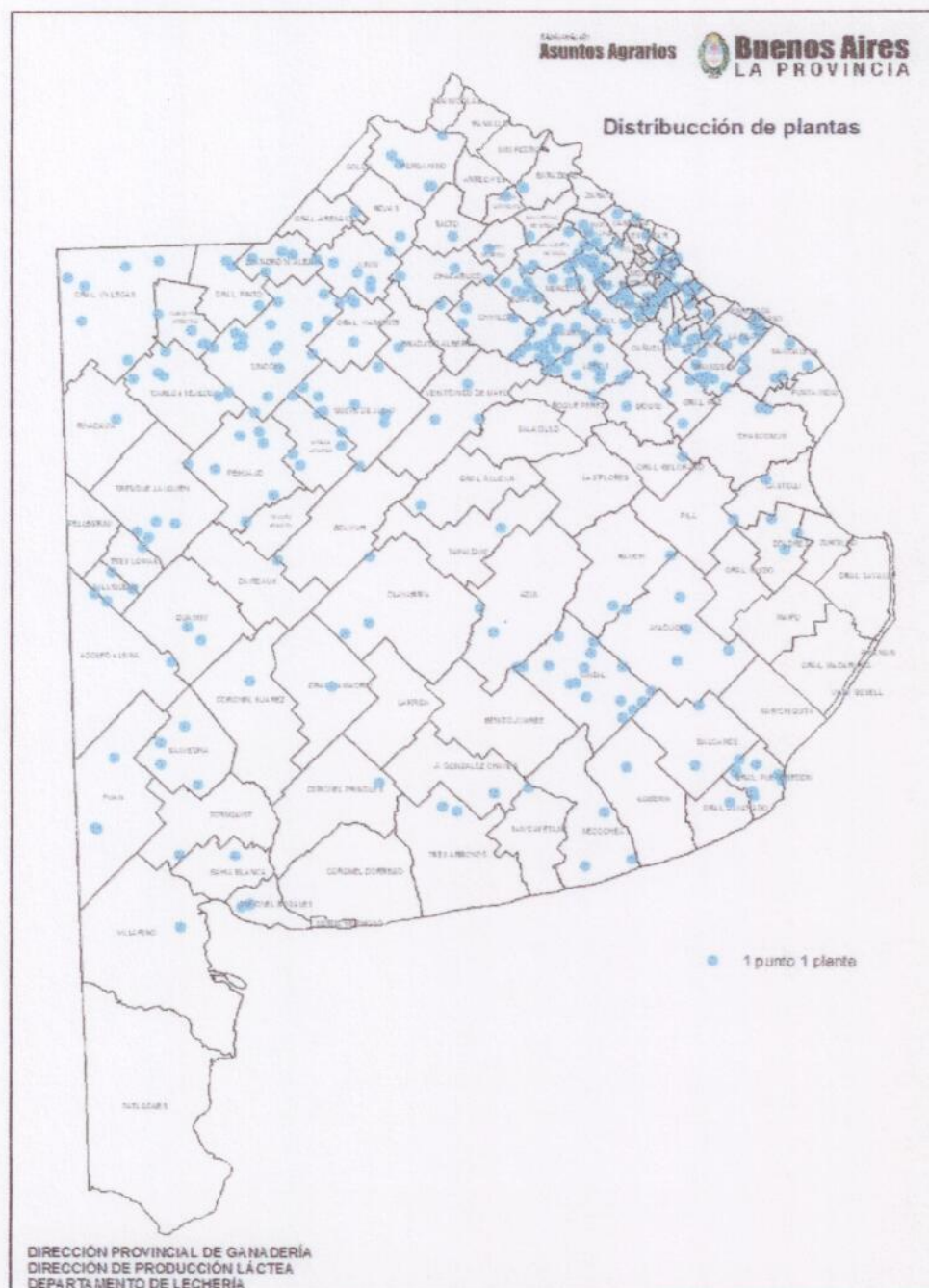


Ilustración 70. Provincia de Buenos Aires. Distribución de plantas de producción láctea

Fuente: Ministerio de Asunto Agrarios de la Provincia de Buenos Aires

XV.D. Exportaciones del Sector Lácteo

Las exportaciones de la cadena láctea en los últimos años se relacionan con los excedentes generados respecto del consumo doméstico. La Argentina se encuentra entre los países con mayores niveles de consumo interno de productos lácteos, ubicándose en los 203 litros por habitante y por año para el año 2009, según el Centro de Industrias Lácteas. La composición del mercado interno se caracteriza por un alto consumo de quesos, principalmente de pasta blanda, seguidos de leche fluida.

Las exportaciones a nivel nacional se ubicaron en el año 2010 en el orden de las 316 mil toneladas de productos lácteos, con un crecimiento sostenido desde 2007 según estimaciones de la Dirección de Industrias Lácteas del Ministerio de Agricultura de la Nación. El promedio de los volúmenes exportados para el mismo período interanual alcanza las 303 mil toneladas, lo que representa aproximadamente 2.077 millones de litros de leche cruda y se ubica en el orden del 20% de la producción nacional.

Los envíos de Productos lácteos al exterior representaron 1.057 millones de dólares para el año 2010, con un promedio para el período 2006/2010 de 886 millones de U\$S.

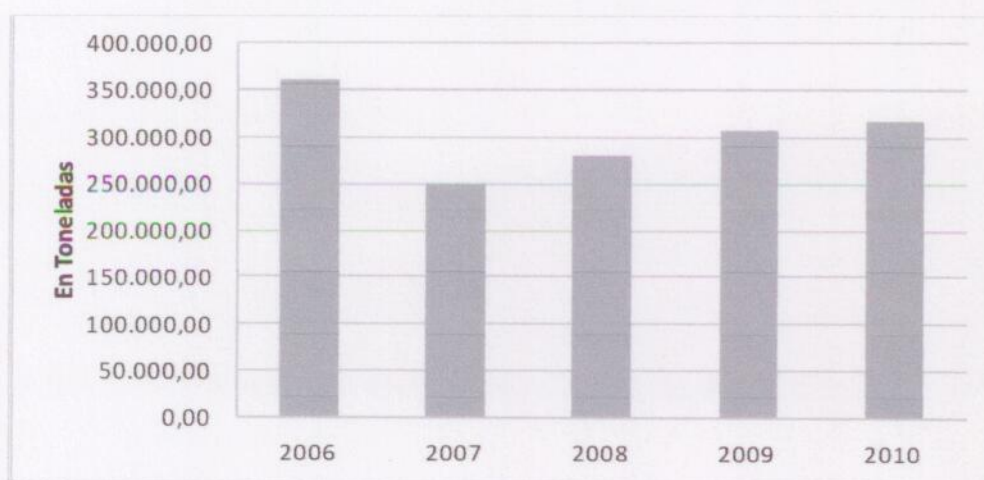


Gráfico 14. Evolución de las exportaciones nacionales de productos lácteos. Período 2006/2010

Fuente: Ministerio de Agricultura de la Nación Dirección de Industrias Lácteas

La composición de las exportaciones discriminada por producto lácteo agrupado muestra una alta participación de la leche en polvo en sus distintas presentaciones,

representando más del 50% en términos de toneladas exportadas. Le sigue en importancia los quesos y, por último, la leche fluida.

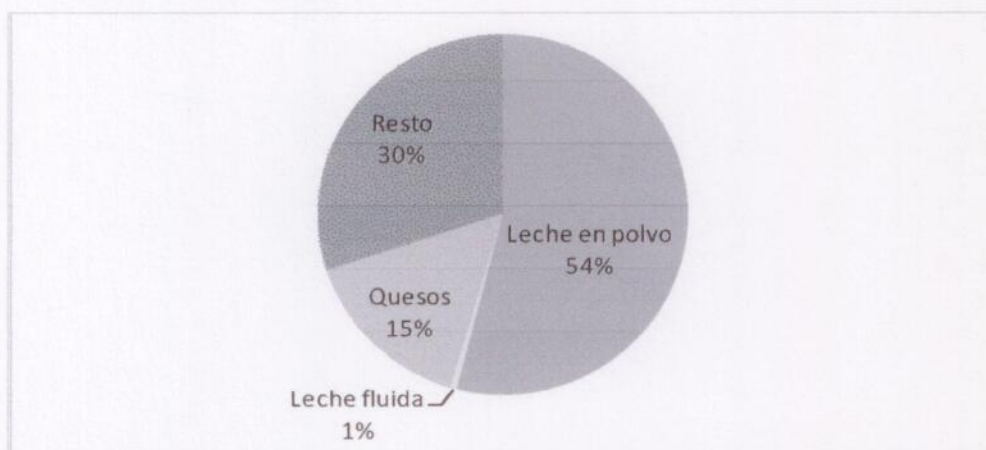


Gráfico 15. Industria Lechera. Exportaciones nacionales. Participación (%) de los productos lácteos exportados sobre el total de toneladas exportadas

Fuente: Ministerio de Agricultura de la Nación Dirección de Industrias Lácteas

Exportaciones Nacionales de Productos Lácteos (toneladas)	2006	2007	2008	2009	2010	Promedio anual período 2006-2010
Aceite butírico	3.570,24	6.122,15	7.284,52	2.497,38	4.150,30	4.724,92
Caseína	2.299,00	3.971,00	7.707,00	7.346,00	5.601,54	5.384,91
Caseinatos	8,62	11,15	7,03	7,76	9,70	8,85
Crema	1.281,25	797,73	395,90	504,86	633,65	722,68
Derivado suero	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
Dulce de leche	6.251,31	6.365,01	6.494,71	6.406,57	7.186,24	6.540,77
Helados	1.685,32	3.502,25	4.112,37	1.796,15	12.239,23	4.667,06
Lactosa	1.418,73	1.508,31	1.318,45	1.940,86	1.776,32	1.592,53
Leche concentrada	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
Leche condensada	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
Leche en polvo descremada	22.661,72	10.583,20	13.934,60	12.278,25	19.763,81	15.844,32
Leche en polvo parcialmente descremada	1.398,76	1.022,01	1.061,00	1.022,00	515,26	1.003,81
Leche en polvo entera	209.378,29	100.363,20	101.409,80	144.082,18	127.541,07	136.554,91
Leche esterilizada	1.632,12	930,07	2.238,42	2.157,12	1.727,39	1.737,02
Leche fluida	0,00	0,00	0,12	0,07	-	0,04
Leche maternizada / modificada	4.015,61	13.396,34	34.753,85	0,00	-	10.433,16
Leche modificada		289,48	61,82	10.296,73	17.270,96	5.583,80
Mantequilla	12.311,80	12.644,32	14.307,26	14.066,92	10.431,21	12.752,30
Otros fermentados	923,58	1.200,09	1.364,59	1.448,88	1.414,36	1.270,30
Otros lácteos	762,42	1.189,21	1.411,56	7.984,90	9.082,21	4.086,06
Otros quesos	13,97	1.390,28	26,35	0,00	-	286,12
Queso de pasta blanda	14.703,51	14.746,30	11.453,46	18.549,02	20.310,23	15.952,50
Queso de pasta dura	14.563,36	7.960,17	12.907,22	10.642,39	6.819,36	10.578,50
Queso de pasta semidura	27.860,96	21.740,66	11.255,38	17.686,62	17.002,57	19.109,24
Queso fundido	212,44	169,95	115,60	107,78	205,21	162,20
Queso rallado o en polvo	844,81	651,39	384,03	551,40	766,54	639,63
Suero	27.799,22	35.446,61	36.620,18	38.220,05	44.564,36	36.530,08
Yogur	4.953,64	5.378,74	9.749,16	7.538,96	7.659,96	7.056,09
Total	360.550,67	251.379,61	280.374,37	307.132,86	316.671,48	303.221,80

Tabla 141. Exportaciones nacionales de productos lácteos (toneladas). Serie 2006/2010

Fuente: Ministerio de Agricultura de la Nación Dirección de Industrias Lácteas

Exportaciones Nacionales de Productos Lácteos (miles de dólares FOB)	2006	2007	2008	2009	2010	Promedio anual serie 2006-2010
Aceite butírico	7.109,63	20.117,50	31.995,34	7.250,46	19.265,78	17.147,74
Caseína	13.908,97	33.504,18	80.681,30	41.324,62	44.902,24	42.864,26
Caseinatos	136,28	160,01	189,80	163,06	176,19	165,07
Crema	1.296,14	1.109,50	646,96	552,36	787,89	878,57
Derivado suero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Dulce de leche	6.548,99	7.922,43	10.349,11	9.562,50	12.561,64	9.388,93
Hielados	2.970,24	5.618,52	9.299,71	4.623,45	26.535,98	9.809,58
Lactosa	1.162,28	3.048,59	2.154,99	1.210,17	1.804,04	1.876,01
Leche concentrada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Leche condensada	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Leche en polvo descremada	48.186,66	31.967,71	50.669,40	27.468,00	61.092,26	43.876,80
Leche en polvo parcialmente descremada	3.247,22	3.636,07	5.231,43	2.981,34	1.786,73	3.376,56
Leche en polvo entera	466.080,02	309.370,70	385.170,86	340.821,46	453.496,14	390.987,84
Leche esterilizada	6.124,02	5.429,47	15.356,77	10.912,78	11.109,15	9.786,44
Leche fluida	0,06	0,00	2,55	2,66	0,00	1,05
Leche maternizada / modificada	10.457,38	50.882,66	152.402,92	0,00	0,00	42.748,59
Leche modificada		800,93	272,03	34.869,26	67.240,35	20.636,51
Manteca	21.183,11	27.772,08	48.240,91	26.011,09	40.683,66	32.778,17
Otros fermentados	1.095,52	1.451,43	1.580,75	1.517,91	1.537,80	1.436,68
Otros lácteos	3.340,40	9.094,29	7.772,07	36.821,05	42.571,82	19.919,93
Otros quesos	38,72	4.357,55	94,85	0,00	0,00	898,22
Queso de pasta blanda	38.186,22	45.550,03	52.206,49	51.725,33	77.269,46	52.987,51
Queso de pasta dura	50.752,18	30.055,17	64.733,48	44.809,83	39.047,49	45.879,63
Queso de pasta semidura	69.365,84	66.457,39	50.042,98	45.656,72	66.416,96	59.587,98
Queso fundido	581,58	580,87	549,04	482,26	902,68	619,29
Queso rallado o en polvo	3.876,09	3.649,99	3.027,37	3.992,38	5.924,02	4.093,97
Suero	38.445,02	82.803,59	87.842,73	57.081,83	75.166,15	68.267,87
Yogur	4.026,40	4.334,18	8.396,21	6.744,22	7.074,79	6.115,16
Total	798.118,95	749.674,87	1.068.910,04	756.584,77	1.057.353,22	886.128,37

Tabla 142. Exportaciones nacionales de productos lácteos (miles de dólares FOB). Serie 2006/2010

Fuente: Ministerio de Agricultura de la Nación Dirección de Industrias Láctea

Antes de la crisis devaluatoria de 2002, el destino de las exportaciones nacionales de lácteos se encontraba fuertemente vinculado a Brasil. En la actualidad, las ventas al exterior se hallan más atomizadas, siendo los principales destinos Brasil, Argelia, Venezuela, Rusia y México en ese orden de importancia.

XV.E. Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

XV.E.1 Consideraciones Metodológicas

La metodología de cálculo y modelización se basó en las guías "Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero".

Los Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero se detallan en la tabla a continuación y corresponden al IPCC - SAR 2:

Gas	Fórmula	Potencial de Calentamiento
CO₂	CO ₂	1
Metano	CH ₄	21
Oxido Nitroso	N ₂ O	310

Tabla 143. Industria Láctea. Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero

En aquellos casos en los que fue posible, se estimaron las emisiones asociadas a la obtención de las materias primas para poder completar el análisis de ciclo vida del producto.

XV.E.2 Factores de emisión – Datos Estadísticos

Se han recopilado y seleccionado en función de las características de las actividades analizadas, empleándose los factores de menor incertidumbre, disponibles en el país o de literatura científica internacional. Los documentos utilizados para la elaboración de los factores de emisión y los cálculos fueron:

“Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”⁷².

Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático – Informe Final. Buenos Aires. Año 2007⁷³.

“Huella de carbono en las exportaciones de la provincia de Buenos Aires”. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad Nacional de La Plata.

XV.E.3 Fuentes de emisión analizadas

XV.E.3.a Producción de Materias Primas

Se incluyeron las emisiones asociadas a la producción de los forrajes y la gestión de pasturas y pastizales para la alimentación del rodeo. Para ello se utilizaron los modelos de emisiones desarrollados para el sector de ganadería de carne en el estudio “Huella

⁷² <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

⁷³ <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1124>

de carbono en las exportaciones de la provincia de Buenos Aires". Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad Nacional de La Plata.

XV.E.3.b Fermentación Entérica

Para ello se utilizaron los modelos de ganadería desarrollados en el estudio "Huella de carbono en las exportaciones de la provincia de Buenos Aires" según las guías directrices del IPCC 2006.

XV.E.3.c Estiércol en Pasturas

Se estimaron las emisiones del estiércol que queda en las pasturas, que incluye las siguientes fuentes:

Emisiones Directas de N_2O de suelos gestionados

N_2O producido por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados

Emisiones de N_2O por lixiviación/escurrimiento de N

Metano por degradación del estiércol en pasturas.

XV.E.3.d Lagunas Anaeróbicas

Se asume que la gestión de los efluentes de todos los sistemas analizados se realiza mediante sistemas de lagunas anaeróbicas (o Cavas), por lo que se han estimado las emisiones asociadas. Para ello se han utilizado los modelos previstos en los capítulos 10 y 11 del Volumen 4 de las guías directrices del IPCC 2006. Las fuentes incluidas son:

Metano por degradación anaeróbica.

Emisiones Directas de N_2O en lagunas anaeróbicas

Emisiones de N_2O por volatilización en lagunas anaeróbicas

Emisiones de N_2O por lixiviación en lagunas anaeróbicas

XV.E.3.e Aplicación de salida de lagunas a suelos

Se consideró que los efluentes resultantes a la salida del sistema de gestión (Lagunas Anaeróbicas/Cavas) es aplicado a Suelos, por lo cual se estimaron las emisiones correspondientes, de acuerdo a los modelos previstos en los capítulos 10 y 11 del Volumen 4 de las guías directrices del IPCC 2006, que consideran las siguientes fuentes:

Emisiones Directas de N₂O por aplicación de efluentes al suelo

N₂O por deposición atmosférica a N volatilizado por aplicación de efluentes (tratados) al suelo

Emisiones de N₂O por lixiviación/escorrimento de N por aplicación de efluentes (tratados) al suelo.

XV.E.3.f Energía

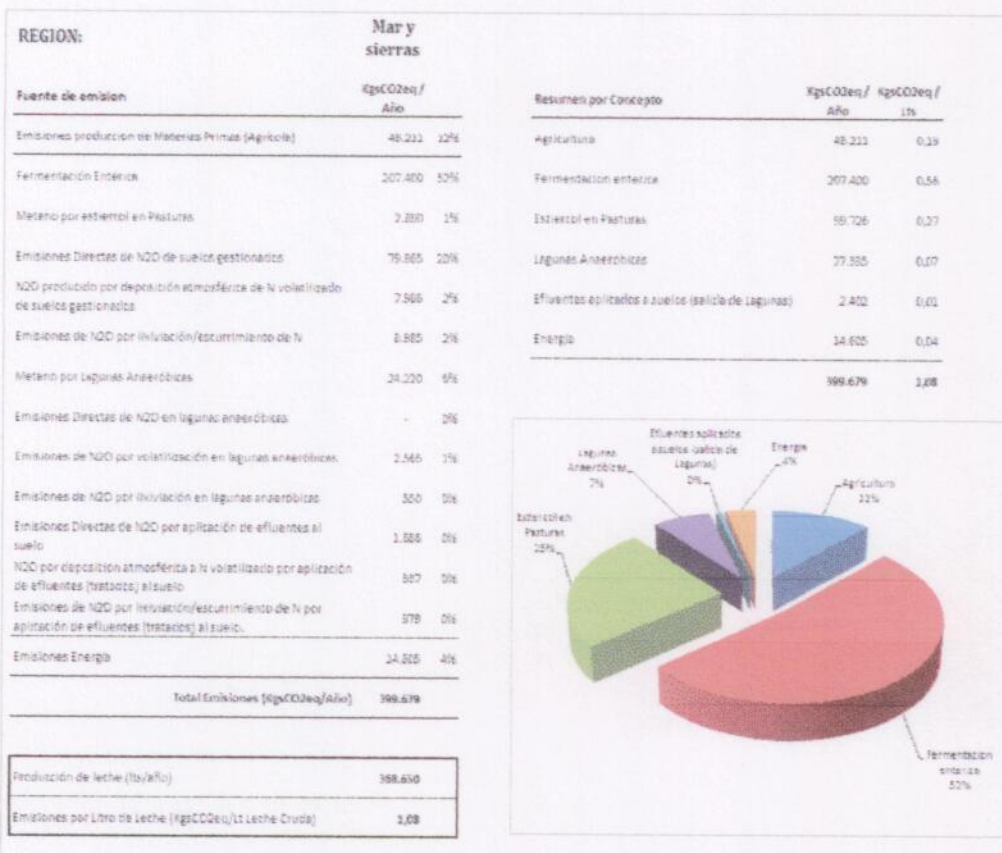
Se consideraron las emisiones asociadas a los consumos energéticos en la sala de ordeño. En el caso del factor de emisión de la red eléctrica (0,351 KgsCO₂eq/KWh) se obtuvo de la Dirección Nacional de Prospectiva - Secretaría de Energía. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Extraído de Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible SAyDS - 2010⁷⁴. Para el caso del Gas-Oil se utilizaron los factores de emisión indicados en la Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina.

⁷⁴ <http://www.ambiente.gob.ar/default.asp?IdArticulo=456>

XV.E.4 Definición de modelos Productivos

Definición Modelo Productivo

A. Identificación Modelo		Descripción	Unidad Texto	Valor					
Var. R	Región			Toneladas					
B. Definición del modelo									
Parametro	Descripción		Unidad	Toros	Vaca Lactando y Vaca	Vaca Lactando y Gestando	Vacas Seca y Gestando	Vacas Seca y Vaca	Vaquillona Recría
C	Composición Rodeo		% Rodeo	1.00	20.00	45.00	24.00	-	11.00
BW	Peso corporal vivo en Pie (Promedio)		kg. / Cabeza	800	500	500	550	-	800
WG	Aumento Diario		kg/Día	-	-	-	-	-	0.30
Leche	Producción Diaria de Leche		kg / día	-	19.00	14.00	-	-	-
Grasa	Contenido Graso de la Leche		% en peso	-	8.40	8.40	-	-	-
Dieta Concentrado / Forraje/Pastura									
	Campo Natural	%	80.0%						
	Campo Natural Mejorado	%	-						
	Pasturas Polifíticas	%	10.0%	10.0%	20.0%	60.0%			
	Pastura Alfalfa	%	-						
	Verdes de Invierno (Avena/Cebada/Rye Grass)	%	10.0%	10.0%	10.0%				
	Verdes de Verano (Sorgo/Maiz/Soja)	%	10.0%	10.0%	10.0%				
	Granos	%	20.0%	35.0%	25.0%	20.0%			
	Subproductos	%	-						
	Silaje Maiz	%	35.0%	35.0%	20.0%				
	Silaje Sorgo	%	-						
	Silaje Otros	%	-						
	Heno Buena Calidad	%	-						
	Heno Baja Calidad	%	-						
	Restricción	%	-						
Total (Debe dar 100%)				100%	100%	100%	100%	0%	100%
Dieta total				kg. Silaje/Día	20	40	37	35	0
Digestibilidad promedio				%	55%	75%	65%	55%	60%
Proteína de la dieta Promedio				%	12%	18%	18%	11%	16%
Gestión del Rodeo									
	Ordeño	Hs/Día	-	5.0	5.0				
	Corral con Comedero Fijo	Hs/Día	-	-	-				
	Suplementación con Comedero Móvil / Rotativo	Hs/Día	-	2.0	2.0				
	Pastura	Hs/Día	24.0	17.0	17.0	24.0			
	Grandes superficies de pastoreo	Hs/Día	-	-	-	-	-	-	-
Total (Debe dar 24)				24	24	24	24	-	24
Efuentes Tambó (Ordeño y Espera)									
Sistema de Gestión				Seguimiento diario					
Energía (Consumo anual)				FE (kgCO2eq/t)		Emisiones Totales (CO2eq/t/año)			
	Gas-Oil	kg/Año	4.179	2.60	31.227				
	Nafta	kg/Año	-	2.21	-				
	Lubricantes	kg/Año	-	2.59	-				
	G.L.P.	kg/Año	-	2.87	-				
	Gas Natural	M ³ /año	-	1.95	-				
	Leña	kg/Año	-	0.04	-				
	Energía Eléctrica	kwh/Año	9.815	0.35	3.977				
Total kgCO2eq/año						14.605			



Definición Modelo Productivo

A. Identificación Modelo

Var.	Región	Descripción	Unidad	Valor
R			Texto	numérico

B. Definición del modelo

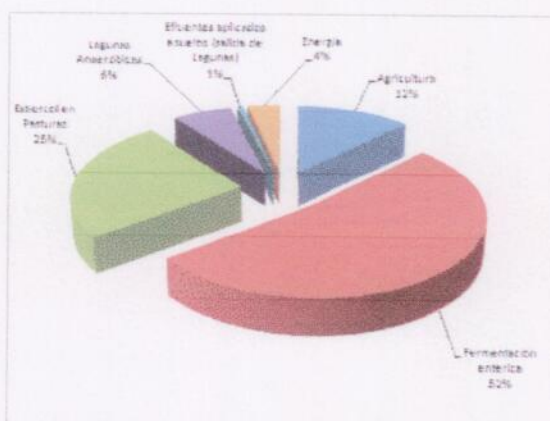
Parametro	Descripción	Unidad	Toros	Vaca Lactando y Vacía	Vaca Lactando y Gestando	Vacas Seca y Gestando	Vacas Seca y Vacía	Vaquillona Recría
C	Composición Rodeo	% Rodeo	1,00	17,00	42,00	20,00	-	20,00
BW	Peso corporal vivo en Pie (Promedio)	kg. / Cabeza	400	500	520	380	-	300
WG	Aumento Diario	kg./Dia	-	-	-	-	-	0,70
Leche	Producción Diaria de Leche	kg. / dia	-	10,00	13,00	-	-	-
Grasa	Contenido Graso de la Leche	% en peso	-	3,30	3,30	-	-	-
Dieta Concentrado / Forraje/Pastura								
	Campo Natural	%	-	-	-	-	-	-
	Campo Natural Mejorado	%	-	-	-	-	-	-
	Pasturas Polifíticas	%	30,0%	20,0%	30,0%	50,0%	-	40,0%
	Pastura Alfalfa	%	-	-	-	-	-	-
	Verdeos de Invierno (Avena/Cebada/Rye Grass)	%	-	10,0%	10,0%	-	-	10,0%
	Verdeos de Verano (Sorgo/Maiz/Soja)	%	-	10,0%	10,0%	-	-	10,0%
	Granos	%	20,0%	30,0%	20,0%	20,0%	-	20,0%
	Subproductos	%	-	-	-	-	-	-
	Silaje Maiz	%	20,0%	30,0%	10,0%	20,0%	-	10,0%
	Silaje Sorgo	%	-	-	-	-	-	-
	Silaje Otros	%	-	-	-	-	-	-
	Heno Buena Calidad	%	-	-	-	-	-	-
	Heno Baja Calidad	%	-	-	-	-	-	-
	Rastrojos	%	-	-	-	-	-	-
Total (Debe dar 100%)			100%	100%	100%	100%	0%	100%
	Dieta total	kg MS/Dia	20	22	17	15	-	9
	Digestibilidad promedio	%	55%	74%	60%	55%	-	65%
	Proteína de la dieta Promedio	%	12%	13%	16%	12%	-	14%
Gestión del Rodeo								
	Ordife	Hs/Dia	-	5,0	5,0	-	-	-
	Corral con Comedero Fijo	Hs/Dia	-	-	-	-	-	-
	Suplementación con Comedero Movil / Rotativo	Hs/Dia	-	2,0	2,0	-	-	-
	Pastura	Hs/Dia	24,0	17,0	17,0	24,0	-	24,0
	Grandes superficies de pastoreo	Hs/Dia	-	-	-	-	-	-
Total (Debe dar 24)			24	24	24	24	-	24
Fuentes Tambó (Ordife y Espera)								
Sistema de Gestión			Sistema de Gestión					
Energía (Consumo anual)								
				IE (kgstCO2eq/U)	Emisiones Totales (CO2eq/e/U)			
	Gas-Oil	ltos/aRo	3,792	2,69	10,191			
	Nafta	ltos/aRo	-	2,21	-			
	Lubrificantes	ltos/aRo	-	2,58	-			
	G.L.P.	kg/aRo	-	2,87	-			
	Gas Natural	m³/aRo	-	1,90	-			
	Leña	kg/aRo	-	0,94	-			
	Energía Eléctrica	kWh/aRo	3,727	0,35	9,066			
Total kgstCO2eq/aRo				13,257				

REGION:
**Abasto
Norte**

Fuente de emisión	KgsCO ₂ eq / Año	
Emisiones producción de Materias Primas (Agrícola)	46.885	12%
Fermentación Entérica	198.008	52%
Metano por estiércol en Pasturas	2.368	1%
Emisiones Directas de N ₂ O de suelos gestionados	76.579	20%
N ₂ O producido por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados	7.658	2%
Emisiones de N ₂ O por lixiviación/escorrentía de N	8.635	2%
Metano por Lagunas Anaeróbicas	21.385	6%
Emisiones Directas de N ₂ O en lagunas anaeróbicas	-	0%
Emisiones de N ₂ O por volatilización en lagunas anaeróbicas	2.248	1%
Emisiones de N ₂ O por lixiviación en lagunas anaeróbicas	481	0%
Emisiones Directas de N ₂ O por aplicación de efluentes al suelo	1.474	0%
N ₂ O por deposición atmosférica a N volatilizado por aplicación de efluentes (tratados) al suelo	250	0%
Emisiones de N ₂ O por lixiviación/escorrentía de N por aplicación de efluentes (tratados) al suelo	882	0%
Emisiones Energía	19.237	5%
Total Emisiones (KgsCO₂eq/Año)	379.922	

Producción de leche (lts/año)	310.980
Emisiones por Litro de Leche (KgsCO ₂ eq/Lt Leche Cruda)	1,22

Resumen por Concepto	KgsCO ₂ eq / Año	KgsCO ₂ eq / Lt
Agricultura	46.885	0,15
Fermentación entérica	198.008	0,64
Estiércol en Pasturas	16.720	0,03
Lagunas Anaeróbicas	24.633	0,08
Efluentes aplicados a suelos (sólido de lagunas)	2.100	0,01
Energía	19.237	0,04
	379.922	1,22

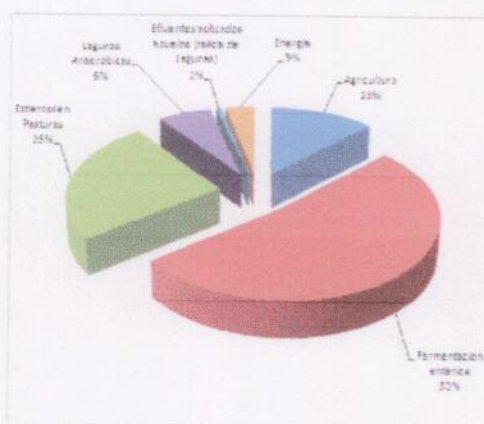


Definición Modelo Productivo

A. Identificación Modelo								
Var.		Descripción	Unidad	Valor				
R	Región		Texto	Horizonte				
B. Definición del modelo								
Parametro	Descripción	Unidad	Toros	Vaca Lactando y Vacía	Vaca Lactando y Gestando	Vacas Seca y Gestando	Vacas Seca y Vacía	Vaquillonas Recría
C	Composición Rodeo	% Rodeo	1.00	17.00	42.00	20.00	-	20.00
BW	Peso corporal vivo en Pie (Promedio)	kg. / Cabeza	300	300	320	350		300
WG	Aumento Diario	kg/Día						0.70
Leche	Producción Diario de Leche	lts / día		18.00	23.00			
Grasa	Contenido Graso de la Leche	% en peso		3.25	3.3%			
Dieta Concentrado / Forraje/Pastura								
	Campo Natural	%	90.0%					
	Campo Natural Mejorado	%						
	Pasturas Polifíticas	%		10.0%	20.0%	40.0%		40.0%
	Pastura Alfalfa	%						
	Verdes de Invierno (Avena/Cebada/Rye Grass)	%		10.0%	10.0%			20.0%
	Verdes de Verano (Sorgo/Maíz/Soja)	%		10.0%	10.0%			10.0%
	Granos	%	20.0%	35.0%	25.0%	20.0%		20.0%
	Subproductos	%						
	Silaje Maíz	%		35.0%	35.0%	20.0%		20.0%
	Silaje Sorgo	%						
	Silaje Otros	%						
	Heno Buena Calidad	%						
	Heno Baja Calidad	%						
	Restricción	%						
Total (Debe dar 100%)			100%	100%	100%	100%	0%	100%
	Dieta total	kg. lvs/Día	30	32	37	35		3
	Digestibilidad promedio	%	55%	75%	65%	55%		65%
	Proteína de la dieta Promedio	%	10%	15%	16%	12%		16%
Gestión del Rodeo								
	Ordenfe	Ha/Día		5.0	5.0			
	Corral con Comedero Fijo	Ha/Día		-	-			
	Suplementación con Comedero Móvil / Rotativo	Ha/Día		2.0	2.0			
	Pastura	Ha/Día	24.0	17.0	17.0	24.0		24.0
	Grandes superficies de pastoreo	Ha/Día						
Total (Debe dar 24)			24	24	24	24	-	24
Efuentes Tambó (Ordenfe y Espera)								
Sistema de Gestión			Seguimiento de la ICB					
Energía (Consumo anual)			FE	Emisiones Totales				
			(kg CO2eq/A)	(CO2eq/a/ha)				
	Gas-Oil	lts/año	5,790	2.69	10,101			
	Nafta	lts/año		2.21	-			
	Lubrificantes	lts/año		2.50	-			
	G.L.P.	kg/año		2.87	-			
	Gas Natural	m³/año		1.85	-			
	Leña	kg/año		0.94	-			
	Energía Eléctrica	kwh/año	6,727	0.35	3,066			
Total KgsCO2eq/año					13,257			

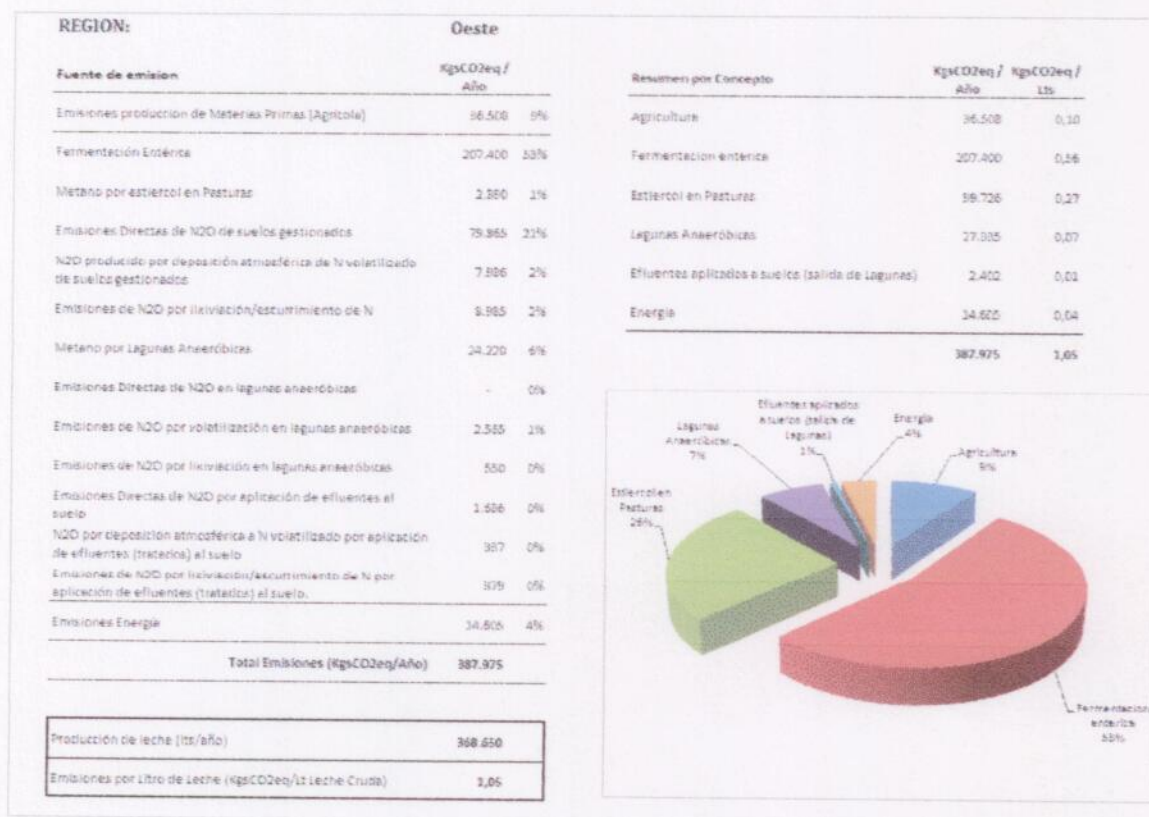
REGION:			Abasto Sur		
Fuente de emisión	KgsCO ₂ eq / Año		Resumen por Concepto	KgsCO ₂ eq / Año	KgsCO ₂ eq / t%
Emissiones producción de Materias Primas (Agrícola)	47.862	15%	Agricultura	47.862	0,15
Fermentación Entrérica	197.575	52%	Fermentación entrérica	197.575	0,64
Metano por estiércol en Pasturas	2.860	1%	Estiércol en Pasturas	55.526	0,10
Emissiones Directas de N ₂ O de suelos gestionados	76.424	20%	Leguminos Anenobíticas	29.969	0,08
N ₂ O producido por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados	7.642	2%	Efluentes aplicados a suelos (salvo de Leguminos)	2.784	0,01
Emissiones de N ₂ O por lixiviación/escurrimiento de N	8.598	2%	Energía	19.257	0,04
Metano por Leguminos Anenobíticas	21.268	6%		188.296	1,22
Emissiones Directas de N ₂ O en leguminos anenobíticas	-	0%			
Emissiones de N ₂ O por volatilización en leguminos anenobíticas	2.206	1%			
Emissiones de N ₂ O por lixiviación en leguminos anenobíticas	475	0%			
Emissiones Directas de N ₂ O por aplicación de efluentes al suelo	1.486	0%			
N ₂ O por deposición atmosférica a N volatilizado por aplicación de efluentes (tratados) al suelo	294	0%			
Emissiones de N ₂ O por lixiviación/escurrimiento de N por aplicación de efluentes (tratados) al suelo	901	0%			
Emissiones Energía	19.257	5%			
Total Emissiones (KgsCO₂eq/Año)	388.296				

Producción de leche (lt/año)	318.980
Emissiones por Litro de leche (KgsCO ₂ eq/Lt leche Cruda)	1,22



Definición Modelo Productivo

A. Identificación Modelo								
Var.	Descripción	Unidad	Valor					
R	Región	Texto	Caste					
B. Definición del modelo								
Parametro	Descripción	Unidad	Toros	Vaca Lactando y Vacía	Vaca Lactando y Gestando	Vacas Seca y Gestando	Vacas Seca y Vacía	Vaquillona Recría
C	Composición Rodeo	% Rodeo	1.00	20.00	45.00	14.00	-	20.00
BW	Peso corporal vivo en Pie (Promedio)	kg. / Cabeza	300	300	320	350	-	300
WE	Aumento Diario	kg./Dia	-	-	-	-	-	0.70
Leche	Producción Diaria de Leche	lts / día	-	19.00	14.00	-	-	-
Grasa	Contenido Graso de la Leche	% en peso	-	3.40	3.40	-	-	-
Dieta Concentrado / Forraje/Pastura								
	Campo Natural	%	50.0%	-	-	-	-	-
	Campo Natural Mejorado	%	-	-	-	-	-	-
	Pasturas Polifíticas	%	-	-	-	-	-	-
	Pastura Alfalfa	%	-	30.0%	40.0%	60.0%	-	40.0%
	Verdes de invierno (Avena/Cebada/Rye Grass)	%	-	10.0%	10.0%	10.0%	-	20.0%
	Verdes de Verano (Sorgo/Maíz/Soja)	%	-	10.0%	10.0%	-	-	10.0%
	Granos	%	20.0%	25.0%	10.0%	15.0%	-	20.0%
	Subproductos	%	-	-	-	-	-	-
	Silaje Maíz	%	-	25.0%	30.0%	15.0%	-	40.0%
	Silaje Sorgo	%	-	-	-	-	-	-
	Silaje Otros	%	-	-	-	-	-	-
	Heno Buena Calidad	%	-	-	-	-	-	-
	Heno Baja Calidad	%	-	-	-	-	-	-
	Rastrojos	%	-	-	-	-	-	-
Total (Debe dar 100%)			100%	100%	100%	100%	0%	100%
	Dieta total	kg. lvs./Dia	30	32	37	35	-	30
	Digestibilidad promedio	%	55%	75%	65%	55%	-	65%
	Proteína de la dieta Promedio	%	10%	15%	16%	12%	-	16%
Gestión del Rodeo								
	Ordeño	Hs./Dia	-	3.0	5.0	-	-	-
	Corral con Comedero Fijo	Hs./Dia	-	-	-	-	-	-
	Suplementación con Comedero Móvil / Rotativo	Hs./Dia	-	2.0	2.0	-	-	-
	Pastura	Hs./Dia	24.0	17.0	17.0	24.0	-	24.0
	Grandes superficies de pastoreo	Hs./Dia	-	-	-	-	-	-
Total (Debe dar 24)			24	24	24	24	-	24
Efuentes Tambo (Ordeño y Espera)								
Sistema de Gestión			Laguna 700000 lts					
Energía (Consumo anual)			FE (kg/CO2eq/t)		Emisiones Totales (CO2eq/t/ha)			
	Gas-Oil	lts/año	4,179	2.69	11.227	-	-	-
	Nafta	lts/año	-	2.21	-	-	-	-
	Lubricantes	lts/año	-	2.50	-	-	-	-
	G.L.P.	kg/año	-	2.87	-	-	-	-
	Gas Natural	M³/año	-	1.55	-	-	-	-
	Leña	kg/año	-	0.04	-	-	-	-
	Energía Electrica	kwh/año	9,458	0.05	0.077	-	-	-
Total KgsCO2eq/año					14.605			



XV.E.5 Emisiones Tambos por Región

A continuación se detallan las emisiones por litro de leche producida para las 4 regiones analizadas:

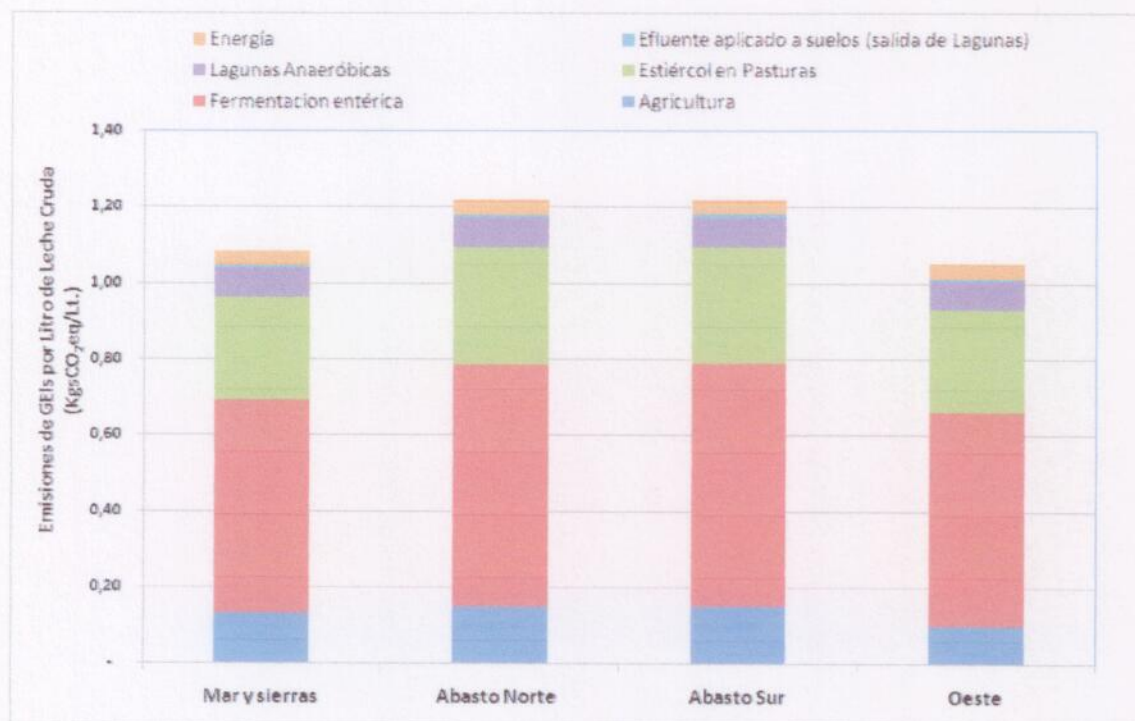


Gráfico 16. Industria Láctea. Emisiones de GEIs de tambos por Región

XVI. INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

XVI.A. Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

XVI.A.1 Consideraciones Metodológicas

La metodología de cálculo y modelización se basó en las guías "Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero".

Los Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero se detallan en la tabla a continuación y corresponden al IPCC - SAR 2:

Gas	Fórmula	Potencial de Calentamiento
CO ₂	CO ₂	1
Metano	CH ₄	21
Oxido Nitroso	N ₂ O	310
Perfluoromethane	CF ₄	6.500
Perfluoroethane	C ₂ F ₆	9.200

Tabla 144. Industria Automotriz. Potenciales de Calentamiento para los Gases de Efecto Invernadero

En aquellos casos en los que fue posible, se estimaron las emisiones asociadas a la obtención de las materias primas para poder completar el análisis de ciclo vida del producto.

XVI.A.2 Factores de emisión – Datos Estadísticos

Se han recopilado y seleccionado en función de las características de las actividades analizadas, empleándose los factores de menor incertidumbre, disponibles en el país o de literatura científica internacional. Los documentos utilizados para la elaboración de los factores de emisión y los cálculos fueron:

“Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”⁷⁵.

Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático – Informe Final. Buenos Aires. Año 2007⁷⁶.

Información Estadística de la Industria Petroquímica y Química de la Argentina - 31ª Edición - Julio 2011 – Instituto Petroquímico Argentino (IPA)⁷⁷

Approved consolidated baseline and monitoring methodology ACM0017-Production of biodiesel for use as fuel - Version 01.1 de la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL)⁷⁸

Primer Reporte de Responsabilidad Social Empresaria - Bridgestone 2009⁷⁹

⁷⁵ <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

⁷⁶ <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=1124>

⁷⁷ http://www.ipa.org.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=39

⁷⁸ <http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/WENY1VXSSZHD73WXG3RXX8KNAICCAT>

⁷⁹ http://comunicarseweb.com.ar/download.php?tipo=acrobat&view=1&dato=1304290073_Bridgestone-Reporte.pdf

XVI.A.3 Gas Natural

El factor de emisión correspondiente a la combustión del Gas Natural se obtuvo de la Segunda Comunicación Nacional. En la tabla a continuación se indica la marcha de cálculo utilizada:

Variable	Descripción	Unidades	Fuente	M ³
PCI	Poder Calorífico Inferior	Kcal/M ³	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO ₂	8.300
D	Densidad	Kgs./ M ³	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO ₂	0,7190
Frac Ox	Fracción de Carbono Oxidado	%	Modulo Energía - Hoja 1-1 - Método de Referencia	0,995
C_c	Contenido de Carbono	TC/TJ	Página 197 - Tabla 3.1-16. Factores de Emisión de CO ₂	15,31
FE_{CO2} Kcal	Factor de emisión de CO ₂	KgsCO ₂ /Kcal	$FE_{CO2} = C_c * Frac\ Ox * 44/12$	0,0002339
FE_{CO2} Unidad	Factor de emisión de CO ₂	KgsCO ₂ /M ³	FE x PCI	1,94
FE_{N2O}	Factor de emisión de N ₂ O	KgsN ₂ O/TJ	Modulo Energía - Hoja 1-3	0,525
FE_{CH4}	Factor de emisión de CH ₄	KgsCH ₄ /TJ	Modulo Energía - Hoja 1-3	3,125
FE_{CO2eq} Unidad	Factor de emisión de CO _{2eq}	KgsCO _{2eq} /M ³	FE total x M ³	1,95
FE_{CO2eq} Kcal	Factor de emisión de CO _{2eq}	KgsCO _{2eq} /Kcal	FE total x Kcal	0,0002348

Tabla 145. Industria Automotriz. Emisiones por combustión de Gas Natural

Por otra parte, se estimaron las emisiones asociadas a la producción y el transporte del Gas Natural hasta las plantas de proceso. Dicho valor se estimó en base a la categoría "Emisiones Fugitivas" correspondiente al Gas Natural del Inventario de Gases de Efecto invernadero de la República Argentina correspondiente al año 2000, el cual incluye las emisiones fugitivas de gases de efecto invernadero durante los procesos de extracción, transporte y procesamiento del gas natural.

Año 2000	Inventario GEIs (TnCO _{2eq})	Producción de Gas Natural (Mill. M ³)	Kgs CO _{2eq} /M ³	Kgs CO _{2eq} /Kcal
Emisiones Fugitivas Gas Natural	1.585.340	45.135	0,26	0,000031

Tabla 146. Industria Automotriz. "Emisiones fugitivas" por Gas Natural

XVI.A.4 Productos analizados: Automóvil y Pick-Up.

XVI.A.4.a Masa de cada producto

Para ambos productos se han considerado datos promedio de las terminales Fiat⁸⁰ y Ford⁸¹. Para el caso de los automóviles el promedio considerado es de 1.021 Kgs., mientras que para la categoría Pick-Up es de 1.829 Kgs.

XVI.A.4.b Materias Primas

El cálculo de las emisiones asociadas a las Materias Primas se obtuvo mediante la estimación porcentual por material constituyente del vehículo, dichos datos se obtuvieron de una terminal de Córdoba.

Férricos. Se adoptó como material preponderante al acero, por lo que se consideró que la masa total correspondía al mismo. En consecuencia fue utilizado el valor por defecto determinado en el capítulo "Emisiones industria siderúrgica" del presente trabajo.

Aluminio: Se asumieron las emisiones por defecto indicadas en las guías IPCC 2006, cuadro 4.10 (Ánodos precocidos) para CO₂, y Cuadro 4.15 - CWPB (proceso utilizado en la firma Aluar) para las emisiones de CF₄ y C₂F₆.

⁸⁰ www.fiat.com

⁸¹ www.ford.com

Plásticos. Se evaluaron las características promedio de productos similares, y se asumió que este tipo de insumo presenta como componentes principales al Polipropileno (PP) y Poliestireno (PS), asignando para nuestro análisis una participación del 50% a cada uno de ellos. Las emisiones asociadas a los mismos responden a los resultados alcanzados en el capítulo "Emisiones industria petroquímica" del presente trabajo.

Elastómeros: Se estimaron las emisiones correspondientes a la planta de Bridgestone de acuerdo a los consumos energéticos y de insumos indicados en el reporte ambiental del año 2009, obteniéndose una estimación por kg de elastómero. En cuanto al caucho sintético, por no contar con datos de emisiones se consideró una emisión similar a la de "Estireno" estimado en el capítulo "Emisiones industria petroquímica". En cuanto al caucho natural, se utilizó una emisión del 50% de la correspondiente al estireno, por falta de información.

Vidrios. Se adoptó el valor por defecto expuesto en el documento del IPCC 2006 (Volumen 3. Capítulo 2: Emisiones de la industria de los minerales. Cuadro 2.6: Tipo de vidrio: Flotante).

Líquidos. Para este caso se adoptó la hipótesis de que en su mayoría los mismos resultan ser provenientes de refinerías (Lubricantes). Por ello, se han utilizado los valores de emisiones asociadas a la extracción de petróleo y refinación de la Metodología MDL: *"Approved consolidated baseline and monitoring methodology ACM0017-Production of biodiesel for use as fuel - Version 01.1"*.

Varios. En este punto, ante la ausencia de un desagregado de información que permitiera un análisis más detallado, se asumió emisiones nulas.

XVI.A.4.c Electricidad

El factor de emisión de la red eléctrica (0,351 KgsCO₂eq/KWh) se obtuvo de la Dirección Nacional de Prospectiva - Secretaría de Energía. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Extraído de Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible SAyDS - 2010⁸².

Demanda energética para una producción promedio de 96.000 unidades (Terminal Córdoba):

- Potencia eléctrica: 771 KWh/Automóvil
- Consumo de GN: 82 m³/ Automóvil

Dichos valores fueron actualizados por un valor de 1,5 para el caso de la categoría pick-up, debido a la ausencia de datos.

XVI.A.4.d Tratamiento de Efluentes

Según se expone en las Guías del IPCC, Volumen 5 Capítulo 6, la estimación del potencial de producción de CH₄ derivado de los flujos de agua residual industrial se basa en la concentración de materia orgánica degradable en el agua residual, en el

⁸² <http://www.ambiente.gob.ar/default.asp?IdArticulo=456>

volumen de ésta, y en la propensión del sector industrial a tratar sus aguas residuales en sistemas anaeróbicos.

Utilizando estos criterios, se concluye que para el caso de la industria bajo análisis no resultan ser significativas las emisiones asociadas (fundamentalmente provenientes del proceso de Pintura), por lo cual las mismas se han considerado nulas.

XVI.A.4.e Consideración Metodológica

Se puede aseverar que la estimación presentada en el presente informe subvalúa las emisiones de gases de efecto invernadero, debido a que los insumos utilizados en el armado de los vehículos, posee una transformación que en general es realizada por un tercero proveedor de las terminales. Debido a no contar con información suficiente, en la estimación sólo se han considerado las emisiones correspondientes a la producción de las materias primas originales, si adicionar las correspondientes a la fabricación de las autopartes.

XVI.A.4.f Industria Automotriz (Terminales)

Producto	Emisiones por Vehículo (KgsCO ₂ eq/Unidad)				
	Materias Primas ^(*)	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Automóvil	2.424	447	-	-	2.871
Pick-Up	4.341	671	-	-	5.012

^(*) No se pudieron estimar las emisiones de las autopartistas proveedoras de las terminales, por falta de información.

Tabla 147. Industria automotriz. Emisiones por vehículo

XVII. BIOETANOL CELULÓSICO

El bioetanol producido a partir de materias lignocelulósicas, también llamado bioetanol de segunda generación, se presenta como alternativa con gran potencial futuro con respecto los biocombustibles de primera generación (a partir de cereales y oleaginosas). La biomasa ligno-celulósica no compite con el mercado alimentario y, al estar ampliamente distribuida, su costo es menor, lo que contribuye a disminuir el precio final del biocombustible. Con las técnicas actuales su producción no es competitiva si se la compara con la obtención de etanol por los medios tradicionales (a partir de los azúcares contenidos en la caña de azúcar ó del almidón de maíz, como ejemplos más difundidos). Como conclusión preliminar se puede afirmar que las tecnologías de obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica aún no están optimizadas, y no compiten aún económicamente con las tradicionales.

XVII.A. El bioetanol

El etanol puede ser obtenido sintéticamente a partir del petróleo, o por conversión de materiales derivados de la biomasa, a través de la fermentación. En la actualidad, alrededor del 93% del etanol es producido a través de la fermentación de algún tipo de biomasa, y un 7% por métodos sintéticos. El método de fermentación utiliza generalmente tres etapas:

- 1º) la obtención de una solución de azúcares fermentables derivados de biomasa,
- 2º) la fermentación de esos azúcares en etanol, y

3º) la separación y purificación del etanol, generalmente por destilación.

Los elementos a fermentar pueden obtenerse tanto de materia orgánica rica en azúcar (por ejemplo, la caña de azúcar o la remolacha); como de la transformación en azúcar del almidón presente en los cereales. El proceso básico consiste en la obtención de glucosa luego de hidrolizados⁸³ el almidón o celulosa, donde la glucosa se somete a fermentación para obtener entre varios subproductos el etanol.

El grado de viabilidad de la tecnología de la conversión de la biomasa en etanol depende de la naturaleza de la materia prima de la que se parte, en orden de complejidad:

- Azúcares Monoméricos o Diméricos
- Almidones de grano
- Celulosa y Hemicelulosa

En las primeras etapas de la fermentación, cada molécula de glucosa se transforma en dos moléculas de ácido pirúvico. A partir de dicho ácido, diferentes rutas metabólicas⁸⁴ conducen a la formación de otros tantos productos finales. En la fermentación alcohólica, que llevan a cabo las levaduras, el producto final resultante es el etanol y, en menor proporción, otro alcohol, el butanodiol. Las rutas fermentativas alternativas

⁸³ La hidrólisis consiste en la descomposición de sustancias orgánicas e inorgánicas complejas en otras más sencillas por acción del agua.

⁸⁴ En la primera fase, cada molécula de glucosa se transforma en dos moléculas de piruvato. A partir de aquí sólo las rutas que conducen al etanol y butanodiol son activadas por la levadura. Las restantes rutas alternativas son activadas por bacterias aeróbicas o anaeróbicas. Algunas de estas bacterias están presentes en el caldo de fermentación.

son activadas por diferentes bacterias aeróbicas o anaeróbicas que compiten con las levaduras. Cuanto mayor sea la proporción de estas bacterias en el cultivo, tanto menor será la cantidad de etanol obtenida como producto final de la fermentación.

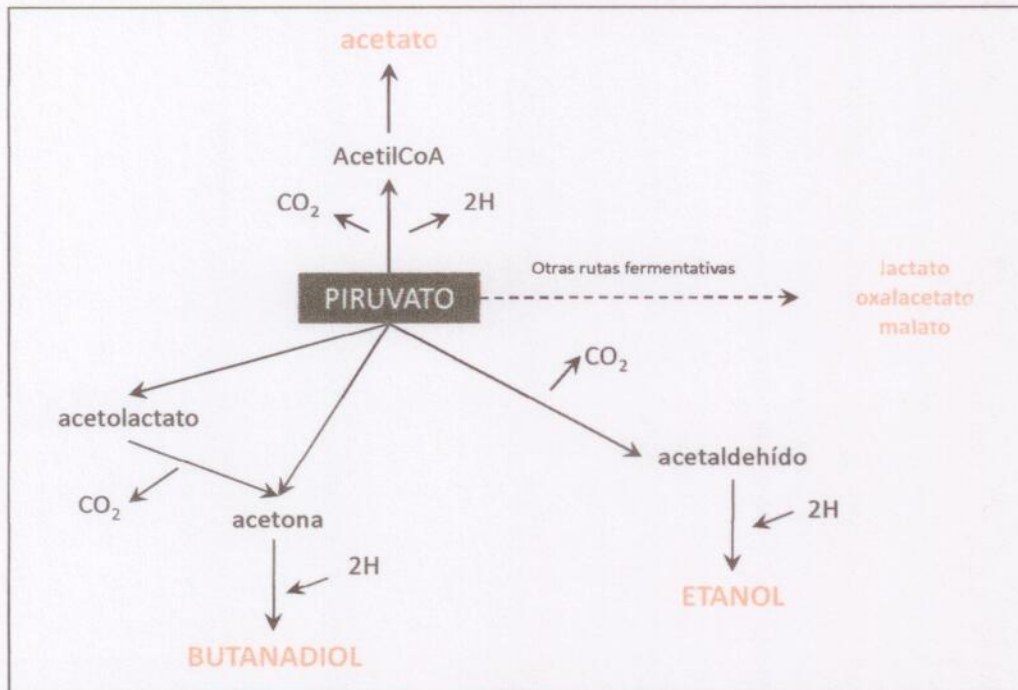


Ilustración 71. Rutas fermentativas de la glucosa una vez hidrolizado el almidón contenido en el grano de maíz o en la celulosa

Fuente: Elaboración propia sobre la base de: C. Gracia: "Biocombustibles: ¿energía o alimento?"

Como fuente de glucosa se utilizan materiales muy diversos, que comprenden el grano de maíz, caña de azúcar, celulosa de la madera, sorgo, papas, trigo e incluso residuos vegetales ricos en fibras. Sin embargo tanto, el cultivo propiamente dicho como la posterior transformación industrial requieren el consumo de una cantidad considerable de energía, parte de la cual tiene origen fósil.

En los últimos años, y con el fin de ampliar la base disponible de recursos para obtener azúcares fermentables e identificar fuentes de materias primas de un costo más bajo, la investigación se ha centrado en el uso de la biomasa sin almidón, y no relacionada con la alimentación, tal como la proveniente de árboles, hierbas y de materiales de desecho.

En este sentido, la producción de etanol a partir de celulosa, reconoce tres principales fuentes de materia prima: materiales forestales, residuos agrícolas y residuos urbanos.

XVII.B. Composición de las maderas y residuos agrícolas

El orden de importancia de los componentes de las maderas y fibras es: celulosa, hemicelulosa y lignina.

En las maderas y fibras, las moléculas de glucosa se enlazan entre sí a través de enlaces β -1,4-glucosídicos, para formar cadenas de enorme longitud que constituyen las moléculas de celulosa. Las moléculas que resultan de la polimerización⁸⁵ de la glucosa, con fórmula empírica $(C_6H_{10}O_5)_n$, son enormemente resistentes e insolubles en agua, lo que dificulta su ruptura en elementos más simples.

La estructura de la celulosa puede apreciarse en la siguiente ilustración.

⁸⁵ La polimerización es el proceso químico por el cual, mediante calor, luz o catalizadores, se unen varias moléculas de un compuesto para formar una cadena de múltiples eslabones de estas y obtener una macromolécula.

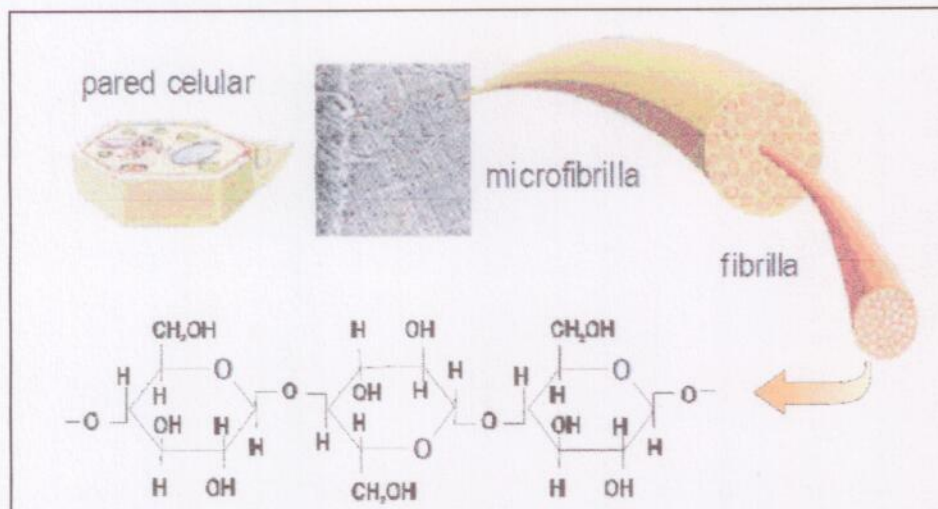


Ilustración 72. Composición y estructura de la pared celular y estructura de la molécula de celulosa

Fuente: C. Gracia: "Biocombustibles: ¿energía o alimento? Cap. 4: Bioetanol

Se observa que la celulosa tiene una estructura lineal o fibrosa. Los múltiples puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo (OH), que se establecen entre distintas cadenas yuxtapuestas de glucosa, originan fibras compactas de mayores dimensiones denominada microfibrillas, que constituyen la pared celular de las células vegetales. Los enlaces β de la celulosa forman éstas cadenas lineales que son altamente estables y muy resistentes al ataque químico, debido al alto grado de energía de las uniones del hidrógeno entre las cadenas.

La celulosa es el principal componente de las células de las plantas y representa aproximadamente el 50 por ciento del peso seco de la madera. La celulosa es la forma más común del carbono en la biomasa.

La hemicelulosa es el segundo componente químico de la madera, constituyendo entre un 15 y un 25 por ciento de su peso seco. A diferencia de la celulosa, formada únicamente por moléculas de glucosa, en la composición de la hemicelulosa intervienen glucosa y otros azúcares solubles en agua que se originan durante la fotosíntesis (azúcares de cinco carbonos). El grado de polimerización de la hemicelulosa es notablemente menor que el de la celulosa y forma cadenas ramificadas, a diferencia de las cadenas lineales de la celulosa. La hemicelulosa

interviene en la formación de las microfibrillas en las que se dispone, rodeando y manteniendo unidas las fibras de celulosa. Su naturaleza ramificada hace que la hemicelulosa sea amorfa, y relativamente fácil de hidrolizar a sus azúcares constitutivos.

Por último, la lignina es el tercer componente de la madera, participando entre un 15% y 30% por ciento de su peso seco. Es un complejo químico formado por la deshidratación de azúcares que origina estructuras aromáticas, tal como puede apreciarse en la siguiente ilustración.

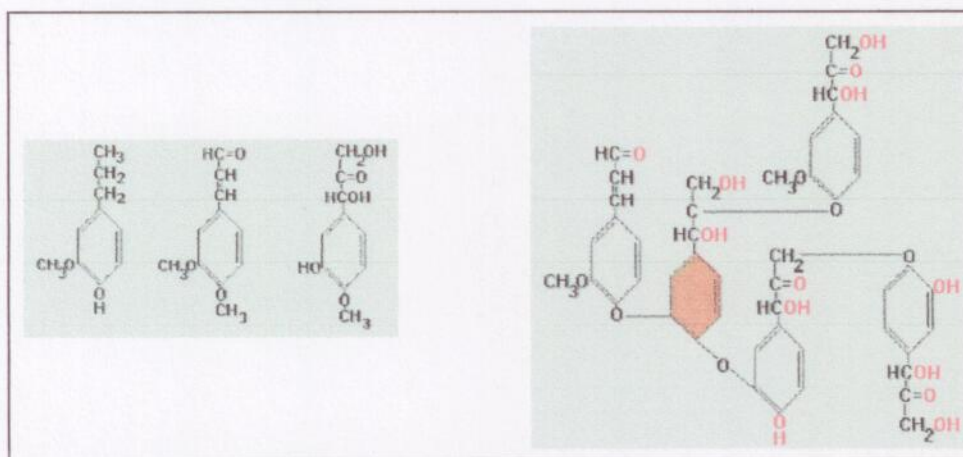


Ilustración 73. Composición de la lignina partir de estructuras aromáticas que se originan por deshidratación de los azúcares.

Fuente: C. Gracia Biocombustibles: ¿energía o alimento 4: Bioetanol

Las reacciones que intervienen en la formación de estos compuestos aromáticos son irreversibles y, por tanto, los compuestos resultantes son muy estables. La lignina es un polímero tridimensional que resulta de la unión de varios ácidos y alcoholes fenilpropílicos, y de múltiples azúcares.

Los tipos y proporciones que intervienen en la composición de la lignina de cada especie dependen básicamente de la disponibilidad de los mismos en la naturaleza. El acoplamiento aleatorio de estos radicales da origen a una estructura tridimensional no totalmente conocida, ya que existen muchos polímeros estructurales diferentes. Resulta conveniente utilizar el término lignina en un sentido colectivo para señalar la

fracción lignina de la fibra. Después de los polisacáridos, la lignina es el polímero orgánico más abundante en el mundo vegetal, y es la única fibra que se conoce que no posee estructura de polisacárido. La lignina posee un importante papel en el transporte interno de agua, nutrientes y metabolitos. Proporciona rigidez a la pared celular y actúa como puente de unión entre las células de la madera. La lignina, que aumenta de manera manifiesta en la pared celular de la planta a lo largo de su vida, es resistente a la degradación bacteriana, y su contenido en fibra reduce la digestibilidad. Los tejidos lignificados resisten el ataque de los microorganismos, impidiendo la penetración de las enzimas destructivas en la pared celular.

Los procesos anaeróbicos raramente descomponen los anillos aromáticos, en tanto que la descomposición aeróbica de la lignina es muy lenta, requiriendo largos periodos de tiempo.

La lignina a menudo es conocida como "carbón limpio", es decir el carbón libre de sulfuro, porque es la porción de las plantas antecesora del carbón. Permanece, sin cambios, como material residual, después de que los azúcares presentes en la biomasa se han fermentado en etanol. El uso económico de este subproducto es crítico en la evaluación de la viabilidad financiera de la tecnología del etanol-biomasa.

Además de la celulosa, hemicelulosa y ligninas, tanto en la pared como en el lumen⁸⁶ de las células, se encuentran otros compuestos orgánicos e inorgánicos, aunque sin formar parte de la estructura de la pared celular. Representan entre un 2% y un 15% del peso de la madera, y le confieren las propiedades características de cada especie.

⁸⁶ La cavidad central de una célula.

Taninos, aceites esenciales, grasas, resinas, ceras, terpenos, fenoles y el almidón constituyen este conjunto que, colectivamente, reciben el nombre de sustancias extractables, ya que pueden extraerse de la madera calentándola en agua, alcohol u otros disolventes.

Desde un punto de vista de la composición elemental, el carbono, el oxígeno y el hidrógeno, componentes básicos de los carbohidratos que intervienen en la composición de la celulosa, hemicelulosa y ligninas, son los elementos más abundantes presentes en la madera.

El calcio, acostumbra a ser un elemento de presencia significativa dado su papel en los puentes de calcio que unen las cadenas pécticas de la pared celular. Por el contrario, la presencia de nitrógeno y fósforo es muy baja. La mayor parte del nitrógeno y fósforo de la planta se concentra en las raíces finas y en las hojas, los órganos fisiológicamente más activos de la planta. La concentración de nitrógeno y de fósforo en las hojas puede ser hasta veinte veces más elevada que en la madera.

XVII.C. El bioetanol a partir de la celulosa

De acuerdo a lo analizado en el punto anterior, la biomasa lignocelulósica presenta una estructura compleja con al menos tres compuestos principales, los que deben ser procesados por separado para asegurar una conversión eficiente de estos materiales en etanol. La estructura cristalina de la misma es la que dificulta la hidrólisis de la celulosa para la obtención de azúcares fermentables. La siguiente ilustración muestra las principales materias primas y rutas tecnológicas para la producción de etanol.

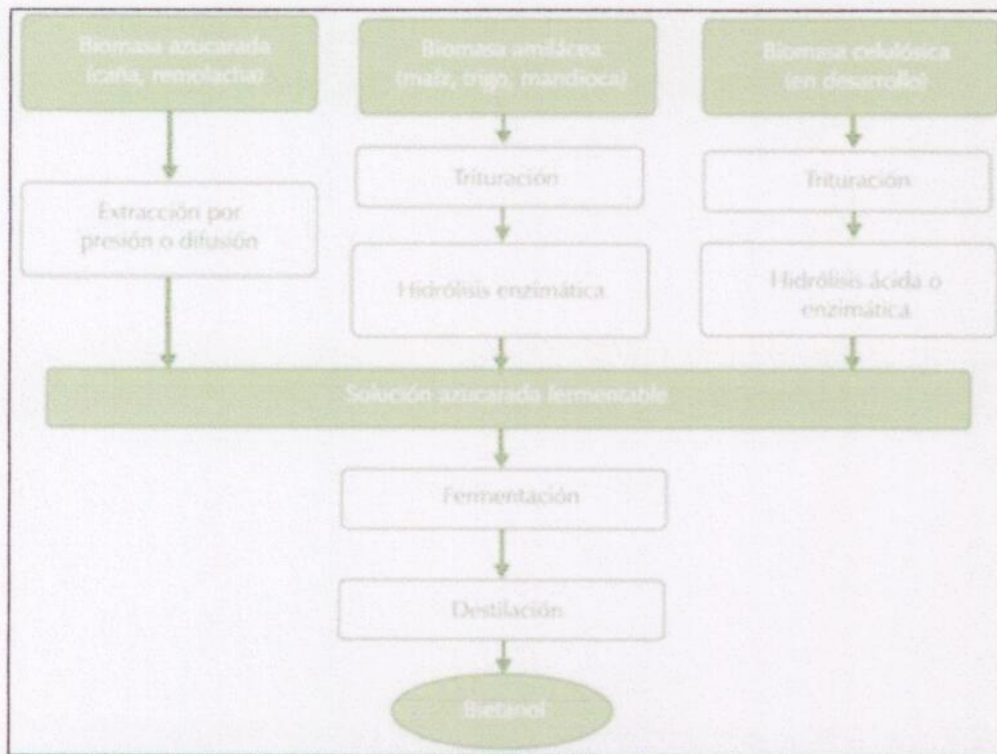


Gráfico 17. Rutas tecnológicas para la producción de bioetanol

Fuente: "Bioetanol de caña de azúcar : energía para el desarrollo sostenible". Coordinación BNDES y CGEE. – Rio de Janeiro; BNDES, 2008.

Para que el proceso de producción de etanol a partir de lignocelulosa sea eficiente se requiere una completa hidrólisis de los azúcares, tanto celulósicos como hemicelulósicos, y una eficiente fermentación de los azúcares a etanol. Además, el proceso debe realizarse con una baja demanda energética. Para lograr estos objetivos son necesarias altas concentraciones de sólidos iniciales en el medio de fermentación, que permitan obtener altas concentraciones finales de etanol, junto a una eficiente integración de las etapas de proceso que permita alcanzar altos rendimientos y baja inversión en equipos.

De acuerdo a este esquema, los principales procesos para la obtención de bioetanol a partir de biomasa celulósica son:

- Pretratamiento
- Hidrólisis

- Fermentación

- Destilación

El principal desafío de la producción de etanol a partir de biomasa ligno-celulósica es el pretratamiento e hidrólisis de la materia prima. El complejo multicelulósico está compuesto principalmente de una matriz de carbohidratos compuesta de celulosa y lignina enlazada por cadenas de hemicelulosa, de acuerdo a lo descritos en el punto anterior.

El pretratamiento tiene como objetivo desintegrar esta matriz, de modo tal que la celulosa reduzca su grado de cristalinidad y aumente la celulosa amorfa, que es la más adecuada para el posterior ataque enzimático; básicamente se aumenta el área superficial del material (trituration), y se disminuye la presencia de aquellas sustancias que dificulten la hidrólisis. Además, la mayor parte de la hemicelulosa se hidroliza durante el pretratamiento y la lignina se libera o puede incluso descomponerse. Los objetivos fundamentales del pre-tratamiento van encaminados a reducir el estado cristalino de la celulosa, disociar el complejo celulosa-lignina y reducir la presencia de sustancias "tóxicas" que dificultan la hidrólisis.

El pretratamiento permite que los rendimientos en la hidrólisis de celulosa aumenten de menos del 20% de los rendimientos teóricos a valores mayores al 90%. Además, un pretratamiento eficaz debe reunir otras características, tales como bajo consumo energético, bajos costos de inversión, utilización de reactivos baratos y fácilmente recuperables, y debe ser aplicable a diversos sustratos.

El pretratamiento tiene como finalidad hacer a la celulosa más accesible a la hidrólisis enzimática y solubilizar las hemicelulosas. Las principales técnicas de pretratamiento son:

- Físicas: molienda, triturado, irradiación.

- Fisicoquímicos: explosión con vapor.

- Químicas: álcali, ácidos, agentes oxidantes, solventes orgánicos.

- Biológicas: hongos degradadores de madera.

- Combinación de los anteriores.

Los pretratamientos Físicos y Fisicoquímicos consisten en:

Molienda: reduce el tamaño de la partícula y la densidad del material, pero no incrementa la susceptibilidad de la celulosa a la hidrólisis.

Molienda con rodillos: método rápido. Disrumpe las estructura cristalinas y aumenta la densidad del material; baja el grado de polimerización.

Explosión con vapor no catalizada: utiliza vapor a alta presión por pocos minutos y el posterior enfriamiento súbito de la biomasa, lo que provoca su explosión.

Agua a altas temperaturas en fase líquida: en este pretratamiento, la biomasa se pone en contacto con agua a altas temperaturas (140-230°C), que mediante presión (350-400 psig⁸⁷) se mantiene en fase líquida.

Los pretratamientos Químicos involucran:

Pretratamientos ácidos: La biomasa y el ácido (por ejemplo sulfúrico) se ponen en contacto por unos minutos mediante percolación, rocío o agitación. Requiere de calentamiento y enfriamiento, al igual que la explosión con vapor.

Pretratamientos alcalinos: La biomasa y el álcali se ponen en contacto mediante una pila a condiciones ambientales. Su desventaja es que el tiempo de tratamiento es del orden de horas o días.

⁸⁷ PSIG: en el sistema gravitacional, expresión de la presión en libras fuerza por pulgada cuadrada.

Explosión amoniacal: se lleva a cabo en reactores empacados con biomasa a altas temperaturas (160-180°C) donde se percola y recicla una solución de amoníaco. Los procesos se denominan AFEX (proceso por lotes) y FIBEX (proceso continuo).

Por último, el pretratamiento Biológico consiste en el cultivo de microorganismos sobre la biomasa que producen enzimas requeridas para la degradación de lignina.

Proceso	Descripción	Tiempo de reacción	Rendimiento de xilosa	Costo*
Físicos				
Explosión de vapor	La biomasa triturada se trata con vapor (saturado, 160°-260° C) seguido de una rápida descompresión	1-10 min	45%-65%	-
Termohidrólisis	Utiliza agua caliente a alta presión (presiones superiores al punto de saturación) para hidrolizar la hemicelulosa	30 min	86%-98%	-
Químicos				
Hidrólisis ácida	Mediante el uso de ácidos sulfúrico, clorhídrico, o nítrico, concentrados o diluidos	2-10 min	75%-90%	+
Hidrólisis alcalina	Mediante el uso de bases, como hidróxidos de sodio o calcio	2 min	60%-75%	++
Organosolv	Una mezcla de un solvente orgánico (metanol, bioetanol y acetona, por ejemplo) con un catalizador ácido (H_2SO_4 , HCl) se usa para romper los enlaces internos de la lignina y de la hemicelulosa	40-60 min	70%-80%	
Biológicos	Utilización de hongos para solubilizar la lignina. Generalmente, se lo utiliza en combinación con otros procesos			
Combinados				
Explosión de vapor catalizada	La adición de H_2SO_4 (o SO_3) o CO_2 en la explosión de vapor puede aumentar la eficiencia de la hidrólisis enzimática, disminuir la producción de compuestos inhibidores y promover una remoción más completa de la hemicelulosa	1-4 min	88%	-
Alex (ammonia fiber explosion)	Exposición al amoníaco líquido a alta temperatura y presión por un cierto período de tiempo, seguida de una rápida descompresión		50%-90%	
Explosión de CO_2	Similar a la explosión de vapor		75%	

Fuente: Elaborado en base a Hanzelínck et al. (2005).

* El signo + indica efecto ventajoso (menor costo).

Tabla 148. Métodos de Pretratamiento

Fuente: "Bioetanol de caña de azúcar : energía para el desarrollo sostenible". Coordinación BNDES y CGEE. – Rio de Janeiro; BNDES, 2008.

Tras esta etapa, normalmente se realiza la filtración del material pretratado con la consiguiente obtención de dos fracciones; una fracción sólida denominada residuo

sólido insoluble (RSI), rica en celulosa y lignina, y una fracción líquida o prehidrolizado, rica en azúcares hemicelulósicos (principalmente xilosa) y productos inhibidores (ácido acético, furfural, Hidroximetilfurfural ó HMF). Normalmente, con el objeto de eliminar los compuestos tóxicos que han quedado adheridos, el RSI se somete a un proceso de lavado antes de ser empleado como sustrato en las etapas posteriores de hidrólisis y fermentación. Esto implica inevitablemente una pérdida de los azúcares solubles embebidos en dicha fracción y un aumento tanto de la cantidad de agua necesaria en el proceso como de los efluentes producidos.

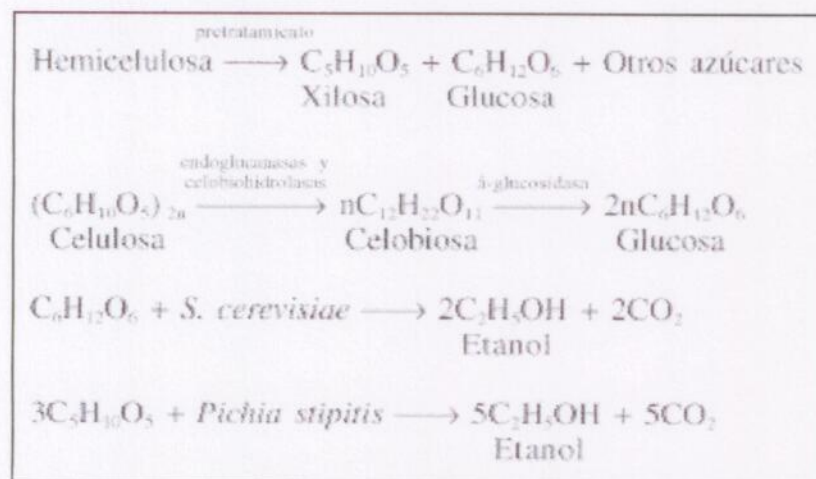
Durante el pretratamiento e hidrólisis de la biomasa ligno-celulósica se forman, junto a los azúcares fermentables, gran cantidad de compuestos que pueden inhibir⁸⁸ la fermentación subsiguiente. Por esto, y dependiendo del tipo de pretratamiento e hidrólisis utilizados, es necesario llevar a cabo la destoxificación de las corrientes que van a ser sometidas a fermentación. En la siguiente ilustración se condensan las principales características de los métodos de destoxificación más empleados para la obtención de bioetanol.

⁸⁸ Las sustancias inhibitorias se originan como resultado de la hidrólisis de los diferentes componentes, de los ácidos orgánicos esterificados a la hemicelulosa, y de los derivados fenólicos solubilizados de la lignina. Así mismo, los inhibidores se forman a partir de productos de degradación de los azúcares solubles y de la lignina

Fuente: Óscar Julián Sánchez y Carlos Ariel Cardona . "Producción biotecnológica de alcohol carburante I: obtención a partir de diferentes materias primas".

El etanol se obtiene convirtiendo enzimáticamente la celulosa de la madera en glucosa, la hemicelulosa en xilosa, y fermentando ambos azúcares para obtener etanol. El

etanol resultante tiene una concentración de, aproximadamente el 8%, similar al que se obtiene a partir de la sacarosa de la caña de azúcar o del almidón del maíz. Este etanol se destila hasta alcanzar una concentración del 95%⁸⁹.



Ecuación 1. Proceso químico para obtención de etanol a partir de celulosa

Fuente: Óscar Julián Sánchez y Carlos Ariel Cardona . "Producción biotecnológica de alcohol carburante I: obtención a partir de diferentes materias primas"

Las etapas de hidrólisis y fermentación se pueden realizar en forma secuencial (hidrólisis y fermentación separadas, SHF) o llevando a cabo, en una sola unidad, la hidrólisis y la fermentación al mismo tiempo (sacarificación y fermentación simultáneas, SSF). Para este proceso el microorganismo más usado es *S. cerevisiae*, que fermenta las hexosas presentes en el hidrolizado, pero no las pentosas. La SSF muestra

⁸⁹ Proceso que requiere 4.560 kilocalorías por cada litro de etanol obtenido.

mayores rendimientos de etanol y menores consumos energéticos, pero las temperaturas de operación no son óptimas para la hidrólisis y se requiere de mayores dosis de enzimas.

En lo que respecta a los procesos⁹⁰, existen básicamente tres niveles distintos de integración en las diferentes configuraciones de proceso:

Hidrólisis y fermentación separadas (HFS): la configuración comúnmente empleada en el proceso de producción de etanol a partir de biomasa lignocelulósica implica un proceso secuencial en el que la hidrólisis de la celulosa y la fermentación de la glucosa se realizan en dos reactores diferentes. En este proceso, la fracción rica en celulosa es primeramente hidrolizada a glucosa. Una vez completada la hidrólisis y separado el residuo de lignina, la glucosa resultante es fermentada y convertida a etanol. La utilización de un medio líquido rico en glucosa hace posible la recirculación de los microorganismos tras la fermentación.

Sacarificación y fermentación simultáneas (SFS): uno de los avances más importantes relacionados con el proceso global de producción de etanol a partir de biomasa lignocelulósica ha sido la implementación y desarrollo del proceso conocido como sacarificación y fermentación simultáneas, en el que la hidrólisis y la fermentación tienen lugar simultáneamente en un mismo reactor.

⁹⁰ Fuente: "Integración de las etapas de proceso (bioetanol de paja de trigo: estrategias de integración de las etapas del proceso). Memoria para optar al grado de Doctor presentada por Ma Elia Tomás Pejó (2010)

Sacarificación y cofermentación simultáneas (SCFS): debido al elevado contenido de pentosas (entre 15-30%, principalmente xilosa) en la biomasa ligocelulósica, es esencial la fermentación de la xilosa para un eficiente y rentable proceso de producción de etanol. Los procesos anteriores no fermentan de forma significativa a las pentosas. La fermentación de pentosas se obtiene utilizando el MPC (prehidrolizado y RSI) en el proceso de SFS. El empleo del MPC y el uso de levaduras fermentadoras de pentosas darían lugar al proceso denominado sacarificación y cofermentación simultáneas.

Bioproceso consolidado (BPC): el bioproceso consolidado conlleva la combinación de las 4 reacciones biológicas necesarias para la transformación de la lignocelulosa a etanol en un único reactor: producción de las enzimas (celulasas y hemicelulasas), hidrólisis del material pretratado a azúcares, fermentación de las hexosas y fermentación de las pentosas. Para la consecución de dicho proceso se necesita un único microorganismo, o mezcla de éstos, capaces de hidrolizar y fermentar la biomasa pretratada sin adición de enzimas exógenas. A pesar de todas las ventajas que implicaría la realización de este tipo de BPC, en la actualidad todavía no existen microorganismos con todas las características requeridas para un eficiente BPC.

El éxito del desarrollo comercial del etanol celulósico requiere la simplificación del proceso que se puede alcanzar con una mayor integración de todas las etapas. La integración de las etapas de proceso significa una visión global del pretratamiento, hidrólisis enzimática y fermentación, ya que cada uno de estos pasos tiene una importante repercusión en el siguiente. Esta integración tendrá beneficios en términos

de mayores rendimientos, velocidades de producción y concentraciones de etanol más altas, lo que se traducirá económicamente en menor capital y coste de operación.

La siguiente ilustración y tabla muestran los procesos descriptos⁹¹:

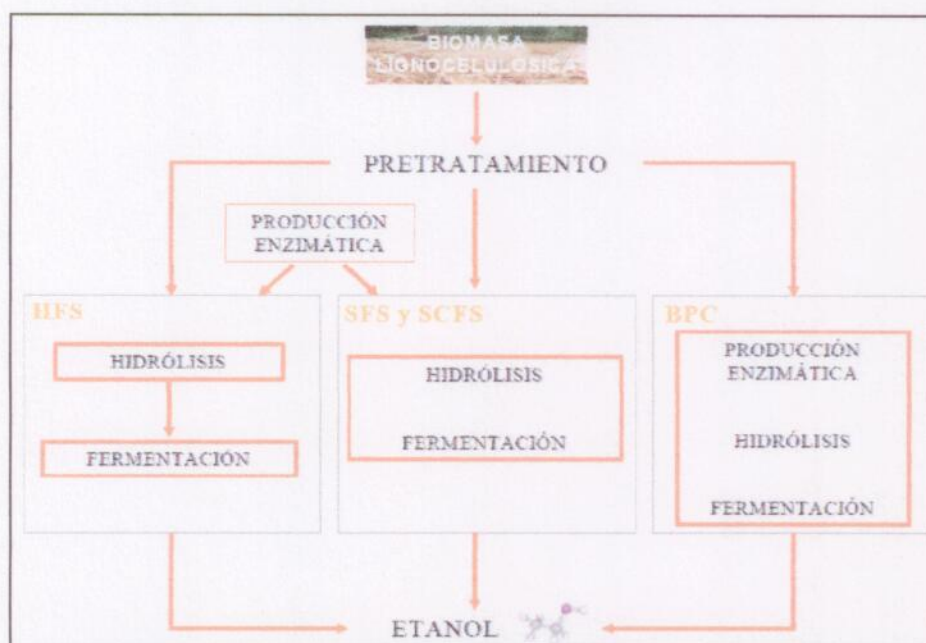


Ilustración 75. Principales configuraciones para obtención de etanol a partir de celulosa

Fuente: "Integración de las etapas de proceso (bioetanol de paja de trigo: estrategias de integración de las etapas del proceso). Memoria para optar al grado de Doctor presentada por M^º Elia Tomás Pejó (2010)

	HFS	SFS	SCFS	BPC
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> - Las enzimas hidrolizan las cadenas de celulosa a monómeros de glucosa. - La glucosa resultante es convertida a etanol en el paso posterior de fermentación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las enzimas hidrolizan la celulosa y el microorganismo convierte simultáneamente la glucosa resultante a etanol. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las enzimas hidrolizan la celulosa y simultáneamente el microorganismo convierte la glucosa resultante a etanol. - La xilosa solubilizada en el hidrolizado es también fermentada a etanol. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conversión de los azúcares celulósicos y hemicelulósicos a etanol por un único microorganismo o mezcla de éstos.
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> - Condiciones óptimas para cada paso. - Posibilidad de reciclaje de las células. 	<ul style="list-style-type: none"> - Amplia disponibilidad de microorganismos eficientes para este tipo de procesos. - Disminución de costes y empleo de menores concentraciones de enzimas. - Se minimiza la inhibición por producto final. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aprovechamiento de la mayoría de azúcares presentes en la materia prima. - Disminución de costes y empleo de menores concentraciones de enzimas. - Se minimiza la inhibición por producto final. 	<ul style="list-style-type: none"> - No se necesita la adición de enzimas para realizar la hidrólisis.
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> - Proceso en dos pasos con el consiguiente aumento de costes que ello supone. - Inhibición por producto final durante la hidrólisis. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las condiciones de proceso deben ser un compromiso entre las condiciones óptimas para hidrólisis y fermentación. - Imposibilidad de reciclaje de las células. - No hay fermentación de las pentosas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los microorganismos fermentadores de pentosas no están ampliamente desarrollados. - Las condiciones de proceso deben ser un compromiso entre las condiciones óptimas para hidrólisis y fermentación. - Imposibilidad de reciclaje de las células. 	<ul style="list-style-type: none"> - No existen actualmente microorganismos con todas las características requeridas para un eficiente proceso.

Tabla 149. Procesos para obtención de biotanol lignocelulósico

Fuente: "Integración de las etapas de proceso (bioetanol de paja de trigo: estrategias de integración de las etapas del proceso).

Memoria para optar al grado de Doctor presentada por M^a Elia Tomás Pejó (2010)

En este sentido, la evolución tecnológica ha seguido una tendencia desde los procesos de hidrólisis química a enzimáticos, junto con la integración de los subprocesos en un mínimo de etapas, haciéndolo más eficiente.

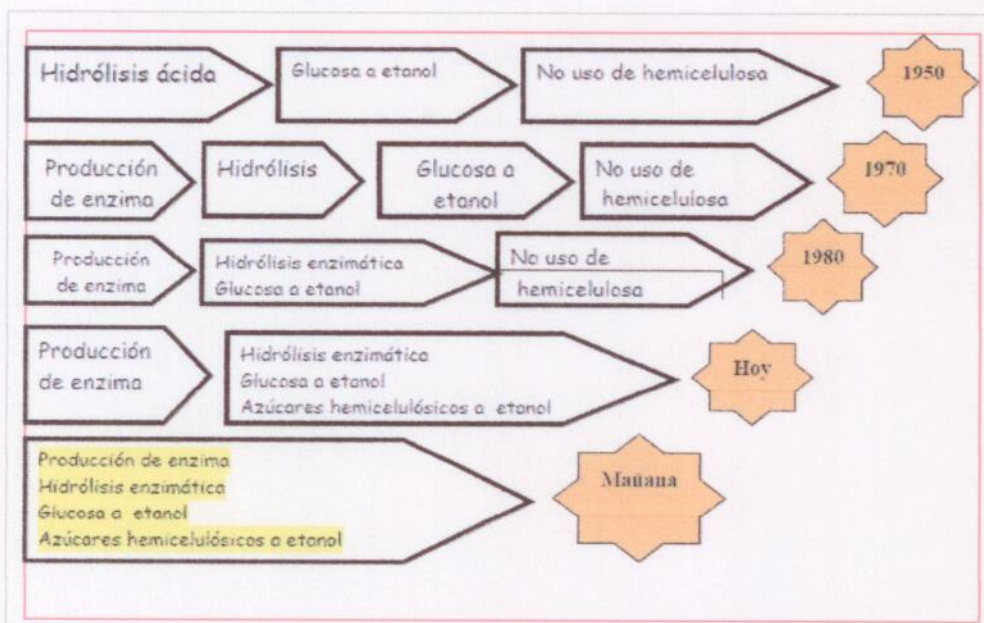


Ilustración 76. Evolución tecnológica para obtención de etanol a partir de celulosa

Fuente: 1^{er} Taller Nacional de Etanol Celulósico. ICIDCA . Enero 2008.

XVII.D. Balance para producir bioetanol a partir de la celulosa

Para el análisis de la producción de biocombustibles⁹² se debe tener en cuenta el balance final, a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, entre la energía que se debe emplear para producirlo y aquella obtenida al final de todos los procesos involucrados. Se plantean dos modos de evaluar la eficiencia energética:

⁹² Fuente: "Perspectivas de los biocombustibles en Argentina, con énfasis en el etanol de base celulósica. INTA (2006).

- eficiencia energética a lo largo del ciclo de vida (que es la energía del combustible final obtenido en relación con la energía primaria total utilizada) y

la relación energía fósil (que es la relación entre la energía que produce el combustible obtenido y la energía total fósil consumida para su producción).

En otras palabras, una forma de evaluar la sostenibilidad de un biocombustible es el balance energético (la diferencia entre la energía insumida por el proceso de producción del biocombustible y la energía entregada por el mismo). La otra forma de evaluar la sostenibilidad es utilizando la Relación con Combustible Fósil (FER por sus siglas en inglés, Energía del Biocombustible/Energía Fósil utilizada). Así los diferentes métodos de obtención a partir de distintas materias primas presentan distintas relaciones de FER. Valores por encima de 1 representan renovabilidad positiva, en tanto que valores por debajo de 1 representan renovabilidad negativa. En la siguiente tabla se presentan valores comparativos del etanol de distintas materias primas con otras fuentes energéticas.

	Etanol					
	Lignocelulósico ¹	Maíz ¹	Caña de azúcar ²	Carbón ¹	Nafta ¹	Electricidad ¹
FER	10.31	1.76	6.95	0.98	0.81	0.41
1. Michael Wang, Argonne National Laboratory; 2 Jerónimo Cárdenas, EEA Obispo Colombres						

Tabla 150. Valores comparativos del etanol de distintas materias primas con otras fuentes energética.
Energía del Biocombustible / Energía Fósil utilizada

Fuente: Perspectivas del etanol de base celulósica – Informe final. INTA. 2006

Si bien existen discrepancias entre distintos estudios realizados -en particular los que involucran al etanol obtenido de caña de azúcar y la utilización o no del bagazo como fuente energética- las diferentes fuentes de obtención de etanol analizadas presentan en general índices de renovabilidad positivos. Las marcadas diferencias de FER positivas a favor del etanol de materiales lignocelulósicos y de caña de azúcar en contraposición con el derivado del maíz se deben fundamentalmente al aprovechamiento de los subproductos lignina y bagazo como fuentes energéticas durante el proceso de obtención del etanol y no a sustanciales diferencias (aunque las hay) en el nivel de captura de la radiación solar primaria por los diferentes cultivos. En

ese sentido el nivel de captura de radiación solar primaria favorece al cultivo de caña de azúcar, al que se considera tres veces superior al del maíz o a cultivos de madera.

XVIII. CONCLUSIONES

La huella de carbono parece ser una herramienta que usarán los países desarrollados para forzar a los países en vías de desarrollo a implementar medidas de mitigación. La exigencia de la huella de carbono como condición impuesta para permitir el ingreso de productos importados a esos países les permitirá dar respuesta a las presiones que tienen de sus productores locales que deben afrontar mayores costos para lograr bajas emisiones en sus bienes.

No está claro si se logrará un acuerdo legalmente vinculante que permita revertir en el futuro cercano la tendencia al aumento de la concentración de GEI en la atmósfera. No obstante la problemática del cambio climático puede adoptar diferentes mecánicas para lograr el objetivo de mitigar las emisiones y es en este marco que han surgido una variedad importante de estándares y protocolos que establecen mecánicas de cálculo de emisiones de GEI y que permiten calcular la huella de carbono de un producto, de un país o de una organización. El requerimiento de cálculo de la huella de carbono parece ser una tendencia principalmente en los países de Europa, lo que podría afectar en el futuro las exportaciones de bienes de la Provincia de Buenos Aires. Por esto la importancia de continuar profundizando el tema para lograr vencer las barreras detectadas en el presente estudio.

La falta de acceso a la información, ya sea porque los datos no existen o porque los mismos son confidenciales fue el denominador común del estudio. Esto es una barrera que necesariamente habrá que superar con la ayuda de la concientización y difusión del tema.

El estudio buscó articular con el sector privado para la obtención de datos y con el sector científico académico para elaborar/seleccionar metodologías de cálculo. La temática requiere el abordaje interdisciplinario y la articulación interinstitucional. Este estudio ha sido un puntapié inicial del proceso largo y complejo del abordaje, en el que ha sido posible detectar puntos de conflicto, incertidumbres, vacíos metodológicos y también puntos en común.

En el marco del presente estudio se realizó el 17 de abril de 2012 un taller de trabajo en la Casa de Posgrado de la Universidad Nacional de La Plata. El taller convocó a

profesionales del sector público, privado y del científico académico que están trabajando de alguna forma en el tema Huella de carbono o que están interesados en la temática. Durante el mismo se presentaron resultados del estudio de Huella de Carbono del sector agropecuario que fue llevado a cabo como etapa previa al presente estudio, los resultados, avances e inquietudes del presente trabajo que se focalizó en la huella de carbono del sector industrial de la provincia de Buenos Aires y se presentaron también los primeros pasos referidos al cálculo de la Huella del agua.

Las mesas de trabajo fueron divididas por sectores de incumbencia (sector científico académico, sector público y sector privado). Se entregaron preguntas disparadoras y se tomó nota de las reflexiones de cada grupo para luego hacer una recopilación final de los aportes recibidos.

En general se resaltó la falta de acceso a la información, ya sea falta de datos porque no existen o porque los mismos son confidenciales y falta de conocimiento acerca de cuál es la línea de estudio de los diferentes grupos de investigación. Se planteó la falta de coordinación entre los grupos que están trabajando en cuestiones inherentes a este tema. Por esto es necesaria la articulación interinstitucional, intersectorial e interdisciplinaria.

Durante el proceso de intercambio surgió la idea de trabajar conjuntamente lo público con lo privado, acercándose el sector público a las cámaras empresariales para avanzar en la posibilidad de que entreguen datos anónimos de sus empresas agrupadas que permitan trabajar con esos datos y a cambio el estado provincial se comprometería a elaborar indicadores de benchmarking que permitan a los privados conocer dónde se posicionan respecto del abanico de resultados de su sector que incluye a sus competidores. Se planteó que a los privados más que interesarles conocer cuál es su huella lo que les interesa es cómo se posiciona su huella frente a la huella de los competidores.

Unas de las líneas de trabajo que sería conveniente profundizar está relacionada con las Pymes cuya huella de carbono sería primero requerida por tratarse de proveedoras de una empresa exportadora. Se debería focalizar en trabajar desde el gobierno provincial con las cámaras empresarias y las Universidades para identificar aquellas

Pymes para trabajar en conjunto y con calculadores simplificados. Una propuesta que surgió fue la de aprovechar las practicas rentadas de los estudiantes próximos a graduarse para prestar asesoramiento a las Pymes.

Las Pymes no cuentan con la infraestructura, ni con los recursos económicos ni humanos que les permitan avanzar en el cálculo de su huella de carbono. Otro inconveniente se genera si las materias primas e insumos son importados.

Las empresas grandes ya se encuentran trabajando en el tema huella de carbono aunque de manera parcial ya que están en una primera etapa que sólo considera las emisiones dentro de los límites de la organización. Este cálculo da una idea muy parcial. Un ejemplo claro es la industria automotriz que si calcula su huella tiene en cuenta sólo las emisiones que corresponden al ensamblado de partes y no las emisiones que se producen en gran cantidad de Pymes proveedoras de autopartes.

Las empresas exportadoras que en el futuro tengan que cuantificar su huella de carbono como requisito de sus clientes se encontrarán con serias dificultades para obtener la huella de sus proveedores. Además para que se puedan sumar las huellas deben haber sido cuantificadas bajo el mismo estándar. Como hay muchos estándares diferentes podría darse la situación en que una Pyme sea proveedora de varias empresas que están calculando su huella con diferentes metodologías y que por lo tanto sea necesario calcularla bajo distintos protocolos. Por esto sería aconsejable avanzar en la elaboración de una metodología propia de cálculo vigente en todo el país que sea aceptada internacionalmente ya que sino al sector privado no le resultará de utilidad. También hacen falta elaborar procedimientos para toma de muestras, mediciones, y actualizar los factores de emisión locales.

Es importante destacar que hay sectores que tienen una huella de carbono que depende fuertemente del proceso en sí y/o de las materias primas y otros sectores cuya huella de carbono depende en gran medida de los consumos eléctricos y de combustible para generación de energía térmica. En estos últimos casos la diversificación en la matriz energética nacional será clave al igual que el diagramar la posibilidad de incorporar energías renovables directamente en su punto de conexión eléctrica promoción que podría estar a cargo de la Dirección Provincial de Energía de la

provincia de Buenos Aires y del Organismo Provincial de Desarrollo Sostenible en el marco de programas de fomento de energía renovable distribuida vinculada a un nodo de consumo industrial.

En el Anexo se presentan las exposiciones efectuadas durante el taller, las preguntas disparadoras y las reflexiones de cada mesa de trabajo (sector privado, sector público y sector científico académico).

Por último y a modo de síntesis se presentan los puntos más relevantes y conclusiones de los distintos sectores que han sido analizados.

XVIII.A. Petroquímica

Se trata de una industria capital intensiva. Los costos de inversión son muy elevados y presenta importantes efectos de escala. Otra característica típica de la IPQ es la integración vertical, ya sea para aprovechar factores tecnológicos, economías de aglomeración, economías de transacción o el poder de monopolio; todo esto afecta notablemente a la determinación de la "huella de carbono" por producto.

Por lo antes mencionado, las estimaciones de la huella de carbono de cada producto en forma individual se ven afectadas por el esquema productivo que defina la empresa. Esto se debe a la posibilidad de direccionar las materias primas hacia la generación de más de un producto final.

Otro aspecto que impacta en la determinación de la huella son los efluentes, cuyos datos son muy difíciles de recabar. Para el presente trabajo se asumieron que se respetan los valores de vertidos exigidos por la legislación.

Debido a la gran dispersión de las industrias que componen el Polo Petroquímico del Gran Buenos Aires y a su pequeña escala, en comparación con el resto de las industrias del sector, se ha realizado un análisis parcial del mismo. Se han incluido solamente las empresas que presentan una escala de producción superior a las 5.000 toneladas anuales y de las cuales se ha podido conseguir algún tipo de información (ya sea de la bibliografía o por contacto con la empresa).

En todos los casos se han desarrollado calculadores que tienen en cuenta las emisiones asociadas al consumo energético y a la generación de efluentes. Para los

procesos productivos de "amoníaco, cloruro de vinilo y negro de humo" se han considerado las emisiones propias del proceso productivo. Los únicos casos que no han incluido las emisiones asociadas a las materias primas son la producción de "cloro y de hidróxido de sodio" (por falta de información).

XVIII.B. Cementera

La industria del cemento tanto a nivel mundial como a nivel regional y local se encuentra trabajando en la mejora de su huella de carbono con el objetivo de lograr una actividad más sostenible. El desempeño ambiental es una meta permanente que busca definir de forma equilibrada los principios de eficiencia económica, balance ambiental y equidad social transmitidos en todas las operaciones desarrolladas por el sector.

Al igual que lo sucedido en otros sectores industriales, el principal inconveniente estuvo en la obtención de datos específicos de las industrias. Razón por la cual el calculador de la huella del sector industrial cemento es un modelo genérico con parámetros de referencia de máxima y de mínima que tienen en cuenta únicamente el consumo de energía y las emisiones del proceso productivo; no se han incluido las emisiones asociadas a la producción de la materia prima por falta de datos.

Además cabe mencionar que el modelo de determinación de la huella de carbono del cemento fue desarrollado solamente para la producción de cemento portland, y no para cemento de albañilería, por ser el cemento portland el de mayor producción (aproximadamente un 95%).

XVIII.C. Siderúrgica

La Industria Siderúrgica involucra todos aquellos procesos destinados a la manufactura de elementos de Acero, desde la transformación del mineral de Hierro y/o Chatarra hasta la comercialización de los elementos por ella producida.

Desde el punto de vista productivo debe considerarse que el acero puede obtenerse a partir de dos materias primas fundamentales, que condicionan el proceso de fabricación:

- El arrabio, obtenido a partir de mineral en instalaciones dotadas de alto horno (proceso integral). El acero se obtiene a partir de arrabio empleando el convertidor con oxígeno;
- Las chatarras, tanto férricas como inoxidable. El acero se obtiene por medio de un proceso electro-siderúrgico (horno de arco eléctrico)

Los principales productos obtenidos en la industria siderúrgica son:

- Hierro primario.
- Acero crudo.
- Laminados terminados en caliente.
- Planos terminados en frío.

En la provincia de Buenos Aires, la industria siderúrgica tiene su centro más importante en San Nicolás de los Arroyos, donde se encuentra Siderar S.A.I.C. (fusión de las empresas Aceros Paraná y Propulsora Siderúrgica) con la Planta General Savio, anteriormente de la Sociedad Mixta Siderúrgica Argentina (SOMISA). Además se agregan Aceros Bragado S.A. en Bragado, el proyecto de SIDINSA en Bahía Blanca, Techint ubicada en Campana; Dálmine-Siderca sobre la vera del Río Paraná, gestionada por el grupo Tenaris; y Propulsora Siderúrgica Ensenada (ex Siderar y actualmente Tenaris).

Se analizaron las emisiones de Siderar, Aceros Bragado y Tenaris Campana.

Las emisiones fueron analizadas en los siguientes grupos:

1. Emisiones asociadas a los procesos de producción: Los procesos de producción de hierro y aceros poseen emisiones asociadas a la liberación de corrientes gaseosas conteniendo CO_2 y CH_4 fundamentalmente, los cuales se encontraban almacenados en los combustibles y materias primas utilizadas.
2. Emisiones asociadas al Tratamiento de Efluentes: no hay información disponible para efectuar los cálculos correspondientes debido a que esta industria no se encuentra dentro de las industrias mencionadas en el Capítulo 6 del Volumen 6 de las Guías para la Elaboración de Inventarios Nacionales de GEIs.

3. Emisiones correspondientes a procesos de transformación: al momento de la elaboración del presente estudio no se contaba con información suficiente para la estimación de las emisiones asociadas a los procesos de transformación del hierro y acero en los productos elaborados. Estos procesos de transformación incluyen fundamentalmente consumos energéticos para los trenes de laminación, y conformado. Resulta indispensable para mejorar las estimaciones correspondientes completar el análisis del ciclo incluyendo estos procesos

Las emisiones para la obtención del acero en bruto dependen fuertemente de la valorización de las emisiones de la materia prima empleada, obteniéndose factores de emisión bajos para las plantas en donde la materia prima principal es la chatarra:

Producto	Planta	Materia Prima PPal	Emisiones Totales (kgsCO ₂ eq/Tn)
Acero Horno Básico de Oxígeno (BOF)	Siderar	Arrabio	2156
Acero Horno de Arco eléctrico (EAF)		Se consideró como si todo el acero fuera BOF	2776
Acero Horno de Arco eléctrico (EAF)	Aceros Bragado	Chatarra	664
Acero Horno de Arco eléctrico (EAF)	Tenaris	Chatarra	866

XVIII.D. Aceitera

La industria de aceite argentina se concentra en las provincias de Santa Fe, Entre Ríos, Córdoba y Mendoza, en el Gran Buenos Aires y en la Capital Federal.

La Argentina es el líder mundial en exportaciones de aceite de soja y girasol. El 90% del aceite comestible que se produce se exporta a 66 países, principalmente a África y al sudeste asiático.

El segmento de mayor relevancia es el del aceite de soja, le sigue el de girasol y luego el de maní. Analizando a las firmas, sobresale que:

- Cargill es el principal exportador, superando la cantidad exportada por dicha empresa su propio volumen de producción.

- Aceitera General Deheza y sus empresas vinculadas son el principal productor y uno de los principales exportadores, especialmente de las variedades de soja, girasol y maní.

- El Grupo Bunge, segundo en cuanto a producción, se dedica prácticamente por completo al negocio de la exportación y es la empresa con mayor capacidad del sector.

- Por otra parte, Molinos Río de la Plata es el que tiene mayor participación en el mercado interno, además de ser un importante exportador de aceites fraccionados.

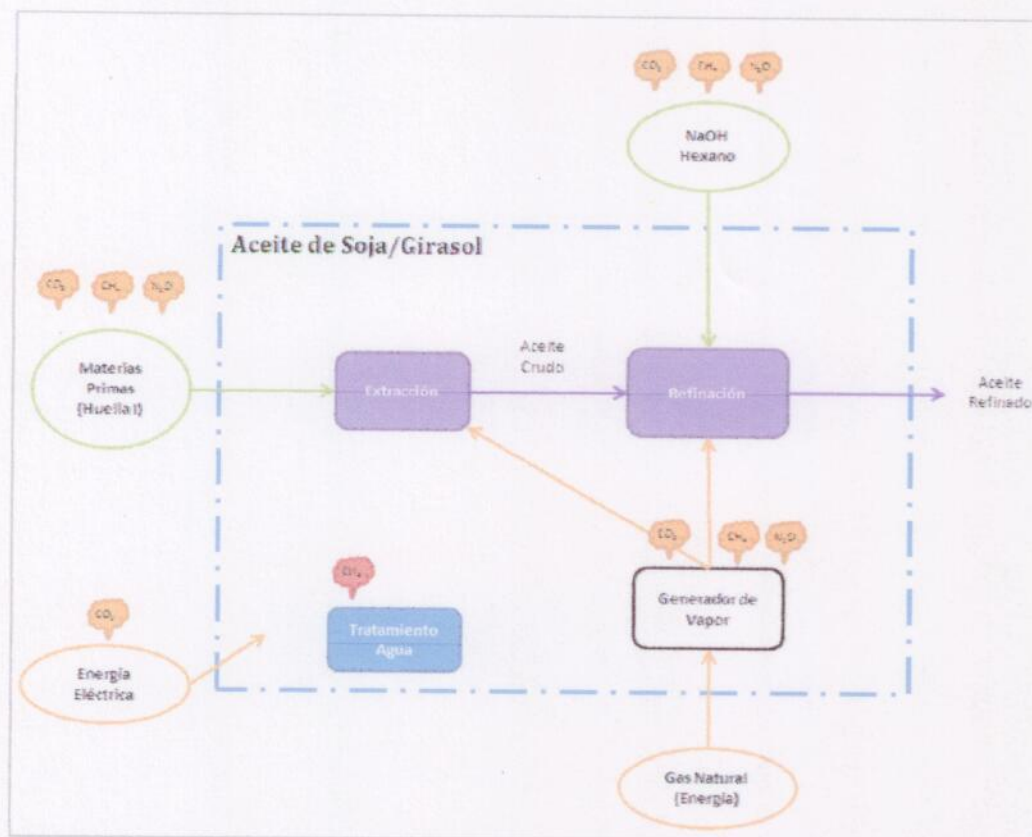
En aquellos casos en los que fue posible, se estimaron las emisiones asociadas a la obtención de las materias primas para poder completar el análisis de ciclo de vida del producto.

Las emisiones han sido estimadas por unidad de producto y luego, si se dispone de información estadística, se han estimado las emisiones netas.

Los principales insumos y materias primas empleados son: hexano, soda cáustica, electricidad, semillas oleaginosas (girasol y soja).

Los cálculos realizados, si bien son conceptualmente similares a las estimaciones realizadas en el estudio "Huella de Carbono en las exportaciones de los productos agropecuarios de la provincia de Buenos Aires", difieren en primera instancia en la consideración de las emisiones asociadas a la producción de los insumos para el proceso productivo (Hexano y NaOH). Y en segunda medida se han actualizado los valores de mercado para la apropiación de emisiones entre co-productos.

El proceso analizado responde al siguiente esquema de producción:



Las emisiones de GEIs varían entre de 640 a 847 kgCO₂eq/Tn por unidad de producto asociadas a diferentes procesos de producción de aceite

Producto	Sistema productivo	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
		Materias Primas ^(*)	Energía	Procesos	Effluents	Total
Aceite Girasol	RN-SD-1F81%	382	285	-	11	678
Aceite Girasol	RN-SD-SF18%	344	285	-	11	640
Aceite Girasol	RS-LC-1F81%	550	285	-	11	847
Aceite Girasol	RS-LC-SF18%	508	285	-	11	804
Aceite Soja	RN-SD-1F90%-S1°	336	315	-	11	663
Aceite Soja	RN-SD-SF-S2°	386	315	-	11	712
Aceite Soja	RS-SD-1F90%-S1°	375	315	-	11	702
Aceite Soja	RS-LC-1F90%-S1°	391	315	-	11	717

^(*) Incluye Modelo Agrícola e Insumos.

XVIII.E. Papelera

La cadena productiva de pulpa, papel e industria gráfica comprende desde la producción de la pulpa elaborada a partir de materias primas fibrosas, como la madera, el bagazo de caña u otras fuentes de fibras, hasta la producción de papel y la producción de imprentas y editoriales.

En el país, la industria de la celulosa y el papel está representada por alrededor de diez empresas como principales productoras de pasta celulosa, junto a una gran cantidad de empresas productoras de papel. Siete de las empresas productoras de pasta poseen sus procesos integrados, es decir, son productoras de pasta celulosa y papel, en tanto que algunas de ellas poseen también sus propias plantaciones.

La materia prima utilizada para la producción de pasta es, en mayor medida, madera de bosque implantado. Sin embargo, no toda esta madera proviene de bosques certificados.

En algunas zonas del país en las que se produce caña de azúcar, como en el NOA, el residuo del proceso (bagazo) es utilizado para la fabricación de pasta celulosa.

Cuando se adicionan a las empresas pasteras aquellas que producen productos de papel, se alcanza un universo de más de un centenar de empresas, que constituye el sector industrial completo.

La Provincia de Buenos Aires se encuentra entre las principales zonas con desarrollo de actividad foresto industrial del país, junto a las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos. La Provincia de Buenos Aires tiene un peso muy elevado en la manufactura de papel para diarios, ya que la contribución provincial al total nacional supera en la mayoría de los casos el 85% en este rubro. Entre las empresas más importantes en el sector pastero papelerero que se encuentran.

1. Papel Prensa: emplazada en la localidad de San Pedro. Abastece de papel periódico a la mayoría de los diarios del país, incluyendo a los líderes Clarín y La Nación.
2. Papelera Massuh: tiene cuatro plantas industriales: dos en la Provincia de Buenos Aires (la División Celulosa y Papel, en Quilmes, y la División Papeles Especiales, en San Justo) y dos en el Parque Industrial de San Luis.

3. Kimberly Clark: La empresa es una compañía líder en la producción y desarrollo de productos para la higiene y la salud de los individuos dentro del mercado de consumo masivo. Cuenta con tres plantas de producción, ubicadas dos de ellas en la Provincia de Buenos Aires, en Pilar y Bernal, y la restante en la provincia de San Luis.

4. Papelera del Plata: Se dedica a la fabricación, conversión y comercialización de papel tissue, fabricación y comercialización de pañales descartables y toallas húmedas para bebés, etc., junto con la recuperación y reciclado de papeles para la obtención de fibras celulósicas destinadas a la fabricación de papel tissue. Las fibras recicladas constituyen aproximadamente el 80% de la materia prima de estos productos.

Los principales insumos y materias primas empleados son: vapor, electricidad, madera, papel, gas natural, agua, productos químicos.

El vapor necesario es generado en su totalidad en base a la combustión del licor negro concentrado. Cabe aclarar que no se han considerado las emisiones generadas por la quema de licor, como así tampoco la existencia de excedente de energía eléctrica.

Se consideraron los datos de actividad y las materias primas correspondientes a la explicación del proceso productivo. No se contemplaron emisiones asociadas a la producción y transporte de las materias primas. Respecto a los insumos se consideraron las emisiones correspondientes a la producción sólo de aquellos productos para los cuales se contaba con información.

Como ha sucedido en otras industrias analizadas, ante la ausencia de información específica del sector, se han utilizado valores de referencia internacionales.

Las emisiones de GEIs varían entre de 6322 a 7040 kgCO₂eq/Tn por unidad de producto asociadas a los procesos de producción de pulpa:

Proceso	Emisiones por Concepto (KgsCO ₂ eq/Tn Prod.)				
	Materias Primas (*)	Energía	Procesos	Effluentes	Total
Pulpado Mecánico (CTMP)	29	888	-	6.124	7.040
Pulpado Químico (Kraft)	42	156	-	6.124	6.322

(*) No se consideraron las emisiones correspondientes a la producción primaria.

XVIII.F. Láctea

De los 12.500 tambos que constituyen el rodeo nacional, la provincia de Buenos Aires participa con 2.626 tambos, lo cual representa aproximadamente el 21% de los establecimientos tamberos de la Argentina. La producción de leche en la provincia de Buenos Aires tiene su origen a partir de los distintos sistemas de producción que caracterizan las cuencas lecheras. Las principales variables que distinguen dichos sistemas se relacionan con las condiciones agroecológicas y la tecnología de producción aplicada.

El sector industrial viene transitando un proceso de reconversión que permitió ampliar la capacidad instalada y orientar los procesos hacia la producción de leche en polvo, principal producto de exportación a nivel nacional. La industria está compuesta por una diversidad de empresas, desde las de mayor tamaño, que procesan más de 100.000 Lts. de leche cruda por día, hasta los tambos-fábrica que operan con escasos volúmenes de leche, generalmente de producción propia.

Del total de leche cruda producida en el país aproximadamente el 20% se destina a elaboración de leche fluida, el 72% a la elaboración de productos lácteos y el 8% restante corresponde a leche informal, es decir la que no ingresa en los canales formales de comercialización. Dentro de la elaboración de productos lácteos el principal destino es la elaboración de quesos en todas sus modalidades, concentrando el 47 % de la producción de leche cruda. Le sigue en importancia la elaboración de leche en polvo que absorbe el 15% de la leche cruda producida.

Por otro lado la distribución geográfica de las plantas industriales obedece a la localización de la producción primaria lechera. Por ello, la mayor concentración de

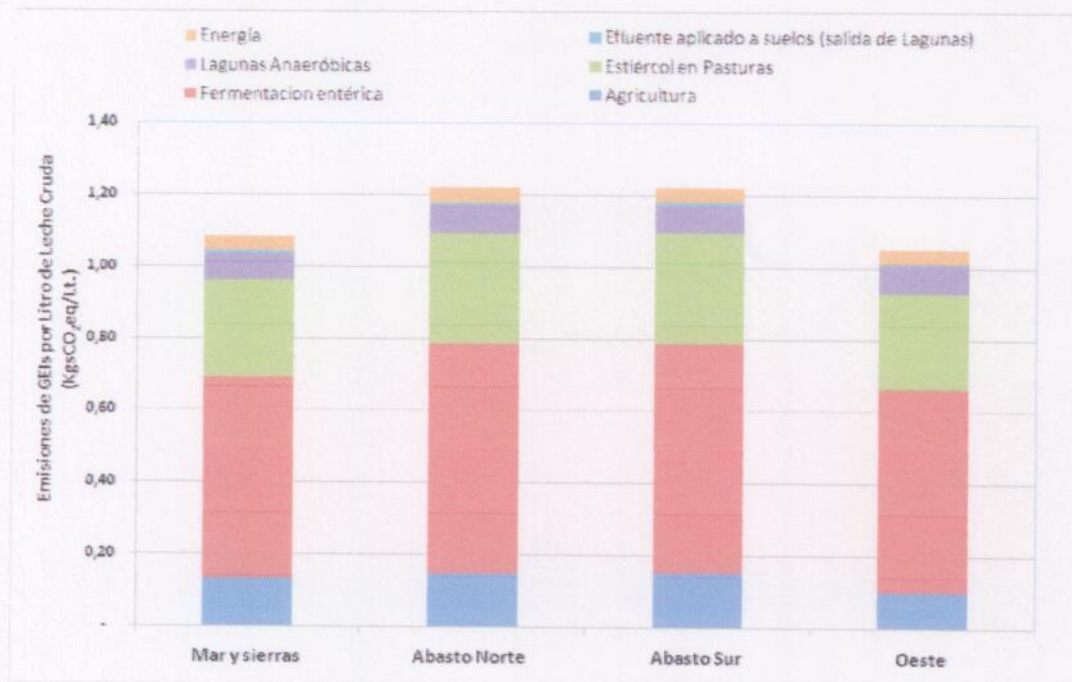
plantas se encuentra en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe. La provincia con mayor cantidad de plantas es Buenos Aires, que explica un 36% de las plantas elaboradoras de productos lácteos del país.

Según el último relevamiento realizado por el Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, existen 428 establecimientos elaboradores de productos lácteos registrados de los cuales se encontraron activos, durante el año 2009, 320 plantas pertenecientes a 306 empresas. A su vez, de las 320 plantas elaboradoras de lácteos, 48 procesan a partir de pasta, por lo que son 272 las plantas que reciben la producción de leche cruda de la provincia.

Para la estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero se tuvieron en cuenta:

1. Producción de Materias Primas: Se incluyeron las emisiones asociadas a la producción de los forrajes y la gestión de pasturas y pastizales para la alimentación del rodeo.
2. Fermentación Entérica: Para ello se utilizaron los modelos de ganadería desarrollados en el estudio "Huella de carbono en las exportaciones de la provincia de Buenos Aires" según las guías directrices del IPCC 2006.
3. Estiércol en Pasturas: Se estimaron las emisiones del estiércol que queda en las pasturas.
4. Lagunas Anaeróbicas: Se asume que la gestión de los efluentes de todos los sistemas analizados se realiza mediante sistemas de lagunas anaeróbicas (o Cavas), por lo que se han estimado las emisiones asociadas.
5. Aplicación de salida de lagunas a suelos: Se consideró que los efluentes resultantes a la salida del sistema de gestión (Lagunas Anaeróbicas/Cavas) es aplicado a Suelos,
6. Energía: Se consideraron las emisiones asociadas a los consumos energéticos en la sala de ordeño.

De este modo las emisiones de tambos varía según la región de acuerdo al detalle de la tabla siguiente estando su valor entre 1.1 y 1.2 kgCO₂eq/lit de leche producida:



XVIII.G. Automotriz

La industria de automotriz argentina se concentra en las provincias de Santa Fe, Buenos Aires y Córdoba.

En la provincia de Buenos Aires se encuentran las plantas de Toyota (Zárate), Ford (Pacheco), Honda (Campana) y Peugeot (El Palomar). Es importante destacar que en estas plantas se ensamblan las autopartes y por lo tanto gran parte de las emisiones de produce fuera de los límites de estas compañías.

Se analizaron los productos Automóvil y Pick-Up, considerando las siguientes masas y materias primas para cada uno:

- Masa: Para ambos productos se han considerado datos promedio de las terminales Fiat y Ford. Para el caso de los automóviles el promedio considerado es de 1.021 kg., mientras que para la categoría Pick-Up es de 1.829 kg.
- Materias Primas: El cálculo de las emisiones asociadas a las Materias Primas se obtuvo mediante la estimación porcentual por material constituyente del vehículo,

dichos datos se obtuvieron de una terminal de Córdoba por no disponerse de datos de terminales de la Provincia de Buenos Aires.

1. Férricos. Se adoptó como material preponderante al acero, por lo que se consideró que la masa total correspondía al mismo.

2. Aluminio

3. Plásticos. Se evaluaron las características promedio de productos similares, y se asumió que este tipo de insumo presenta como componentes principales al Polipropileno (PP) y Poliestireno (PS), asignando para nuestro análisis una participación del 50% a cada uno de ellos.

4. Elastómeros.

5. Vidrios.

6. Líquidos. Para este caso se adoptó la hipótesis de que en su mayoría los mismos resultan ser provenientes de refinерías (Lubricantes)

7. Varios. En este punto, ante la ausencia de un desagregado de información que permitiera un análisis más detallado, se asumió emisiones nulas.

Para el consumo de electricidad se consideró como benchmark la demanda energética para una producción promedio de 96.000 unidades (Terminal Córdoba):

- Potencia eléctrica: 771 kWh/Automóvil

- Consumo de Gas Natural: 82 m³/ Automóvil

Dichos valores fueron actualizados por un valor de 1,5 para el caso de la categoría pick-up, debido a la ausencia de datos.

Para el caso de la industria bajo análisis no resultan ser significativas las emisiones asociadas (fundamentalmente provenientes del proceso de Pintura), por lo cual las mismas se han considerado nulas.

Se puede aseverar que la estimación presentada en el presente informe subvalúa las emisiones de gases de efecto invernadero, debido a que los insumos utilizados en el armado de los vehículos, posee una transformación que en general es realizada por un

tercero proveedor de las terminales. Debido a no contar con información suficiente, en la estimación sólo se han considerado las emisiones correspondientes a la producción de las materias primas originales, si adicionar las correspondientes a la fabricación de las autopartes. Los resultados obtenidos son de 2871 kgCO₂eq/automóvil y 5012 kgCO₂eq/pick-up.

Producto	Emisiones por Vehículo (KgsCO ₂ eq/Unidad)				
	Materias Primas ^(*)	Energía	Procesos	Efluentes	Total
Automóvil	2.424	447	-	-	2.871
Pick-Up	4.341	671	-	-	5.012

^(*) No se pudieron estimar las emisiones de las autopartistas proveedoras de las terminales, por falta de información.

XVIII.H. Bioetanol Celulósico

El bioetanol producido a partir de materias lignocelulósicas, también llamado bioetanol de segunda generación, se presenta como alternativa con gran potencial futuro con respecto a los biocombustibles de primera generación (a partir de cereales y oleaginosas). La biomasa ligno-celulósica no compite con el mercado alimentario y, al estar ampliamente distribuida, su costo es menor, lo que contribuye a disminuir el precio final del biocombustible. Con las técnicas actuales su producción no es competitiva si se la compara con la obtención de etanol por los medios tradicionales (a partir de los azúcares contenidos en la caña de azúcar ó del almidón de maíz, como ejemplos más difundidos). Como conclusión preliminar se puede afirmar que las tecnologías de obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica aún no están optimizadas, y no compiten por el momento económicamente con las tecnologías tradicionales.