



Universidad Nacional de Córdoba



Facultad de Ciencias Exactas,
Físicas y Naturales

Escuela de Ingeniería Industrial

Prefactibilidad del Reemplazo de Fueloíl por Pellet de Biomasa en Plantas Asfálticas Móviles

Autores

GROSSO, Guillermo Ariel. Matrícula 34197606

WILLENBERG AUGER, Kevin. Matrícula 35923168

Tutor

FUNES, Raúl

CÓRDOBA, Septiembre de 2017



*Prefactibilidad del reemplazo de fueloil por pellet de biomasa
en plantas asfálticas móviles*





DEDICATORIA

A:

Nuestros padres, por el apoyo incondicional de siempre.

Ing. Raúl Funes, por su asesoría y dirección a lo largo del proyecto.

Ing. Jorge Gregorutti, por la información facilitada a lo largo del desarrollo del trabajo.

Demás profesores y profesionales, por la buena predisposición y voluntad cuando incurrimos a ellos para consultarlos.

Nuestros familiares, novias, amigos y demás seres queridos, por la confianza y el cariño brindado.

Universidad Nacional de Córdoba, Facultad Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y Escuela de Ingeniería Industrial, por darnos la posibilidad de estudiar esta carrera.

RESUMEN

Argentina posee una extensa superficie de tierras fértiles, lo que le ha permitido un gran desarrollo de la actividad silvícola y agrícola. Sin embargo, tanto la agroindustria como los aserraderos encargados de procesar la materia prima, son los principales generadores de residuos agroindustriales, en forma de cáscaras, bagazo, ramas de frutales, aserrín, chips o astillas, etc.

El sector agroindustrial genera actualmente alrededor de 3,5 millones de toneladas anuales de residuos. Si bien ya existen aplicaciones para su utilización, éstas no representan un porcentaje relevante, siendo estas gestadas bajo el contexto internacional que fomenta la ejecución de proyectos que se alineen a sus objetivos ambientales. Actualmente el acuerdo de París estipula inversiones considerables a partir del año 2020, lo que genera un panorama atractivo para estudiar mejoras ambientales alcanzables.

La biomasa como recurso energético, no tiene una participación activa en la matriz energética actual de Argentina, en muchos casos se encuentra concentrada alrededor de las industrias mencionadas ocupando gran espacio debido a su escasa densidad (300 kg/m^3), resultando propensa a desarrollo de vectores e incendios descontrolados. Razón por la cual posee un valor comercial bajo y hasta muchas veces nulo, fomentando su diseminación en actividades de disminuido valor agregado. Alcanzando una relación de hasta 8 veces inferior al valor de combustibles como el fueloil a pesar de contar con un poder calorífico de entre 1,5 y 3 veces menor.

Una carta importante de este proyecto se basa en el uso de la peletización de biomasa, una tendencia moderna que permite tomar ventaja sobre otros combustibles. Permitiendo aumentar su densidad, mejorar su combustión y reducir costos de transporte. Además, el mercado del pellet se encuentra actualmente en crecimiento, lo que promueve el desarrollo de la industria, ofreciendo nuevas tecnologías para su aplicación.

Los enfoques bajo los que este proyecto fue tratado sustancian resultados que consolidan la prefactibilidad económica, técnica y ambiental de reemplazar un combustible derivado del petróleo, por uno renovable en el proceso de elaboración de mezclas asfálticas.

ABSTRACT

Argentina has an extensive surface of fertile land, which has allowed it to a great development of forestry and agricultural activity. However, both agribusiness and sawmills in charge of processing the raw material are the main generators of agro industrial waste, in form of shells, bagasse, branches of fruit trees, sawdust, chips and others.

The agro-industrial sector generates at present about 3,5 million tons per year of residues. Although there are already applications for its use, these do not represent a significant percentage, These ones are gestated under the international context that encourages the execution of projects which line up to their environmental objectives. Currently the Paris agreement (the Treaty of Paris) stipulates considerable investments from the year 2020 which generates an attractive panorama to study achievable environmental improvements.

The biomass as an energy resource does not have an active participation in the current energy matrix of Argentina, in many cases it is concentrated around the mentioned industries, and which occupies large space because of its low density (300 kg/m³) being prone to Development of uncontrolled vectors and fires. Reason for which it possesses a low commercial value and often void encouraging its dissemination in activities of little added value. Thus reaching a ratio of up to 8 times less than the value of fuels such as fuel oil despite having a calorific power between 1.5 and 3 times lower.

An important charter of this project is based on the use of biomass pelletizing, a modern trend that allows taking advantage of other fuels. Allowing it to increase its density, improve its combustion and reduce transport costs. In addition, the pellet market is currently growing, which promotes the development of the industry, offering new technologies for its application.

The approaches under which the project was dealt substantive results consolidate the economic, technical and environmental pre-feasibility of replacing a fuel derived from petroleum, with a renewable one in the process of manufacturing asphalt mixtures.



*Prefactibilidad del reemplazo de fueloil por pellet de biomasa
en plantas asfálticas móviles*



ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	18
CAPÍTULO 1: BIOMASA EN ARGENTINA	21
1.1 BIOMASA EN ARGENTINA	22
1.1.1 CLASIFICACIÓN DE LA BIOMASA	23
1.1.2 BIOMASAS DISPONIBLES Y PODER CALORÍFICO	23
1.1.3 PELLET	24
1.2 PODER ENERGÉTICO DE LA BIOMASA EN ARGENTINA	25
1.2.1 EQUIVALENCIA ENERGÉTICA FRENTE A COMBUSTIBLES CONVENCIONALES	25
1.2.2 VALOR DE LA ENERGÍA	26
1.3 FUENTES DE FINANCIAMIENTO PARA PROYECTOS	26
CAPÍTULO 2: PROPUESTA Y OBJETIVOS	27
2.1 BÚSQUEDA DE OPORTUNIDAD	28
2.2 PROCESO INDUSTRIAL SELECCIONADO	28
2.3 PROPUESTA	29
2.4 OBJETIVOS	29
2.5 OBJETIVO GENERAL	29
2.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
CAPÍTULO 3: PLANTAS ASFÁLTICAS	31
3.1 PLANTAS ASFÁLTICAS MÓVILES	32
3.1.1 PLANTAS ASFÁLTICAS MÁS UTILIZADAS EN ARGENTINA	32
3.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS PLANTAS ASFÁLTICAS MÓVILES	32
3.2 ANTECEDENTES DE ESFUERZOS POR REDUCIR LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN PLANTAS ASFÁLTICAS	33
3.3 CONSUMO DE ASFALTO EN ARGENTINA	35
3.4 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL CONSUMO	36
3.5 NECESIDAD DE ASFALTO POR KILOMETRO	37
3.6 RELACIÓN MEZCLA ASFÁLTICA – ASFALTO	38
CAPÍTULO 4: FUELOIL	39
4.1 CONSUMO DE FUELOIL Y TIPO DE MEZCLA ASFÁLTICA	40
4.2 PROVEEDORES	42
4.3 PRECIO	43
4.4 TRANSPORTE	44
CAPÍTULO 5: PELLET	46
5.1 DEMANDA	47

5.1.1 NECESIDAD DE BIOMASA POR KILÓMETRO	47
5.1.2 NECESIDAD DE BIOMASA TOTAL	47
5.1.3 DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA	47
5.2 OFERTA	49
5.2.1 ALTERNATIVA I: COMPRA DE PELLET A PROVEEDORES.	49
5.2.1.1 Proveedores de pellet	49
5.2.1.2 Poder Calorífico	50
5.2.1.3 Ubicación de los proveedores de pellet.	50
5.2.1.4 Precio	51
5.2.2 ALTERNATIVA II: UTILIZACIÓN DE LA BIOMASA DISPONIBLE EN ARGENTINA.	51
5.2.2.1 Definición de tipo de recurso biomásico a considerar	52
5.2.2.2 Biomasa como subproducto de fuentes directas e indirectas por provincia.	54
5.2.2.3 Biomasa como subproducto de fuentes directas e indirectas por actividad.	55
5.2.2.4 Competidores actuales y potenciales por el uso de la biomasa considerada	56
5.2.2.5 Poder calorífico	57
5.2.2.6 Precio	57
5.3 TRANSPORTE	58
5.3.1 PRECIO	58
5.3.2 INFLUENCIA DEL TRANSPORTE SOBRE EL COSTO TOTAL DE TRANSPORTAR UNA CANTIDAD EQUIVALENTE DE ENERGÍA PARA LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS.	59
CAPÍTULO 6: ANÁLISIS AMBIENTAL	61
6.1 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	62
6.2 ECO INDICADOR UTILIZADO	63
6.3 FUELOIL	64
6.3.1 SUBSISTEMA 1 “PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS”	64
6.3.2 SUBSISTEMA 2 “FILLER O CAL”	65
6.3.3 SUBSISTEMA 3 “ASFALTO”	65
6.3.4 SUBSISTEMA 4 “PLANTA ASFÁLTICA”	66
6.3.5 SUBSISTEMA 5 “PUESTA EN OBRA”	66
6.3.6 SUBSISTEMA 6 “DEMOLICIÓN”	67
6.3.7 SUBSISTEMA 7 “TRANSPORTE”	67
6.3.8 RESUMEN DE EMISIÓN DEL SISTEMA “PLANTA ASFÁLTICA”	69
6.4 BIOMASA	70
6.4.1 SUBSISTEMA 1 “PRODUCCIÓN DEL PELLET”	70
6.4.2 SUBSISTEMA 2 “TRANSPORTE”	72
6.4.3 DIFERENCIA DE PODER CALORÍFICO Y LIMITACIONES LEGALES DEL TRANSPORTE	72

6.4.4 LOCALIZACIÓN DE PROVEEDORES	73
6.4.5 SUBSISTEMA 3 “COMBUSTIÓN”	75
6.5 REDUCCIÓN DE EMISIONES POR SUSTITUIR EL COMBUSTIBLE	76
6.6 MERCADO DEL CARBONO	77
6.7 EVOLUCIÓN DEL VALOR DE LOS CER	78
6.8 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS	79
CAPÍTULO 7: ANÁLISIS FODA	81
7.1 ANÁLISIS FODA	82
7.1.1 FORTALEZAS	82
7.1.2 OPORTUNIDADES	83
7.1.3 DEBILIDADES	83
7.1.4 AMENAZAS	84
7.2 ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN	84
7.3 HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES SOBRE QUÉ COMBUSTIBLE UTILIZAR DEPENDIENDO DÓNDE ESTÉ SITUADA LA OBRA A CONSTRUIR.	84
7.4 MIX DE ABASTECIMIENTO PARA COMENZAR A OPERAR	87
7.5 GESTIÓN INTERNA DE ABASTECIMIENTO DE PELLETS	88
7.6 CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS	91
CAPÍTULO 8: INGENIERÍA Y PROCESOS	92
8.1 PROCESO EN PLANTA	93
8.1.1 FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA ASFÁLTICA A FUELOIL	93
8.1.2 CAMBIOS NECESARIOS PARA UTILIZAR BIOMASA	94
8.2 PROCESO DE PELLETTIZADO DE BIOMASA EN PUNTOS DE CONCENTRACIÓN DE RAI	95
8.2.1 REQUERIMIENTOS	95
8.2.2 PROCESO PRODUCTIVO DE PELLETTIZADORA MÓVIL	95
8.2.2.1 Proceso de molienda	97
8.2.2.2 Proceso de secado	97
8.2.2.3 Proceso de pelletizado	97
8.2.2.4 Proceso de enfriado y cribado	98
8.2.2.5 Especificaciones de la planta peletizadora móvil	98
8.2.3 PARTICULARIDADES	99
CAPÍTULO 9: INGENIERÍA, TECNOLOGÍA Y RECURSOS	101
9.1 QUEMADOR DE FUELOIL	102
9.1.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	103
9.1.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	104
9.2 QUEMADOR DE BIOMASA	105
9.2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.	105

9.2.2 REQUERIMIENTOS DE POTENCIA PARA EL QUEMADOR DE BIOMASA	106
9.2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	106
9.3 ANÁLISIS DIMENSIONAL DEL REEMPLAZO DE QUEMADORES	109
9.3.1 DIÁMETRO DE QUEMADOR Y TAMBOR MEZCLADOR	109
9.3.2 CUMPLIMIENTO DE LA LEY DE TRÁNSITO PARA TRANSPORTE DE CARGA TERRESTRE	109
9.3.3 DISPOSICIÓN EN PLANTA	110
9.3.4 ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE	111
9.3.4.1 fueloil	111
9.3.4.2 Biomasa	112
9.3.5 REQUERIMIENTO DE COMBUSTIBLE ALMACENADO	112
9.3.6 ANÁLISIS DE BIG BAG	112
9.3.7 ALTERNATIVA 1 DE ALMACENAJE DE PELLETT: STOCK DIRECTO EN BIG BAG	113
9.3.8 ALTERNATIVA 2 DE ALMACENAJE DE PELLETT: STOCK EN SILO AÉREO	117
9.3.8.1 Análisis del silo	118
9.3.8.2 Layout de disposición de silo en planta	119
9.3.9 COMPARATIVA DE LAS ALTERNATIVAS DE ALMACENAJE	120
9.4 PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE PELLETT	120
9.5 RECURSOS	123
9.5.1 MANO DE OBRA	123
9.5.2 MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	123
9.5.3 FLETE ADICIONAL POR EQUIPOS	124
9.5.4 OBRAS Y GASTOS ADICIONALES NECESARIOS	126
9.6 RESUMEN MONETARIO PARA EL ESTUDIO ECONÓMICO	126
CAPÍTULO 10: ESTUDIO ECONÓMICO	127
10.1 BASES DEL ANÁLISIS	128
10.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA	128
10.1.2 ACTIVOS REMPLAZADOS	128
10.1.3 PERIODO DE ANÁLISIS	129
10.1.4 VALOR DE SALVAMENTO	129
10.1.5 TASA ATRACTIVA DE RENTABILIDAD (TAR)	129
10.1.6 IMPUESTOS	129
10.2 BENEFICIOS	129
10.2.1 CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL QUEMADOR	130
10.2.2 TRANSPORTE DE COMBUSTIBLES	130
10.2.3 CERTIFICADOS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES	131
10.3 GASTOS	131
10.4 FINANCIACIÓN	132
10.5 FLUJO DE FONDOS	133

10.6 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	134
10.6.1.1 Importancia de cada variable	134
10.6.2 VARIACIÓN DEL VAN	135
10.7 SIMULACIÓN MONTECARLO.	136
10.7.1 INDICADORES CLAVE	138
10.7.1.1 Variable: km de obras promedio realizados por año	138
10.7.1.2 Variable: Relación de precios fueloil Vs. pellet	138
10.8 CONCLUSIÓN	139
CAPÍTULO 11: CONCLUSIONES	141
11.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS PROPUESTOS	142
11.1.1 COMPROBAR LOS BENEFICIOS AMBIENTALES DERIVADOS DEL REEMPLAZO DE FUELOIL POR PELLETT DE BIOMASA.	142
11.1.2 SELECCIONAR LA TECNOLOGÍA EXISTENTE MÁS ADECUADA PARA SUSTITUIR EL QUEMADOR DEL HORNO.	142
11.1.3 DEFINIR EL IMPACTO EN EL PODER DE NEGOCIACIÓN DE LAS EMPRESAS VIALES QUE IMPLEMENTEN ESTA TECNOLOGÍA.	142
11.1.4 DETERMINAR LA MANERA MÁS CONVENIENTE PARA MANIPULAR EL PELLETT DE BIOMASA DESDE SU ALMACENAJE HASTA SU UTILIZACIÓN EN EL HORNO.	143
11.1.5 CUANTIFICAR LA INVERSIÓN NECESARIA EN EQUIPOS PARA MATERIALIZAR EL PROYECTO	143
11.1.6 IDENTIFICAR LAS VARIABLES MÁS INFLUYENTES EN EL PROYECTO Y ESTUDIAR LA SENSIBILIDAD DEL MISMO	144
11.2 CONCLUSIONES GENERALES	144
MARCO TEÓRICO	147
12.1 PROYECTOS DE INVERSIÓN	148
12.1.1 CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN	149
12.1.2 FASE DE PREINVERSIÓN	149
12.1.3 FASE DE INVERSIÓN	150
12.1.4 FASE DE OPERACIÓN	150
12.1.5 FASE DE DISPOSICIÓN FINAL	150
12.2 CONCEPTOS PARA EL ANÁLISIS AMBIENTAL	151
12.2.1 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV)	151
12.2.2 HUELLA DE CARBONO	151
12.3 CONCEPTOS PARA LA TOMA DE DECISIONES	152
12.3.1 ANÁLISIS FODA	152
12.4 CONCEPTOS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA	153
12.4.1 FLUJO DE FONDOS	153
12.4.2 PUNTO DE EQUILIBRIO	153

12.4.3 TASA ATRACTIVA DE RENTABILIDAD (TAR) O TASA DE DESCUENTO (R)	154
12.4.4 VALOR ACTUAL NETO (VAN)	156
12.4.5 TASA INTERNA DE RENTABILIDAD (TIR)	157
12.4.6 PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI)	158
12.4.7 RELACIÓN BENEFICIO/COSTO (B/C)	159
12.4.8 ÍNDICE DE RENTABILIDAD (IR)	160
12.4.9 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	160
12.4.10 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGO: SIMULACIÓN MONTECARLO	161
ANEXOS	163
BIBLIOGRAFÍA	177

ÍNDICE DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN	18
CAPÍTULO 1: BIOMASA EN ARGENTINA	21
FIGURA 1.1: PELLETT DE ASERRÍN	24
CAPÍTULO 2: PROPUESTA Y OBJETIVOS	27
FIGURA 2.1: CLASIFICACIÓN DE PLANTAS ASFÁLTICAS	29
CAPÍTULO 3: PLANTAS ASFÁLTICAS	31
FIGURA 3.1: PUNTOS CLAVE DEL ACUERDO DE PARÍS.	35
CAPÍTULO 4: FUELOIL	39
FIGURA 4.1: CONSUMO DE FUELOIL POR TONELADA DE MEZCLA ASFÁLTICA Vs. TEMPERATURA DE PROCESO	40
FIGURA 4.2: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS REFINERÍAS EN ARGENTINA	43
CAPÍTULO 5: PELLETT	46
FIGURA 5.1: LOCALIZACIÓN DE LOS PRINCIPALES PRODUCTORES DE PELLETT EN EL PAÍS	50
FIGURA 5.2: UBICACIÓN DE INDUSTRIAS AGRÍCOLAS GENERADORAS DE RESIDUOS	53
CAPÍTULO 6: ANÁLISIS AMBIENTAL	61
FIGURA 6.1: CICLO DE CO ₂ DE LA BIOMASA	75
CAPÍTULO 7: ANÁLISIS FODA	81
FIGURA 7.1: MAPA DE PROCESOS PARA EL ABASTECIMIENTO DE PELLETT	88
CAPÍTULO 8: INGENIERÍA Y PROCESOS	92
FIGURA 8.1: LAY OUT DE UNA PLANTA ASFÁLTICA	93
FIGURA 8.2: PLANTA PELETIZADORA MÓVIL	96
CAPÍTULO 9: INGENIERÍA, TECNOLOGÍA Y RECURSOS	101
FIGURA 9.1: QUEMADORES DE FUELOIL	102
FIGURA 9.2: ELEMENTOS DE UN QUEMADOR DE FUELOIL	103
FIGURA 9.3: PLANO DIMENSIONAL DE UN QUEMADOR DE FUELOIL	105
FIGURA 9.4: ILUSTRACIÓN Y REFERENCIAS DE UN QUEMADOR A BIOMASA	105
FIGURA 9.5: QUEMADOR DE PELLETT DE BIOMASA HQ-LJ20	107
FIGURA 9.6: PLANO ACOTADO DEL QUEMADOR HQ-LJ20	108
FIGURA 9.7: ACOPLADO PLAYO PARA TRANSPORTE DEL QUEMADOR DE BIOMASA	110
FIGURA 9.8: DISPOSICIÓN EN L, QUEMADOR AL EXTREMO DEL TAMBOR SECADOR	111
FIGURA 9.9: TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE FUELOIL	111
FIGURA 9.10: BIG BAG UTILIZADO EN PLANTA	113

FIGURA 9.11: SILO ALIMENTADOR DE PELLET	115
FIGURA 9.12: ESTACIÓN MODULAR PARA DESCARGA DE BIG BAG	116
FIGURA 9.13: MINI CARGADORA, Y ACCESORIOS PARA LA MANIPULACIÓN DE BIG BAG	116
FIGURA 9.14: LAY OUT DE ALMACENAJE DE COMBUSTIBLE ALTERNATIVA 1	117
FIGURA 9.15: SILO DE GRANOS UTILIZADO PARA ALMACENAJE DE PELLET	118
FIGURA 9.16: MECANISMO DE ALIMENTACIÓN DE LAS TOLVAS DEL QUEMADOR	119
FIGURA 9.17: LAY OUT DE ALMACENAJE DE COMBUSTIBLE ALTERNATIVA 2	119
CAPÍTULO 10: ESTUDIO ECONÓMICO	127
CAPÍTULO 11: CONCLUSIONES	141
MARCO TEÓRICO	147
ANEXOS	163
BIBLIOGRAFÍA	177

ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN	18
CAPÍTULO 1: BIOMASA EN ARGENTINA	21
TABLA 1.1: PODER CALORÍFICO DE MADERAS Y RESIDUOS AGRÍCOLAS	23
TABLA 1.2: RELACIÓN DE PODER CALORÍFICO Y EQUIVALENCIAS DEL PELLET	25
TABLA 1.3: COSTO \$/KWH DE DISTINTOS COMBUSTIBLES	26
CAPÍTULO 2: PROPUESTA Y OBJETIVOS	27
CAPÍTULO 3: PLANTAS ASFÁLTICAS	31
TABLA 3.1: DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE ASFALTO EN ARGENTINA	36
TABLA 3.2: MEZCLA ASFÁLTICA NECESARIA POR KILÓMETRO	37
TABLA 3.3: KILÓMETROS DE OBRAS VIALES POSIBLES DE LOS ÚLTIMOS AÑOS	38
CAPÍTULO 4: FUELOIL	39
TABLA 4.1: CONSUMO DE FUELOIL POR KILÓMETRO DE OBRA	40
TABLA 4.2: DÍAS DE FUELOIL DISPONIBLE SEGÚN HORAS OPERATIVAS DE PLANTA ASFÁLTICA.	41
CAPÍTULO 5: PELLET	46
TABLA 5.1: EQUIVALENCIA EN PELLET POR KILÓMETRO	47
TABLA 5.2: DEMANDA DE BIOMASA POR PROVINCIA PARA MANTENIMIENTO DE LAS VÍAS PRIMARIAS	48
TABLA 5.3: PROVEEDORES DE PELLET EN ARGENTINA	50
TABLA 5.4: \$/T DE PELLET SIN FLETE	51
TABLA 5.5: BIOMASA DISPONIBLE ANUALMENTE POR PROVINCIA	54

TABLA 5.6: ORIGEN DE LA BIOMASA DIRECTA E INDIRECTA CONCENTRADA	55
TABLA 5.7: CÁLCULO DEL MARGEN DE CONTRIBUCIÓN UNITARIO COMPETITIVO PARA LA BIOMASA	58
CAPÍTULO 6: ANÁLISIS AMBIENTAL	61
TABLA 6.1: FACTORES DE EMISIÓN SEGÚN LA ACTIVIDAD	63
TABLA 6.2: SUBSISTEMA 1: PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS	64
TABLA 6.3: SUBSISTEMA 2: FILLER O CAL	65
TABLA 6.4: SUBSISTEMA 3: ASFALTO	66
TABLA 6.5: SUBSISTEMA 4: PLANTA ASFÁLTICA	66
TABLA 6.6: SUBSISTEMA 5: PUESTA EN OBRA HMA	67
TABLA 6.7: SUBSISTEMA 6: DEMOLICIÓN	67
TABLA 6.8: SUBSISTEMA 7: TRANSPORTE PLANTA-OBRA	68
TABLA 6.9: SUBSISTEMA 7: TRANSPORTE PROVEEDOR-PLANTA	68
TABLA 6.10: EMISIONES DE CO₂ EQ/T HMA PARA LA MEZCLA DE REFERENCIA F0	69
TABLA 6.11: SUMA DE EMISIONES PARA ALTERNATIVA I DE PELLET	71
TABLA 6.12: SUMA DE EMISIONES PARA ALTERNATIVA II DE PELLET	72
TABLA 6.13: FACTORES A CONSIDERAR DE LA BIOMASA DE ALTERNATIVA I	73
TABLA 6.14: FACTORES A CONSIDERAR DE LA BIOMASA DE ALTERNATIVA II	73
TABLA 6.15: RESUMEN DE EMISIONES Y CÁLCULO DE REDUCCIÓN	76
TABLA 6.16: EMISIONES POR KM DE REPAVIMENTACIÓN	77
TABLA 6.17: REDUCCIÓN DE EMISIONES POR OBRA TÍPICA DE REPAVIMENTACIÓN	77
TABLA 6.18: REDUCCIÓN DE EMISIONES EN OBRAS TOTALES DE ARGENTINA	79
CAPÍTULO 7: ANÁLISIS FODA	81
CAPÍTULO 8: INGENIERÍA Y PROCESOS	92
TABLA 8.1: REFERENCIAS DE ELEMENTOS DE UNA PLANTA ASFÁLTICA	93
TABLA 8.2: ELEMENTOS DE LA PLANTA PELETIZADORA MÓVIL	96
TABLA 8.3: DETALLE GENERAL DE LA PLANTA PELETIZADORA	96
TABLA 8.4: POTENCIA INSTALADA EN EQUIPOS DE PLANTA PELETIZADORA	98
TABLA 8.5: ESPECIFICACIONES DE MOLINO DE MARTILLOS	98
TABLA 8.6: ESPECIFICACIONES DE SECADORA DE TUBOS	98
TABLA 8.7: ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD DE PELLETIZADO	99
TABLA 8.8: ESPECIFICACIONES DE ACOPLADO REMOLQUE	100
CAPÍTULO 9: INGENIERÍA, TECNOLOGÍA Y RECURSOS	101
TABLA 9.1: ELEMENTOS DE UN QUEMADOR DE FUELOIL	103
TABLA 9.2: TIPOS DE QUEMADORES PARA DISTINTAS CAPA UN QUEMADOR DE FUELOIL	104
TABLA 9.3: DATOS PARA EL CÁLCULO DE CONSUMO DE PELLET POR HORA	106
TABLA 9.4: LISTA DE QUEMADORES DE PELLET DE BIOMASA Y SUS PRESTACIONES	107

TABLA 9.5: PRECIO, ELEMENTOS INCLUIDOS Y POTENCIA DEMANDADA POR EL QUEMADOR HQ-LJ20	108
TABLA 9.6: DIMENSIONES DE QUEMADORES DE FUELOIL Y PELLET DE BIOMASA	109
TABLA 9.7: CÁLCULO DE KG NECESARIOS Y VOLUMEN OCUPADO POR EL STOCK DE PELLET	112
TABLA 9.8: CÁLCULO DE CANTIDAD DE BIG BAG DE STOCK PARA LA GESTIÓN DE PELLET EN PLANTA	113
TABLA 9.9: DIMENSIONES Y COSTO DE LA LONA PLÁSTICA RECICLABLE	115
TABLA 9.10: CARACTERÍSTICAS DEL SILO DE PELLET DEL QUEMADOR	115
TABLA 9.11: DATOS DIMENSIONALES, DE CAPACIDAD Y COSTO DEL SILO	118
TABLA 9.12: DATOS CONSIDERADOS PARA ANÁLISIS DE ABASTECIMIENTO STOCK DE PELLET	121
TABLA 9.13: GASTO EN TRANSPORTE DE EQUIPOS ADICIONALES	125
TABLA 9.14: RESUMEN INVERSIÓN	126
TABLA 9.15: RESUMEN INSUMOS	126
CAPÍTULO 10: ESTUDIO ECONÓMICO	127
TABLA 10.1: ACTIVOS REEMPLAZADOS POR EL PROYECTO	128
TABLA 10.2: CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL QUEMADOR PARA 1KM DE REPAVIMENTACIÓN	130
TABLA 10.3: GASTO POR TRANSPORTE DE COMBUSTIBLES.	130
TABLA 10.4: INGRESOS POR CERTIFICADOS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CARBONO (CER)	131
TABLA 10.5: GASTOS ADICIONALES	132
CAPÍTULO 11: CONCLUSIONES	141
MARCO TEÓRICO	147
ANEXOS	163
BIBLIOGRAFÍA	177
ÍNDICE DE GRÁFICOS	
INTRODUCCIÓN	18
CAPÍTULO 1: BIOMASA EN ARGENTINA	21
CAPÍTULO 2: PROPUESTA Y OBJETIVOS	27
CAPÍTULO 3: PLANTAS ASFÁLTICAS	31
CAPÍTULO 4: FUELOIL	39
CAPÍTULO 5: PELLET	46
GRÁFICO 5.2: INFLUENCIA DEL TRANSPORTE EN EL COSTO TOTAL DEL EQUIVALENTE ENERGÉTICO DE UN EQUIPO DE 25T DE FUELOIL (245.000 Mcal) PUESTO EN OBRA.	59
CAPÍTULO 6: ANÁLISIS AMBIENTAL	61
(*) LAS EMISIONES DE ESTE SUBSISTEMA CORRESPONDEN A LA COMBUSTION DEL FUELOIL EN EL HORNO SECADOR.	69

GRAFICO 6.1: DIAGRAMA DE PARETO ANÁLISIS DE INFLUENCIA DE CADA SUBSISTEMA	69
GRÁFICO 6.2: EMISIONES DE CO₂ EQ PARA UNA OBRA TÍPICA DE REPAVIMENTACIÓN	77
GRAFICO 4.1: VALOR HISTÓRICO DEL CER	78
GRÁFICO 6.1: EMISIONES DE CO₂ EQ FUELOIL Vs. PELLET	79
CAPÍTULO 7: ANÁLISIS FODA	81
GRAFICO 7.1: GRÁFICO DE DECISIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE.	85
GRÁFICO 7.2: CASO 1 DE COSTOS DE COMBUSTIBLES	86
GRÁFICO 7.3: CASO 2 DE COSTOS DE COMBUSTIBLES	87
CAPÍTULO 8: INGENIERÍA Y PROCESOS	92
CAPÍTULO 9: INGENIERÍA, TECNOLOGÍA Y RECURSOS	101
GRÁFICO 9.1: VARIACIÓN DE STOCK DE PELLET EN SILO DE OBRA	122
CAPÍTULO 10: ESTUDIO ECONÓMICO	127
GRAFICO 10.1: DIAGRAMA TORNADO “INFLUENCIA DE CADA VARIABLE MONITOREADA SOBRE EL VAN”	134
GRAFICO 10.2: INFLUENCIA DE CADA VARIABLE SOBRE EL VAN	135
CAPÍTULO 11: CONCLUSIONES	141
MARCO TEÓRICO	147
ANEXOS	163
BIBLIOGRAFÍA	177

Introducción

Las fuentes de energía, a lo largo de la evolución humana, han sido modificadas y reemplazadas por alternativas más eficientes. Sin considerar la energía aportada por el sol y la generada por la propia fuerza humana, la primera y la más importante de las fuentes de energía utilizadas por el hombre, gracias al dominio del fuego, ha sido la leña o madera. En términos actuales, estos elementos conforman la primera biomasa utilizada para producir energía.

La *Biomasa* se define como “*toda materia de origen biológico (excluidas las formaciones fósiles) como los cultivos energéticos, desechos y subproductos agrícolas y forestales, estiércol o biomasa microbiana*” (FAO, *Curso probiomasa, 2016*).

Con la biomasa se produce la llamada *bioenergía*, que por su parte, puede definirse como “*toda energía procedente de la biomasa, que comprende todas las formas de energía derivada de combustibles orgánicos (biocombustibles) de origen biológico utilizados para producir energía*” (FAO, *Curso probiomasa, 2016*). En su definición se incluyen, tanto los cultivos específicamente destinados a producir energía, como las plantaciones polivalentes y los subproductos (residuos y desechos).

Ligada a los conceptos anteriores, la energía derivada directa o indirectamente de la biomasa leñosa se denomina *dendroenergía*. Actualmente, más de 2.000 millones de personas dependen de la dendroenergía para cocinar y/o calentarse, especialmente en los hogares de los países en desarrollo.

Argentina, país reconocido mundialmente como productor de granos, posee un potencial biomásico considerable que debe ser aprovechado. Entre la actividad agrícola y forestal se suman más de 3,5 millones de toneladas por año de *biomasa* (*Análisis del balance de energía derivada de biomasa en argentina ‘WISDOM argentina’ – informe final. Ministerio de Agricultura, Pesca y Ganadería - 2009*). Por estas razones, el proyecto apunta, como primera instancia, hacia el aprovechamiento de tales capacidades, sin olvidar que es necesario realizar un estudio de pre-inversión, en el cual se pueda determinar la utilización más eficiente de los recursos, antes de efectuar la misma.

Es importante destacar que la bioenergía puede reemplazar el consumo de combustibles derivados del petróleo, el cual es cada vez más conflictivo y oneroso, lo que podría generar ahorro, reducir la dependencia externa y contribuir a la

mitigación del cambio climático. En este sentido, en el presente proyecto, se desarrollará un estudio de prefactibilidad, en el cual se propone reemplazar combustibles tradicionales por la biomasa residual generada en procesos productivos agrícolas forestales, que se denominan Residuos Agro Industriales (RAI), aprovechando su valor energético.

Entre los mercados ya existentes a considerar como potenciales propuestas de inclusión de biomasa, la industria vial, encargada del trazado de la red vial del país, promueve un importante consumo de combustibles tradicionales, tales como el fueloil.

La red vial de un país es un componente fundamental para su desarrollo y crecimiento. Presenta una importancia primordial dentro del sistema de transporte, que comprende el desplazamiento de cargas y de personas. Posibilita la satisfacción de las necesidades básicas de una sociedad, tales como educación, trabajo, alimentación y salud. Es por esto, que resulta vital su correcta planificación, mantenimiento y desarrollo continuo de nuevas alternativas que ayuden a optimizar el impacto que éstas generan sobre un territorio.

Con vistas al aprovechamiento de recursos, en el siguiente proyecto integrador, se estudia la prefactibilidad de emplear biomasa en la industria vial, con el fin de optimizar su proceso productivo, teniendo en cuenta, además, el impacto ambiental con el objeto de lograr un mejoramiento general en amplios aspectos.

Capítulo 1: Biomasa en Argentina

1.1 Biomasa en Argentina

Argentina posee grandes extensiones de tierra destinadas a dos tipos de rubros de la industria. Por un lado, la forestal, dedicada principalmente a la obtención de madera y la fabricación de muebles; y, por otro lado, la agrícola, donde se producen cultivos como maní, caña de azúcar, arroz, girasol, frutales, entre otros. Estos últimos, son industrializados para la elaboración de aceite, harinas, azúcar, subproductos del maní, etcétera. Ambos rubros de producción generan grandes concentraciones de Residuos Agro Industriales (RAI) en forma de cáscaras, bagazo de caña, residuos de poda, chips, aserrín, astillas, etcétera. Sin embargo, los grandes volúmenes de dichos residuos, hacen dificultosa su gestión.

Actualmente, la gestión de los RAI, se divide en actividades de reducido valor agregado, tales como mejoradores de suelo, forraje para dieta de animales, camas para criaderos avícolas, camas para criaderos porcinos; mientras que gran porcentaje se quema a cielo abierto. Por otro lado, entre las actividades de mayor valor agregado, se destaca la generación de energía para autoconsumo. Esta última está limitada a usuarios que, además de disponer de grandes volúmenes de RAI, poseen un alto consumo de energía.

Como ejemplos de esta situación, la producción forestal o industria del mueble, genera miles de toneladas de aserrín y chip de madera como residuos. En el aprovechamiento de estos desechos, se destina un pequeño porcentaje a la producción de tableros enchapados o de melamina; mientras que el resto, es inutilizado o quemado a cielo abierto. Las actividades regionales como la industria vitivinícola, olivícola, frutales, nueces, almendras, etcétera, también suman residuos a partir de la poda.

A lo largo de los años se ha considerado a estas biomásas, de valor energético significativo como desechos de la industria. Por tal motivo, el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar el aprovechamiento de la biomasa disponible como residuos comerciales, para su transformación en subproductos.

Ante éste panorama, surge la necesidad de cuantificar y localizar las fuentes de aprovechamiento de biomasa; actividad desarrollada en el sistema de información geográfica Wisdom Argentina, fomentado por el programa “Análisis del Balance de Energía de Biomasa en Argentina”, y llevado a cabo por el departamento forestal de la FAO, en el año 2009.

Siendo Argentina un gran productor agrícola-forestal, su potencial dendroenergético total es muy significativo. Resulta así, de carácter primordial,

considerar a la dendroenergía dentro de la estrategia energética del país. Para ello, es necesario invertir tiempo y esfuerzo en generar propuestas de valor, orientadas al aprovechamiento de este importante recurso.

1.1.1 Clasificación de la biomasa

En lo que respecta a la biomasa, existen 3 grandes grupos:

En primer lugar, las **biomasas naturales** son las que surgen sin intervención humana, es decir, naturalmente, como las ramas de los árboles de bosques nativos.

Los **cultivos energéticos** son los que poseen una finalidad energética, como pueden ser colza, soja, girasol y maderas, que en muchos casos, están específicamente destinados a producir biocombustibles.

Por último, las **biomasas residuales** son los residuos generados por actividades agrícolas, silvícolas, ganaderas, industrias de transformación de madera, reciclado de aceite, etcétera. Estos se utilizan, en mayor medida, para producir calor y energía en estufas, hornos y calderas, entre otros.

1.1.2 Biomosas disponibles y poder calorífico

A modo de referencia, en Argentina, las biomosas disponibles, tienen poderes caloríficos (PC) que van desde 3000 kcal/kg hasta 8500 kcal/kg, como indica el siguiente cuadro comparativo:

Tabla 1.1: Poder calorífico de maderas y residuos agrícolas

COMBUSTIBLE	PC kJ/kg	PC kcal/kg
Paja seca de trigo	12.500	2.988
Paja seca de cebada	13.400	3.203
Viruta seca	13.400	3.203
Cascarilla de arroz	13.800	3.298
Madera verde	14.400	3.442
Cáscara de arroz	15.300	3.657
Cáscara de trigo	15.800	3.776
Celulosa	16.500	3.944
Cáscara de girasol	17.500	4.183

Papel	17.500	4.183
Cáscara de maní	17.800	4.254
Orujo de aceituna	17.900	4.278
Madera seca	19.000	4.541
Orujo de uva	19.126	4.571
Bagazo seco	19.200	4.589
Corteza de pino	20.400	4.876
Corcho	20.930	5.002
Cáscara de nuez	32.000	7.648
Cáscara de almendra	36.800	8.795

Fuente: Probiomasa, FAO

Se observa que la mayoría de la biomasa disponible comercialmente, posee un PC promedio de 4000 kcal/kg.

El aprovechamiento de ésta biomasa requiere considerar factores como disponibilidad, posibilidad de recolección y conveniencia de manejo. Sin embargo, los grandes volúmenes existentes en Argentina, arrojan como resultado una producción de más de 3,5 millones de toneladas por año de biomasa generada en procesos agroindustriales (RAI), disponible comercialmente. *Ver Anexo 1.1.*

Siendo que esta biomasa disponible tiene un peso específico promedio de 300 kg/m³, debe considerarse un proceso de transformación que permita su adquisición. En este marco, el pellet es la solución más efectiva, puesto que aumenta el peso específico hasta 700 kg/m³, proporciona mayor capacidad de manejo, optimiza el transporte y facilita la utilización en procesos industriales.

1.1.3 Pellet

El pellet es un tipo de combustible de apariencia granulada y alargada que está constituido por una masa que se compacta regularmente en forma cilíndrica mediante un proceso de prensado, donde la propia lignina hace de aglomerante, aunque en algunos casos, puede requerir de alguna sustancia ligante como almidón. De allí es que presenta aspecto brillante como si estuviese barnizado (ver figura 1.1).

Figura 1.1: Pellet de aserrín



El proceso de pelletizado le otorga a la materia prima una forma física diferente, con mayor densidad y menor humedad, lo que mejora su capacidad de almacenamiento, manipulación y transporte. Este procedimiento al que se somete la biomasa, no modifica el PC de ninguno de los materiales utilizados. Contrariamente, al disminuir la humedad se logra minimizar la energía que se desperdicia para evaporar esta agua, lo que se traduce en mayor energía aprovechable. En general, el pellet de madera tiene entre 6% y 8% de contenido de humedad.

1.2 Poder energético de la biomasa en Argentina

1.2.1 Equivalencia energética frente a combustibles convencionales

El cuadro que se expone a continuación, presenta una equivalencia entre los combustibles tradicionalmente utilizados para generar energía, las biomásas mencionadas en el punto 1.1.2 y el pellet disponible comercialmente.

Se considera un poder calorífico de 4800Kcal/kg para el pellet disponible comercialmente y un poder calorífico de 4000 kcal/kg para el pellet como subproducto.

Tabla 1.2: Relación de poder calorífico y equivalencias del pellet

Combustible	Poder Calorífico		Equivalencia pellet comercial		Equivalencia pellet como subproducto	
m³ de GNL (gas)	8.300	kcal/m ³	1,73	kg	2,08	kg
kg de GLP	10.950	kcal/kg	2,28	kg	2,74	kg
kg de fueloil	9.800	kcal/kg	2,04	kg	2,45	kg
l de Gas Oil	8.619	kcal/l	1,80	kg	2,15	kg

Fuente: Ministerio de Energía de la Nación

1.2.2 Valor de la energía

En el siguiente análisis, se presentan de forma comparativa, los distintos combustibles a fin de evaluar la relación pesos (\$) por energía ofrecida (kWh). Ver anexo 1.2.

Cotización dólar: \$ 15,618

Cotización Euro: \$ 18,0

Tabla 1.3: Costo \$/kWh de distintos combustibles

Combustible	PC (kcal/kg)	PC (kcal/m ³)	U\$/t	U\$/m ³	kWh/kg	kWh/m ³	\$/kWh
Pellet pino uso residencial	3800	-	250	-	4,4	-	0,88
Pellet pino uso industrial	4800	-	94	-	5,1	-	0,29
Fueloil	9261	-	355	-	10,8	-	0,52
Gasoil	10400	-	440	-	12,1	-	0,57
GLP	10950	-	1000	-	12,7	-	1,23
GNL para IT e ID promedio	-	8300		0,206	-	9,6	0,34
Pellet pino Europa a granel	4200	-	305	-	4,9	-	0,85

Fuentes: CAMMESA, AVEBIOM, Enrique Zeni SA, proveedores GLP.

De la tabla anterior, se deduce que el pellet industrial tiene un valor de mercado local competitivo frente a otros combustibles, lo que genera expectativas positivas para continuar con el análisis. Cabe aclarar, que este valor no incluye costo de transporte hasta puntos de consumo. Más adelante, la evaluación de viabilidad considerará su influencia.

1.3 Fuentes de financiamiento para proyectos

En el marco del potencial energético aprovechable a partir de biomasa en Argentina, según la aplicación que tenga el proyecto a ejecutar, existen líneas de financiamiento que ayudan al inversionista a apalancar su proyecto.

Actualmente, organismos como el Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR), el Banco de Inversión y Comercio Exterior (BICE), el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), entre otros, ofrecen líneas de créditos que integran desde Pymes hasta grandes empresas.

Capítulo 2: Propuesta y objetivos

2.1 Búsqueda de oportunidad

A partir de la investigación realizada sobre la situación que Argentina presenta ante el uso de biomasa, se propone una alternativa de consumo a los combustibles tradicionales, que considere la reutilización de RAI. Algunas barreras de ingreso que condicionarían este reemplazo, son:

Precio bajo del gas natural.

Facilidad de uso del gas natural.

Tradiciones y costumbres.

Instalaciones ya realizadas.

Debido a esto, analizar el reemplazo de combustible donde existe gas natural, no resulta conveniente en ningún otro aspecto más que por el beneficio ambiental que pudiera proporcionar. Fuera de la red de gas natural, por falta de disponibilidad, otros combustibles como el GLP, fueloil y gasoil, tienen importante participación en la matriz energética. En este sector, la biomasa presenta una relación de precio por kWh favorable, lo que revela una situación “prometedora” para estudiar la prefactibilidad de la incorporación de la biomasa.

Las mismas barreras de ingreso, indican que, la introducción de biomasa como alternativa, directamente en el consumo masivo, resultaría una propuesta apresurada, costosa y riesgosa, ya sea, fuera o dentro de las zonas con gas natural. Es por esto, que se plantea la sustitución del combustible tradicional por biomasa en algún proceso industrial ya existente, considerando la posibilidad de que éste pueda ser mejorado a partir del uso de pellet. Se concibe así, la siguiente propuesta de valor.

2.2 Proceso industrial seleccionado

El proceso de elaboración de mezclas asfálticas, en el que, actualmente, se consumen importantes cantidades de fueloil, utilizado en los hornos secadores para la preparación de asfalto. Por su bajo valor frente a otros combustibles fósiles, su simple acopio y su fácil manipulación, es el combustible tradicionalmente ideal para esta aplicación.

Figura 2.1: Clasificación de plantas asfálticas



Como se demuestra en la figura anterior, éste trabajo se enfoca en las plantas móviles. Esto se debe a que todas las plantas fijas están ubicadas dentro de la red de gas natural, por lo que resultaría inviable el reemplazo de combustible por biomasa.

2.3 Propuesta

Reemplazo de activo, quemadores de fueloil en plantas asfálticas móviles, por quemadores de pellets de biomasa.

2.4 Objetivos

Motivados por el deseo de una gestión correcta de los recursos, en pos del desarrollo y la independencia, los autores consideran indispensable investigar y proponer procesos innovadores, que se adecuen, ética y moralmente al medio ambiente, donde estos procesos tienen lugar, comprobando su prefactibilidad técnica, económica y ambiental.

2.5 Objetivo general

- Determinar la prefactibilidad técnica, económica y ambiental del reemplazo de quemadores de fueloil por quemadores de pellet de biomasa a partir de RAI, en hornos secadores de plantas asfálticas móviles.

2.6 Objetivos específicos

- Comprobar los beneficios ambientales derivados del reemplazo de fueloil por pellet de biomasa.
- Seleccionar la tecnología existente más adecuada para sustituir el quemador del horno.
- Definir el impacto en el poder de negociación de las empresas viales que implementen esta tecnología.
- Determinar la manera más conveniente para manipular el pellet de biomasa desde su almacenaje hasta su utilización en el horno.
- Cuantificar la inversión necesaria en equipos para materializar el proyecto.
- Identificar las variables más influyentes en el proyecto y estudiar la sensibilidad del mismo.

Capítulo 3: Plantas asfálticas

3.1 Plantas asfálticas móviles

Una planta asfáltica portátil o móvil es un conjunto de equipamientos mecánicos y eléctricos destinados a la producción de mezcla asfáltica, que poseen la capacidad de ser transportados hasta el punto de consumo. En ellos, los agregados son calentados, secados y mezclados con asfalto, para producir la mezcla utilizada en la fabricación de rutas y autopistas.

3.1.1 Plantas asfálticas más utilizadas en Argentina

Entre las plantas asfálticas móviles utilizadas en Argentina, las drum mix son las predominantes en la industria vial. Cuentan con una capacidad de 100 t/h y permiten procesar mezclas asfálticas calientes (MAC) o mezclas asfálticas tibias (MAT). La diferencia entre estas últimas reside en la temperatura en que se debe conformar la mezcla: alrededor de 180 grados centígrados, para las primeras; y 140 grados centígrados, para las segundas. *(Fuente no bibliográfica Enero 2017, Comisión Permanente del Asfalto “CPA”)*

3.1.2 Características del funcionamiento de las plantas asfálticas móviles

A la hora de realizar una obra vial, se requiere una preparación de la superficie, como paso previo a la colocación del asfalto. Según indicaron especialistas en el área, si se toma como ejemplo una obra tipo de 30 km de longitud, será recién a partir del mes 7 sobre el inicio de la obra, que las condiciones de avance del proceso de preparación del terreno, serán las óptimas para la incorporación de la mezcla asfáltica. Se pretende, al inicio del proceso de asfaltado, no obstaculizar los avances en la preparación de las superficies.

Normalmente, durante todo este proceso, el campamento se monta sobre el “centro de gravedad” de toda la obra a realizar permitiendo llegar con la mezcla asfáltica a una distancia de 60 km aproximadamente. Esto se debe a la necesidad de asegurar ciertas características de calidad de la mezcla, que a mayores distancias, serían difíciles de mantener. Sin embargo, las distancias pueden variar, ya sea por la variedad de las condiciones climatológicas o de terreno o por las características de las mezclas logradas y de los aditivos utilizados.

3.2 Antecedentes de esfuerzos por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en plantas asfálticas

Las MAT son un conjunto de tecnologías desarrolladas en Europa que nacen como respuesta a los problemas ambientales causados por el efecto invernadero de los gases emanados por las MAC. Surgen como cumplimentación del Protocolo de Kyoto sobre el cambio climático, en el cual, las naciones participantes, se adhieren al compromiso de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

El Protocolo de Kyoto se desarrolla dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC); y procura, entre otros objetivos, reforzar la conciencia pública sobre los problemas relacionados con el cambio climático, a escala global.

“El objetivo del Protocolo de Kioto es reducir en un 5,2% las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo, con relación a los niveles de 1990, durante el periodo 2008-2012. Es el principal instrumento internacional para hacer frente al cambio climático. Con ese fin, el Protocolo contiene objetivos para que los países industrializados reduzcan las emisiones de los seis gases de efecto invernadero originados por las actividades humanas: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonos (HTF), perfluorcarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆)” (prontuario energía 2010 del foro de la industria nuclear española, 2010, capítulo 9, punto 1, Protocolo de Kioto).

Argentina, “como país en desarrollo y con aproximadamente el 0,6 % del total de las emisiones mundiales, no estaba obligada a cumplir las metas cuantitativas fijadas por el Protocolo de Kyoto. Pese a ello ratificó el acuerdo, previa aprobación del Congreso Nacional el 13 de julio de 2001, a través de la Ley Nacional 25.438. En consecuencia, su condición de país adherente hace que deba comprometerse con la reducción de emisiones o, al menos, con su no incremento.” (Ponencia: La importancia del cambio climático en Argentina de la Dra. Mercedes Cabalero et.al. (2012), página 3).

El acuerdo de París adoptado por 195 países en diciembre de 2015 traza el camino hacia un mundo sostenible.

“Conforme al propio texto del instrumento internacional, tal como se enumera en su Artículo 2, el acuerdo tiene como objetivo "reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza" para lo cual determina tres acciones concretas:

a) Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático;

b) Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos;

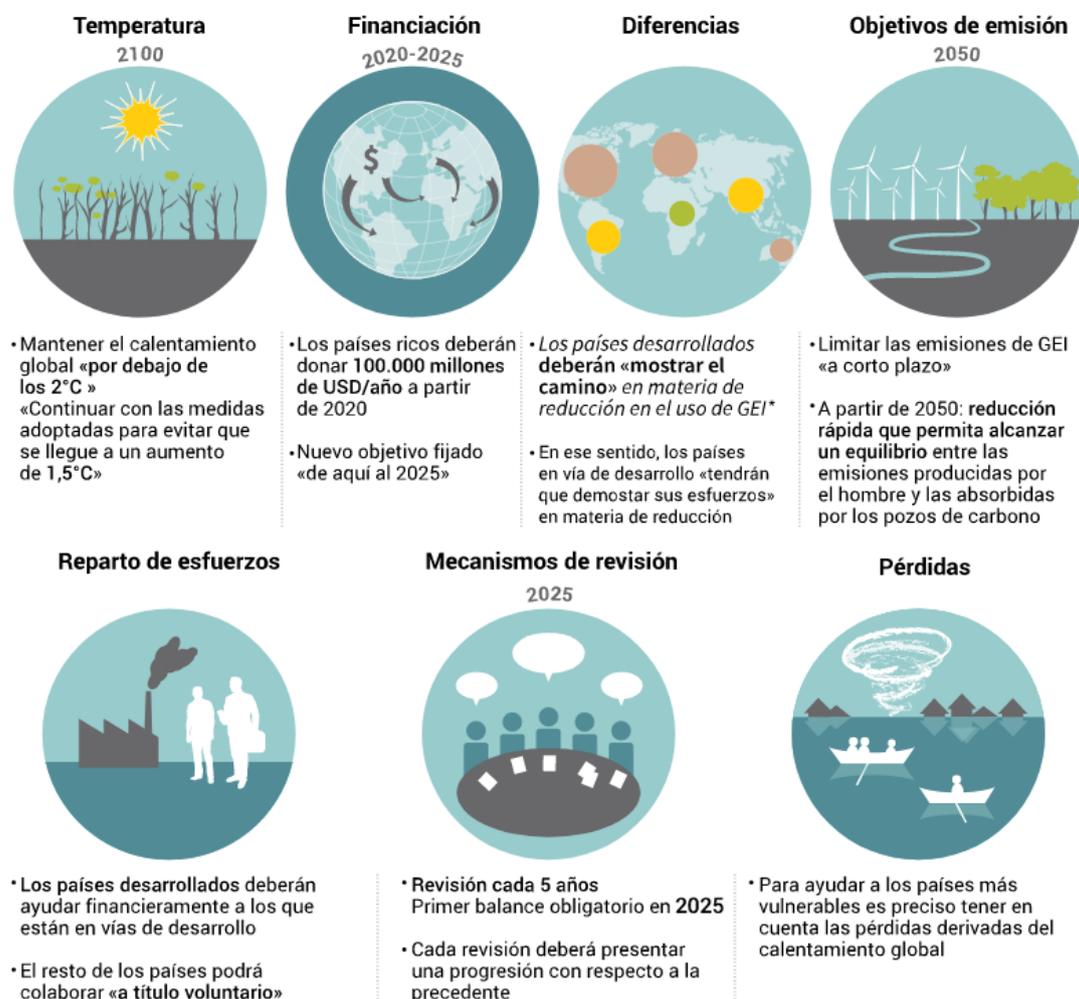
c) Elevar las corrientes financieras a un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.”

Según expertos del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) el objetivo resulta muy ambicioso, estiman que para alcanzarlo es necesario reducir entre el 40% y 70% las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) entre 2010 y 2050.

En este acuerdo se enfatiza el interés mundial por el medio ambiente, consecuentemente por proyectos que contribuyan de manera positiva para alcanzar las metas y objetivos establecidos. Facilitando financiación (100.000 millones de USD/año) a partir de 2020, se espera que los países desarrollados apoyen con financiamiento a países en desarrollo, razón por la cual se pueden esperar para 2020 un flujo de capitales dirigido a proyectos que contribuyan con la reducción de GEI.

Considerando que Argentina ratificó el acuerdo de París, manifestando un “compromiso inamovible” y que se considera un país en desarrollo, se puede esperar un crecimiento importante en materia ambiental en el corto plazo motivada por el contexto internacional.

Figura 3.1: Puntos clave del acuerdo de París.



*Gases de efecto invernadero

Fuente: AFP (Agence France-Presse)

3.3 Consumo de asfalto en Argentina

En los comienzos del sistema vial argentino, alrededor de la década de 1930, la red primaria del país dependía de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV); mientras que, la red secundaria o red vial provincial, dependía de las Direcciones Provinciales de Vialidad (DPV), a cargo del correspondiente gobierno provincial.

Hasta mediados de los años 70', la expansión de la red vial fue sostenida, siendo el registro máximo de consumo de asfalto, de aproximadamente 700.000 toneladas, en el año 1971.

Años más tarde, en la década de los 90' el sector sufrió una fuerte crisis. Los fondos recaudados por impuestos a los combustibles, dejaron de invertirse en reparaciones y obras nuevas en la red vial. Para el año 1991, la situación arrojaba un reducido consumo de 212.000 toneladas. Ante esta situación, el gobierno, optó por un cambio radical en la administración, dando paso al proceso de privatización de la parte más importante de la red vial. De esta forma, se modificaron, la estructura y el funcionamiento del sistema vial argentino.

De los 37.000 km de red vial pertenecientes a DNV, 10.000 km fueron otorgados en concesión por peajes a empresas privadas. Desde entonces, el sector ha recibido préstamos privados, y ha sostenido un consumo de asfalto estable que ronda las 500.000 toneladas promedio anuales vendidas al mercado. *Ver anexo 3.1.*

3.4 Localización geográfica del consumo

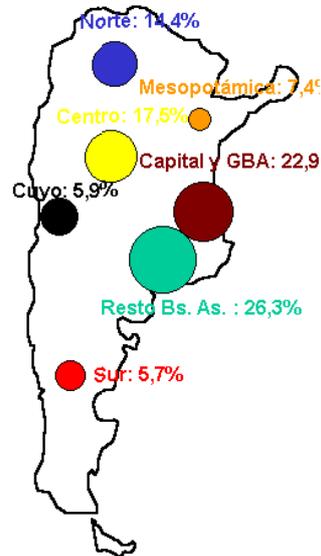
El 50% del consumo de asfalto se localiza en Capital Federal y Provincia de Buenos Aires. Sin embargo, de acuerdo a necesidades de expansión, desarrollo comercial y políticas de gobierno, se llevan a cabo grandes obras en el interior del país, principalmente en el corredor sureste – noroeste, pasando por el centro de nuestro país.

Tabla 3.1: Distribución del consumo de asfalto en Argentina

Zona	%	1997	2002	2005
Resto. Prov. de Bs. As.	30	114	143	165
Centro	17	65	82	94
Cap. Fed., GBA	17	63	79	91
Norte	14	52	66	75
Mesopotamia	7	27	34	39
Cuyo	7	27	34	39
Sur	7	27	34	40
TOTAL	100	375	472	542
Cantidades expresadas en miles de toneladas				

Fuente: Consultora e-asfalto

Figura 3.1: Distribución del consumo de asfalto en Argentina



Fuente: Consultora e-asfalto

3.5 Necesidad de asfalto por kilómetro

Los volúmenes de consumo de asfalto por kilómetro dependerán, en primer lugar, de las características de la obra a realizarse. Hay que diferenciar una obra nueva de pavimentación, de una obra de repavimentación. Mientras que en la pavimentación se coloca una carpeta asfáltica nueva en un lugar donde antes no existía ninguna; en la repavimentación, se distribuye una carpeta asfáltica sobre otra ya existente, a modo de mantenimiento.

Volumen de mezcla = alto × ancho × largo de la carpeta

Cantidad de mezcla asfáltica = volumen de mezcla × densidad de mezcla

Tabla 3.2: Mezcla asfáltica necesaria por kilómetro

	Pavimentación		Repavimentación	
	Dimensión	Unidades	Dimensión	Unidades
Alto de carpeta	0,2	metros	0,06	Metros
Ancho de carpeta	7,50	metros	7,50	Metros
Largo de carpeta	1.000	metros	1.000	Metros
Peso específico de la mezcla asfáltica	2,4	t/m ³	2,4	t/m ³
Volumen de mezcla asfáltica	1.500	m ³	450	m ³
Mezcla asfáltica necesaria	3.600	toneladas	1.080	Toneladas

Como se observa en el cuadro anterior, para pavimentar 1 km son necesarios alrededor de 3.600 toneladas de mezcla asfáltica; mientras que son requeridas 1.080 toneladas de mezcla, para repavimentar la misma longitud.

3.6 Relación mezcla asfáltica – asfalto

Si bien la proporción de asfalto dentro de la mezcla es tan sólo del 5%, es posible obtener algunos datos basándose en los volúmenes vendidos en Argentina. Considerando, además, las necesidades de mezclas asfálticas por kilómetro obtenidas en la tabla anterior, se puede estimar la capacidad de realización de obras de los últimos años.

Tabla 3.3: Kilómetros de obras viales posibles de los últimos años

	Pavimentación	Repavimentación	Unidades
Asfalto vendido al mercado	500.000		t/año
Toneladas de mezcla por km	3.600	1.080	t/km
Producción estimada por año	2.778	9.259	km/año

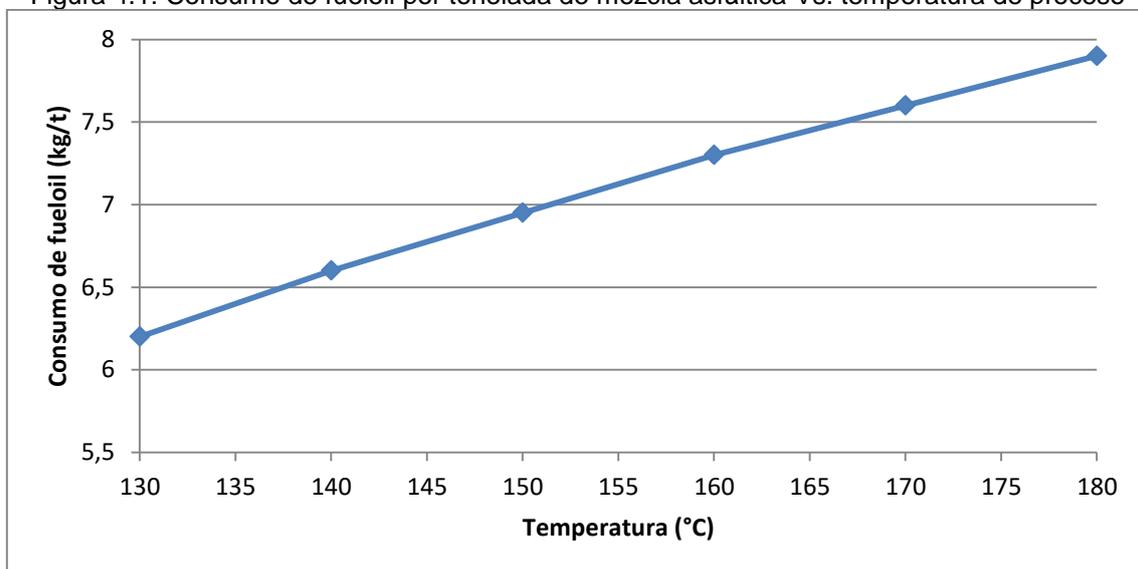
Es importante destacar, que en el cuadro se expresan las posibilidades máximas de inversión de recursos para cada tipo de obra. En la realidad, estos montos, representan una combinación y/o alternancia de ambos tipos de obras.

Capítulo 4: Fueloil

4.1 Consumo de fueloil y tipo de mezcla asfáltica

El siguiente gráfico fue obtenido como resultado de un estudio de datos reales acerca del consumo de fueloil en una planta asfáltica. En él, se pueden observar las diferencias entre la utilización de mezclas tibias y mezclas calientes. Las mezclas tibias proporcionan, además de menores emisiones de gases, un consumo de combustible de alrededor del 30% menos en relación a las mezclas calientes.

Figura 4.1: Consumo de fueloil por tonelada de mezcla asfáltica Vs. temperatura de proceso



Fuente: Tesis de investigación, Mezclas Asfálticas Tibias, Universidad Industrial de Santander, Colombia.

En el cuadro anterior, se observa que el mayor consumo se produce en mezclas asfálticas calientes, que alcanzan los 8 kg/t. Siendo éstas las más utilizadas, se tendrá en cuenta su valor máximo, para los cálculos referidos a consumo.

Tabla 4.1: Consumo de fueloil por kilómetro de obra

	Pavimentación		Repavimentación	
	Dimensiones	Unidades	Dimensiones	Unidades
Mezcla asfáltica necesaria	3.600	t/km	1.080	t/km
Fueloil/t de mezcla asfáltica	8	kg/t	8	kg/t
Fueloil necesario por km	28.800	kg/km	8.640	kg/km

A partir de las cifras obtenidas sobre consumo, y considerando las posibles variaciones de producción y la capacidad de almacenaje en una planta asfáltica, se puede determinar los potenciales días de stock de fueloil.

Tabla 4.2: Días de fueloil disponible según horas operativas de planta asfáltica.

Datos	Cantidades	Unidades
Consumo por tonelada de mezcla	8	kg de fueloil
Capacidad por hora	100	toneladas de mezcla
Stock de fueloil en planta	60.000	kg de fueloil
km de repavimentación	1.080	toneladas de mezcla
km de pavimentación	3.600	toneladas de mezcla

Horas por día de operación.	Avance diario posible en pavimentación (m)	Avance diario posible en repavimentación (m)	Días de stock
1	28	93	75
2	56	185	38
3	83	278	25
4	111	370	19
5	139	463	15
6	167	556	13
7	194	648	11
8	222	741	9
9	250	833	8
10	278	926	8
11	306	1.019	7
12	333	1.111	6
13	361	1.204	6
14	389	1.296	5
15	417	1.389	5
16	444	1.481	5
17	472	1574	4
18	500	1.667	4
19	528	1.759	4
20	556	1.852	4
21	583	1.944	4
22	611	2.037	3
23	639	2.130	3
24	667	2.222	3

Según lo relevado en entrevistas realizadas a ingenieros especialistas en obras viales de la DNV, el avance de una obra en condiciones óptimas, alcanza los 800 metros por día si se trata de una repavimentación. En el mejor de los casos, la planta asfáltica opera entre 8 y 9 horas por día, lo que se traduce en 9 días de stock de fueloil.

4.2 Proveedores

Los proveedores de fueloil se hallan estrechamente relacionados con los proveedores de asfalto. Como ambos productos son derivados del petróleo, provienen del mismo proceso productivo. El paso desde la cuenca, la extracción, el almacenamiento y el procesado en refinerías, constituyen el procedimiento que aplica tanto para el asfalto, como para el fueloil.

Argentina cuenta con diecinueve cuencas sedimentarias, de las cuales, solo la cuenca del Noroeste, Cuyana, Neuquina, Austral y del Golfo San Jorge, producen hidrocarburos actualmente.

Casi el total del consumo interno de derivados de petróleo es procesado en refinerías nacionales. A partir del año 2014, se autorizó la importación de petróleo crudo, con el fin de promover una actividad plena en las refinerías argentinas. Desde entonces, han ingresado al país, más de 600.000 m³ de crudo, el 2% del total producido ese año.

De las cifras totales de petróleo procesado en Argentina, cerca del 65% se produce en Buenos Aires; el 20%, en Mendoza; el 10%, en Santa Fe; mientras que el resto, se distribuye entre refinerías del sur y norte del país. *Ver anexo 4.1.*

Figura 4.2: Ubicación geográfica de las refinerías en Argentina



Fuente: SIG, WISDOM Argentina, Probiomasa 2012.

En la figura anterior, se observa que la mayor concentración de productores de fueloil, se localiza en zonas de Buenos Aires, Santa Fe y Mendoza. Estos sectores, proveen más del 80% de combustible destinado a producción de mezclas asfálticas.

4.3 Precio

Las variaciones en el precio del fueloil, están íntimamente ligadas al mercado petrolífero. Las fluctuantes condiciones que presenta dicho mercado, están determinadas por los intereses y el accionar de países del primer mundo. En Argentina, la Compañía Administradora del Mercado Mayorista S.A. (CAMMESA), actualiza y publica el precio del fueloil referenciado por refinería de La Plata.

Al 20 de febrero de 2017, el precio de referencia, es de \$5.506,74 por tonelada, a un dólar de \$15,715. Además, se publica el precio máximo fijado por SS.EE.: \$6.328,75 por tonelada.

No obstante, según productores e intermediarios consultados, los precios rondan valores que exceden el precio máximo referenciado por CAMMESA. Los siguientes datos fueron obtenidos el 22 de marzo, a un dólar de \$15,80:

Consulta a Shell CAPSA: \$8.700 por tonelada (IVA incluido)

Consulta a grupo Petrogran: \$7.736 por tonelada (IVA incluido)

4.4 Transporte

El fueloil forma parte de la familia de hidrocarburos o combustibles de uso industrial, lo que lo sitúa dentro la categoría de mercancía peligrosa. Esta catalogación, se realiza de acuerdo a la clasificación y numeración enunciadas en las recomendaciones para el transporte de mercancías peligrosas de las Naciones Unidas, y en el listado de mercancías peligrosas aprobado en el ámbito del MERCOSUR - "acuerdo sobre transporte de mercancías peligrosas y sus anexos", que incluye los códigos de riesgo y las cantidades exentas por sustancia.

El anexo S del decreto nacional número 779/95, le confiere a la Subsecretaría de Combustibles, las facultades para reglamentar los requisitos que deben cumplir los tanques cisterna al transportar combustibles líquidos y/o gas licuado de petróleo. En él, se establecen todas las condiciones de transporte: los requisitos de los vehículos y equipamientos; las condiciones de carga, descarga y transbordo; las limitaciones de itinerario y los lugares de estacionamiento permitidos; las exigencias de documentación; los procedimientos en casos de emergencia; los deberes, obligaciones y responsabilidades del fabricante de vehículos para transporte de cargas peligrosas; las características de los equipamientos y los productos; las responsabilidades del expedidor de la mercancía, del contratante del expedidor, del destinatario y del transportista. Además, expresa los derechos y las facultades que tiene la entidad pública para fiscalizar el acatamiento de dicho reglamento general; y las infracciones y penalidades que podrían aplicar, en caso de incumplimiento.

Todos los requerimientos anteriores, inciden en los costos de operación y por consiguiente, aumentan los costos de transporte. Lo consultado a proveedores de fueloil, puede arrojar una aproximación sobre dichos costos. El 22 de marzo, a un dólar de \$15,80, desde Dock Sud, Shell CAPSA, se recogen los siguientes datos:



Una distancia de 600 km aproximadamente, cuesta alrededor de 1,5 \$/km/t. Esto representa un valor de alrededor de \$27.000 para una carga completa.

Lo que considerando el valor del fueloil se puede estimar un precio aproximado de 10.000 \$/t de fueloil puesto en una obra ubicada a 600 km de distancia desde el proveedor.

Capítulo 5: Pellet

5.1 Demanda

5.1.1 Necesidad de biomasa por kilómetro

A partir de las cantidades requeridas de fueloil en obras de pavimentación y/o repavimentación, se puede estimar su equivalente necesario en pellet de biomasa, considerando un PC de 4000 kcal/kg.

Tabla 5.1: Equivalencia en pellet por kilómetro

	Repavimentación		Pavimentación	
	Dimensiones	Unidades	Dimensiones	Unidades
Fueloil necesario por km	8.640	kg	28.800	kg
Relación entre fueloil y biomasa	2,45	veces	2,45	veces
Cantidad de pellet necesario	21.168	kilogramos	68.600	kilogramos

5.1.2 Necesidad de biomasa total

Las equivalencias obtenidas en la tabla precedente, permiten determinar las cantidades necesarias anuales de biomasa a nivel nacional. Para llegar a este resultado, se tienen en cuenta el consumo de asfalto estimado en Argentina (500.000 t/año); la proporción de asfalto en la mezcla (5%); y la necesidad unitaria de fueloil (8 kg/t de mezcla). De allí se determina que se necesitan alrededor de 80.000 toneladas de fueloil por año. Esta cifra equivale a 196.000 toneladas de biomasa.

5.1.3 Distribución de la demanda

La demanda de asfalto en Argentina depende de las necesidades reales de obras nuevas y/o mantenimiento de la red vial, a la vez que, de las decisiones políticas de los gobiernos de turno. Estos factores determinan las condiciones de su distribución.

Históricamente, del total de consumo de asfalto, alrededor del 65% se destina a obras viales primarias; 30% a obras viales secundarias; y 5% a obras viales municipales o privadas.

En los últimos 12 años, la red primaria localizada en la zona centro del país, ocupó el 50% de la inversión (Buenos Aires, Córdoba, La Pampa, Mendoza, Santa Fe, San Juan, San Luis y Entre Ríos). Por su parte, las redes primarias comprendidas en las zonas norte y sur-centro, ocuparon el 26% y el 24% respectivamente. La variabilidad en la localización de las obras viales, está sujeta, de forma considerable, a factores no esencialmente técnicos. De allí, predecir la ubicación de las obras a lo largo del país en el medio y largo plazo, resulta improbable.

Ante esta condición, se propone estimar una necesidad a corto plazo, teniendo en cuenta la red primaria actual, y presumiendo un mantenimiento ideal del total de las vías primarias asfaltadas.

Tabla 5.2: Demanda de biomasa por provincia para mantenimiento de las vías primarias

	Rutas asfálticas (km)	Tratamiento bituminoso superficial (km)	TOTAL (km)	BIOMASA para repavimentación (toneladas)
01 - Buenos Aires	3.377	0	3.377	71.476
02 - Córdoba	2.236	100	2.335	49.431
03 - Tucumán	459	18	477	10.096
04 - Mendoza	1.148	456	1.604	33.949
05 - Salta	1.096	283	1.379	29.194
06 - Jujuy	419	320	739	15.647
07 - Santa Fe	2.218	0	2.218	46.957
08 - La Rioja	1.230	626	1.856	39.286
09 - San Juan	644	485	1.129	23.907
10 - Corrientes	1.610	110	1.720	36.413
11 - Catamarca	466	605	1.071	22.672
12 - Neuquén	1.045	366	1.412	29.879
13 - Chubut	1.387	510	1.896	40.141
14 - San Luis	619	215	834	17.650
15 - Misiones	738	0	738	15.628
16 - Sgo. del Estero	1.241	81	1.321	27.968
17 - Entre Ríos	1.419	0	1.419	30.044
18 - Chaco	858	112	970	20.534
19 - Bahía Blanca	1.104	117	1.221	25.838
20 - Río Negro	1.527	368	1.895	40.112
21 - La Pampa	862	618	1.480	31.334

22 - Formosa	1.145	117	1.262	26.708
23 - Santa Cruz	2.435	0	2.435	51.553
24 - Tierra del Fuego	284	0	284	6.002
TOTALES	29.566	5.506	35.073	742.420

Fuente: Dirección Nacional de Vialidad.

De la tabla anterior se concluye que se requerirían 742.420 toneladas de biomasa, para una repavimentación total de las rutas nacionales asfaltadas o con algún tratamiento bituminoso.

5.2 Oferta

Como se mencionó en capítulos anteriores, el pelletizado presenta ventajas respecto a la utilización de biomasa sin procesar, razón por la cual el pellet será el combustible considerado para el reemplazo del fueloil en este proyecto. Frente a esto, se proponen dos alternativas para alcanzar los objetivos propuestos.

Antes de mencionarlas, es importante tener presente que, además de obtener directamente el combustible de proveedores especializados, se pueden desarrollar socios que dispongan del recurso biomasa como “residuo”. La localización principal de las grandes industrias que generan el subproducto biomasa, coincide con las más importantes redes viales del país, y por tanto, con la concentración primaria de obras viales.

5.2.1 Alternativa I: Compra de pellet a proveedores.

5.2.1.1 Proveedores de pellet

Actualmente en Argentina, existe un mercado creciente para el pellet impulsado por diferentes sectores. Entre ellos la industria maderera que genera importantes volúmenes de residuos (alrededor del 50% de la madera procesada, termina como aserrín y astillas); y tiene un papel activo en la búsqueda de tecnologías que permitan convertir estos residuos en productos reutilizables.

El principal desarrollo del pellet, se produce en sectores fuera de la red de gas natural, donde el recurso biomasa abunda. Su aplicación, se destina a calderas de

hoteles, hornos de panaderías, procesos térmicos y pequeñas centrales eléctricas, entre otros.

Tabla 5.3: Proveedores de pellet en Argentina

	LIPSIA	ZANI	LARE
Poder Calorífico (kcal/kg)	4.800	4.800	4.800
Densidad (kg/m³)	700	700	700
Ubicación geográfica de la planta	Esperanza - Santa Fe	Esquina – Corrientes	Concordia -Entre Ríos

Fuente: Información adquirida directamente de proveedores de pellet.

5.2.1.2 Poder Calorífico

La adquisición de pellet mediante proveedores, fija una situación estable respecto a su poder calorífico: Alrededor de 4800 kcal/kg de pellet.

5.2.1.3 Ubicación de los proveedores de pellet.

La localización de los proveedores de pellet, está estrechamente ligada con la de la industria maderera, siendo ésta, pionera en el desarrollo de dicho recurso y sus aplicaciones en el país.

Figura 5.1: Localización de los principales productores de pellet en el país



En el mapa se destaca la ubicación favorable de los proveedores con respecto a los principales puntos de consumo de mezcla asfáltica. Estas circunstancias favorables, ameritan un análisis posterior, donde se desarrolle el impacto de utilizar pellet, en el transporte.

5.2.1.4 Precio

El precio del pellet, varía de proveedor a proveedor, esencialmente por las certificaciones que éstos ofrecen y los procesos de fabricación empleados.

Tabla 5.4: \$/t de pellet sin flete

	LIPSIA	ZENI	LARE
\$/tonelada (sin IVA)	1330	1.320	1600

Fuente: Lipsia, Zeni y Lare, (marzo 2017).

5.2.2 Alternativa II: Utilización de la biomasa disponible en Argentina.

Bajo la iniciativa de alinearse al “objetivo nacional de incrementar la producción de energía térmica y eléctrica derivada de biomasa a nivel local, provincial y nacional para asegurar un creciente suministro de energía limpia, confiable y competitiva, y a la vez, abrir nuevas oportunidades agroforestales, estimular el desarrollo regional y contribuir a mitigar el cambio climático” (UTF/ARG/020/ARG - Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa - PROBIOMASA, 2009), se desarrolla esta alternativa de aprovisionamiento de biomasa, que motiva el objetivo general de este proyecto. Para ello, se tienen en cuenta, el desarrollo del sistema de información geográfica WISDOM ARGENTINA y los análisis disponibles del sector.

Como primera medida, esta alternativa requiere una gestión proporcionada in situ (pelletizado). Una planta móvil de pellet, cuyos requerimientos serán desarrollados más adelante en el estudio técnico, es la opción indicada para garantizar estos objetivos. En esta propuesta se necesitará de personas y recursos para llevar a cabo la actividad de pelletizado, lo que se puede traducir en un estímulo para el desarrollo de nuevos mercados regionales; la redistribución de ingresos; la generación de puestos de trabajo; y una posible solución de la gestión de tales “residuos”, los cuales representan, un costo y una problemática administrativa para las empresas que los generan y el estado.

5.2.2.1 Definición de tipo de recurso biomásico a considerar

Para delimitar el tipo de recurso energético que se propone ocupar este proyecto, se deberá considerar los tipos de fuentes de oferta de biomasa, y su clasificación (*Ver anexo 5.1*), a saber:

- **Fuentes de oferta directa:** Son las clases de cobertura y usos del suelo (bosques nativos, plantaciones forestales y otros usos); y las reservas de biomasa, sus productos y subproductos.
- **Fuentes de oferta indirecta:** Son la biomasa obtenida en los subproductos de procesos industriales. Normalmente, están localizadas en las plantas industriales en las que dichos procesos tienen lugar. Incluyen residuos de industrias forestales y/o agroindustriales, tales como los provenientes de aserraderos, de la industria algodonera, de los molinos arroceros, de la industria manisera, yerbatera, entre otras.

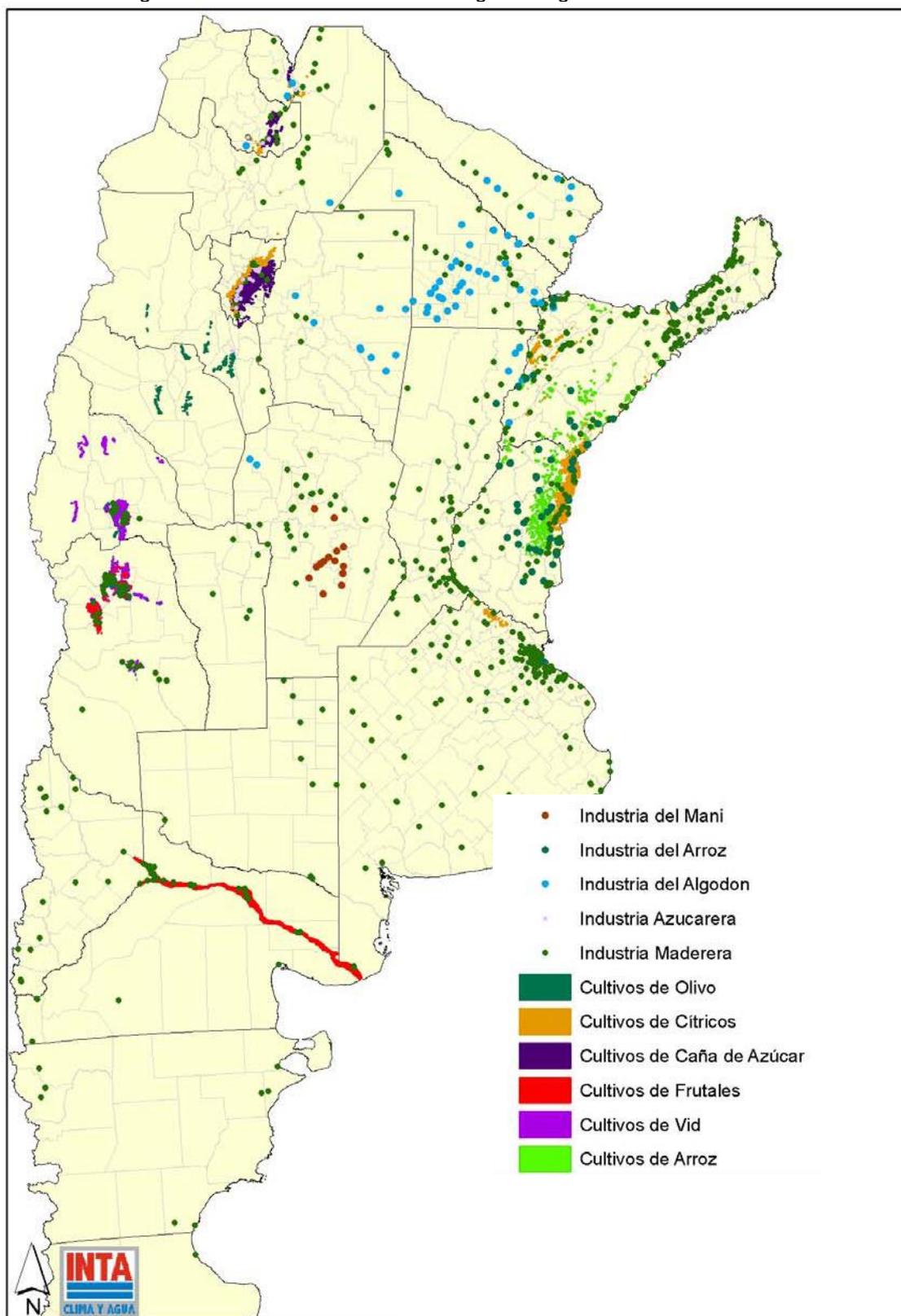
Una clasificación suministrada por la Terminología Unificada sobre Bioenergía (TUB, FAO 2004^a), considera tanto las fuentes directas como indirectas de biomasa, y es la siguiente:

- Cultivos energéticos directos.
- Subproductos directos.
- Subproductos indirectos.
- Materiales derivados de otros usos, de recuperación.

Donde y desde ahora en adelante, el término “subproductos” engloba los inadecuadamente llamados residuos.

De todas las fuentes de biomasa existentes, este proyecto, busca aprovechar y valorizar aquellas que se pueden clasificar como subproductos sólidos. Por ser el resultado de actividades generalmente relacionadas a la agroindustria, estos subproductos seleccionados, se encuentran distribuidos por todo el territorio. Así, por ejemplo, en el noreste, tenemos los de la industria maderera; en el oeste, los de la industria de la vid; y en el centro, los de la industria manisera. En el **ANEXO 5.2** se destacan en color verde, el tipo de recursos biomásicos que se tendrán en cuenta para este estudio.

Figura 5.2: Ubicación de industrias agrícolas generadoras de residuos



Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

5.2.2.2 Biomasa como subproducto de fuentes directas e indirectas por provincia.

A partir del análisis de disponibilidad y concentración de las distintas fuentes de biomasa, en pequeñas zonas o puntos del territorio argentino, se obtiene la siguiente tabla que representa la capacidad de realización de obras por provincia. Ver anexo 5.3.

Tabla 5.5: Biomasa disponible anualmente por provincia

	Total biomasa (toneladas)	km de repavimentación realizables
Buenos Aires	71.436	3.375
Capital Federal	5.378	254
Catamarca	192.470	9.092
Chaco	62.839	2.969
Chubut	3.377	160
Córdoba	191.433	9.044
Corrientes	799.877	37.787
Entre Ríos	533.693	25.212
Formosa	30.555	1.443
Jujuy	279.487	13.203
La Pampa	4.405	208
La Rioja	191.770	9.059
Mendoza	812.857	38.400
Misiones	873.052	41.244
Neuquén	51.701	2.442
Rio negro	229.899	10.861
Salta	271.201	12.812
San Juan	203.914	9.633
San Luis	7.301	345
Santa Cruz	1.481	70
Santa Fe	86.443	4.084
Santiago del Estero	18.588	878
Tierra del Fuego	254	12
Tucumán	1.694.775	80.063
TOTAL	6.618.183	312.650

Los resultados demuestran que, el aprovechamiento total de la biomasa disponible en el país, que alcanza las 6.618.183 toneladas, supera ampliamente la necesidad para la repavimentación de la totalidad de las rutas nacionales (742.420 toneladas).

5.2.2.3 Biomasa como subproducto de fuentes directas e indirectas por actividad.

Para garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos en el proyecto, es necesario enfocar los esfuerzos por desarrollar socios-proveedores, los cuales, mediante un equipo de pelletizado, puedan procesar sus subproductos biomásicos. De esta manera, se ofrece una propuesta de valor que contribuye a la gestión de los desechos de las empresas, que por sus magnitudes, implican un desafío que pocos han logrado superar de manera eficiente. Ver anexo 5.3.

La tabla que se presenta a continuación muestra los kilómetros realizables de ruta, clasificados según el origen de la generación de biomasa.

Tabla 5.6: Origen de la biomasa directa e indirecta concentrada

	toneladas/año	km de repavimentación realizables
Subproducto de poda de cítricos	410.772	19.405
Subproducto de poda de vid	519.692	24.551
Subproducto de poda de otros Frutales	711.601	33.617
Subproducto poda de olivo	242.131	11.439
Subproducto Arroz en campo	388.950	18.374
Subproducto Agrícolas Cañeros (RAC)	916.172	43.281
Subproducto de bagazo no utilizados	1.155.971	54.609
Subproducto cáscara maní	180.011	8.504
Subproducto Industria Arrocera	127.633	6.030
Subproducto desmote Algodón	54.310	2.566
Subproducto de orujo de oliva	233.530	11.032
Subproducto de aserraderos	1.677.411	79.243
TOTAL	6.618.183	312.650

Estas biomásas presentan características homogéneas, lo que permite una gestión adecuada y eficiente, en el proceso que se extiende desde el pelletizado hasta la combustión en el quemador.

5.2.2.4 Competidores actuales y potenciales por el uso de la biomasa considerada

Sector rural, residencial y comercial

En este sector, la biomasa consumida es fundamentalmente de origen leñoso, razón por la cual, no constituyen competidores directos del recurso propuesto para este proyecto. Por otro lado, los equipos necesarios para la utilización de pellet a nivel comercial y residencial no están disponibles para el consumo masivo.

Según la opinión de empresas del sector, para la utilización del pellet, se requiere una inversión inicial que limitaría su uso a un público de alto poder adquisitivo. Sumado a esto, su costo unitario para usos masivos, es semejante al costo de otros combustibles convencionales que ya poseen una fuerte tradición de uso.

Las razones expuestas determinan que, los sectores de consumo rural, residencial y comercial, permanezcan fuera del marco de los competidores potenciales por el recurso biomásico propuesto.

Sector industrial

Este sector es el que presenta mayor interés. Actualmente, se están comenzando a ocupar subproductos autogenerados, principalmente en la generación de energía. Las empresas AGD, Prodeman y Manfrey ubicadas en la provincia de Córdoba, son algunos ejemplos de esta situación; dichas compañías han comenzado incluso a comprar los subproductos a empresas cercanas para generar energía de consumo propio y, además según los avances que se esperan en cuanto al marco regulatorio de la energía en el corto plazo, ofrecerla al sistema interconectado. Por otro lado, existen consumidores específicos actuales de biomasa leñosa, como la industria misionera y correntina de la yerba mate para el secado (272.314 t/año), la industria ladrillera (1.579.117 t/año), la industria panadera (871.248 t/año) y para la generación de energía (1.000.000 t/año) en todo el país (ver anexo 5.4). Dadas estas condiciones, se establece que, 2.722.679 toneladas/año de este recurso, podrían ser captadas por dichas industrias, lo que dejaría un saldo de 2.895.504 toneladas/año aptas para ser ocupadas por la industria que compete a este proyecto.

Se ha determinado anteriormente, que las cantidades necesarias de biomasa para el mantenimiento total de vías primarias del país, es de 742.420 toneladas anuales; resultado que permite concluir, que la oferta existente de biomasa como subproducto de las distintas industrias del país, es suficiente para considerar asegurado el aprovisionamiento del recurso combustible en la industria vial.

5.2.2.5 Poder calorífico

Dado que, en esta alternativa, se aprovechan los recursos locales de cada zona, el PC puede ser muy variado. A fines de definir un valor para utilizar en cálculos posteriores, que a su vez, sea representativo de las distintas fuentes que pueden abastecer una necesidad de energía, se establece un poder calorífico medio de 4000 kcal/kg para el pellet como subproducto.

5.2.2.6 Precio

Al no existir un precio de referencia establecido para los RAI y, al ser los principales competidores por biomasa, las centrales eléctricas de generación de energía, como es el caso de AGD, Prodeman y Manfrey; este proyecto debería ser capaz de ofrecer un valor por tonelada de biomasa, mayor al que el principal competidor del recurso esté dispuesto a pagar.

Dado el valor promedio de la energía que pagan los grandes usuarios, que ronda los 120 \$/MWh, y teniendo en cuenta que el rendimiento de las centrales de generación de energía, en el mejor de los casos, se acerca al 90%, es posible proponer un precio de referencia. Para éste, deberá considerarse que, el precio que se pueda ofrecer por la biomasa, debe ser tal, que el que dispone de este recurso, obtenga una mayor ganancia respecto a la que otro destino para la misma biomasa sería capaz de proporcionarle; es decir, un precio que garantice la inclinación por esta alternativa.

De lo dicho, el margen unitario (\$/t de pellet) que debería obtener el poseedor de la biomasa, para que el destino propuesto por este proyecto resulte una alternativa que le genere mayor rentabilidad que otro consumidor, debe ser:

Tabla 5.7: Cálculo del margen de contribución unitario competitivo para la biomasa

	Valor	Unidad
Rendimiento de la central	90	%
Costo de la energía	120	\$/mWh
Poder energético biomazas	4000	kcal/kg
Equivalencia de 1 kcal	0,00116	kWh
Biomasa necesaria para lograr 1mWh a ese rendimiento	239	kg/mWh
Margen de contribución tentador	502	\$/t

El valor obtenido de 502 \$/t de pellet, representa el margen de contribución unitario que debe quedarle al propietario de la biomasa para asegurar la disposición de este recurso en el reemplazo de activos en la industria vial. A esto, se debe adicionar lo correspondiente a los gastos variables de generación del pellet, como energía y mano de obra, los cuales se estiman, según las características de consumo (80 kWh), y la capacidad de producción (600 kg/h) de la planta peletizadora móvil:

- 1- Energía: 20 \$/t
- 2- Mano de obra con cargas sociales: alrededor de 300 \$/t

Se obtiene un valor total de 822 \$/t. Resta considerar un 20% adicional correspondientes a gastos de manejo y administrativos, ante el cual, se determina un valor de referencia final de alrededor de \$1000 por tonelada de pellet (sin IVA).

A partir de este análisis, se puede considerar que las centrales de generación de energía como competidor por el recurso, solo estarían en condiciones de procesar lo que autogeneran y no captarían la oferta.

Cabe destacar que, por el superávit de biomasa existente, no hay competencia por la disponibilidad del recurso, lo que puede propiciar el pago de un valor por tonelada de biomasa, menor al referenciado anteriormente.

5.3 Transporte

5.3.1 Precio

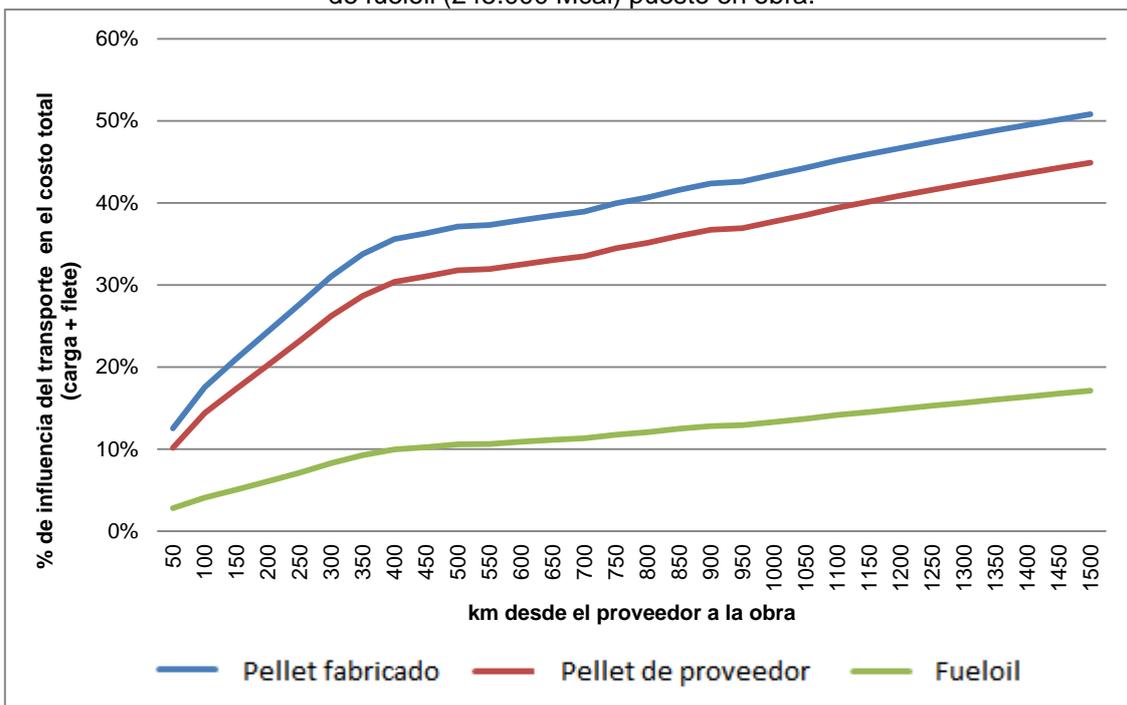
Según lo consultado a distintos proveedores, el flete se maneja con camiones de carga general que disponen de una capacidad de por lo menos 25.000 kg para

pellet. En otra consulta a transportistas, se informa que el valor real del transporte difiere de lo publicado como referencia; por lo cual, se considera el presupuesto obtenido de 450 \$/t para una distancia de 300 km. Para estimar el resto de los valores, se utiliza la relación de variación del transporte, según la distancia expuesta en los precios de referencia publicados por la Federación de Transportadores Argentinos (FE.Tr.A) ver anexo 5.5.

5.3.2 Influencia del transporte sobre el costo total de transportar una cantidad equivalente de energía para las distintas alternativas.

Debido a que las distintas fuentes de aprovisionamiento difieren considerablemente en sus poderes caloríficos, sumado a que existen limitaciones de capacidad de carga y leyes vigentes de circulación que lo condicionan, para lograr el mismo resultado en cantidad de energía en el punto de consumo, será necesario transportar distintas cantidades en kilogramos de biomasa. Frente a esta dificultad, para determinar el costo total de transporte y carga, se considera el equivalente a lo transportado por 1 camión de fueloil de 25 toneladas, que serán aproximadamente 245.000 Mcal.

Gráfico 5.2: Influencia del transporte en el costo total del equivalente energético de un equipo de 25t de fueloil (245.000 Mcal) puesto en obra.



Fuente: VER ANEXO 5.6: Costo de flete más carga para todas las alternativas consideradas.

La diferencia considerable en la influencia del costo total (flete + carga) de las biomásas respecto al fueloil, se debe a dos cuestiones:

- 1- El costo de la carga: En el fueloil (\$162.500) es considerablemente mayor que en las biomásas, (\$64.500 para el pellet fabricado y \$81.700 para el pellet de proveedor) lo que hace que para una misma distancia el costo de transporte sea más representativo en la biomasa.
- 2- La cantidad transportada: La biomasa, al tener menor poder calorífico, requiere de entre 2 y 3 viajes más, para transportar la misma cantidad de energía.

De esta manera, se aprecia cuán importante resulta la variable transporte, al momento de tomar una decisión. Más adelante, se hará un estudio de sensibilidad, para establecer con mayor profundidad su incidencia.

Capítulo 6: Análisis ambiental

El objetivo del presente capítulo es evaluar el efecto ambiental derivado del reemplazo de fueloil por pellet de biomasa, en la producción de Mezclas Asfálticas Calientes (MAC o HMA -Hot Mix Asphalt- en inglés).

Se utilizará la metodología de ciclo de vida para analizar la huella de carbono. Como punto de partida, se tendrá en cuenta el estudio “Huella de carbono del reciclado en planta asfáltica en caliente con altas tasas de RAP”, realizado en España por el grupo Sorigué y la Universidad Politécnica de Madrid. Los datos obtenidos en dicho estudio, se tomarán como base para comparar y establecer el efecto ambiental causado por el reemplazo de combustible propuesto.

Finalmente, una valoración cuantitativa de la influencia ambiental que podría generar la aplicación del proyecto, permitirá extraer conclusiones sobre el mismo.

6.1 Desarrollo de la metodología

Como se mencionó anteriormente, la metodología del análisis de ciclo de vida (ACV) será la utilizada para evaluar las tasas de emisiones de CO₂ equivalente que se generan en cada etapa del proceso de una planta asfáltica. Cada una de estas etapas constituye un subsistema que será explicado y analizado individualmente, dando como resultado la huella de carbono asociada.

A continuación, se exponen los subsistemas a analizar:

- Subsistema 1: Áridos
- Subsistema 2: Filler o cal
- Subsistema 3: Asfalto
- Subsistema 4: Planta asfáltica
- Subsistema 5: Puesta en obra
- Subsistema 6: Demolición
- Subsistema 7: Transporte

6.2 Eco indicador utilizado

La métrica de impacto utilizada es el kilogramo de CO₂ equivalente (kg CO₂eq). Ésta medida universal permite determinar cuánto puede contribuir al cambio climático cada gas de efecto invernadero, al equipararse con la concentración de CO₂ que se toma como referencia. Así pues, existen factores de emisión de CO₂ equivalente ya establecidos que permiten estudiar la huella de cada actividad.

Dicho esto, el eco indicador utilizado será el kilogramo emitido de CO₂ equivalente por tonelada de mezcla asfáltica caliente (kg CO₂ eq/t HMA).

La selección de tal indicador, obedece a la intención de disminuir la complejidad del análisis, garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos y minimizar la subjetividad que la ponderación pudiera provocar. En este sentido y, con el objeto de facilitar al lector la comprensión de los resultados arrojados, se exponen, al final del análisis, los resultados en emisiones de CO₂ por km de obra.

Para pasar a kg CO₂ eq/t HMA es preciso conocer las cantidades de HMA que se pueden elaborar con el recurso o actividad analizada; para lo cual, se debe entender el proceso y los recursos consumidos. Así por ejemplo, para realizar el cálculo de emisiones, se suman los consumos de energía de cada proceso y/o equipo, y se los afecta por un factor ya establecido que permite expresar los kg CO₂ eq. emitidos en tal actividad.

Tabla 6.1: Factores de emisión según la actividad

Producto	Unidad de medida	Factor de conversión I (kWh / unidad de medida)	Factor de conversión II (kg CO ₂ eq / kWh)
Gasoil	litros	10,6	0,2628
Fuel	kg	11,16	0,2736
Gas natural	Nm ³	10,70	0,2016
Electricidad (central térmica)	kWh	1	0,385

Fuente: INAGA (Instituto Aragonés de Gestión Ambiental, España)

Ecuación 1: kg CO₂ eq emitidos por el consumo del producto n:

$$\text{kg CO}_2 \text{ eq}_n = \text{Cantidad producto}_n * \text{Factor de conversión } I_n * \text{Factor de conversión } II_n$$

Ecuación 2: $\frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq}_n}{\text{t HMA}}$ emitidos por el consumo del producto n:

$$\frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq}_n}{\text{t HMA}} = \frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq}_n}{\text{toneladas de HMA realizables con la cantidad del recurso n utilizado}}$$

6.3 FUELOIL

6.3.1 Subsistema 1 “producción de áridos”

Para la fabricación de cualquier tipo de mezcla asfáltica en caliente se emplean áridos de procedencia muy diversa, y entre los cuales se encuadra el RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) que es el pavimento asfáltico recuperado.

En la metodología empleada está incluido el recuperado de los materiales, puesto que, sobre el porcentaje de RAP empleado sólo se computan las emisiones correspondientes a su tratamiento y manipulación en planta. La muestra de referencia se compone por 90% de árido triturado sin RAP.

Tabla 6.2: Subsistema 1: Producción de áridos

Etapa	kg CO ₂ eq/t áridos	kg CO ₂ eq/t HMA	Fuente
Extracción	3,31	3,01	ECRPD
Retroexcavadora	0,405	0,37	Sorigué
Dumper	0,322	0,29	
Planta clasificadora	2,945	2,68	
Planta alimentación	0,33	0,3	
Trituración RAP	1,352	0	
Manipulación RAP	0,721	0	
TOTAL	-	6,65	

Fuente: ECRPD, Proyecto Europeo Energy Conservation in Road Pavement Desing

6.3.2 Subsistema 2 “filler o cal”

Dentro de los tipos de fillers que pueden emplearse en las mezclas asfálticas, se encuentra el propio de los áridos (filler de recuperación) y uno de aporte como polvo caliza o productos comerciales más activos, como cemento, cal apagada o cenizas.

En el caso del filler de recuperación, se vuelve a considerar la recuperación del material y, por lo tanto, sus emisiones unitarias son nulas, lo que representa ventajas ambientales frente a las demás opciones.

Para el análisis se considera un aporte de 3,25% de filler de recuperación y 1,53% de cemento Portland.

Tabla 6.3: Subsistema 2: Filler o cal

Filler empleado	kg CO ₂ eq/t filler	kg CO ₂ eq/t HMA
Filler recuperación	0	0
Filler aportación	3,995	0
Cemento Portland	883,31	13,51
Cal apagada	1.109,31	0
TOTAL	-	13,51

Fuente: Sorigué, OFICEMEN + UPM, ANCADE + UPM

6.3.3 Subsistema 3 “asfalto”

Siendo la metodología seleccionada en un ACV, se estudian también las emisiones correspondientes al proceso de extracción, transporte y manipulación del crudo hasta las refinerías (incluyendo las llamadas emisiones fugitivas, que son aquellas emisiones de gases que se producen por fugas en trasvases, conducciones, etc.). En consecuencia, se incluyen en el estudio: las emisiones de la extracción de crudo, su transporte, el refino para la producción del asfalto, su almacenamiento y manipulación. Además, se tiene en cuenta la posibilidad de empleo de aditivos o modificadores del asfalto, puesto que estos productos se asocian a grandes impactos ambientales.

Tabla 6.4: Subsistema 3: Asfalto

Asfalto empleado	kg CO ₂ eq/t asfalto	kg CO ₂ eq/t HMA
Asfalto de penetración 50/70	227	11,97
Aditivos o modificadores	190	0
TOTAL	-	11,97

Fuente: EUROBITUME, Asociación Europea del betún.

6.3.4 Subsistema 4 “planta asfáltica”

Para el control de los consumos energéticos y de las emisiones se dispuso de datos tomados durante los años 2007, 2008 y 2009, que consideran distintos tipos de obras y de mezclas asfálticas. Se controlaron los consumos (combustibles, electricidad, etc.) y las emisiones (O₂, CO, CO₂, NO, NO₂, NO_x, SO₂, CH₄, etc.) para distintas obras, considerando distancias de transporte entre 10 y 40 km. Con el análisis de los datos manejados, se ha llegado a la conclusión de que los parámetros de los que dependen las emisiones de CO₂ de una planta asfáltica son: La producción (t/h), que determina el régimen de funcionamiento; y el tipo de combustible empleado, que puede ser más o menos contaminante según el punto de vista del eco indicador considerado.

Tabla 6.5: Subsistema 4: Planta asfáltica

Combustible a utilizar	kg CO ₂ eq/h	Producción t/h	kg CO ₂ eq/t HMA
Gas natural (GNL)	4712,5	260	18,125
fueloil	6271,46	260	24,121
Cogeneración	2290,86	260	8,811
TOTAL	-	-	24,121

Fuente: Sorigué

6.3.5 Subsistema 5 “puesta en obra”

La puesta en obra de las mezclas bituminosas en caliente comprenden, de modo genérico, las siguientes operaciones: Preparación de la superficie existente, transporte del material desde la planta de fabricación al lugar de extensión (esta tarea se desarrollará en el subsistema “transporte”, como corresponde en cualquier metodología de ACV), extensión de la mezcla y compactación.

Tabla 6.6: Subsistema 5: Puesta en obra HMA

Equipos	kg CO ₂ eq/t HMA
Fresadora	0,129
Cisterna emulsión	0,185
Silo de transferencia	0,039
Extendedora	0,554
Compactador rodillos	0,277
Compactador neumático	0,219
Barredora	0,083
TOTAL	1,486

Fuente: Sorigué

6.3.6 Subsistema 6 “demolición”

Cuando, tras la acción del tráfico y de los factores climáticos, las mezclas asfálticas alcanzan cierto nivel de deterioro, requieren ser retiradas para que el pavimento del que forman parte pueda prestar servicio en nuevas condiciones. Las capas de pavimento ya agotadas se retiran mediante fresado, para ser repuestas con HMA nueva. Estos materiales fresados (RAP) son los que dan lugar a las técnicas de recuperado de pavimento asfáltico.

Tabla 6.7: Subsistema 6: Demolición

Equipos	kg CO ₂ eq/t HMA
Fresadora	0,13
Barredora	0,08
TOTAL	0,21

Fuente: Sorigué

6.3.7 Subsistema 7 “transporte”

El transporte entre etapas de los procesos analizados es un condicionante fundamental a considerar; por esto y, tal como sugieren las normas y recomendaciones al respecto, aparece en la metodología desarrollada de forma agrupada, como una sola actividad, en este último subsistema. Se han determinado las emisiones unitarias de CO₂ por kilómetro de los distintos medios de transporte utilizados. En este sentido, los grados de libertad o entradas del sistema son dos: Las distancias recorridas por cada uno de ellos y la cantidad total de HMA fabricada y extendida, pues a partir de ella, se calculan los viajes necesarios. Finalmente, se

han considerado los transportes imprescindibles para el personal de las plantas y de las obras en sus desplazamientos.

Para obtener los datos de emisiones para cada actividad se consideran los consumos de gasoil y el factor de emisión correspondiente.

Tabla 6.8: Subsistema 7: Transporte planta-obra

Elementos	Distancia (km)	kg CO ₂ eq/t HMA
Camiones para transporte HMA	35	3,69
Vehículo personal	35	0,15
Camiones recogida fresado	35	3,69
TOTAL	-	7,53

Fuente: Sorigué

Para determinar las emisiones por transporte, es necesario considerar los km recorridos, el consumo de combustible de los vehículos, el factor de emisión del combustible y las toneladas de mezcla asfáltica realizables en la carga de un camión, de la siguiente manera:

$$Emisión \left(\frac{kgCO_2 eq}{tHMA} \right) = \frac{recorrido (km) \times consumo \left(\frac{l}{km} \right) \times factor \ de \ emisión \left(\frac{kgCO_2}{m^3} \right)}{cantidad \ de \ mezcla \ realizable \ con \ un \ camión \left(\frac{kgHMA}{kg \ de \ carga} \right)}$$

Tabla 6.9: Subsistema 7: Transporte proveedor-planta

Elementos	Distancia (km)	kg CO ₂ eq/t HMA
Camión asfalto	400	1,65
Camión fueloil	400	0,177
Camión filler	80	0,17
Camión remolque equipos (*)	100	0,08
Camión áridos	10	0,96
TOTAL	-	3,037

Fuente: Sorigué

(*): No corresponde a la categoría proveedor-planta, no es un proveedor, se lo incluye para simplificar su cuantificación.

6.3.8 Resumen de emisión del sistema “planta asfáltica”

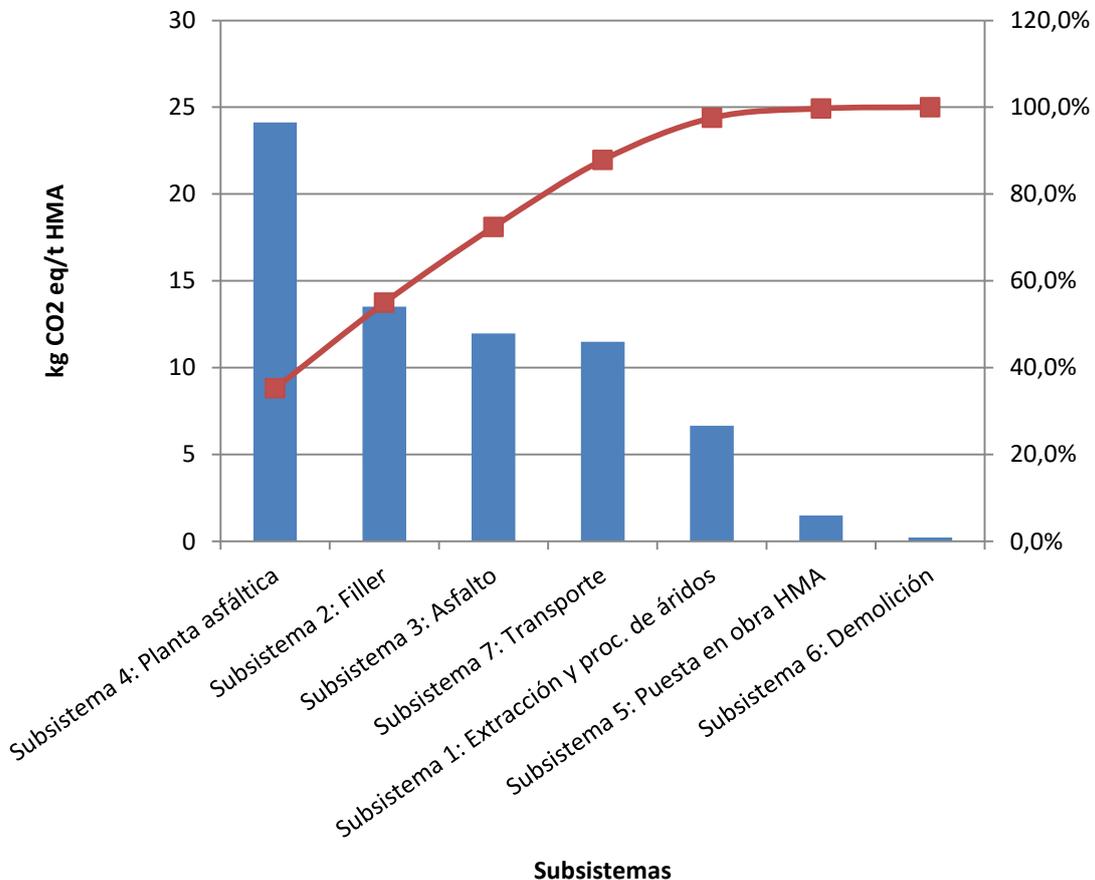
A continuación se presenta la influencia de cada subsistema dentro del total emitido equivalente de CO₂ por tonelada de mezcla asfáltica:

Tabla 6.10: Emisiones de CO₂ eq/t HMA para la mezcla de referencia F0

Subsistemas	kg CO ₂ eq/t HMA	%
Subsistema 1: Extracción y procesamiento de áridos	6,65	9,71%
Subsistema 2: Filler	13,51	19,72%
Subsistema 3: Asfalto	11,97	17,47%
Subsistema 4: Planta asfáltica (*)	24,121	35,21%
Subsistema 5: Puesta en obra HMA	1,486	2,17%
Subsistema 6: Demolición	0,21	0,31%
Subsistema 7: Transporte	11,48	15,42%
TOTAL	68,154	100%

(*) Las emisiones de este subsistema corresponden a la combustión del fueloil en el horno secador.

Grafico 6.1: Diagrama de Pareto análisis de influencia de cada subsistema



De lo anterior, se puede observar que los esfuerzos de mejoras deben enfocarse en los subsistemas 4, 2, 3 y 7 que son los más representativos en cuanto a emisiones de kg de CO₂ eq/t HMA. Dentro de estos, el fueloil quemado en la planta asfáltica, representado en el subsistema 4, es el mayor emisor. Por este motivo, considerar este proyecto resulta interesante por su potencial aporte a una mejora ambiental, la cual será cuantificada en el presente capítulo.

6.4 BIOMASA

Para evaluar el impacto en la huella de carbono en una planta asfáltica con el reemplazo del combustible propuesto, es necesario proyectar cambios en los subsistemas, que quedarán constituidos de la siguiente manera:

- 1- Producción de pellet
- 2- Transporte
- 3- Combustión

6.4.1 Subsistema 1 “producción del pellet”

Los cálculos de emisiones serán realizados teniendo en cuenta las dos alternativas de aprovisionamiento de pellets desarrolladas anteriormente en el capítulo 5.

- Alternativa I: Los pellets serán comprados directamente al proveedor.
- Alternativa II: Los pellets serán fabricados por plantas peletizadoras modulares aprovechando Residuos Agro Industriales (RAI) generados por las industrias en las cercanías de las obra.

En la evaluación de la huella de carbono para ambas alternativas, se excluyen las emisiones generadas por los procesos anteriores al acondicionamiento de biomasa para el pelletizado. En la compra a proveedores (alternativa I), donde la biomasa es en su totalidad proveniente de aserrín y astillas de pino, las emisiones provocadas en las etapas de siembra, mantenimiento, corte, transporte a fábrica y procesado, se adjudican al balance de emisiones o huella de carbono para la

madera de la industria del mueble; por lo tanto, considerar las mismas variables para este subproducto, sería sumar dos veces la misma carga de emisiones. Lo mismo sucede en la alternativa II (fabricar pellet a partir de RAI) en donde antes del pelletizado las emisiones serán cargadas al proceso correspondiente de cada industria.

A continuación se muestran los cálculos en cada alternativa de aprovisionamiento de pellet.

A. Alternativa I, consideraciones del proceso:

- Capacidad Peletizadora utilizada: 500 kg/h.
- Consumo de pellet horno secador: 16,32 kg/t HMA.
- Emisiones:

Tabla 6.11: Suma de emisiones para alternativa I de pellet

Proceso de tratamiento en planta	kWh	Emisiones (kg CO ₂ eq)/h (*)
Secado tromel rotativo	23	8,85
Peletizadora	30	11,55
Enfriado y envasado	9,4	3,62
TOTAL	62,4	24,1

Fuente: ACV de la producción y transporte de pellets, instituto DYNA, España (2014).
 (*): Ver ecuación 1, pág. 64.

Siguiendo la relación de emisiones de CO₂ en kg sobre los kg realizables de mezcla asfáltica por unidad de recurso (ver ecuación 2, pago. 64), se obtiene que las emisiones equivalentes son:

$$Emisión \left(\frac{kgCO_2 eq}{tHMA} \right) = \frac{24,1 \text{ kgCO}_2 \text{ eq}}{\left(\frac{500 \text{ kg}}{16,32 \frac{kg}{tHMA}} \right)} = 0,786$$

B. Alternativa II, consideraciones del proceso:

- Capacidad de peletizadora móvil: 500 kg/h.
- Consumo de pellet horno secador: 19,9 kg/t HMA.

- Emisiones:

Tabla 6.12: Suma de emisiones para alternativa II de pellet

Proceso	Potencia (kW)	Emisiones (kg CO ₂ eq) (*)
Molienda (molino, ciclón, ventilador y salida de aire)	22+4	8,76
Secado (estufa, ciclón, ventilador y salida de aire)	7	2,11
Chimango	2+2	0,57+0,57
Prensa peletizadora	30	11,55
Enfriadora y cribadora	1,5	2,11
Colector de polvos	4	1,97
TOTAL	72,5	27,72

(*): Ver ecuación 1, pág. 64.

Siguiendo la relación de emisiones de CO₂ en kg sobre los kg realizables de mezcla asfáltica por unidad de recurso (ver ecuación 2, pág. 64), se obtiene que las emisiones equivalentes sean:

$$Emisión \left(\frac{kgCO_2 eq}{tHMA} \right) = \frac{x \ 27,7 \ kgCO_2 \ eq}{\left(\frac{600 \ kg}{19,9 \ \frac{kg}{tHMA}} \right)} = \mathbf{0,923}$$

6.4.2 Subsistema 2 “Transporte”

Las diferencias en el poder calorífico de los combustibles, las limitaciones legales de transporte y la cercanía al insumo, afectan considerablemente la cantidad de km que se deben recorrer para lograr el mismo resultado en toneladas HMA. Los factores a tener en cuenta se analizan a continuación.

6.4.3 Diferencia de poder calorífico y limitaciones legales del transporte

Según la legislación vigente existen restricciones en el peso bruto máximo del vehículo el cual no debe superar las 45 t; el peso máximo por eje, el cual se define según su configuración y cantidad; y la relación peso potencia, la cual debe ser igual o superior a 4,25 CV DIN por tonelada de peso.

De lo anterior se puede considerar aproximadamente entre 25 y 30 toneladas netas de carga, siempre y cuando el volumen no supere las dimensiones permitidas de circulación.

Si consideramos además, la energía transportada por viaje en un camión de fueloil de 25 t (245.000 kcal), el poder calorífico del fueloil (9.800 kcal) y la necesidad de fueloil por t de HMA (8 kg), se puede deducir:

Alternativa I, compra de pellet a proveedor:

Tabla 6.13: Factores a considerar de la biomasa de alternativa I

	Cantidad	Unidad
Poder calorífico pellet	4.800	kcal/kg
Necesidad de pellet	16,32	Kg/t de HMA
Relación poder calorífico fueloil y pellet	2,04	veces

Alternativa II, fabricación de pellet:

Tabla 6.14: Factores a considerar de la biomasa de alternativa II

	Cantidad	Unidad
Poder calorífico pellet	4.000	kcal/kg
Necesidad de pellet	19,9	Kg/t de HMA
Relación poder calorífico fueloil y pellet	2,45	veces

6.4.4 Localización de proveedores

Alternativa I, compra de pellet a proveedor:

Existe una similitud entre la localización geográfica de los proveedores de pellet con la de los de fueloil. Esto permite considerar un transporte de combustible a la planta de 2,04 veces mayor, dada la relación de energía transportada.

Debido a que el transporte de pellet permite conseguir cargas de regreso, las emisiones de CO₂ serán compartidas con esta segunda carga de vuelta. Considerando que los proveedores de pellet se encuentran en las cercanías al

puerto y que, gran parte del transporte de cargas generales se dirige hacia el puerto, se considera que el 50% de regresos serán con cargas, de esta forma, resulta:

Datos:

Distancia al proveedor: 400 km

Recorrido: 600 km (50% de regreso con carga)

Cantidad de HMA realizables con 1 camión de biomasa: 1.838 t

Consumo de gasoil en l/100 km: 40 (0,4l/km)

Factor de emisión: 3,1 t CO₂/m³

$$Emisión \left(\frac{kgCO_2eq}{tHMA} \right) = \frac{\text{recorrido (km)} \times \text{consumo} \left(\frac{l}{km} \right) \times \text{factor de emisión} \left(\frac{kgCO_2}{m^3} \right)}{\text{cantidad de mezcla realizable con un camión} \left(\frac{kgHMA}{kg \text{ de carga}} \right)}$$

$$Emisión \left(\frac{kgCO_2eq}{tHMA} \right) = \mathbf{0,404}$$

Alternativa II, fabricación de pellet:

Como se examinó en capítulos anteriores, existe biomasa disponible comercialmente en las cercanías de las instalaciones de la planta asfáltica, que, por lo general, según estimaciones propias como resultado de cruzar la información de la distribución de biomasa residual en argentina (Figura 5.2) y el anillo que representa la zona donde se ejecutan la mayor cantidad de obras (Figura 9.18), se estima que la distancia a un punto de biomasa no supera los 75 km. Luego se puede estimar una emisión de CO₂ equivalente.

Datos:

Distancia: 75 km

Recorrido: 150 km (regreso vacío)

Cantidad de HMA realizables con 1 camión de biomasa: 1.507 t

Consumo de gasoil en l/100 km: 40 (0,4 l/km)

Factor de emisión: 3,1 t CO₂/m³

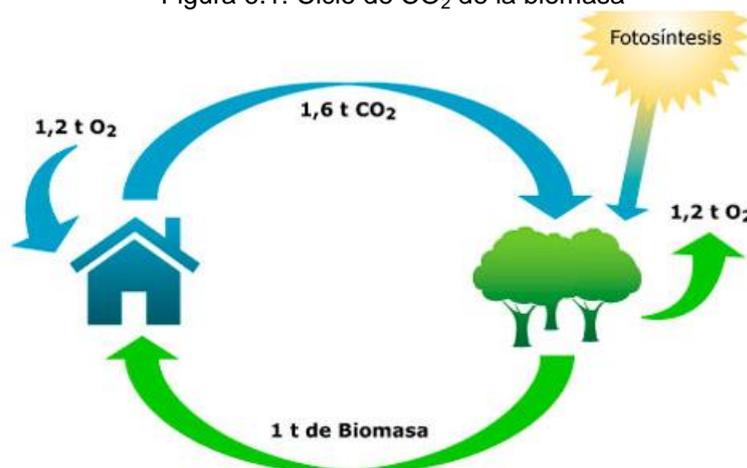
$$Emisión \left(\frac{kgCO_2eq}{tHMA} \right) = \frac{\text{recorrido (km)} \times \text{consumo} \left(\frac{l}{km} \right) \times \text{factor de emisión} \left(\frac{kgCO_2}{m^3} \right)}{\text{cantidad de mezcla realizable con un camión} \left(\frac{kgHMA}{kg \text{ de carga}} \right)}$$

$$\text{Emisión} \left(\frac{\text{kgCO}_2\text{eq}}{\text{tHMA}} \right) = 0,123$$

6.4.5 Subsistema 3 “Combustión”

Al momento de la combustión, los biocombustibles emiten una cantidad similar de CO₂ que la que emiten los combustibles convencionales. La diferencia radica en que su utilización constituye un ciclo cerrado de carbono. Esto significa que al utilizar biocombustibles se está emitiendo el CO₂ que fue absorbido durante el crecimiento de las plantas.

Figura 6.1: Ciclo de CO₂ de la biomasa



Fuente: Curso “De la biomasa a la dendroenergía en Argentina”, FAO

Debe tenerse en consideración que para producir o recolectar la biomasa suelen utilizarse equipos y transportes que consumen combustibles fósiles y por lo tanto el balance de emisiones GEI no es estrictamente nulo.

Las aplicaciones energéticas de los tipos más comunes de biomasa reducen las emisiones de CO₂ entre un 55 y un 98%, en comparación con los combustibles fósiles, aunque haya que transportar la materia prima a larga distancia, siempre que la producción de la biomasa no cause cambios en el uso de la tierra. Cuando se usan residuos forestales o agrícolas, los ahorros en gases de efecto invernadero están normalmente por encima del 80% en comparación con los combustibles fósiles.

Asimismo el uso de biomasa como subproducto viene a resolver un pasivo ambiental compuesto por emisiones de metano con una mayor equivalencia de emisiones en dióxido de carbono, además de ser focos de incendio y propagación de vectores.

De lo mencionado anteriormente, el presente análisis considera que las emisiones de kg CO₂ eq/t HMA en la combustión son nulos.

6.5 Reducción de emisiones por sustituir el combustible

En el Subsistema 4 “planta asfáltica” se considera una emisión de 24,12 kg CO₂ eq correspondiente a la producción de una tonelada de HMA (la cual requiere 8 kg de fueloil).

Tabla 6.15: Resumen de emisiones y cálculo de reducción

Emisiones	Alternativa I (kg CO ₂ eq/t HMA)	Alternativa II (kg CO ₂ eq/t HMA)
Subsistema 1: Extracción y prod. de áridos	6,65	
Subsistema 2: Filler o cal	13,51	
Subsistema 3: Betún asfáltico	11,97	
Subsistema 4: Planta asfáltica	24,121	
Subsistema 5: Puesta en obra HMA	1,486	
Subsistema 6: Demolición	0,21	
Subsistema 7: Transporte	11,48	
Total emisiones de fueloil	68,154	
- Transporte de fueloil (*)	0,177	0,177
+ Transporte de pellet (*)	0,404	0,123
- Planta asfáltica (fueloil) (*)	24,121	24,121
+ Fabricación pellet (*)	0,786	0,923
Total emisión de alternativas	46,319	46,175
Reducción de emisión %	32,0%	32,2%

(*): Incidencia de la biomasa en el proceso

Sabiendo que por km de repavimentación se requieren 1.080 toneladas de HMA, se calcula lo que representan las emisiones por km de repavimentación.

Tabla 6.16: Emisiones por km de repavimentación

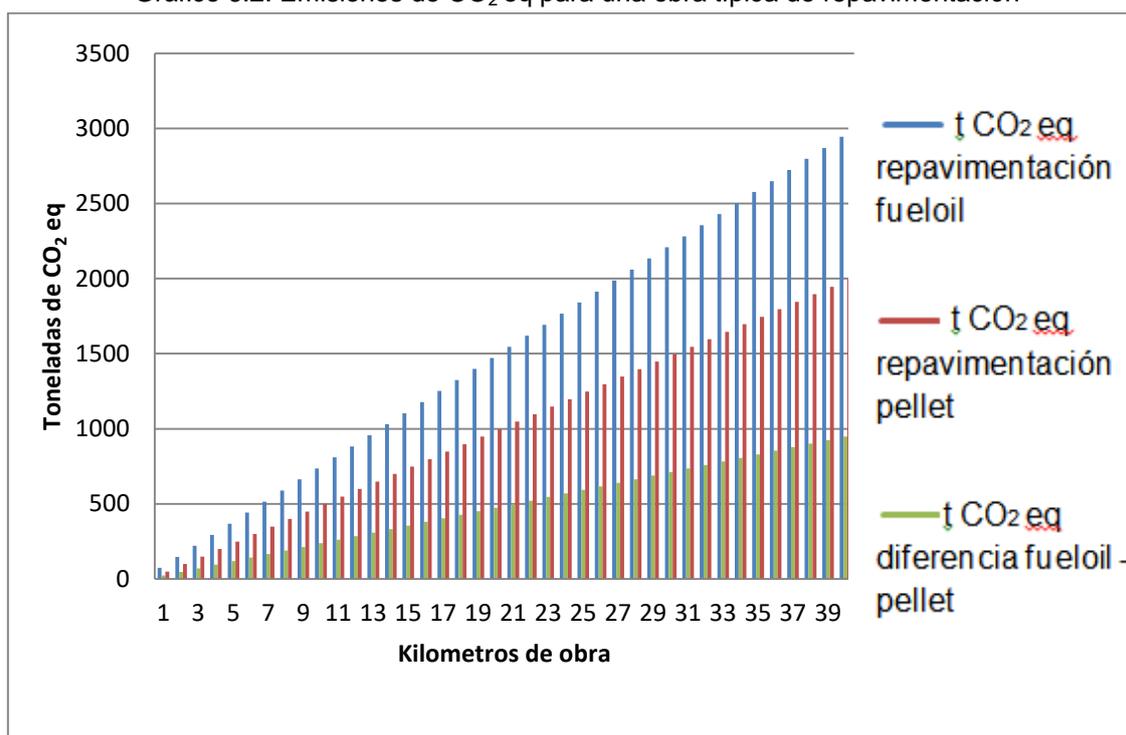
	Valor	Unidades
Con fueloil	73,6	t CO ₂ eq/km
Con pellet A I	50,0	t CO ₂ eq/km
Con pellet A II	49,9	t CO ₂ eq/km

En una obra típica de repavimentación representa una emisión total de:

Tabla 6.17: Reducción de emisiones por obra típica de repavimentación

	Valor	Unidades
Emisión total con fueloil	2944	t CO ₂ eq
Emisión total con biomasa	2001	t CO ₂ eq
Reducción posible	943	t CO₂ eq

Gráfico 6.2: Emisiones de CO₂ eq para una obra típica de repavimentación



6.6 Mercado del carbono

Las reducciones de emisiones de GEI se miden en toneladas de CO₂ equivalente, y se traducen en Certificados de Emisiones Reducidas (CER). Un CER equivale a una tonelada de CO₂ que se deja de emitir a la atmósfera, y puede ser

vendido en el mercado de carbono de países del Anexo I (industrializados, de acuerdo a la nomenclatura del Protocolo de Kyoto).

Los países industrializados establecieron este sistema de compra-venta de emisiones de gases de efecto invernadero puesto que les permite a aquellos que han reducido sus emisiones más de lo comprometido, vender los certificados de emisiones excedentarios a los países que no hayan alcanzado a cumplir con su compromiso.

Argentina en su condición de país adherente al Protocolo de Kyoto, se compromete con la reducción de emisiones o, al menos, con su no incremento, en este marco, resulta de interés evaluar el potencial del proyecto para generar certificados de reducción de emisiones lo que para una obra típica representan 943 CER's.

6.7 Evolución del valor de los CER

Estos certificados muestran un estancamiento en cuanto a su valor de mercado en los últimos como se puede apreciar en el siguiente gráfico:



Fuente: https://www.quandl.com/data/CHRIS/ICE_CER1-ECX-CER-Emission-Futures-Continuous-Contract-1-CER1-Front-Month

Actualmente, el CER tiene un valor de €0,35 cada uno, lo que representa €330 en una obra típica.

6.8 Conclusiones del análisis

- **Conclusión 1: Porcentaje de reducción de emisiones logrado por kilómetro**

Ya sea fabricando el pellet o comprándolo a proveedores, la reducción de emisiones es de 32% por kilómetro de ruta repavimentada.

- **Conclusión 2: Reducción de emisiones en obras totales del país**

Si consideramos que el asfalto consumido para obras viales en Argentina se espera que supere las 500.000 toneladas anuales y sabiendo que la proporción de asfalto en HMA es del 5%, Se puede calcular que durante el año se realizaran alrededor de 10.000.000 toneladas de HMA.

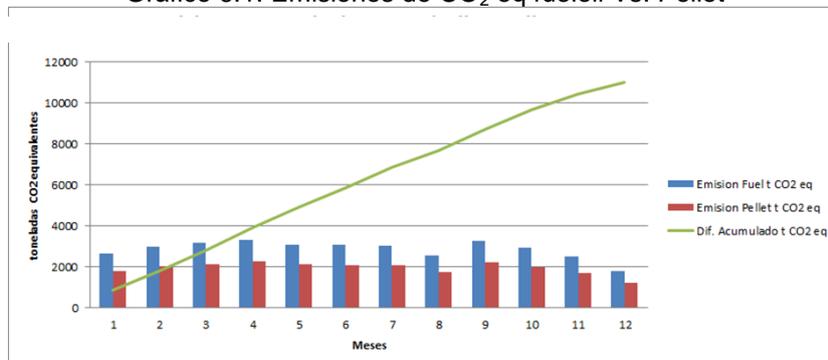
De lo mencionado anteriormente, y ya sabiendo la tasa de emisión de cada combustible, se calcula la reducción de emisiones, en toneladas de CO₂ eq, que se tendrían en un año:

Tabla 6.18: Reducción de emisiones en obras totales de Argentina

	Valor	Unidades
Emisión por km de repavimentación con fueloil	681.540	t CO ₂ eq
Emisión por km de repavimentación con alternativa 1	463.190	t CO ₂ eq
Emisión por km de repavimentación con alternativa 2	461.750	t CO ₂ eq
Reducción NETA de emisiones en un año	218.350	t CO₂ eq

A continuación se muestra el impacto de este proyecto en el 100% de las obras viales realizadas en la Argentina al año 2015.

Gráfico 6.1: Emisiones de CO₂ eq fueloil Vs. Pellet



Fuente: Secretaría de energía de la nación (toneladas de asfalto vendidas en el mercado 1994-2015)

Se puede observar como la reducción mes a mes, representa un acumulado considerable al terminar el año.

- **Conclusión 4: Posicionamiento en el mercado vial**

Debido a la tendencia moderna de exigir procesos con menores impactos ambientales negativos, las empresas que operen con biomasa y compitan por licitaciones de obras podrían verse favorecidas respecto a las que operen con combustibles convencionales.

- **Conclusión 5: Mercado del carbono**

Habiendo calculado la reducción de emisiones en un año, se puede calcular lo que representa en CER's:

$$218.350 \text{ t CO}_2 \text{ eq} = 218.350 \text{ CER}$$

$$218.350 \text{ CER} \times 0,35 \frac{\text{€}}{\text{CER}} = 76.422 \text{ €/año}$$

Con una cotización del euro de \$18:

$$€76.422 \times 18 \frac{\$}{\text{€}} = \$1.375.605$$

Si bien para los volúmenes de dinero que se manejan en el sector vial, \$1.375.605 no sea tan significativo, el mercado de carbono puede presentar un alza en el valor de los certificados CER en el futuro. Con antecedentes de €16 por CER, proyectos de estas características pueden convertirse en una alternativa de inversión muy interesante.

Capítulo 7: Análisis FODA

A partir de la información desarrollada en los capítulos anteriores, donde se expusieron las condiciones de funcionamiento actuales de las plantas asfálticas y las características de los combustibles analizados en cuestión; se decide realizar un análisis FODA que permita condensar ventajas, desventajas, dificultades, posibles barreras, potenciales oportunidades de aprovechamiento, entre otras. Dicho análisis propiciará una toma de decisión fundamentada en la conveniencia de continuar o no con el desarrollo del proyecto, y las formas más provechosas de llevarlo a cabo.

El enfoque del análisis será el uso de pellet de biomasa en una planta asfáltica móvil.

7.1 Análisis FODA

7.1.1 Fortalezas

Entorno

1. Disponibilidad de tecnología específica para su implementación.

Económicas

2. Precio del pellet de biomasa considerablemente menor al del fueloil, lo que permite una reducción de gastos en combustibles para el funcionamiento del tambor secador.
3. Empresas del sector cuentan con capacidad de financiamiento interno y/o externo.
4. Posibilidad de pago por biomasa superior al del resto de los competidores (empresas generadoras de energía a partir de biomasa), dado que su valor se establece en comparación al fueloil.
5. Generación de valor agregado sobre residuos de la foresto y agroindustria.
6. Reducción de costos de transporte como consecuencia del pelletizado, ya que este proceso permite aumentar la densidad de biomasa transportada.

Ambientales

7. Ciclo neutro de emisiones de CO₂: se disminuye el impacto negativo al medio ambiente, mitigando el efecto invernadero.
8. Minimización de pasivos ambientales.

7.1.2 Oportunidades

Entorno

1. Aumento del poder de negociación frente a proveedores.
2. Independencia de las fluctuaciones de los precios de los hidrocarburos.
3. Posibilidad de participar del mercado de bonos de carbono.
4. Fomento de las economías regionales.

Logísticas

5. Disponibilidad de recursos biomásicos en las cercanías de las obras, reduciendo costos de transporte.
6. Disponibilidad de sistemas de información geográfica para la gestión de recursos biomásicos.

7.1.3 Debilidades

Económicas

1. Costo del quemador necesario para operar con pellet mayor que el de fueloil.
2. Mayores costos de transporte para la misma cantidad de energía que el fueloil.
3. Mayor influencia del transporte en el costo total que demanda tener pellet en obra (carga + flete).

Logísticas

4. Reducida capacidad de procesar biomasa de las plantas móviles de producción de pellet.
5. Necesidad de acopiar grandes volúmenes de pellet respecto al fueloil.
6. Mayor complejidad en la gestión logística del pellet fabricado.
7. Mayor complejidad de manipulación en planta del pellet respecto al fueloil.
8. Mayor complejidad en el montaje de las instalaciones en la obra (quemador, silo, tolvas).
9. Menor poder calorífico del pellet con respecto al del fueloil.

10. Incertidumbre sobre la cercanía entre proveedores de biomasa y obras futuras, dado que las obras viales no se pueden predecir con seguridad.

7.1.4 Amenazas

Económicas - Entorno

1. Tendencia creciente a utilizar fuentes de energía renovable, lo que podría provocar aumentos en el precio del pellet.
2. Gran poder de negociación de las refinerías que podría generar reacciones desfavorables, debido a que también son proveedores de asfalto.
3. Aumentos constantes del costo de transporte.

7.2 Estrategia de implementación

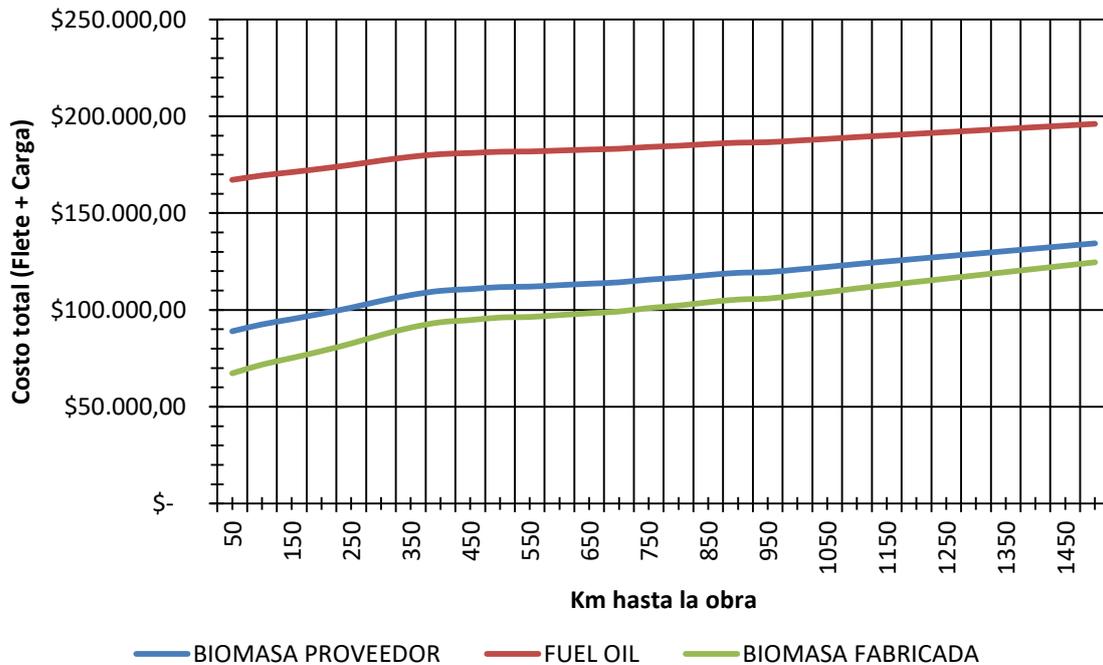
Analizadas las fortalezas del proyecto junto a las oportunidades que presenta, y teniendo en cuenta las debilidades detectadas y las amenazas a enfrentar, se desarrolla, a continuación, la estrategia de implementación. Dicha estrategia procura aprovechar las oportunidades tanto como sea posible, y evitar que las amenazas perjudiquen la ejecución del proyecto.

7.3 Herramienta para la toma de decisiones sobre qué combustible utilizar dependiendo dónde esté situada la obra a construir.

Como se explicó en capítulos anteriores, el sector vial no es lo suficientemente predecible para planificar obras a futuro. Siendo el transporte una de las amenazas que atenta contra la posibilidad de uso de biomasa, se presenta el siguiente gráfico como herramienta de decisión para la conveniencia de usar pellet fabricado, o de proveedor; o fueloil como combustible.

Gráfico 7.1: Gráfico de decisión para el abastecimiento de combustible.

**Costo total de la misma cantidad de energía transportada
(245.000 MCal)**



Para obtener los datos comparativos del gráfico anterior, se actualizan los precios de venta de cada combustible y transporte; para esto, se requiere tener en cuenta la capacidad de carga de un camión, y conocer de antemano la distancia entre la obra y los proveedores potenciales. De esta manera, se obtienen datos precisos para cada uno de los combustibles, con el fin de compararlos luego entre sí.

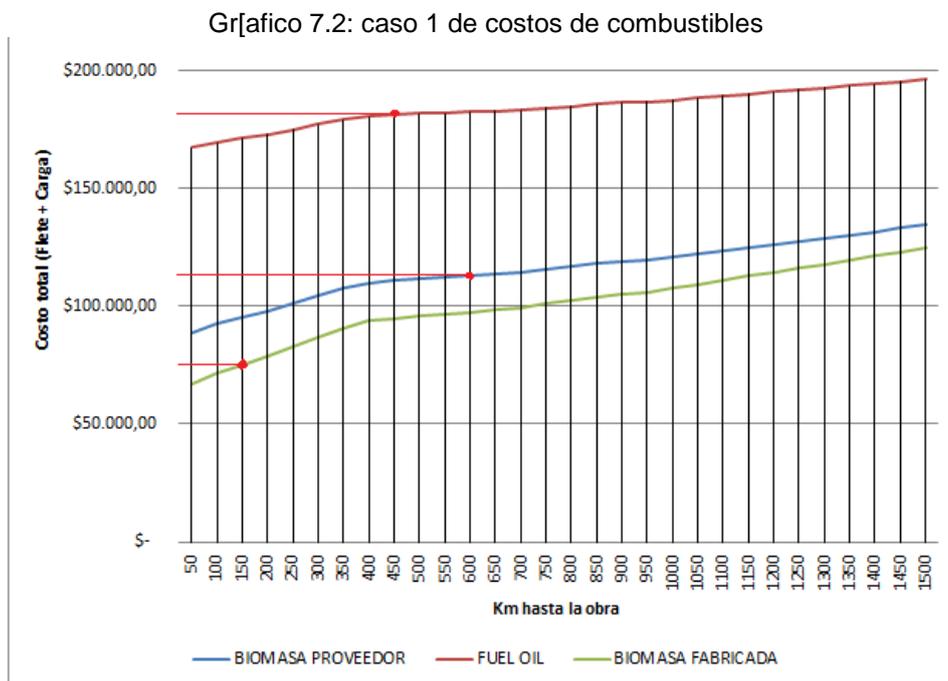
A continuación, se presenta un ejemplo de aplicación del gráfico 7.1:

1. Lo primero que requiere el análisis para lograr un resultado eficiente, es contar con datos de fuentes oficiales. En este caso, la información fue extraída de páginas oficiales, y a través de proveedores existentes en el mercado.

Precio de combustibles		Transporte	
fueloil :	6.500 \$/t	Capacidad :	25t
Biomasa fabricada :	900 \$/t	Costo :	ANEXO 6.5
Biomasa proveedor :	1.600 \$/t		

2. Cuando se tienen conocimientos sobre la ubicación de la próxima obra a realizarse, se procede a la localización de los proveedores existentes más cercanos.

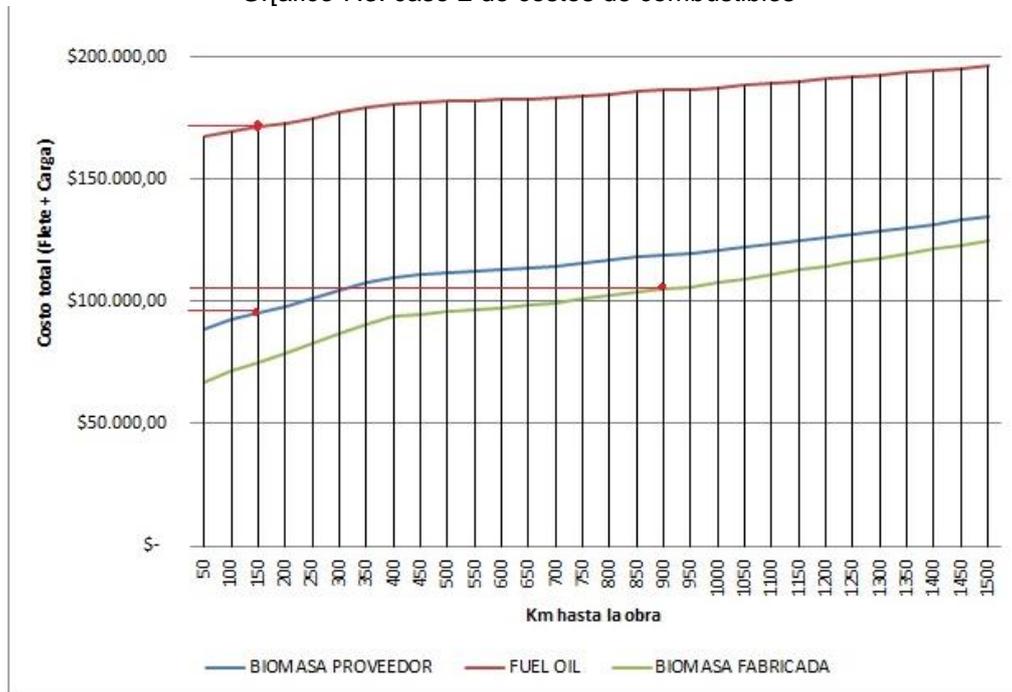
3. Luego, se deben marcar puntos en cada curva de combustible según la información relevada; y por último, se decide sobre la alternativa más conveniente.
 - Caso 1. La próxima obra se hará:
 - A 150 km de una fuente de biomasa.
 - A 600 km de un proveedor de pellet.
 - A 400 km de un proveedor de fueloil.



En este caso, la posibilidad de contar con una fuente de biomasa tan próxima, favorece la inclinación hacia la opción de fabricación de pellet. Además, como se observa en el gráfico, resulta incluso más conveniente la alternativa de compra a proveedor de pellet que la de fueloil, a pesar de encontrarse ésta última más cercana a la obra en cuestión.

- Caso2. La próxima obra será:
 - A 900 km de una fuente de biomasa.
 - A 150 km de un proveedor de pellet.
 - A 150 km de un proveedor de fueloil.

Gráfico 7.3: caso 2 de costos de combustibles



En esta situación, el pellet de proveedor resulta más barato que producirlo, debido a que, las amplias distancias a recorrer para su fabricación, lo encarecen y dificultan su conveniencia. Sin embargo, este caso resulta un tanto improbable, ya que, como se ha mencionado anteriormente, por lo general, los proveedores de pellet se encuentran en cercanías de la industria forestal, por lo que la probabilidad de encontrar fuentes de biomasa en distancias próximas es alta.

Por otro lado, en ambos casos, se puede observar la notable diferencia que existe frente al fueloil, tanto para el pellet fabricado, como para el de proveedor. Esto se debe a que el valor unitario del fueloil es por mucho, más elevado que las alternativas de pellet.

Lo analizado demuestra cuán favorable resulta la utilización de pellet, ya que ofrece posibilidades de ahorro económico considerables, brindando un panorama positivo a la hora de decidir la continuación del desarrollo del proyecto.

7.4 Mix de abastecimiento para comenzar a operar

Tal como se menciona en el punto 6 de las debilidades, gestionar la logística para operar con pellet fabricado puede llevar cierto tiempo hasta conseguir el adecuado desarrollo de los proveedores. Esto sucede debido a que dicha

alternativa, implica capacitación, tanto de quien posee la biomasa, como del área de compras y logística de la empresa que desee poner en marcha un proyecto de estas características.

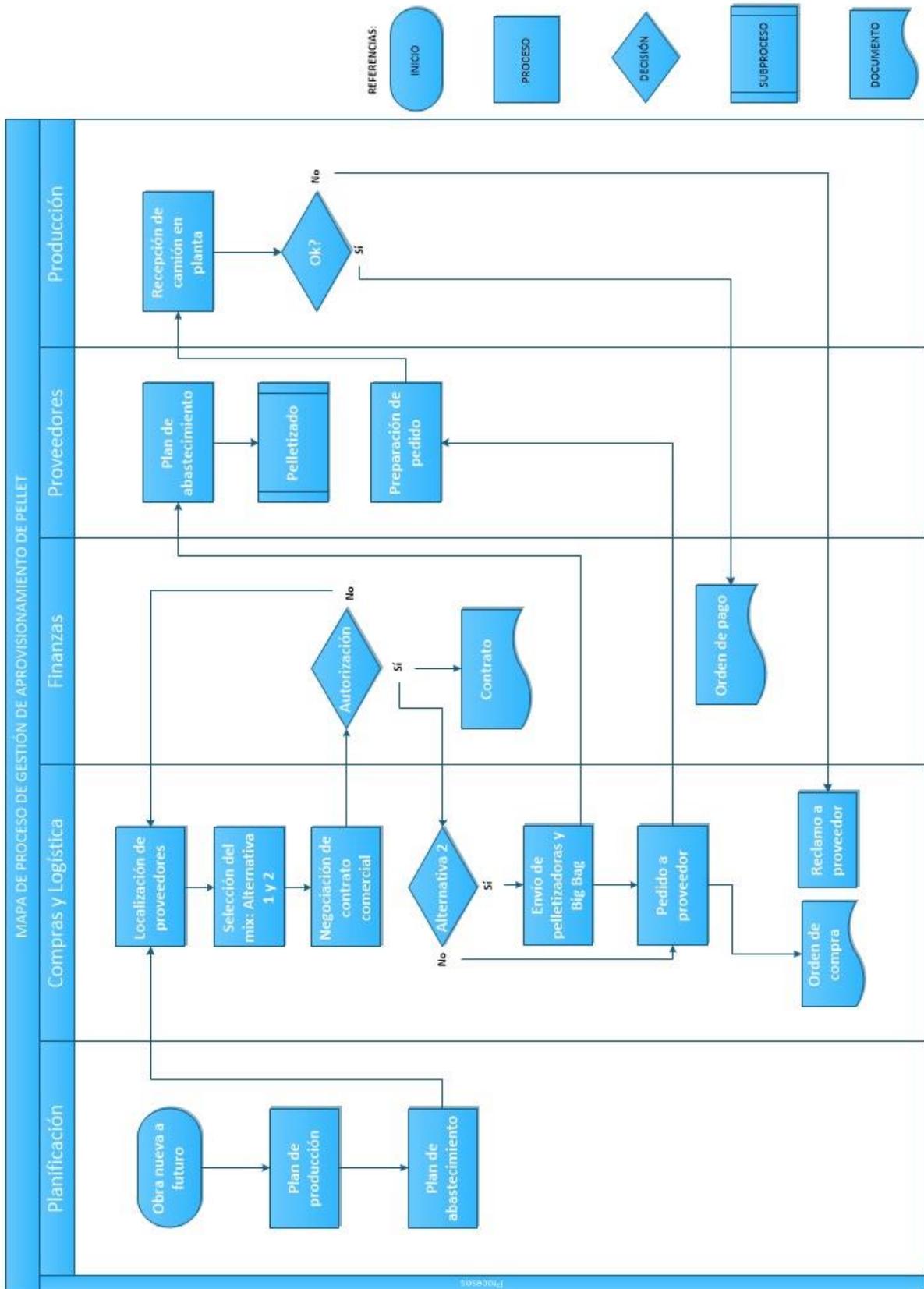
Por esto, se establece que en la ejecución del proyecto, se comience a operar con un mix de abastecimiento entre el pellet de proveedor (el cual sólo implica llamar y pedir) y el pellet fabricado.

En el estudio técnico de este proyecto se analizará el porcentaje óptimo de cada alternativa para conformar el mix de proveedores. Además, se considera apropiado que con el pasar de los años, dicha relación sea cada vez más favorable en cuanto a fabricar pellet.

7.5 Gestión interna de abastecimiento de pellet

El proceso de abastecimiento de pellet, para ambas alternativas, conlleva una gestión inédita para la empresa que efectúe el proyecto. Por esto, se desarrolla un mapa de procesos, que va desde el inicio de la planificación de pellets necesarios para una obra a futuro, hasta el ingreso de camión en la planta.

Figura 7.1: Mapa de procesos para el abastecimiento de pellet



Descripción

La gestión de abastecimiento de pellet requiere la interacción de 4 áreas: Planificación, Compras y Logística, Finanzas, Proveedores (si bien no es un área interna, es parte del proceso) y Producción.

La actividad comienza cuando la empresa obtiene la licitación para la construcción de una obra a futuro. Según los kilómetros que tenga la obra, el Área de Planificación, desarrolla un plan de producción y a partir de esto, confecciona el plan de abastecimiento de combustible. Este último contiene la necesidad de pellet y la fecha en que se requiere. Luego, se envía a Compras y Logística, donde se localizan las fuentes de biomasa cercanas a la obra y de ser necesario, proveedores de pellet.

Una vez seleccionados los potenciales proveedores, se negocia un contrato comercial entre la empresa (desde el Área de Compras y Logística) y el proveedor. Un borrador del contrato se envía a Finanzas para obtener la aprobación del mismo. En caso de que no se apruebe el borrador, se negocia nuevamente entre las partes o se buscan nuevos proveedores hasta cerrar un contrato definitivo. Se redacta el contrato final y se archiva en una carpeta del proveedor en Finanzas.

Con los proveedores ya definidos, según la alternativa de abastecimiento, se actúa de una u otra forma. Si se trata de un proveedor de pellet (alternativa 1), Compras realiza el pedido dando a conocer el plan de abastecimiento; luego el proveedor prepara el pedido y el camión es enviado a planta. Allí, el Área de Producción recibe al camión controlando la conformidad de la carga. En caso de que Producción no acepte el pedido, se notifica al Área de Compras y se hace un reclamo al proveedor. De lo contrario, se envía una orden de pago al Área de Finanzas para cerrar el ciclo.

Cuando el abastecimiento se efectúa mediante la producción propia (alternativa 2) se notifica al proveedor de biomasa sobre del plan de abastecimiento y, seguidamente, se envían las peletizadoras y Big Bags requeridos, al emplazamiento donde se encuentre la biomasa. Este proceso requiere tanta anticipación al momento de comenzar la producción de mezcla asfáltica, como lo indique el Área de Planificación. Por último, y para comenzar la producción de mezcla, se procede con el pedido al proveedor y el proceso avanza igual que para la alternativa 1.

7.6 Conclusión del análisis

Como resultado del análisis, es posible concluir que el proyecto tiene herramientas y estrategias para reducir las amenazas y capitalizar las oportunidades, con lo cual, es alentador continuar la investigación. El paso a seguir será el desarrollo del estudio técnico, donde se verificará técnicamente la posibilidad de materializar el reemplazo, analizando el proceso productivo, la tecnología necesaria y los recursos para llevarlo a cabo.

Capítulo 8: Ingeniería y procesos

8.1 Proceso en planta

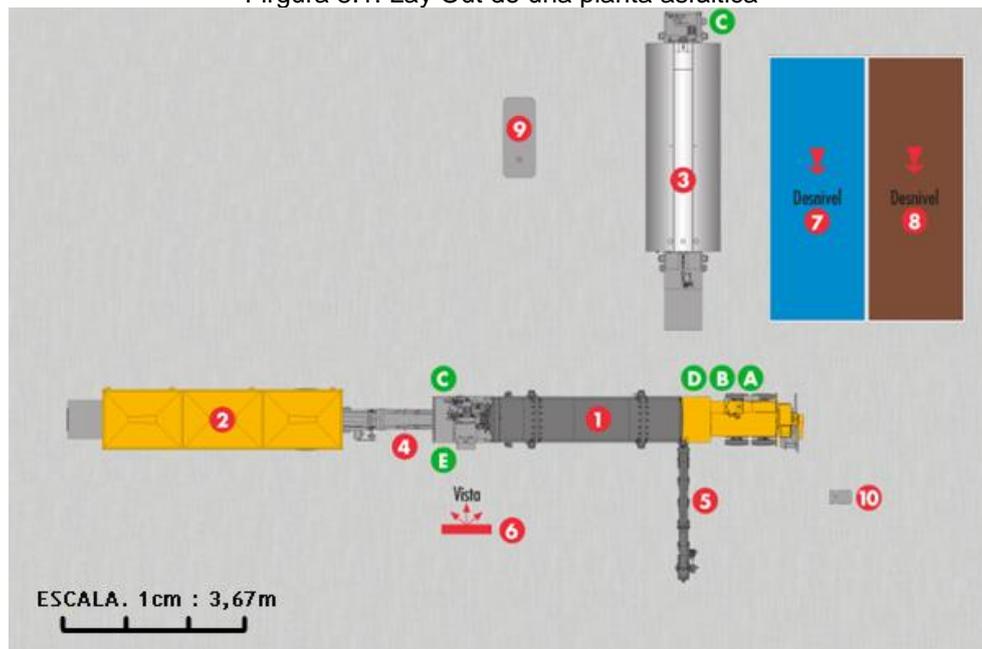
8.1.1 Funcionamiento de una planta asfáltica a fueloil

En la fabricación de mezcla asfáltica participan diferentes componentes que se incorporan a medida que avanza el proceso. A modo de guía, se mencionan en la siguiente tabla y figura, las máquinas requeridas en el proceso productivo. Más adelante, se detallan paso a paso.

Tabla 8.1: Referencias de elementos de una planta asfáltica

Equipos	Entradas
1. Tambor mezclador	A. Entrada de electricidad
2. Tolvas	B. Entrada de agua
3. Tanques de asfalto	C. Entrada de combustible
4. Transportador rápido	D. Entrada de asfalto
5. Elevador de arrastre	E. Entrada de gas
6. Controles	
7. Fosa de agua	
8. Fosa de lodos	
9. Tanque de combustible	
10. Generador o transformador	

Figura 8.1: Lay Out de una planta asfáltica



Fuente: Fabricantes de plantas de asfalto, Triaso, México. 2016

- a. Las pilas de piedra gruesa, fina y arena son cargadas en las tolvas **(2)** de agregados fríos.
- b. Una vez llenas las tolvas se procede, por vibración de las mismas, a la descarga del material hacia una base horizontal. Estas tolvas poseen unas compuertas en la parte inferior que permiten abrir o cerrar el paso de los materiales.
- c. De la base horizontal continúan hacia el transportador rápido **(4)**, y de ahí hasta el tambor mezclador, también llamado tambor secador **(1)**, el cual consiste en un horno rotativo de contraflujo, donde un quemador calienta los agregados en forma gradual hasta alcanzar un máximo de 180 °C.
- d. El asfalto, previamente calentado en el tanque de asfalto **(3)**, se transporta hacia el tambor mezclador donde se combina con los agregados durante 1 minuto aproximadamente.
- e. El elevador de arrastre **(5)** recibe la mezcla en caliente de la rampa de descarga del tambor y la transporta a una tolva de depósito, o directamente a un camión.
- f. Los controles **(6)** son los encargados de dar arranque a la planta; controlar el accionamiento de bombas de aceites, asfalto y combustible; paralizar la planta en casos de emergencia; entre otras acciones generales.
- g. El tanque de combustible **(9)** alimenta al quemador; generalmente se utiliza fueloil o diésel.
- h. El generador **(10)** proporciona energía a todos los equipos mecánicos eléctricos.

8.1.2 Cambios necesarios para utilizar biomasa

La utilización de biomasa en la producción de asfalto, solamente requiere el reemplazo del quemador y del equipamiento asociado al mismo. Al cambiar el tipo de combustible a emplear, se debe sustituir el sistema de almacenamiento del mismo. En síntesis, para utilizar un quemador a biomasa se deberán reemplazar los siguientes puntos:

- El quemador propiamente dicho.
- Sistema de transporte de combustible.
- Tanques de almacenamiento de combustible.

Un aspecto relevante a tener en cuenta y que deberá examinarse, es la limitación dimensional del reemplazo; es decir, al tener menor poder calorífico, se debe quemar mayor volumen de biomasa para conseguir la misma cantidad de mezcla asfáltica que se obtiene con fueloil, y por lo tanto, es muy probable que el

quemador sea considerablemente mayor en tamaño. En este sentido, se debe verificar que la instalación de dicho quemador sea posible.

8.2 Proceso de pelletizado de biomasa en puntos de concentración de RAI

8.2.1 Requerimientos

Para el aprovisionamiento de pellet a partir de su fabricación, es necesaria una planificación adecuada en conjunto con los proveedores de biomasa. En ella, deberán acordarse el momento de inicio de la producción de pellet, y las cantidades que serán requeridas, de tal forma que sea posible asegurar la continuidad de la obra sin interrupciones. Para que se cumplan éstas condiciones, el obrador debe proporcionar con la suficiente antelación:

1. La peletizadora móvil.
2. Carro remolque para su movilidad.

Y quien dispone de biomasa debe poseer:

1. Energía eléctrica trifásica o generador capaz de proporcionar 80 kVA.
2. Espacio disponible para almacenar los Big Bag necesarios.
3. Herramientas para manipular Big Bag.
4. Un operario de producción.

8.2.2 Proceso productivo de peletizadora móvil

Breve introducción al proceso

La planta peletizadora móvil posee la capacidad de ser transportada y puede ser instalada, tanto en el suelo, en inmediaciones de la línea de producción; o bien en un camión o remolque para su traslado de un lugar a otro, con el fin de procesar biomasa.

La materia prima de la planta pueden ser chips de madera, aserrín, cáscaras, tallos, paja, y otras biomásas similares.

La planta tiene una capacidad reducida de 500-600 kg/h lo que le permite ser instalada sobre una base de acero y la convierte en una unidad completa y fácil de transportar. La máquina incluye los equipos referenciados en la siguiente tabla.

Tabla 8.2: Elementos de la planta peletizadora móvil

Equipos
Entrada de materia prima
Molino de martillos
Secador
Ciclones
Chimango
Peletizadora
Enfriadora y cribadora
Colector de polvos
Fundación de acero
Paneles eléctricos

Tabla 8.3: Detalle general de la planta peletizadora

Capacidad	Peso	Dimensiones	Potencia
500-600 kg	4800 kg	4900x2100x2950 mm	72 kW

Figura 8.2: Planta peletizadora móvil



Fuente: Fábrica de peletizadoras, Zhengzhou Azeus Machinery Co., Ltd. (China)

8.2.2.1 Proceso de molienda

La materia prima ingresa a la cámara de molienda por la boca de entrada, donde unos martillos giran a alta velocidad dentro de un tamiz que clasifica el tamaño del material. La biomasa es molida por el impacto de los martillos y la fricción forzada hacia el tamiz, hasta alcanzar un tamaño de 8mm.

El sistema incluye un ciclón que, mediante una salida de aire y un ventilador, permite transportar el material molido al proceso de secado.

8.2.2.2 Proceso de secado

Para un pelletizado óptimo, es necesario que la humedad de la biomasa se encuentre entre 13-15%. El secador reduce la humedad desde 50% hasta los valores requeridos. El sistema de secado está compuesto por: una estufa, la cual puede ser alimentada a biomasa; el cuerpo principal de la secadora; un ventilador; un ciclón; y una entrada de aire.

El aire caliente se genera a través de la estufa de calor en un extremo del cuerpo principal. La materia prima pasa a través del cuerpo principal donde, el flujo de aire caliente con la ayuda de la succión del ventilador de aire, está en contacto con el material durante todo el trayecto de la secadora. De esta manera, el material se seca con alta eficiencia.

8.2.2.3 Proceso de pelletizado

La peletizadora es la maquina principal en la línea de producción de la planta. Comprime el material seco finamente pulverizado y lo transforma en un gránulo de forma de cilíndrica, a una temperatura de 80°C. La materia prima se suministra a la máquina de pellets a través del chimango o sin fin, y luego es transferida a la cámara de prensa. El rodillo giratorio inserta fuertemente el material en el orificio de la matriz plana a elevada presión; esto hace que la materia prima se comprima, dando origen a los pellets.

Los pellets tienen un diámetro final de 6mm, 8mm, 10mm, 12mm; y su longitud puede ser ajustable en el rango de 20 a 50mm por el cortador.

8.2.2.4 Proceso de enfriado y cribado

El enfriador es utilizado para bajar la temperatura y la humedad con la que los pellets salen de la prensa. Esto hace que adquieran mayor dureza, lo que mejora su manipulación y transporte.

La cribadora se utiliza para eliminar el granulado fino y polvos, que pueden ser devueltos a la peletizadora, asegurando una selección de pellets de mejor calidad final.

8.2.2.5 Especificaciones de la planta peletizadora móvil

A continuación se muestra la potencia instalada total en planta.

Tabla 8.4: Potencia instalada en equipos de planta peletizadora

Proceso	Cantidad	Potencia (kW)
Molienda (molino, ciclón, ventilador y salida de aire)	1	22+4
Secado (estufa, ciclón, ventilador y salida de aire)	1	7
Chimango	2	2+2
Prensa peletizadora	1	30
Enfriadora y cribadora	1	1,5
Colector de polvos	1	4
TOTAL	-	72,5

Luego, se muestran los detalles de los procesos principales de la planta.

Molino de martillos

Tabla 8.5: Especificaciones de molino de martillos

Capacidad	Potencia	Eje de velocidad	Martillos	Dimensiones	Peso
800-100kg/h	22+4kW	2980rpm	44 piezas	4900x2100x2950mm	850kg

Secadora de tubos

Tabla 8.6: Especificaciones de secadora de tubos

Capacidad	Temperatura de aire de entrada	Velocidad	Potencia	Dimensiones	Peso
500-600kg/h	22+4kW	2980rpm	11kW	4900x2100x2950mm	1500kg

Peletizadora

Tabla 8.7: Especificaciones de la unidad de pelletizado

Detalle	Valor
Capacidad	500-600kg/h
Potencia	30kW
Diámetro de plato	400mm
Velocidad del plato	287rpm
Temperatura de trabajo del plato	<57°C
Cantidad de rodillos	2
Dimensiones	1450x800x1600
Peso	630kg

8.2.3 Particularidades

Normalmente, en las distintas plantas agroindustriales, es posible encontrar separadores del material de descarte (biomasa “desecho” a utilizar), o bien pueden existir acopios de residuos esperando ser transportados. Para el primer caso, se puede adaptar este equipo a la línea de descarte de desechos y alimentar la peletizadora directamente de la misma línea. Para el segundo caso, se puede colocar una cinta transportadora para arrastrar el material hasta la trituradora, o utilizar el sistema que sea considerado mejor para cada situación.

Para poder situar las plantas móviles en los distintos puntos posibles y facilitar su movilización, es necesario montarla sobre un remolque o camión.

Figura 8.3: carro remolque para transporte de peletizadoras.



Fuente: Fabricantes Na-Can, Alcira Gigena, Córdoba, 2016.

Tabla 8.8: Especificaciones de acoplado remolque

Cap. De carga	Largo	Ejes	Nombre	Ruedas	Precio
8 t	5m	2	Acoplado playo	Duales	USD 5.750

Capítulo 9: Ingeniería, Tecnología y Recursos

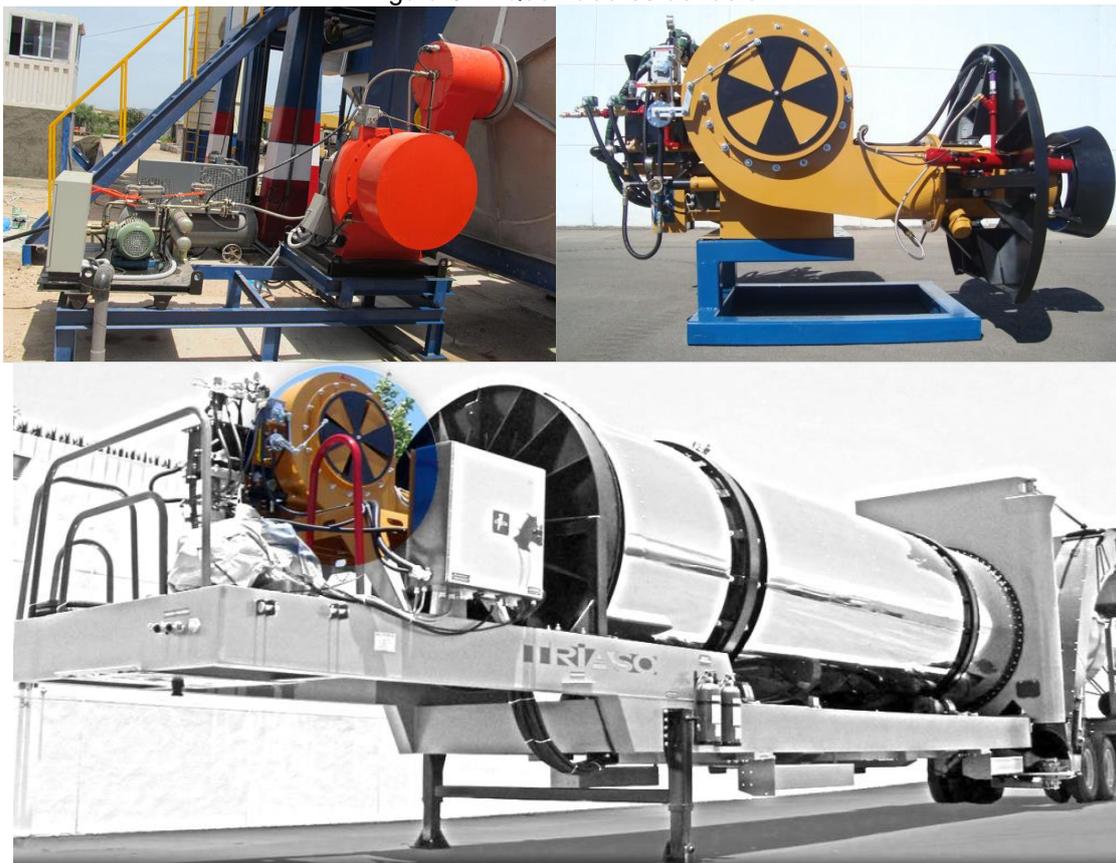
9.1 Quemador de fueloil

El quemador es el dispositivo de la planta asfáltica encargado de quemar el combustible que suministrará el calor requerido por el tambor secador, donde han de mezclarse principalmente, áridos, filler o cal, y asfalto.

De acuerdo a la capacidad de la planta, los quemadores pueden variar sus medidas, desde 2.500 kW, hasta uno de grandes proporciones capaz de producir 30.000 kW o más.

En la figura 9.1, se muestra cómo es un quemador y dónde está ubicado en la planta de asfalto.

Figura 9.1: Quemadores de fueloil



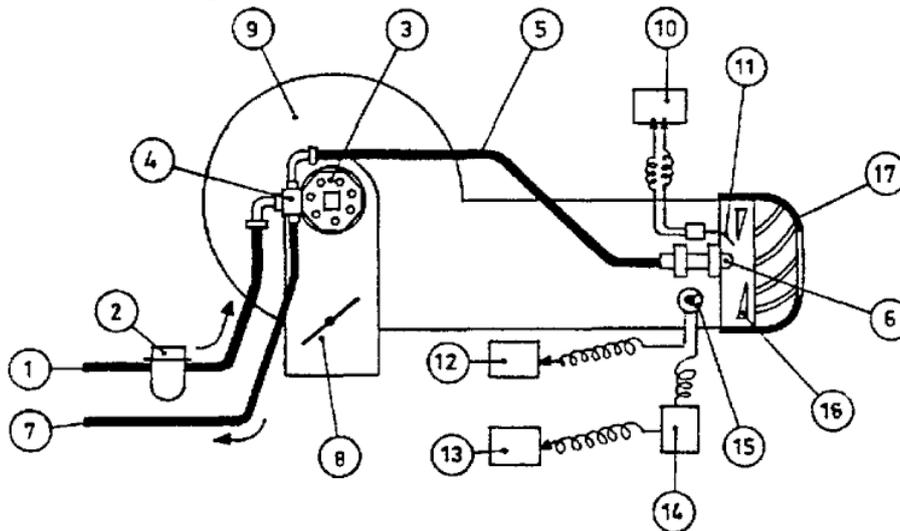
Fuente: fabricantes de quemadores a fueloil. Triaso (México), LyRoad (China).

9.1.1 Principio de funcionamiento

Tabla 9.1: Elementos de un quemador de fueloil

REFERENCIAS	
1. Conducto de entrada de combustible	9. Ventilador
2. Filtro	10. Transformador
3. Bomba	11. Electrodo
4. Regulador de presión	12. Contactor
5. Conducto de alimentación de pulverizador	13. Motor
6. Pulverizador	14. Relé térmico
7. Conducto de salida de combustible	15. Célula fotorresistente
8. Válvula de regulación de aire	16. Deflector
	17. Boca de llama

Figura 9.2: Elementos de un quemador de fueloil



El accionar de éste equipo comienza mediante la bomba de fueloil que se encarga de inyectar el combustible líquido a la cámara de combustión. El combustible pasa por el tubo que alimenta al pulverizador, donde será expulsado a modo de rocío (como aerosol). Un forzador de aire regulado a la entrada, provee la cantidad de aire necesario para lograr una combustión completa, en función del caudal de combustible.

La ignición se produce por medio de unos electrodos, cuando un arco eléctrico genera la chispa que da inicio a la llama.

La combustión puede ajustarse alterando el gasto de combustible, o la cantidad de aire; por lo que es posible obtener rendimientos de combustión muy altos.

9.1.2 Características técnicas

Como se mencionó en capítulos anteriores (ver punto 4.2), el prototipo de quemador para plantas asfálticas móviles, más utilizado en Argentina, es el drum mix con capacidad de 100 tn/hr.

La tabla 9.2 muestra una lista de modelos de quemadores y sus principales características, que varían según la capacidad de la planta donde será instalado.

Tabla 9.2: Tipos de quemadores para distintas capa un quemador de fueloil

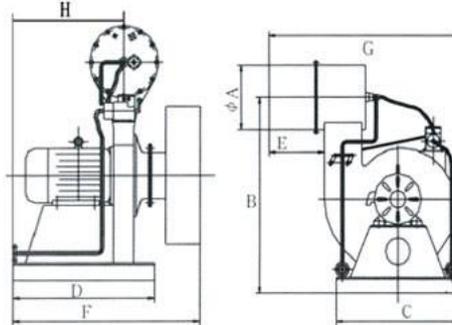
MODELOS	RY-300CH	RY-450CH	RY-550CH	RY-750CH	RY-1000CH	RY-1250CH
Potencia de Salida	3540 kW	5310 kW	6490 kW	8850 kW	11800 kW	14750 kW
Consumo de combustible	300 kg/h	450 kg/h	550 kg/h	750 kg/h	1000 kg/h	1250 kg/h
Potencia del ventilador	15 kW	18.5 kW	22 kW	30 kW	45 kW	55 kW
Potencia de bomba	2.2 kW	3 kW	4 kW	4 kW	5.5 kW	7.5 kW
Potencia del calentador	3 kW	4.5 kW	4.5 kW	6 kW	7.5 kW	9 kW
Peso (Kg)	1000	1000	1000	2000	2000	2000
Planta de asfalto	25-40 t/h	50-65 t/h	70-85 t/h	90-105 t/h	110-125 t/h	140-170 t/h

Fuente: Fabricante de quemadores, LyRoad (China).

Como se distingue en la tabla 9.2, la capacidad de la planta considerada por éste proyecto, supone la selección de los quemadores RY-750CH o RY-1000CH. Ahora bien, el primer modelo puede cumplir las condiciones requeridas funcionando a máxima potencia la mayoría de veces, lo que representa demasiada exigencia para el quemador. Por lo tanto, se considera el quemador RY-1000CH (ya que trabaja con mayor holgura) para cálculos posteriores. El costo de éste quemador es de U\$D31.000.

En la figura 9.3, se observa un plano acotado del quemador seleccionado y sus dimensiones.

Figura 9.3: Plano dimensional de un quemador de fueloil



MODELO	A(mm)	B(mm)	C(mm)	D(mm)	E(mm)	F(mm)	G(mm)	H(mm)
RY-1000CH	540	1580	1000	1000	560	1350	1650	800

Fuente: Fabricante de quemadores, LyRoad (China).

9.2 Quemador de biomasa

9.2.1 Principio de funcionamiento.

Los quemadores de biomasa cuentan con un sistema neumático para el transporte de la biomasa, y uno mecánico para el control de la alimentación de la cámara de combustión. Ésta última, está equipada con resistencias que permiten el encendido. Una vez que se consigue la llama, el forzador inyecta el caudal de aire necesario a la cámara de combustión, lo que permite el completo quemado del combustible y la eliminación de cenizas de la cámara.

Figura 9.4: Ilustración y referencias de un quemador a biomasa



Fuente: Fabricante de quemadores de pellet, Blaze Harmony (República Checa).

9.2.2 Requerimientos de potencia para el quemador de biomasa

Si para alimentar una planta modelo se requiere un quemador que pueda brindar una potencia próxima de 12.000 kW (para producir cerca de 125 t/hr), consumiendo 1000 kg/h de fueloil; se debe disponer de un quemador a biomasa que tenga las mismas prestaciones. Para esto, se determinan las cantidades de biomasa que consumirá un quemador de dicha potencia y se investiga si existe en el mercado.

Calculo de consumo de biomasa:

$$\frac{\text{Kilocalorias necesarias}}{\text{Kilocalorías por kilo de pellet}}$$

Tabla 9.3: Datos para el cálculo de consumo de pellet por hora

DATOS		
	Valor	Unidades
PC Promedio de pellet biomasa	4.000	kcal/Kg
PC de fueloil	9.800	kcal/Kg
Consumo de fuel para 12000 kW	1.000	kg/hr
1 kcal	0,001162	kWh

Se consumirán 2.581 Kg/h de pellet, considerando que la planta produce 125 T/h, lo que equivale a un consumo de 20,6 Kg de pellet, por tonelada de mezcla asfáltica.

Cabe mencionar que el PC considerado para la biomasa (4000 Kcal/Kg), es un valor conservador frente a otras posibilidades de aprovisionamiento de pellet, cuyo PC puede llegar hasta 4800-5000 Kcal/Kg, cuando se trata de un pellet 100% de pino y con una humedad menor a 7%. En estas circunstancias óptimas, el consumo de biomasa sería de 2.150 Kg/h, equivalente a 17,2 Kg por tonelada de mezcla.

9.2.3 Características técnicas

La tabla 9.4 muestra algunos quemadores de pellet de biomasa disponibles en el mercado y sus prestaciones.

Tabla 9.4: Lista de quemadores de pellet de biomasa y sus prestaciones

Modelo	Tamaño del alimentador (diámetro x altura) mm	Tamaño del equipo (L x W x H) mm	Biomasa (kg / h)	Valor calórico (kcal)	Valor calórico (kW)
HQ-LJ6.0T	1500 x 3000	2500 x 2700 x 2300	1000	3600000	4184
HQ-LJ7.0T	1500 x 3000	2800 x 2600 x 2400	1100	4200000	4881
HQ-LJ8.0T	1500 x 3000	3000 x 2600 x 2600	1200	4800000	5579
HQ-LJ10.0T	1500 x 3000	3200 x 2800 x 2800	1500	6000000	6973
HQ-LJ20	1500 x 3000	4400 x 3300 x 3700	3227	12906334	15000

Fuente: Fabricante de quemadores, Shangqiu Haiqi Machinery Equipment Co. (China).

Como indica la tabla, el quemador HQ-LJ20 satisface las necesidades para una planta modelo, ya que supera el requisito de potencia que genera el quemador de fueloil. Sin embargo, se trata de un quemador sobredimensionado (15.000 KW), por lo que se puede optar por convenir con el fabricante un diseño personalizado, aunque esto conllevaría un costo mayor.

Para los cálculos posteriores se considera el quemador seleccionado en la tabla 9.4.

A continuación, se presenta una ilustración aportada por el fabricante del quemador seleccionado, seguido de sus prestaciones técnicas.

Figura 9.5: Quemador de pellet de biomasa HQ-LJ20



Fuente: Fabricante de quemadores, Shangqiu Haiqi Machinery Equipment Co. (China).

Tabla 9.5: Precio, elementos incluidos y potencia demandada por el quemador HQ-LJ20

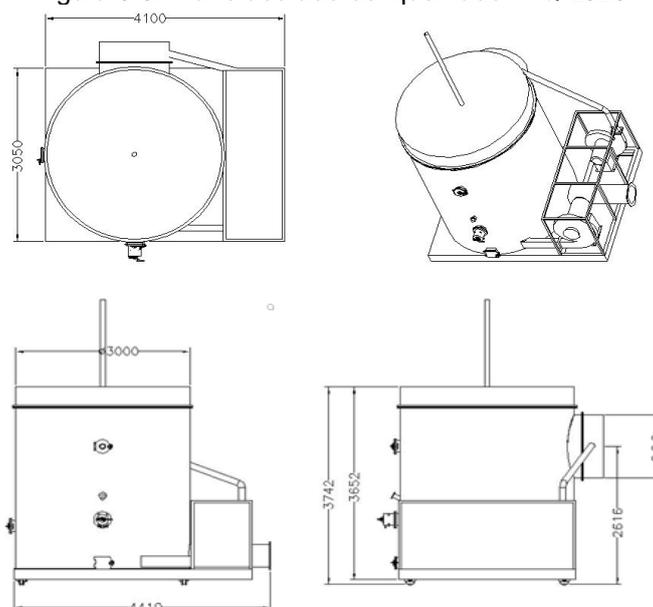
INFORMACIÓN	VALOR	OBSERVACIONES
Costo del quemador	U\$D 81.000	(FOB, Lianyungang)

ELEMENTO	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Quemador principal	1	conjunto a conexión con otras máquinas y suministro de calor
Depósito de combustible	2	almacenamiento de materia prima
Chimango de tornillo sin fin	1	para transmitir la materia prima al contenedor de combustible
tablero de control	1	control de frecuencia

ESTIMACIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA DEMANDADA POR EL QUEMADOR

Elemento	Valor
Potencia del motor de mezcla	5,5 KW
Tornillo de chimango	3 KW
Energía del motor del ventilador de la suspensión	18,5 KW
Ventilador para la alimentación del material	22 KW
Energía del ventilador de aire	11 KW
Bomba de agua	2,2 KW
Encendedor	3 KW 220 V
TOTAL	65 KW

Figura 9.6: Plano acotado del quemador HQ-LJ20



Fuente: Fabricante de quemadores, Shangqiu Haiqi Machinery Equipment Co. (China).

9.3 Análisis dimensional del reemplazo de quemadores

A los efectos de hacer posible el reemplazo, se deben analizar puntualmente los parámetros dimensionales, a fin de verificar fehacientemente que el tambor secador de asfalto puede adaptarse físicamente al quemador de biomasa. Además, el peso y sus dimensiones no deben exceder lo estipulado por las normas de transporte.

De inmediato, se desarrolla una comparación de dimensiones de los quemadores de fueloil y pellet de biomasa.

Tabla 9.6: Dimensiones de quemadores de fueloil y pellet de biomasa

DIMENSIONES		
ELEMENTO	VALOR	
	Pellet	fueloil
Diámetro de salida (mm)	900	540
Largo*Ancho*Alto (mm)	4.400*3.000*3.700	1.650*1.350*1.850
Peso (Kg)	12 T	200 Kg

9.3.1 Diámetro de quemador y tambor mezclador

Las especificaciones dadas por el fabricante de plantas de asfalto indican que el diámetro del tambor secador es de 1.650 mm.

Con esos datos y, como primera instancia, se verifica una compatibilidad dimensional, ya que el diámetro del quemador de pellet (900 mm), es considerablemente menor al diámetro del tambor secador (1.650 mm).

Como segunda instancia, se verifica con el fabricante de quemadores de pellet, la viabilidad de utilizar acoples entre el quemador y el tambor secador.

9.3.2 Cumplimiento de la Ley de Tránsito para transporte de carga terrestre

De acuerdo a lo señalado por la Ley Nacional de Tránsito (Ley N° 24.449), se puede advertir que las medidas del quemador seleccionado, superan las dimensiones permitidas de circulación vial (ancho de circulación máximo 2,6m,

contra 3m que tiene el quemador). Sin embargo, la misma Ley dictamina que: *“Cuando una carga excepcional no pueda ser transportada en otra forma o por otro medio, la autoridad jurisdiccional competente, con intervención de la responsable de la estructura vial, si juzga aceptable el tránsito del modo solicitado, otorgará un permiso especial para exceder los pesos y dimensiones máximos permitidos, lo cual no exime de responsabilidad por los daños que se causen ni del pago compensatorio por disminución de la vida útil de la vía” (Ley Nacional de Tránsito, Artículo 57, 1994).* Por lo tanto, será necesario gestionar los permisos correspondientes para la circulación de la planta con un quemador de estas características.

Teniendo en cuenta las dimensiones del quemador y las de la planta asfáltica, se considera adecuado que el quemador no forme parte del carretón con el tambor secador, sino que esté independiente sobre un remolque aparte.

En el mercado es posible encontrar acoplados playos hidráulicos, que tienen la capacidad de bajar al ras del piso, lo que permite cargar lateral o frontalmente el quemador. Además, se podrá operar con el quemador sin necesidad de descargarlo.

Figura 9.7: Acoplado playo para transporte del quemador de biomasa

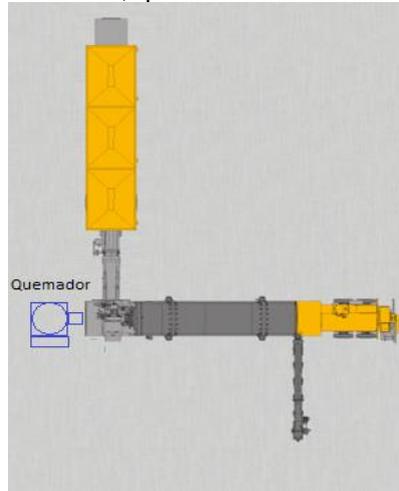


El valor de un acoplado de estas características es de U\$D8.300.

9.3.3 Disposición en planta

Entre el quemador y el tambor mezclador, debe existir una junta mecánica que permita el acople entre los elementos, y minimice las pérdidas de energía. Esto implica una disposición en forma de “L” de la planta.

Figura 9.8: Disposición en L, quemador al extremo del tambor secador

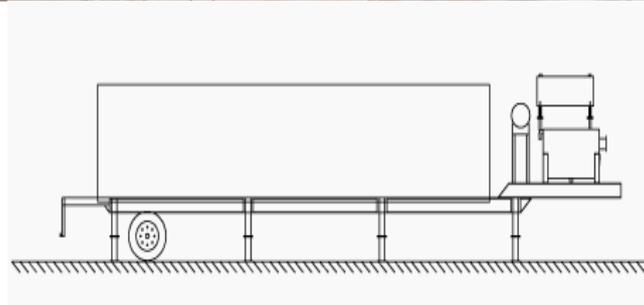


9.3.4 Almacenamiento de combustible

9.3.4.1 fueloil

Como se explica en el capítulo de fueloil, el quemador es alimentado mediante accionamiento hidráulico desde tanques de almacenamiento, normalmente de 30 o 60 toneladas. En las plantas asfálticas, es frecuente encontrar equipos de 60 T, los cuales tienen un valor de nuevo de U\$D 43.750.

Figura 9.9: Tanques de almacenamiento de fueloil



Fuente: Fabricantes de tanques de fueloil, Asamach (San Lorenzo, Santa Fe).

9.3.4.2 Biomasa

Con el objetivo de lograr un sistema que se adapte a todas las etapas del manejo del pellet, desde su generación, hasta su utilización en la planta asfáltica, el proyecto considera el uso de Big Bag, en el recorrido que va, desde el proveedor hasta su gestión en planta, para la cual se plantean 2 alternativas.

9.3.5 Requerimiento de combustible almacenado

Para obtener precisiones en este aspecto, se debe calcular cuánto representa en pellet una cantidad de 60 toneladas de fueloil, y luego determinar qué volumen ocuparía dicha cantidad.

Tabla 9.7: Cálculo de kg necesarios y volumen ocupado por el stock de pellet

Datos	Cantidades	Unidades
PC fueloil	9.800	kcal/kg
PC pellet biomasa	4.000	kcal/kg
Densidad del pellet	700	kg/m3
Stock de fueloil en planta	60.000	kg

$$\frac{Kg \text{ de fuel} * Kcal \text{ por Kg de fuel}}{Kcal \text{ por Kg de pellet}} = Kg \text{ de pellet necesarios}$$

$$\frac{Kg \text{ de pellet necesarios} * 1m^3}{Densidad \text{ del pellet}} = \text{volumen de pellet}$$

Pellet necesarios	147.000	kg
Volumen de pellet	210	m3

9.3.6 Análisis de Big Bag

Con el objetivo de minimizar los costos asociados al uso de Big Bag, se busca una alternativa que cuente con mayor capacidad y ofrezca mejores condiciones de maniobrabilidad. Será necesario realizar un cálculo que considere la cantidad de pellet a manejar, y la disponibilidad de Big Bag en el mercado.

El Big Bag seleccionado posee las siguientes características, de acuerdo a los datos aportados por el proveedor.

Tabla 9.8: Cálculo de cantidad de Big Bag de stock para la gestión de pellet en planta

DATOS	CANTIDADES	UNIDADES
Carga máxima	2.500	kg
Volumen máximo	2	m3
Altura	2	M
Superficie	1	m2

Fuente: Fábrica de Big Bag, Coresa (San Antonio de Areco, Buenos Aires).

$$\text{Volumen de Big Bag} * \text{Densidad del pellet} = \text{Kg de pellet por Big Bag}$$

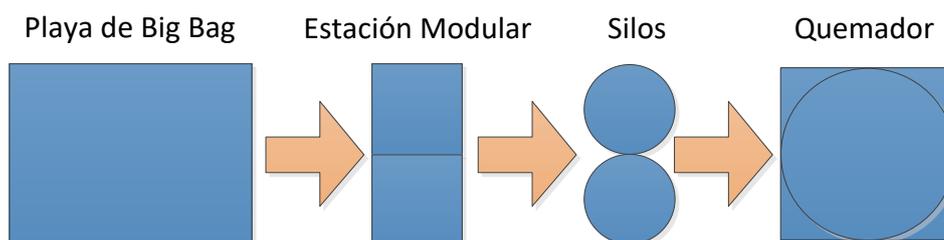
$$\frac{\text{Kg de pellet necesarios}}{\text{Kg de pellet por Big Bag}} = \text{Cantidad de Big Bag de stock en planta}$$

	Valor	Unidades
Kg de pellet por Big Bag	1.400	kg
Big Bag de stock en planta	105	Unidades
Costo por unidad (lote mínimo 100 unidades)	25	USD

Figura 9.10: Big Bag utilizado en planta



9.3.7 Alternativa 1 de almacenaje de pellet: stock directo en Big Bag



a. Distribución

Para alcanzar el volumen de almacenamiento deseado, se reserva un espacio físico de 6 metros de ancho por 25 metros de largo, que, considerando la capacidad de los Big Bag seleccionados y sus dimensiones, permite disponer en planta de un almacenaje de 210 m³, o lo que es lo mismo, 147.000 kg de pellet.

Se propone una distribución rectangular no apilada de Big Bag, que consta de 5 hileras de ancho, por 21 de largo.

b. Protección climática

Para garantizar las prestaciones del pellet, es necesario que se halle protegido de la humedad. La lluvia, el rocío y otros factores climáticos pueden interferir con el buen funcionamiento del quemador, si la calidad del pellet no es la indicada. Frente a esto, se propone utilizar lona plástica reutilizable y reciclable, que permite alcanzar la impermeabilidad deseada, tanto en la base, como en el techo de los Big Bag.

Especificaciones para la selección de la lona:

- Base: 25 metros x 6 metros
- Techo:
 - Ancho:
 - ✓ Caída de cada lado: 2 metros
 - ✓ Ancho 5 hileras de Big Bag: 5 metros
 - ✓ Ancho total: 9 metros
 - Largo:
 - ✓ Caída de cada lado: 2 metros
 - ✓ Largo 21 hileras de Big Bag: 21 metros
 - ✓ Largo total: 25 metros

La lona que será requerida según los cálculos, cubre completamente a los Big Bag, permitiendo así, la correcta operación de la planta.

Se sugiere la utilización de silobolsas, las cuales son implementadas para el almacenamiento de granos en la industria agrícola. Según comentarios de empresarios de dicho sector, las silobolsas se reutilizan como cobertores de tinglados para protegerse de la lluvia, entre otros usos. Por lo tanto, las silobolsas también pueden ser acondicionadas para ésta aplicación.

La tabla 9.10 muestra las dimensiones y el costo de la lona disponible en el mercado.

Tabla 9.9: Dimensiones y costo de la lona plástica reciclable

DATOS	CANTIDADES	UNIDADES
Ancho	10	m
Largo	60	m
Costo	480	U\$D

Fuente: Fábrica de silobolsas, Plastar (San Luis).

c. Sistema de alimentación de pellet al quemador

Para mantener la continuidad en la alimentación del quemador, se dispone de dos silos, los cuales vienen incluidos con el quemador, y cuentan con un sistema neumático de inyección de pellet.

La tabla 9.11, muestra las características del silo y la capacidad de pellet que puede contener.

Tabla 9.10: Características del silo de pellet del quemador

DATOS	CANTIDADES	UNIDADES
Alto	3	metros
Diámetro	2,1	metros
Volumen	10,39	m ³
Capacidad de pellet	7.273	kg

Figura 9.11: Silo alimentador de pellet



Fuente: Fabricante del quemador, LyRoad (China).

Cada silo, puede contener 7.273 kg de pellet, lo que suma un total de 14.546 kg entre los dos. Esta cantidad, proporciona una autonomía de 5,63 horas, funcionando a máxima capacidad en una planta de hasta 125 t/h de mezcla asfáltica.

A su vez, estos silos, están equipados con un sin fin para mantener la carga entre los límites de seguridad de mínima y máxima capacidad.

d. Sistema de alimentación modular del silo

A fin de mantener los silos entre los niveles de seguridad, se dispone de una estación modular para el Big Bag, que permite una gestión adecuada de la carga de los silos de alimentación del quemador. Se pueden colocar en paralelo, para lo cual se pueden utilizar dos módulos (uno por silo), garantizando 1 hora de funcionamiento adicional. En conjunto, esta disposición, proporciona una autonomía de más de 5 horas y media de funcionamiento con 1 carga completa.

Costo de la estación modular de Big Bag: 1.500 U\$D

Figura 9.12: Estación modular para descarga de Big Bag



e. Manipulación de Big Bag para descarga del camión y carga de sistema modular

Tanto para la descarga de los camiones, como para la carga del sistema modular, se pueden aprovechar las mismas herramientas que utilizan las plantas asfálticas tradicionales. Entre ellas, las mini cargadoras, manejan sin dificultades la carga, y pueden alcanzar una altura de trabajo de hasta 3,6 m; sólo resta incorporarle un accesorio acoplable porta Big Bag y, de ser necesario, un gancho de agarre para éstos.

Costo del accesorio: 500 U\$D

Figura 9.13: Mini cargadora, y accesorios para la manipulación de Big Bag

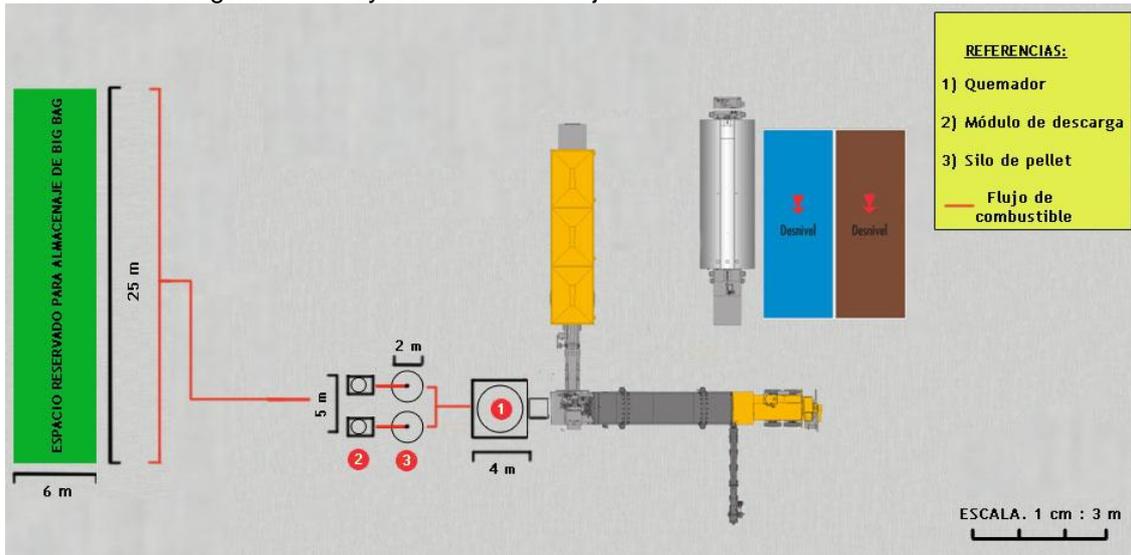


Fuente: Fabricantes de accesorios de manipulación de Big Bag, Mediza (Brasil). Proveedores de minicargadoras, Bobcat (EE.UU.).

f. Layout de almacenaje de Big Bag en planta

La distribución del espacio destinado al almacenaje de Big Bag procura facilitar la gestión del mismo dentro de la planta asfáltica, y no interferir el normal desarrollo de las actividades que se llevan a cabo.

Figura 9.14: Lay Out de almacenaje de combustible Alternativa 1



9.3.8 Alternativa 2 de almacenaje de pellet: stock en silo aéreo



Esta alternativa consta de un silo aéreo en el que se almacena el stock de pellet necesario. A medida que un camión llega a la planta, los Big Bag se descargan dentro del silo, alimentados por el mismo sistema modular mencionado en la alternativa 1. De esta manera, el pellet queda seguro y no se debe disponer de un gran espacio para almacenaje de Big Bag.

El silo aéreo recibe ésta denominación, debido a que se encuentra elevado del suelo. Contiene una base cónica donde se adhiere una boca de descarga, que garantiza la hermeticidad y el flujo constante de combustible al quemador.

9.3.8.1 Análisis del silo

Se debe verificar que, el silo contenedor de pellet, admita una capacidad equivalente al volumen necesario para satisfacer la producción normal de la planta.

Especificaciones para la selección del silo:

- Deberá contener al menos 147.000 Kg de pellet equivalente a 210 m³.

Para alcanzar estos requerimientos, se consideran los silos albergadores de granos utilizados en la industria agrícola; ya que, la densidad del pellet y sus condiciones en general, son similares a las de un grano o semilla. Estos silos proporcionan la ventaja de garantizar el buen estado del pellet, evitando cualquier alteración producida por humedad, generación de hongos, etcétera.

En el mercado se puede encontrar un silo con las características indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 9.11: Datos dimensionales, de capacidad y costo del silo

Datos	Cantidades	Unidades
Diámetro	6,3	m
Altura	8,7	m
Volumen	271	m ³
Capacidad de pellet	190	kg
Costo del silo	9.500	U\$D
Costo de montaje y desmontaje	2.000	U\$D

Figura 9.15: Silo de granos utilizado para almacenaje de pellet



Fuente: Fábrica Estructuras Las Estrellas (Guatraché, La Pampa).

El silo se comporta como una gran tolva y, por lo tanto, alimenta directamente al quemador.

Por debajo del silo, en su boca de descarga, se conecta un mecanismo para alimentar al sistema del quemador con pellet. Allí, los forzadores de aire de inyección de pellet, gestionan la utilización del combustible según el requerimiento.

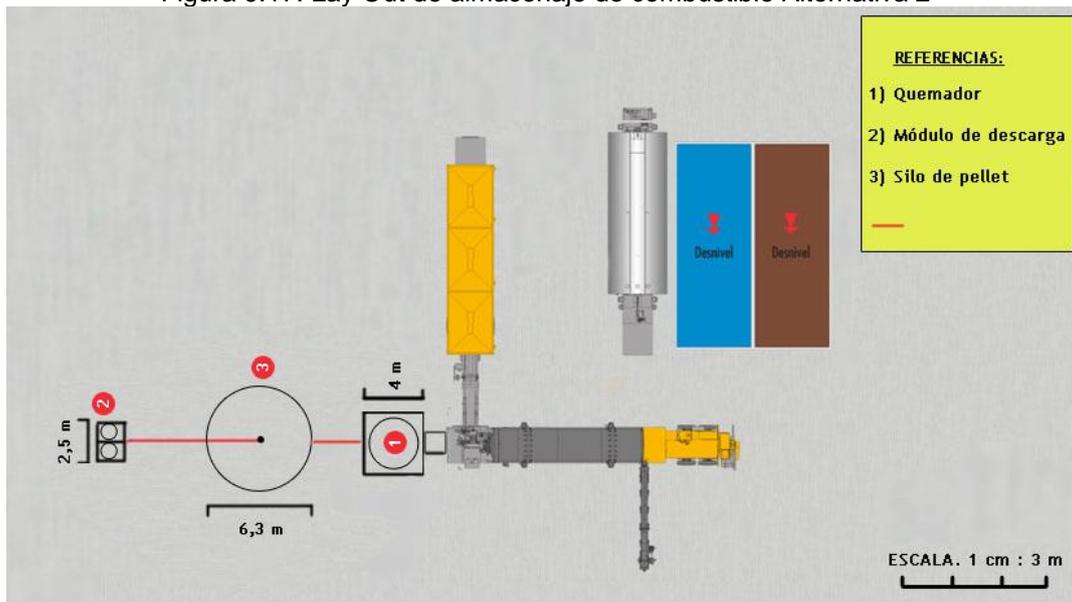
Figura 9.16: Mecanismo de alimentación de las tolvas del quemador



9.3.8.2 Layout de disposición de silo en planta

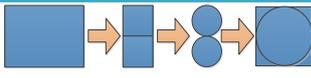
La intención general es lograr que el flujo de combustible sea lo más simple y continuo posible, sin interrumpir la carga y descarga de áridos; la carga de asfalto; y evitando obstaculizar a los camiones que llegan del proveedor de pellet para que descarguen con facilidad.

Figura 9.17: Lay Out de almacenaje de combustible Alternativa 2



9.3.9 Comparativa de las alternativas de almacenaje

Con el fin de poder evaluar qué alternativa de almacenaje de pellet es la conveniente, se expone, a continuación, un cuadro comparativo que evidencia los puntos a favor y en contra, de cada alternativa.

PUNTO A COMPARAR	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II
Costo de inversión	USD 5.155 	USD 12.750 
Costo de operación	Gasto continuo en Big Bag y pallet 	Montaje y desmontaje del silo (solo una vez) 
Complejidad de operación	Manipulación constante de Big Bag y cuidados en la protección del pellet con lona plástica 	Todo queda almacenado en el silo al comienzo y luego solo se pone en marcha el proceso 
Cantidad de movimientos del recurso	 	 

Considerando la comparación anterior, se observa que, la alternativa II, garantiza la calidad del combustible en situaciones de clima desfavorable y ofrece mayor facilidad operativa. Mientras que la alternativa 1 proporciona un espacio destinado a acopio temporal de Big Bag, para el momento de cargar el silo o para situaciones en que se deba tener mayor stock que la capacidad del silo.

9.4 Planificación de la producción para la fabricación de pellet

Las peletizadoras móviles tienen una capacidad de producción limitada, por lo que la tasa de fabricación de pellet es menor a la de producción de mezcla asfáltica. Asegurar la disponibilidad de combustible, en post de evitar paralizaciones de planta, es un punto de suma importancia, a la hora de planificar cualquier obra vial.

Se deben calcular las necesidades de pellet, y planificar su producción con suficiente antelación, para garantizar un flujo continuo de mezcla asfáltica sin interrupciones. Lo siguiente, detalla lo descripto para una obra típica de 35 km.

Tabla 9.12: datos considerados para análisis de abastecimiento stock de pellet

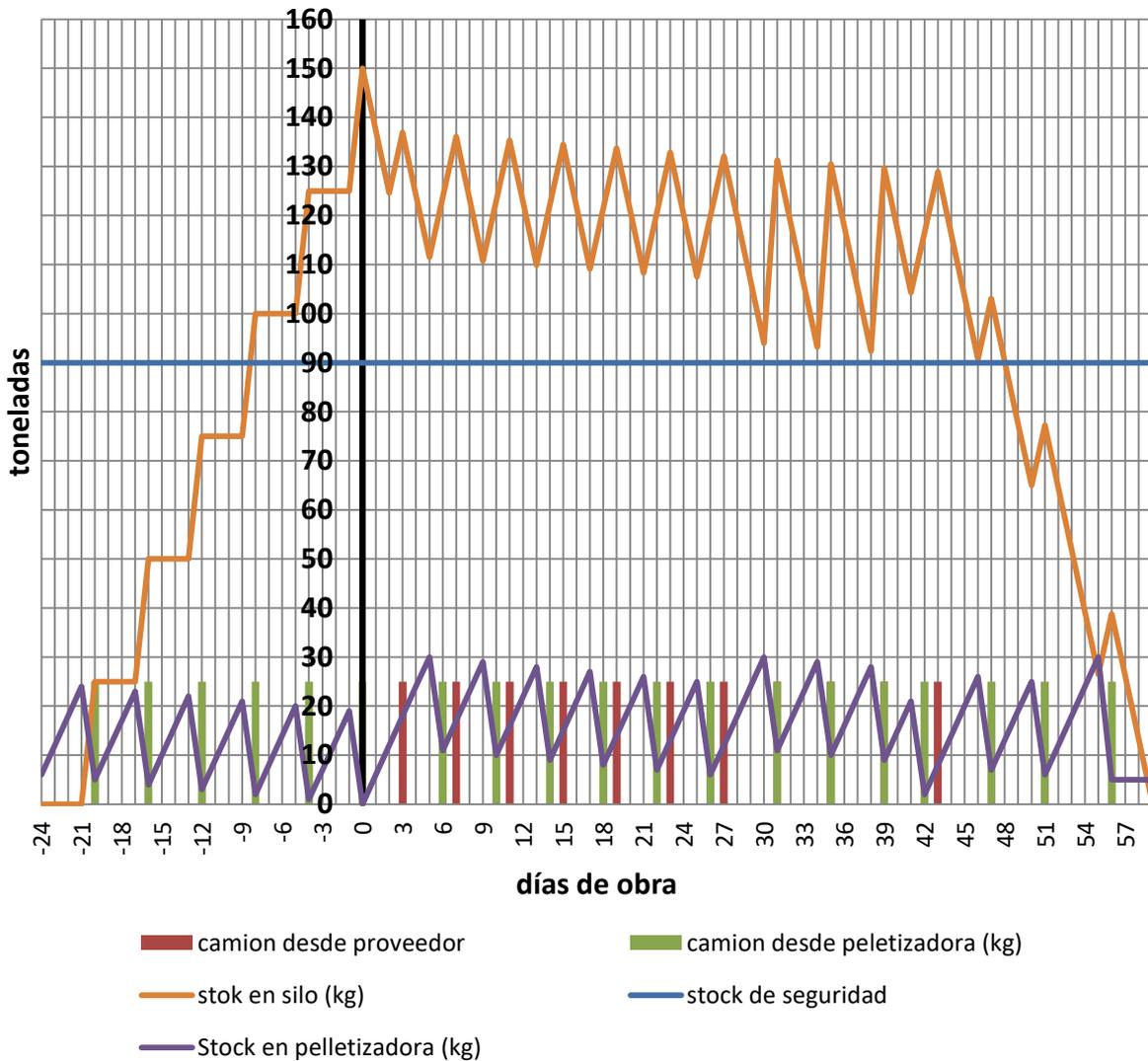
DATOS	VALOR	UNIDADES
Producción mezcla asfáltica	100	t/hr
Producción peletizadoras	600	kg/h
Consumo de fuel	8	kg/t HMA
consumo de pellet	20	kg/t HMA
Necesidad de mezcla asfáltica	1.080	t HMA/km
Jornada laboral	10	h/día
Avance de obra promedio	600	m/día
Capacidad de almacenamiento de pellet	150	t

Teniendo en cuenta los datos anteriores, se definen los siguientes resultados:

CALCULOS	VALOR	UNIDAD
Necesidad de pellet para avance diario	12.701	Kg/día
Producción diaria de pellet	6.000	kg/día
Llenado de silo con peletizadora	25,0	días
tiempo de stock con silo lleno	11,8	días
tiempo en hacer una obra típica	58	días
Antelación de producción de pellet	25,0	días

Los datos anteriores, permiten proyectar las necesidades a lo largo de la obra, para anticipar y comprender, cómo varía el stock de pellet y de qué manera se puede organizar el aprovisionamiento.

Gráfico 9.1: Variación de stock de pellet en silo de obra



El gráfico muestra que, con 1 pelletizadora y un 35% de pellet desde proveedor, es posible atender la demanda media de combustible de una obra típica; manteniendo un stock de seguridad de 90 toneladas (7 días de producción de mezcla); y dando comienzo a la producción de pellet, 25 días antes del inicio de la necesidad de mezcla asfáltica.

El modelo propuesto, requiere un espacio de almacenaje de 20 Big Bags, que constituye el máximo alcanzado, antes de ser transportados a la obra. Normalmente, se encontrarán entre 6 y 21 Big Bags rotando cada 4 días. Por esto, se consideran necesarios 100 Big Bag, lo que equivale a la carga de 5,5 camiones, regresando 75 Big Bags a la pelletizadora cada 15 días. El lote de 100 Big Bags se renovará año de por medio.

9.5 Recursos

9.5.1 Mano de Obra

Gestión

Como se planteó en la estrategia, la producción inicia mayormente con pellets de proveedores directos, desarrollando, a su vez, proveedores de RAI, a fin de revertir la relación de aprovisionamiento en un 5%, año a año, para la fabricación de pellets. El mismo equipo de Logística y Compras, ya conformado en las empresas viales, puede gestionar y transitar una curva de desarrollo de proveedores con disponibilidad de materia prima, apta para ser procesada en las plantas móviles de pellet.

Producción

Es necesario 1 persona encargada del manejo del combustible, que puede ser la misma que maneja el canto rodado utilizado en la mezcla asfáltica. Se supone que la planta ya dispone de este personal. A fin de, no modificar el normal funcionamiento de la planta, se puede disponer de 1 operador adicional.

1 Operador pellet: 21.000 \$/mes + cargas sociales (50%)

Mantenimiento

Para el mantenimiento del nuevo quemador y peletizadora, se cuenta con la capacidad que la empresa ya tenía antes del reemplazo, es decir que, la mano de obra que se ocupaba de mantener el sistema anterior, podrá cubrir las nuevas necesidades. Además, se contará con la disponibilidad del nuevo operario de producción, encargado del manejo de los pellets.

9.5.2 Mantenimiento de equipos

Tanto para la gestión, como para las cuestiones operativas de mantenimiento de los equipos, se puede disponer de los mismos equipos existentes en las plantas asfálticas.

Para determinar los gastos de mantenimiento anual de los nuevos equipos, se considera un porcentaje sobre la inversión inicial, que será progresivo dependiendo del uso de los mismos. Según lo recomendado para una evaluación de perfectibilidad y el tipo de equipos considerados, es factible tomar un valor que ronde el 4% de la inversión inicial, con una progresión de hasta 7% por mayor utilización. De esta forma, 1 obra típica por año ocupa el 4% de la inversión inicial (I_0); 2 obras 4% + 1,5% de I_0 ; y 3 obras 4% + (2 * 1,5%) de I_0 .

9.5.3 Flete adicional por equipos

Debido a que las obras pueden situarse a cierta distancia una de otra, por cada movimiento de la planta asfáltica, es necesario transportar todos los equipos, incluyendo el quemador, silos y peletizadoras móviles; cada uno de ellos, montado en su respectivo acoplado. Para el cálculo de este gasto, se tienen en cuenta las siguientes condiciones:

1. El transporte de los remolques se realiza con los camiones propios de la empresa.
2. Se considera que los traslados entre obras de una misma planta asfáltica, será como máximo de 500 km y como mínimo entre 50 a 100 km. La figura 9.16 muestra el radio máximo de acción de una planta asfáltica móvil, donde se encuentra el mayor porcentaje de obras anuales. Por otro lado, si hubiese mayor distancia entre dos obras, es probable que se cuente con una planta asfáltica adicional, la cual cubriría la demanda de obras de otra región del país.

Figura 9.18: radio máximo de acción de una planta asfáltica



De esta manera, se establece un promedio de 300 km para distancia entre obras, a fin de considerar los costos de transporte de los equipos de la planta.

- El valor para calcular el costo de transporte entre obras de los equipos, se toma de los costos de referencia del **ANEXO 5.5**. De éste valor, se considera una reducción aproximada del 25%, ya que al contar con camiones y mano de obra de la empresa, se excluyen los rubros “beneficios obtenidos” y “sueldos”, en la composición del precio.

Tabla 9.13: Gasto en transporte de equipos adicionales

EQUIPOS	Cantidad (un)	Precio referencia (\$/t para 300km)	Reducción por camión propio	Carga (t)	Total (\$)
Quemador	1	\$ 450	25%	15	\$ 5.062,5
Silo aéreo	1	\$ 450	25%	12	\$ 4.050
Peletizadoras	2	\$ 450	25%	10	\$ 6.750
Costo total de movimiento entre obras:					\$ 15.862,5

Fuente: FETRA y FADEEAC.

9.5.4 Obras y gastos adicionales necesarios

Para poder materializar lo expuesto en capítulos anteriores, se debe contar con elementos como:

Un acople capaz de unir el quemador con el horno de secado, y las modificaciones requeridas en el tambor secador para acoplar el quemador (\$250.400)

Se tendrá en cuenta la compra de un lote de 100 Big Bag año de por medio (\$39.125)

9.6 Resumen monetario para el estudio económico

Se considera una cotización del dólar de \$15,65

Tabla 9.14: Resumen inversión

INVERSIÓN	USD/unidad	Cantidad	\$ Totales
Quemador de biomasa	USD 81.000	1	\$1.267.650
Pelletizadora móvil	USD 18.530	1	\$289.995
Descarga para silo aéreo	USD 200	1	\$3.130
Estación modular descarga de Big Bag	USD 1.500	1	\$23.475
Accesorios mini cargadora	USD 1.000	1	\$15.650
Silo aéreo (150 t)	USD 9.500	1	\$148.675
Big Bag	USD 25	100	\$39.125
Carros pelletizadora	USD 5.750	2	\$179.975
Carro quemador	USD 8.300	1	\$129.895
Trabajos de adaptación en equipos + unión	USD 16.000	1	\$250.400

Tabla 9.15: Resumen insumos

INSUMOS	Valor	Unidades	Referencia
Big Bag	25	USD/un	9.4.2.2
Pellet fabricado de RAI	1.000	\$/t	6.2.2.6
Pellet de proveedores	1.500	\$/t	6.2.1.4
Transporte de pellet para 500 Km	550	\$/t	6.3.1
Montaje y desmontaje del silo	2000	USD/t	9.4.2.4

Capítulo 10: Estudio Económico

Para el desarrollo del presente capítulo, se extraen los datos obtenidos en el estudio técnico, y que han sido definidos en los capítulos anteriores. Los mismos, son volcados en un flujo de fondos, donde se analiza su sensibilidad, a fin de evaluar la factibilidad económica del proyecto.

10.1 Bases del análisis

10.1.1 Características de la obra

- El tipo de obra: repavimentación (1.080t de mezcla asfáltica por km).
- Los km por obra: 30 a 40km.
- Los km de obra promedio realizados por año: 70.
- La carga máxima de 1 camión es de 25t.
- El aprovisionamiento de pellet comienza con un 35% del proveedor y un 65% de fabricación propia, con un aumento de la producción propia del 2,5% anual.
- El gasto en mantenimiento ronda un 4% anual sobre la inversión inicial, con un incremento de hasta 7% según los km de obras realizados por año.
- El parque de Big Bag se renueva año de por medio.

10.1.2 Activos reemplazados

Los activos que son reemplazados y que no son tenidos en cuenta, se consideran costos hundidos. Es decir, son costos retrospectivos, que han sido incurridos en el pasado y que no pueden ser recuperados.

Tabla 10.1: Activos reemplazados por el proyecto

ACTIVOS REPLAZADOS	Valor	Unidades	Referencia
Quemador de fueloil	31.000	USD/t	9.1.2
Tanque de fueloil	43.750	USD/t	9.4.1

10.1.3 Periodo de análisis

Debido a la volatilidad de las condiciones de entorno, se considera oportuno evaluar el proyecto en un período de 5 años.

10.1.4 Valor de salvamento

Se considera el valor de libro para la liquidez de los activos, al final del horizonte de evaluación propuesto.

10.1.5 Tasa Atractiva de Rentabilidad (TAR)

Para definir esta tasa, se tiene en cuenta un costo de oportunidad igual al interés generado en inversiones en bonos LEBAC (27% anual), y un premio por riesgo de 8%; lo que arroja un valor de 35%.

10.1.6 Impuestos

Se considera el Impuesto a las ganancias, el cual corresponde a un 35% sobre la utilidad antes de impuestos.

10.2 Beneficios

Debido a que el proyecto propone un reemplazo de activos, los ingresos tenidos en cuenta en el flujo de fondos, no provienen de la venta de un producto, sino que se reflejan en el ahorro que produce la implementación de la nueva tecnología.

10.2.1 Consumo de combustible del quemador

Tabla 10.2: Consumo de combustible del quemador para 1km de repavimentación

	fueloil	Pellet fabricado	Pellet proveedor	Unidades
Consumo de combustible	8	20,6	16,3	kg/t de mezcla
Combustible total por km	8,64	22	18	t/km de obra
Costo del combustible	\$ 6.500	\$ 1.000	\$ 1.600	\$/t
Costo total del combustible	\$ 56.160	\$ 22.282	\$ 28.224	\$/km de obra

Por km de obra de repavimentación, se produce una reducción de gastos en combustible de \$33.878, para el caso de utilizar el 100% de pellet fabricado; y \$27.936, para el caso de ocupar el 100% de pellet de proveedor.

10.2.2 Transporte de combustibles

Tabla 10.3: Gasto por transporte de combustibles.

	fueloil	Pellet fabricado	Pellet proveedor	Unidades
Distancia a la obra	500	100	500	km
Factor de carga *	1	2,6	2,0	
Costo de transporte	\$ 767	\$ 213	\$ 745	\$/t
Transporte total	\$ 6.625,14	\$ 4.740,80	\$ 13.148,51	\$/km de obra

*Factor de carga: representa la cantidad de cargas necesarias para igualar la energía transportada por un camión de fueloil.

Por km de obra de repavimentación, encontrándose la planta a 500 km del proveedor de fueloil, se produce una reducción de gastos de transporte de combustible por \$1.884,34, para el caso de utilizar el 100% de pellet fabricado; y un incremento del gasto de \$6.523,37, para el caso de ocupar el 100% de pellet de proveedor.

10.2.3 Certificados de reducción de emisiones

A partir de los resultados obtenidos en el análisis ambiental (**ver capítulo 6**), se identifica un potencial de beneficios económicos por la obtención de CER's y su comercialización en el mercado de carbono.

Tabla 10.4: Ingresos por certificados de reducción de emisiones de carbono (CER)

	fueloil	Pellet fabricado	Pellet proveedor	Unidades
Emisiones GEI	73,6	49,9	50	TCO2eq/km de obra
Reducción alcanzada	0	23,7	23,6	TCO2eq/km obra
\$ / CER's	0,35	0,35	0,35	Euro/CER's
\$ totales en CER's / Km	€ 0	€ 8,29	€ 8,26	€/Km

10.3 Gastos

La composición de gastos corresponde a los costos adicionales a los que se incurre por el uso de pellet de biomasa, por encima de los que actualmente ya posee una planta que opera a fueloil.

Los gastos adicionales considerados en el flujo de fondos, conciernen a:

- **Mantenimiento de equipos:** gastos por la adquisición de peletizadoras modulares, quemador de biomasa, silos, equipos de transporte neumáticos de pellet, maquinaria para manipulación de Big Bags, etcétera.
- **Almacenamiento de pellet:** gastos por el armado y desarmado del silo aéreo, cada vez que la planta se posiciona en un lugar determinado para operar.
- **Mano de obra:** gastos por el operario de planta adicional para el manejo del pellet.
- **Big Bag:** gastos por la compra de un lote de 150 Big Bag, año de por medio, para la manipulación de pellets.
- **Fletes adicionales por equipo:** gastos correspondientes al desplazamiento de la maquinaria entre obras.

Tabla 10.5: Gastos adicionales

	Valor	Unidades	Observaciones
Mantenimiento de equipos	103.954	\$/año	4% de la inversión total
Almacenamiento de pellet	25.000	\$/año	\$/armado o desarmado
Mano de obra	31.500	\$/año	suelo bruto + cargas sociales
Fletes adicionales de equipos	15.863	\$/obra	
Big bag	58.688	\$/lote	lote de 150 unidades (25 USD/un)

10.4 Financiación

Siendo que éste proyecto se funda en consideraciones generales, y que busca determinar la conveniencia de su realización, no se considera ningún tipo de fuente de financiamiento, a pesar de existir. Éstas van a depender de las condiciones particulares de cada empresa ejecutora.

De manera que, corre por parte de cada empresa interesada, la evaluación de apalancamiento financiero según las condiciones de créditos que éstas puedan obtener.

Se adjunta en la información digital de este trabajo, el archivo de flujo de fondos para tal análisis.

10.5 Flujo de fondos

PERIODO :	0	1	2	3	4	5
Km de obra :	-	70	70	70	70	70
Necesidad de fueloil (kg) :	-	604800	604800	604800	604800	604800
Necesidad de energía (mcal) :	-	5927040	5927040	5927040	5927040	5927040
Pellet proveedor :	-	35.0%	32.5%	30.0%	27.5%	25.0%
Pellet fabricado :	-	65%	68%	70%	73%	75%
Necesidad de pellet proveedor (kg) :	-	432,180	401,310	370,440	339,570	308,700
Necesidad de pellet fabricado (kg) :	-	963,144	1,000,188	1,037,232	1,074,276	1,111,320

INGRESOS

Ahorros generados :

Por consumo de combustibles :	-	\$2,319,786	\$2,329,047	\$2,338,308	\$2,347,569	\$2,356,830
Por transporte desde proveedor a la obra :	-	-\$261,499	-\$259,088	-\$256,676	-\$261,913	-\$249,442
Por bonos de carbono (CER) :	-	\$11,142	\$11,142	\$11,142	\$11,142	\$11,142
TOTAL DE BENEFICIOS :	-	\$2,069,429	\$2,081,101	\$2,092,773	\$2,096,798	\$2,118,529

GASTOS

Gastos adicionales al utilizar pellet :

Mantenimiento de equipos :	-	-\$150,075	-\$150,075	-\$150,075	-\$150,075	-\$150,075
Almacenamiento de pellet :	-	-\$62,600	-\$62,600	-\$62,600	-\$62,600	-\$62,600
Mano de obra :	-	-\$409,500	-\$409,500	-\$409,500	-\$409,500	-\$409,500
Fletes adicionales de equipos :	-	-\$31,725	-\$31,725	-\$31,725	-\$31,725	-\$31,725
Big Bag :	-	-\$39,125	\$0	-\$39,125	\$0	-\$39,125
TOTAL GASTOS ADICIONALES :	-	-\$693,025	-\$653,900	-\$693,025	-\$653,900	-\$693,025

UTILIDAD OPERATIVA ANTES DE IMPUESTOS :	-	\$1,376,404	\$1,427,201	\$1,399,749	\$1,442,898	\$1,425,504
--	---	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

IMPUESTOS

Ahorro impositivo :	-	\$255,925	\$255,925	\$255,925	\$255,925	\$255,925
Impuesto a las utilidades :	-	-\$481,741	-\$499,520	-\$489,912	-\$505,014	-\$498,927
TOTAL IMPUESTOS :	-	-\$225,816	-\$243,595	-\$233,987	-\$249,089	-\$243,001

UTILIDADES DESPUÉS DE IMPUESTOS :	-	\$1,150,588	\$1,183,606	\$1,165,762	\$1,193,809	\$1,182,503
--	---	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

DEPRECIACIONES

Quemador de biomasa :	-	-\$126,765	-\$126,765	-\$126,765	-\$126,765	-\$126,765
Peletizadora móvil :	-	-\$28,999	-\$28,999	-\$28,999	-\$28,999	-\$28,999
Silo aéreo 150 t + Descarga :	-	-\$15,181	-\$15,181	-\$15,181	-\$15,181	-\$15,181
Carros peletizadora + quemador :	-	-\$309,870	-\$309,870	-\$309,870	-\$309,870	-\$309,870
Acople de quemador y horno :	-	-\$250,400	-\$250,400	-\$250,400	-\$250,400	-\$250,400
TOTAL DEPRECIACIONES	-	-\$731,215	-\$731,215	-\$731,215	-\$731,215	-\$731,215

INVERSIONES

Quemador de biomasa :	-\$1,267,650	\$0	\$0	\$0	\$0	\$633,825
Peletizadora móvil :	-\$289,995	\$0	\$0	\$0	\$0	\$144,997
Descarga para silo aéreo :	-\$3,130	\$0	\$0	\$0	\$0	\$1,565
Estación modular descarga de Big Bag :	-\$23,475	\$0	\$0	\$0	\$0	\$11,738
Accesorios mini cargadora :	-\$15,650	\$0	\$0	\$0	\$0	\$7,825
Silo aéreo 150 T :	-\$148,675	\$0	\$0	\$0	\$0	\$74,338
Remolque peletizadora :	-\$179,975	\$0	\$0	\$0	\$0	\$89,988
Remolque quemador :	-\$129,895	\$0	\$0	\$0	\$0	\$64,948
Trabajos de adaptación en equipos :	-\$250,400	\$0	\$0	\$0	\$0	\$125,200
TOTAL INVERSIONES	-\$2,308,845	\$0	\$0	\$0	\$0	\$1,154,422

Flujo de fondos neto	-\$2,308,845	\$1,150,588	\$1,183,606	\$1,165,762	\$1,193,809	\$2,336,925
Valor actual	-\$2,308,845	\$852,287	\$649,441	\$473,815	\$359,418	\$521,166

TAR :	35.00%	VAN :	\$ 405,394	TIR :	46.61%
--------------	---------------	--------------	-------------------	--------------	---------------

Recupero de la inversión

Simple	-\$2,308,845	-\$1,158,257	\$25,349	\$1,191,111	\$2,384,920	\$4,721,845
Considerando el valor del dinero en el tiempo	-\$2,308,845	-\$1,456,557	-\$807,116	-\$333,302	\$26,116	\$547,282

Relación beneficio costo :	2.45
Valor actual de los gastos :	-\$1,886,651
Valor actual de los beneficios :	\$4,629,135
proyecto conveniente	

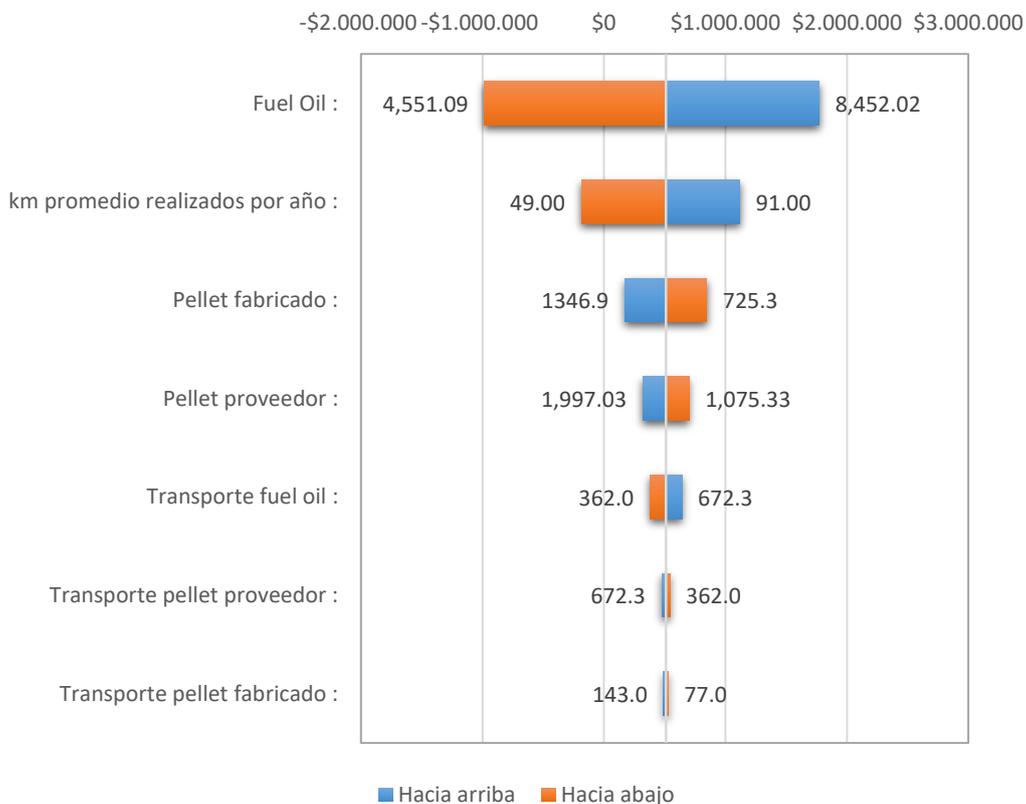
Índice de rentabilidad :	1.24
VAN sin Inversión inicial :	\$2,856,127
Inversión inicial :	-\$2,308,845
proyecto conveniente	

10.6 Análisis de sensibilidad

10.6.1.1 Importancia de cada variable

Para determinar la influencia de las distintas variables sobre el valor actual neto (VAN), se establecen suposiciones para cada variable, en relación a su tipo de distribución y características de variación (*Ver ANEXO 10.1*).

Gráfico 10.1: diagrama tornado “influencia de cada variable monitoreada sobre el VAN”

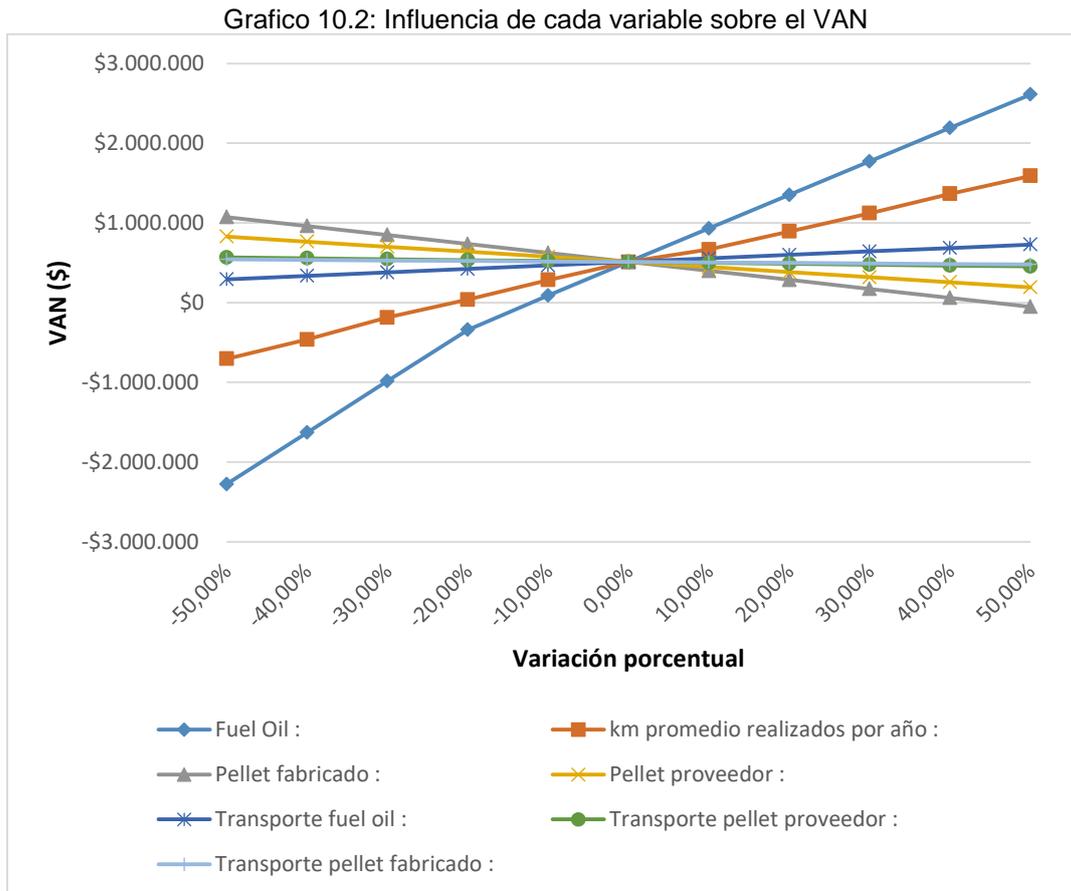


El fueloil es la variable más importante; de hecho, mientras mayor sea su precio respecto al del pellet, mayor será el beneficio logrado por este reemplazo.

Los km promedio de obras realizados por año, afectan directamente al beneficio, ya que, realizar más obras, implica un aumento de consumo de fueloil reemplazado. De este modo, los km realizados por año conforman la segunda variable clave a tener en cuenta, para asegurar la conveniencia de este proyecto.

10.6.2 Variación del VAN

Para analizar el efecto de estas variables sobre el VAN se puede utilizar un diagrama spider con una variación de entre -30% y +30%.



En el gráfico anterior, se pueden observar que las variaciones del VAN para éste proyecto, de acuerdo al beneficio obtenido por la modificación propuesta, es de hasta un 30% del valor propuesto en este análisis. Es evidente que, seguir la evolución del precio del fueloil junto al del pellet, resulta indispensable para determinar la conveniencia de lo propuesto a lo largo del tiempo.

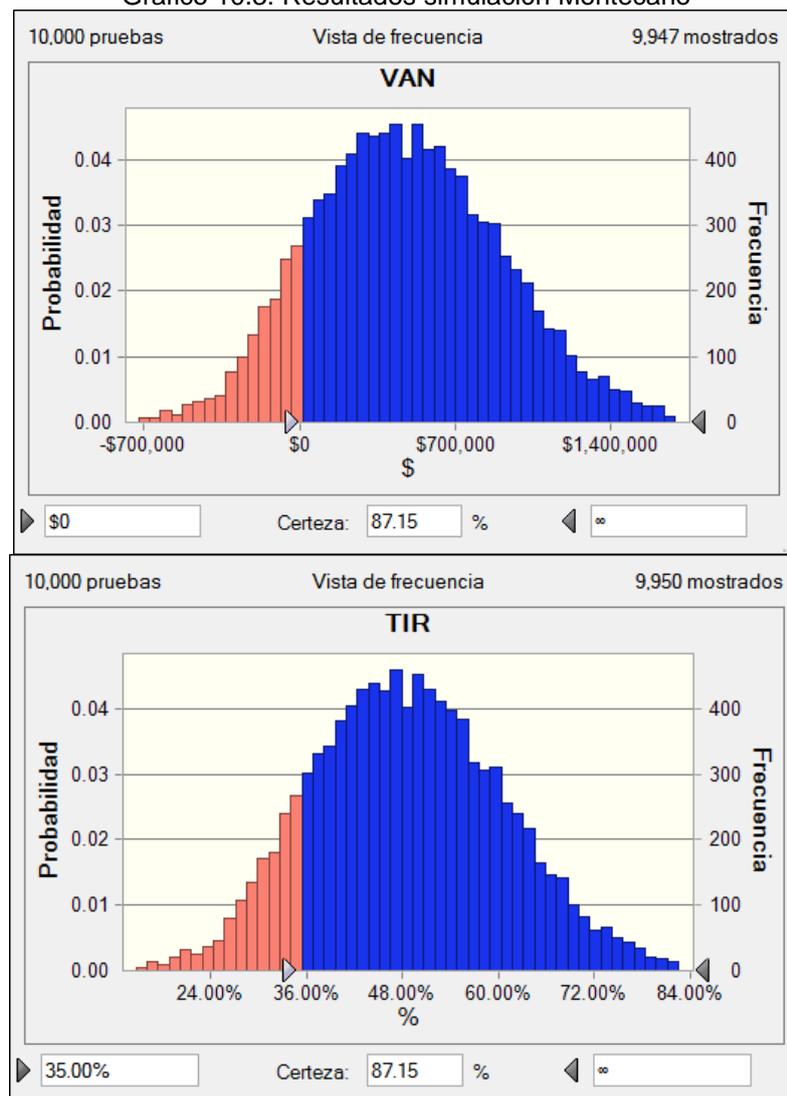
El beneficio surge de la relación entre: precio fueloil versus precio pellet. Actualmente, se encuentra ente 4 y 6 a favor del pellet. Considerando que, energéticamente se necesita entre 2 y 3 veces más cantidad de pellet que de fueloil para obtener el mismo resultado, la relación de precios para la misma cantidad de energía, se posiciona a favor del pellet, por entre 2 y 3 puntos.

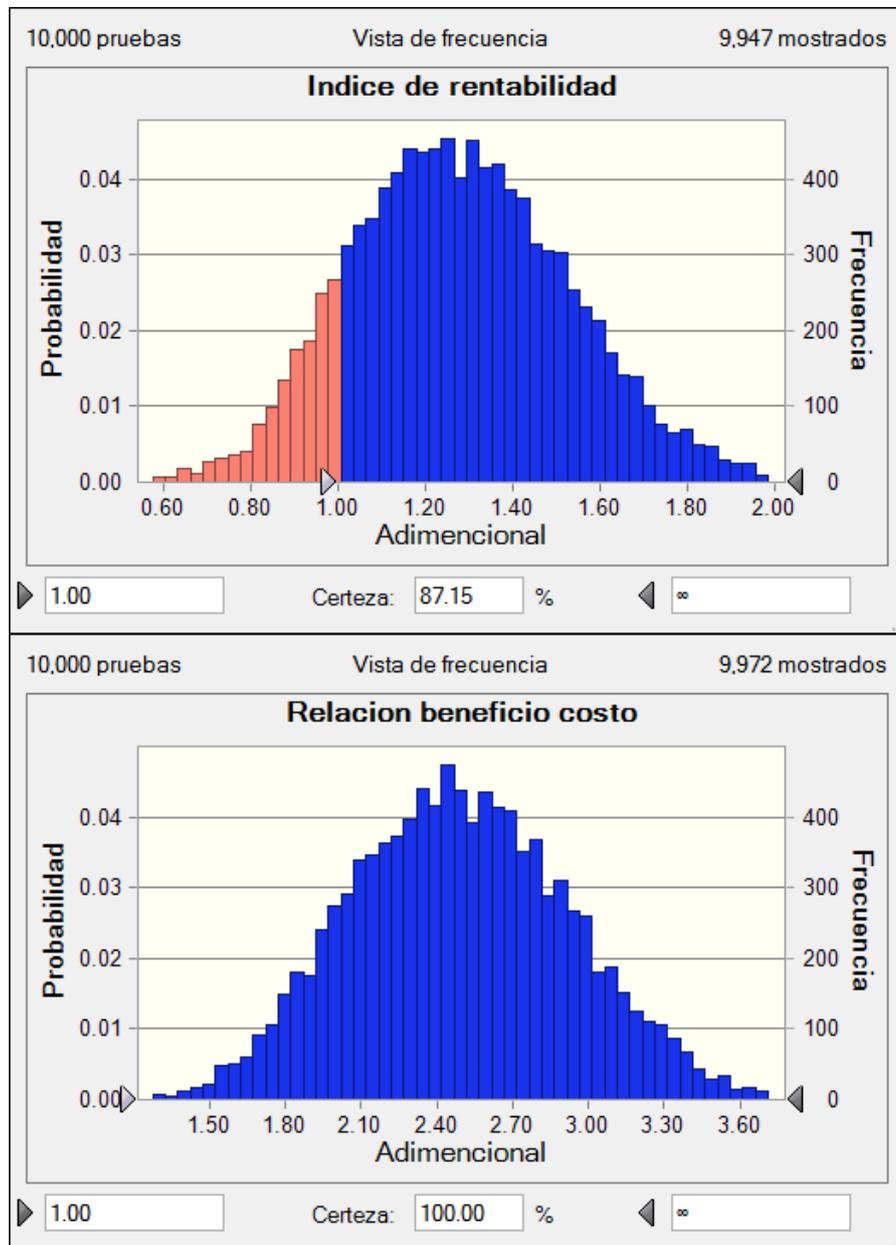
Otro factor a considerar para la óptima ejecución del proyecto, son los km de obra anuales. Para esto, se debe contar con una gestión proactiva que logre cerrar permanentemente contratos de obras, con el objeto de alcanzar la mayor utilidad que el proyecto pueda generar por el uso de biomasa en lugar de fueloil; es decir, aprovechando al máximo el potencial de ahorro de la propuesta.

10.7 Simulación Montecarlo.

Se tienen en cuenta los modelos de distribución propuestos para cada variable (*ver ANEXO 10.1*).

Grafico 10.3: Resultados simulación Montecarlo





Los distintos criterios de evaluación, arrojan resultados convenientes para el proyecto aquí planteado:

$TIR > TAR$ o $VAN > 0$, con una certeza del 87,15%

Rentabilidad > 1 , con una certeza de 87,15%

Relación beneficio-costo > 1, con una certeza de 100%

10.7.1 Indicadores clave

10.7.1.1 Variable: km de obras promedio realizados por año

Mientras más kilómetros de obra se realicen, más cantidades de combustible serán requeridas; lo que necesariamente se traduce en mayores beneficios generados por el proyecto en el mismo año.

En el caso aquí propuesto, el punto de equilibrio es de 20,57 km de obra promedio realizados por año.

Para la situación planteada, se deben realizar 57,1 km promedios por año para que el proyecto sea capaz de devolver la TAR esperada.

Es importante que cada empresa tenga en cuenta de qué manera pueden dar resultado éstas proyecciones, en función de las inversiones necesarias para cada caso en particular.

Como se ha mencionado, esta variable, se encuentra estrechamente relacionada con la relación de precios fueloil Vs. pellet.

10.7.1.2 Variable: Relación de precios fueloil Vs. pellet

El principal beneficio económico derivado de este proyecto, resulta del ahorro generado por considerar el costo del combustible utilizado por unidad de energía.

A medida que la diferencia entre el valor del fueloil y el pellet aumenta, se tendrá un mayor beneficio para los mismos km de obra realizados; lo que reduce el punto de equilibrio, o en caso contrario, lo aumenta. Es por esto que estudiar cómo evoluciona esta variable resulta de suma importancia.

Actualmente, escasea la información adecuada sobre la evolución del precio del pellet, pero, a modo de referencia, se puede considerar lo que ocurre en otros países donde esta industria ya se encuentra desarrollada. Allí se observa que el precio del mismo, mantiene una estabilidad económica destacable a lo largo del tiempo. No ocurre así con el fueloil, cuyo precio está sujeto a condicionantes de entorno muy influyentes.

10.8 Conclusión

De lo desarrollado a lo largo del capítulo, se pueden definir algunos puntos a modo de conclusión:

- Tener en cuenta el potencial de apalancamiento financiero según las posibilidades de cada empresa ejecutora.
- Evaluar con mayor profundidad la relación de precios fueloil Vs. pellet, en el tiempo, la cual puede ser muy positiva para este proyecto.
- Evaluar los km de obras anuales para cada empresa, considerando a los indicadores propuestos para dicha variable.
- Para considerar obras de pavimentación obteniendo los mismos resultados, de una manera conservadora, los km de obra de repavimentación se deben dividir por 3, ya que es esa la relación de combustible requerido. Para este caso, de los 57,1 km promedio se necesitan sólo 19 km de pavimentación para obtener los beneficios esperados.
- Una obra de pavimentación tiene gastos mínimos de fletes de equipos y de montaje/desmontaje de los mismos, lo que produce una leve mejoría del resultado.
- Dada la carga burocrática que implica la certificación de reducciones de emisiones de carbono, respecto al beneficio económico que se pueda lograr, su aprovechamiento no parece interesante, al menos desde el análisis desarrollado y considerando la cotización actual de los bonos..

- De los resultados arrojados por la simulación Montecarlo, es posible pronosticar una situación favorable y prometedora para el proyecto.

Por lo mencionado, resulta interesante avanzar en la obtención de información primaria para una evaluación de factibilidad. En esta fase de estudio, se logra sistematizar la información para aportar datos a un riguroso proceso de análisis que contribuya a definir la ejecución efectiva del proyecto.

Capítulo 11: Conclusiones

11.1 Objetivos específicos propuestos

11.1.1 Comprobar los beneficios ambientales derivados del reemplazo de fueloil por pellet de biomasa.

Existe un importante beneficio ambiental directo sobre la planta asfáltica, relacionado a la reducción de emisiones contaminantes por la combustión de hidrocarburos y la reducción de pasivos ambientales derivados de su manipulación.

También, existe un beneficio indirecto en lo que respecta a la gestión de residuos en las potenciales industrias proveedoras de biomasa, reduciendo el riesgo asociado a incendios descontrolados de la misma y a la propagación de vectores.

11.1.2 Seleccionar la tecnología existente más adecuada para sustituir el quemador del horno.

La tecnología para realizar este reemplazo existe y es accesible. No obstante, se entiende que es necesario un estudio específico para materializar la adaptación del quemador al horno y su manipulación en plantas móviles.

De este modo, será evidente la factibilidad de la conversión de plantas a biomasa. Es importante destacar que esto también es válido para la fabricación de plantas nuevas, lo que reducirá considerablemente los costos asociados a la propuesta realizada.

11.1.3 Definir el impacto en el poder de negociación de las empresas viales que implementen esta tecnología.

Este reemplazo aumenta considerablemente el número de proveedores de combustible, lo que mejora el poder de negociación de la empresa vial.

Aunque no debe olvidarse que los proveedores de fueloil son los mismos que los de asfalto, lo que puede generar alguna reacción desfavorable. El efecto sobre las refinerías debe ser evaluado con mayor profundidad.

11.1.4 Determinar la manera más conveniente para manipular el pellet de biomasa desde su almacenaje hasta su utilización en el horno.

A lo largo del trabajo se contemplaron 2 alternativas de manejo de pellet; una a través de la compra directa a proveedores, y la otra mediante el abastecimiento propio fabricando pellet a partir de RAI. Esta última, contiene en su razón de ser un fundamento de desarrollo social y económico que ha motivado la investigación del presente proyecto. Sin embargo, su ejecución, conlleva una gestión logística más compleja.

Considerando la curva de aprendizaje necesaria para implementar cualquier nuevo proceso y las ventajas asociadas a la variedad de proveedores se considera conveniente el desarrollo de un mix productivo entre estas 2 alternativas.

11.1.5 Cuantificar la inversión necesaria en equipos para materializar el proyecto

Considerando una planta asfáltica media, como la que se describe en este proyecto integrador, se requieren de \$ 2.308.845 para llevar adelante el remplazo.

Es importante considerar el fomento económico actual para la utilización de energías renovables, lo que genera la posibilidad de recibir un crédito con tasas de interés lo suficientemente accesibles para que la empresa logre un apalancamiento financiero.

También, en el corto plazo, se esperan importantes inversiones para el 2020 relacionadas con el acuerdo de Paris.

11.1.6 Identificar las variables más influyentes en el proyecto y estudiar la sensibilidad del mismo

La posibilidad de que una empresa pueda afrontar este proyecto depende principalmente de la capacidad de obtener licitaciones de obras, la relación fueloil vs pellet y la capacidad para lograr el objetivo de kilómetros anuales a realizar que garanticen el resultado económico esperado.

La relación de precios “fueloil vs pellet” influye directamente en los beneficios económicos logrados al reemplazar el combustible de la planta asfáltica, actualmente su relación en pesos, para la misma cantidad de energía es aproximadamente de entre 2,5 y 4 veces más económica a favor de la biomasa. Luego según esta relación, se pueden definir los km de obra a realizar para que los beneficios obtenidos por la relación precio fueloil vs pellet hagan el proyecto indiferente económicamente (por debajo de estos km el proyecto no sería conveniente).

11.2 Conclusiones generales

El trabajo expuesto se ha basado en la metodología de formulación y evaluación de proyectos, con el fin de estudiar la prefactibilidad de utilizar pellet de biomasa para reemplazar el fueloil utilizado en plantas asfálticas móviles.

En primera instancia, la propuesta tecnológica estudiada respecto a la tradicional, presenta una mejoría en el marco ambiental, reduciendo la emisión de GEI lo que para una obra típica ronda las 950 t CO₂ eq., siendo 220.000 t CO₂ eq., para la totalidad de las obras, lo que se traduce en una reduciendo de emisiones de GEI de alrededor de un 32% respecto a la utilización del fueloil, contribuyendo en la mitigación del efecto invernadero. Además, el uso de pellet a partir de RAI promueve la generación de empleos mejorando la distribución de ingresos del sector foresto y agroindustrial, lo que significa una influencia favorable en el marco social.

Es importante mencionar el contexto internacional actual donde a través del Protocolo de Kyoto se generó un mercado de emisiones de carbono que si bien no resulta interesante para los países en desarrollo, genera conciencia, interés y compromiso que se complementa con el reciente acuerdo de Paris, el cual prevé

canalizar importantes inversiones de capital (USD 100.000 millones) hacia países en vía de desarrollo para el año 2020 acompañando iniciativas que se alineen con sus objetivos ambientales. Argentina como país que ratifica este acuerdo, puede esperar una situación muy favorable en lo referido a financiamiento para este periodo.

Por otro lado, el estudio técnico ha proporcionado expectativas favorables en cuanto a la posibilidad de adaptar el quemador de biomasa a una planta asfáltica convencional.

Además, existe un superávit de biomasa disponible de 2,7 millones de toneladas por año, lo que resulta alentador respecto a las aproximadamente 750.000 toneladas requeridas para el mantenimiento total de la red vial primaria asfaltada del país. Si consideramos que actualmente se necesitan cerca de 200.000 toneladas de biomasa para suplir la cuota anual de fueloil destinado a obras viales, podemos estimar que se mantiene anualmente alrededor del 25% de la red. En este contexto pensar en la biomasa como un reactivador de economías regionales a través de un aumento en el porcentaje de mantenimiento vial resulta una conclusión interesante de investigar.

El resultado económico resulta alentador arrojando una TIR sin apalancamiento de 46,61%, adicionalmente, tanto los demás indicadores como el estudio de sensibilidad arrojan resultados positivos en cuanto decidir por la conveniencia de llevar a cabo el proyecto.

De este modo, la prefactibilidad analizada resulta alentadora para avanzar a un estudio de factibilidad, profundizando los análisis realizados a partir de fuentes de información primarias a obtener mediante entrevistas conjuntas con empresarios, expertos en logística, fabricantes, talleres viales y expertos en compras del sector vial, agropecuario y forestal.

A lo largo de este proyecto integrador se implementaron diferentes herramientas y metodologías que fueron aprendidas durante la carrera. Se tomaron en cuenta materias como Gestión de Calidad, Gestión Ambiental, Gestión de Empresas, Evaluación y Formulación de Proyectos, y Planificación y Control de la Producción, entre otras; para así poder arribar a las conclusiones medioambientales, técnicas y económicas señaladas, con el objeto de representar lo más fielmente posible la realidad.

De este modo, se establecen algunas perspectivas a futuro a partir de las bases establecidas en este documento respecto del cual puedan desarrollarse nuevos proyectos integradores, como:

- Realizar un estudio completo del ciclo de vida de una planta asfáltica móvil con quemador de pellet.
- Diseñar una planta asfáltica móvil con quemador de pellet.
- Estudiar la logística de abastecimiento y fabricación del pellet a partir de RAI.
- Analizar un plan de mantenimiento de la red vial de Argentina considerando el recurso pellet y evaluarlo como fuente de reactivación de economías regionales.

Marco teórico

El presente trabajo analiza la prefactibilidad de utilizar biomasa como reemplazo de fueloil en plantas asfálticas móviles. En ese sentido, es preciso aclarar algunos conceptos que sirvan de ejes sobre los que apoyar la lectura interpretativa del proyecto.

Desde un punto de vista económico, el hombre y, por ende, la sociedad tienen muchas necesidades y los recursos para satisfacerlas son escasos. Desde un punto de vista general *“un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendiente a resolver entre muchas, una necesidad humana”* ILPES (Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social), siempre que existan soluciones adecuadas que sean factibles. La adopción de algunas de ellas, supuestamente la mejor, según las aspiraciones en el contexto en que se plantean y de su evolución en el tiempo, implica el uso de recursos que tienen un valor económico generándose costos.

12.1 Proyectos de inversión

Los proyectos de Inversión suelen clasificarse en dos dimensiones esenciales:

1) Según el origen de los recursos que se invierten:

a. Privado: los recursos invertidos son proporcionados por personas físicas o jurídicas que no están relacionadas con un estado.

b. Público: los recursos que se invierten son de carácter público.

2) Según su objetivo:

a. Productivos: tienen como objetivo la puesta en marcha de activos para la producción de bienes o servicios que serán comercializados satisfaciendo necesidades de mercado. Se incluyen en esta categoría a los proyectos industriales, comerciales, agropecuarios, mineros, de prestación de servicios, etc.

b. De adquisición, sustitución o actualización de activos: por ejemplo la adquisición de máquinas, vehículos, sistemas tecnológicos, etc.

c. De Infraestructura: por ejemplo la construcción de vías de comunicaciones, puentes, puertos, la implementación de redes eléctricas o de comunicaciones, etc.

d. De Desarrollo: por ejemplo el desarrollo de urbanizaciones, sistemas tecnológicos, sistemas informáticos, etc.

Dentro de la clasificación anterior, el proyecto se ubica en la denominación **2)** **b.** es decir, tratará la sustitución de activos en las empresas viales ya que, para utilizar biomasa en lugar de fueloil se debe reemplazar el quemador, equipos de almacenamiento de combustible y todo lo necesario que el reemplazo implique.

12.1.1 Ciclo de vida de un proyecto de inversión

Un proyecto de inversión, generalmente se desarrolla en un contexto mucho más amplio que el proyecto mismo por lo que, para su desarrollo, se sigue un proceso secuencial, dividido en fases con un fin particular y que determinan un ciclo de vida.

En general, se reconocen las siguientes fases del ciclo de vida de un proyecto de inversión:

1. Preinversión.
2. Inversión.
3. Operación.
4. Disposición final.

12.1.2 Fase de preinversión

Esta fase es analítica y surge a partir de una idea sobre el curso de acción a tomar para resolver un problema, para satisfacer una necesidad que se ha detectado o para aprovechar una oportunidad que presenta el entorno, hasta llegar a la formulación de un proyecto de inversión factible y conveniente, definiendo claramente su objetivo y cuantificando con la mayor exactitud posible los recursos a invertir.

12.1.3 Fase de inversión

En esta fase se realizan acciones y actividades necesarias para alcanzar el objetivo del proyecto. Estas acciones, tales como el diseño definitivo, construcción, instalación, modernización, etc. generan los gastos de inversión propiamente dichos.

Normalmente, la puesta en marcha de la operación de un proyecto, supone un conjunto de actividades relacionadas con el alistamiento de recursos involucrados, la formación y la capacitación del personal necesario para la operación y el sostén durante la operación

12.1.4 Fase de operación

Esta fase comprende la operación efectiva de los recursos invertidos en el proyecto para la producción de los bienes o servicios para obtener los beneficios esperados, satisfaciendo las necesidades para las cuales fue implementado el proyecto. Finaliza cuando dichas necesidades hayan cambiado o desaparecido, o bien, cuando algunos de los recursos en los que se invirtió haya alcanzado el fin de su vida útil física u operativa.

12.1.5 Fase de disposición final

Cuando el proyecto se da por finalizado, esta fase comprende las acciones que se llevan a cabo con el objetivo de disponer de los recursos remanentes del proyecto, ya sea transfiriendo o vendiendo los que aún conserven alguna capacidad productora o desguazando e inactivando otros.

El presente trabajo se basa en la *“Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión”*, ILPES. El cual es un proceso que se lleva a cabo en la fase de Preinversión que, como se dijo, es una fase analítica y puede ser asumida como un proceso que parte desde la detección de la necesidad y la concepción de una idea sobre una solución que pueda satisfacerla, hasta lograr como resultado, la formulación de un proyecto de inversión factible y conveniente.

En este proceso, formalmente se reconocen tres etapas de responden a niveles de análisis a saber:

1. Perfil
2. Prefactibilidad
3. Factibilidad

Este trabajo se enmarca dentro de la Prefactibilidad, el cual tiene como primer objetivo demostrar que la necesidad que origina el proyecto es lo suficientemente importante o resulta de interés como para invertir recursos para satisfacer esa necesidad. En segundo lugar debe asegurar que existe por lo menos una alternativa viable desde los puntos de vistas técnico y económico.

Dicho estudio tiene como finalidad establecer la conveniencia de seguir profundizando los estudios en la etapa de Factibilidad, donde la información se ajusta al detalle para aportar a un riguroso proceso de análisis para decidir definitivamente llevar a cabo el proyecto.

12.2 Conceptos para el análisis ambiental

12.2.1 Análisis de ciclo de vida (ACV)

(Life Cycle Assessment (LCA) en inglés), también conocido como análisis de la cuna a la tumba, balance ambiental o evaluación del ciclo de vida (ECV), es una herramienta que investiga y evalúa los impactos ambientales de un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia: extracción, producción, distribución, uso y fin de vida (reutilización, reciclaje, valorización y eliminación/disposición de los residuos/desecho).

12.2.2 Huella de carbono

La huella de carbono se conoce como «la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo,

organización, evento o producto». Tal impacto ambiental es medido llevando a cabo un inventario de emisiones de GEI o un análisis de ciclo de vida.

La huella de carbono se mide en masa de CO₂ equivalente. Una vez conocido el tamaño y la huella, es posible implementar una estrategia de reducción y/o compensación de emisiones.

12.3 Conceptos para la toma de decisiones

12.3.1 Análisis FODA



El análisis FODA o DOFA, es una herramienta de estudio de la situación de una empresa o un proyecto, analizando sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades) en una matriz cuadrada. Sirve para conocer la situación real en que se encuentra una organización, empresa o proyecto, y planear una estrategia de futuro. *Joaquín Casanovas Sanz, Cómo debe ser el análisis antes de tomar una decisión importante.*

12.4 Conceptos para la evaluación económica

12.4.1 Flujo de Fondos

Para determinar la conveniencia económica de llevar a cabo un proyecto de inversión, en el proceso de evaluación ya sea en la etapa de prefactibilidad como de factibilidad, es necesario construir un cuadro en el que se presenten tanto los beneficios esperados cuantificados monetariamente, como los gastos de operación y funcionamiento y las inversiones requeridas para la implementación del proyecto.

Los datos se ubicarán en columnas sucesivas referidas a cada período de tiempo, normalmente por año, a lo largo del horizonte adoptado para la evaluación del proyecto, conformándose de esta manera, lo que conocemos como Flujo de Fondos.

El Flujo de Fondos, también conocido como Flujo de Caja, es una herramienta de integración funcional pues sistematiza e integra la información resultante de los diferentes estudios básicos que se realizan en el análisis de un proyecto.

12.4.2 Punto de equilibrio

Se define como punto de equilibrio económico al nivel de producción (q_e) en el que los Ingresos igualan a los Costos Totales, esto es la suma de los Costos Fijos (CF) más los Costos Variables (CV). De esta forma, q_e indicará las cantidades mínimas a las que debe operarse en cada periodo para no entrar en pérdidas.

Esto es:
$$p * q_e = CF + CV$$

CF = Costos Fijos

p= Precio por cada unidad de producto

q_e = Cantidad de equilibrio (unidades de producto vendidas al precio p)

Siendo:
$$CV = CV_u * q_e$$

Donde CVu= Costos Variables por cada unidad de producto

Las cantidades de equilibrio se determinan con la siguiente expresión matemática.

$$q_e = \frac{CF}{p - CVu}$$

Recordemos que al denominador de la expresión anterior ($p - CVu$) se lo conoce como Contribución Marginal, indicando cuánto aporta cada unidad de producto vendida al beneficio neto del periodo.

Uno de las dificultades para la determinación del punto de equilibrio económico es identificar con precisión cuáles serán los CF y cuáles los variables lo cual no siempre resulta muy claro. Si bien por lo general, se acepta que los CF son independientes del volumen de producción y los CV dependen del mismo, se presentan costos que pueden asignarse a ambas categorías.

El análisis de Punto de equilibrio no tiene en cuenta la inversión inicial y es inflexible en el tiempo, ya que se calcula con unos costos dados por lo que si se presentan cambios el análisis no sigue siendo válido.

Por otro lado, el análisis del punto de equilibrio tampoco tiene en cuenta el concepto del valor del dinero en el tiempo, por esta razón la evaluación de un proyecto de inversión debe ser complementada otros métodos que sí lo hagan.

12.4.3 Tasa Atractiva de Rentabilidad (TAR) o Tasa de Descuento (r)

Este índice responde a la rentabilidad que el inversionista exigirá a su inversión al haber renunciado a otro uso alternativo de los recursos involucrados en la misma.

La TAR, denominada también Tasa de Descuento y generalmente representada en la bibliografía con la letra “r”, se convierte en una referencia para evaluar la conveniencia de llevar a cabo un proyecto.

Esta tasa se emplea para indicar el valor del capital invertido en el proyecto por cada periodo de tiempo a lo largo del horizonte de evaluación. La estimación de este indicador se hace a partir de un costo implícito que se denomina **Costo de Oportunidad** (CO), que está dado por la rentabilidad que se deja de obtener por no implicar (o por desafectar) el capital de una inversión alternativa factible.

A este costo ha de adicionarse un valor adicional que se le exigirá a la inversión, conocido generalmente con el nombre de **Premio por Riesgo** (PR), en el que se estaría expresando esa ganancia adicional que para el inversionista recompensaría el hecho de asumir el reto de llevar adelante el proyecto con la incertidumbre sobre el logro de los resultados esperados.

PR, entonces, está directamente relacionado con la valoración que se haga del riesgo que presenta un proyecto de inversión, el que depende fundamentalmente del sector económico en que se desarrollará (industrial, comunicaciones, construcción, infraestructura, turismo etc.) y de la capacidad de gestión de la entidad que lo realizará. También el PR conlleva un componente subjetivo importante por parte de los que tienen que tomar la decisión de ejecutar el proyecto, que está justamente relacionado proporcionalmente con su nivel de aversión al riesgo. En esta cuestión, se puede decir que cada decisor requerirá una compensación diferente, debiéndose aceptar muchas veces la inexistencia de fundamentos objetivos.

Matemáticamente: $TAR = r = CO + PR$

Dónde:

CO= Costo de Oportunidad

PR= Premio por Riesgo

Habida cuenta de lo expuesto, no siempre se puede tener una apreciación de PR que pueda tomarse como válida; sin embargo es indiscutible el hecho de que la rentabilidad exigida a un proyecto no puede ser menor que el CO del capital invertido, por esta razón puede tomarse como TAR mínima a este valor, es decir:

$$r_{\min} = CO$$

Cuando se trata de la evaluación de proyectos de inversión que pueden materializarse en diferentes países debe adicionarse a la TAR el **índice de Riesgo País (RP)**, el cual es fijado a escala internacional por consultoras especializadas; el mismo pretende señalar cómo evoluciona el riesgo de invertir en títulos emitidos por gobiernos de países “emergentes” y no cobrar. Se expresa en relación a una tasa que surge de la diferencia entre la tasa de interés que debe pagar para colocar sus títulos un Estado determinado y la tasa de interés que debe pagar Estados Unidos para colocar los suyos, asumiéndose ésta última como tasa “libre de riesgo”. En sí mismo el índice de riesgo país no dice nada, sólo adquiere relevancia al compararlo con el correspondiente a otro país, o al ver su evolución en el tiempo. De esta forma la TAR debería expresarse como:

$$TAR = r = CO + PR + RP$$

Es hacer notar que la TAR también deberá incluir el efecto de la **inflación**, lo que incorpora al análisis un aspecto de cierta complejidad que merece un tratamiento particular.

12.4.4 Valor Actual Neto (VAN)

La técnica del Valor Actual Neto, también conocida como Valor Presente Neto (VPN), es la más conocida y generalmente la mejor aceptada. Consiste en la comparación de todos los ingresos y egresos del proyecto, en un único momento. Convencionalmente se acepta que este momento sea el momento cero, puesto que resulta más sencillo apreciar la magnitud de las cifras mientras más cerca se esté del momento de la toma de decisión.

El VAN resulta de la diferencia entre la Inversión Inicial (FN0) y la suma de los Valores Actuales de cada flujo de fondos proyectado. La expresión matemática que permite su cálculo es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{FN_t}{(1+r)^t} - I_0$$

FNt	Flujo Neto del periodo "t"
r	Tasa de Descuento
n	Cantidad de períodos
I0	Inversión inicial

Puede observarse en la expresión matemática del VAN que éste decrece a medida que aumenta r.

El valor obtenido de VAN representa cuánto más se ganará sobre una inversión alternativa que provee una rentabilidad definida por la TAR. Por esta razón, en la medida que el VAN sea mayor o igual que 0 (cero) el proyecto será económicamente conveniente, frente a una rentabilidad r; en el último caso resultará indiferente, mostrando que el inversionista obtiene exactamente lo que pretendía. Pero si el VAN resulta negativo, estaría indicando cuánto es lo que falta para obtener la rentabilidad esperada r (no siempre significa pérdida de dinero).

12.4.5 Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)

Se sabe que para que un proyecto resulte conveniente a partir del punto en que el VAN es igual a 0, lo que se presenta en la situación en que la suma de los valores actuales de los flujos de fondos iguala a la inversión. La TIR busca determinar hasta qué valor puede el inversionista aumentar la tasa de descuento exigida.

Si el VAN = 0 como:

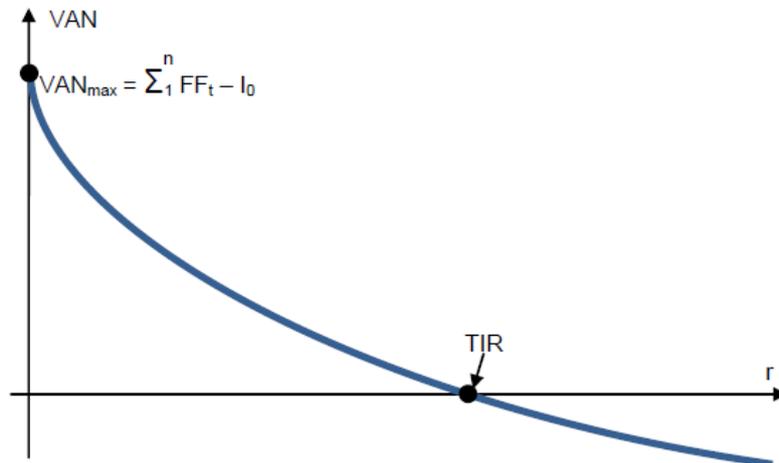
$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{FN_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Luego:

$$\left(\sum_{t=1}^n \frac{FN_t}{(1+r)^t} - I_0 \right) = 0$$

Por lo tanto en esta situación resulta que: **r = TIR, Tasa Interna de Rentabilidad**

La curva que se muestra a continuación representa la variación del VAN en función de la r ; en la misma se puede ver que la TIR es una r particular, cuyo valor está dado por el punto donde la curva intercepta al eje horizontal.



El concepto de la TIR supone que los flujos de fondos son reinvertidos a la misma tasa durante todo el horizonte de evaluación.

A los fines de la evaluación un proyecto de Inversión será conveniente en la medida que la TIR sea mayor a la tasa r . Si la TIR es menor que r indicará que el proyecto de inversión no conviene en relación a una alternativa de inversión que tenga una rentabilidad r . Si la TIR del proyecto es igual a r el mismo resultará indiferente respecto a otro que brinde una rentabilidad de r .

A pesar de parecer de gran utilidad, la TIR presenta inconvenientes en su interpretación y dificultad para señalar qué proyecto es mejor entre varios excluyentes. Así también, como el cálculo de la TIR se basa en la resolución de un polinomio de grado "n", la solución puede no ser única, esto significa que puede resultar más de una tasa.

12.4.6 Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

Es una técnica de uso complementario a la del VAN. Cuando se trata de comparar proyectos que tengan un valor de VAN similar puede resultar relevante

analizar el tiempo requerido para recuperar la inversión. Es conocido también como "Pay-Back".

En economías turbulentas o proyectos de gran riesgo, ésta puede ser una técnica importante, sin embargo difícilmente se tomará una decisión estrictamente basada en ella, en situaciones estables o conocidas. El cálculo del PRI, se puede realizar de dos formas:

- Acumulación de los Flujos de Fondos Netos (FNT) de cada período hasta igualar la inversión inicial (I0).
- Acumulación de los Valores Actuales de cada uno de los Flujos de Fondos (VAFNT) de cada período hasta igualar la inversión inicial (I0).

El segundo caso es el realmente válido por cuanto incorpora también el costo de capital.

12.4.7 Relación Beneficio/Costo (B/C)

Esta técnica resulta de realizar el cociente entre los beneficios actualizados y los costos actualizados del proyecto.

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

Bt	Beneficio del período "t" (ingresos)
Ct	Costo del período "t" (egresos)
r	Tasa de descuento
n	Cantidad de períodos

En este caso se debe entender por costos a todo tipo de egresos incluidos los correspondientes a la inversión inicial.

En este criterio el punto de corte se centra en el valor 1, admitiéndose que un proyecto de inversión será conveniente en la medida que B/C resulte mayor o igual a este valor.

En general se puede decir que este criterio no contribuye a mejorar la toma de decisión, puesto que cuando se trata de un único proyecto conduce al mismo resultado que la VAN, y cuando se trata de varios, brinda un número que en sí no permite determinar cuanto mejor o peor es uno respecto del otro.

12.4.8 Índice de Rentabilidad (IR)

Se calcula como la razón matemática que se presenta a continuación:

$$IR = \frac{\sum_1^n \frac{FN_t}{(1+r)^t}}{I_0}$$

Al igual que en el caso del PRI, podemos decir que el IR es un indicador complementario al VAN, por lo que cuando existen varios proyectos excluyentes, no resulta confiable.

12.4.9 Análisis de sensibilidad

Con lo visto hasta el momento, debemos interpretar que los modelos propuestos, en realidad sólo evalúan una situación que se visualiza como más probable para el proyecto, y que tenga muchas posibilidades de cambiar, por ello es que se considera conveniente complementar la evaluación con otros análisis que se denominan de “sensibilidad”.

El análisis de sensibilidad consiste en estudiar cuánto varía un indicador de rentabilidad utilizado para evaluar el proyecto (por ejemplo, el VAN), al variar los valores de las distintas variables que componen el flujo de fondos (por ejemplo, el precio de venta del producto).

También se podrá determinar el punto límite de variación de una variable para que un indicador mantenga la aceptabilidad de un proyecto, el cual conocido por el inversionista, le permitirá tomar su decisión en función de su propia aversión al riesgo.

El análisis de sensibilidad se puede hacer en forma unidimensional, es decir cambiando una variable por vez, o multidimensional estableciendo cambios para más de una variable en forma simultánea.

En el análisis multidimensional resulta fundamental la selección de las variables en función del grado de incertidumbre y de la magnitud del cambio que puedan producir en el proyecto.

12.4.10 Análisis cuantitativo de Riesgo: Simulación Montecarlo

En los modelos basados en el análisis cuantitativo del riesgo cada variable es representada por una distribución de probabilidad y no por un valor único estimado como es en el caso de los modelos Determinísticos. Así los indicadores de evaluación económica dejan de ser una variable determinística para convertirse en una variable aleatoria cuyo comportamiento puede ser descripto por una distribución de probabilidad.

A los efectos de estimar el riesgo que presentará un proyecto, en función de las variaciones de las variables más significativas se puede emplear un método estadístico numérico conocido como Simulación Monte Carlo.

El método se basa en la definición de una ley y un rango de variación posible para cada una de las variables que se han identificado como las más significativas en relación a la estimación del de un indicador de evaluación de proyecto. Con estas definiciones se realiza computacionalmente una cantidad grande de experimentos de cálculo del indicador de evaluación tomando valores aleatorios (valores concretos) para cada una de dichas variables, dentro del rango establecido y respondiendo a la ley de variación adoptada. Luego se realiza el procesamiento estadístico de los valores obtenidos del indicador de evaluación.



Se suele adoptar como estimador del riesgo de un proyecto de inversión la desviación estándar (σ) del conjunto de los valores de un indicador de evaluación obtenidos con el método de simulación Montecarlo.

El análisis será tanto más preciso cuanto mayor sea el número n de experimentos que se lleven a cabo.

Anexos

Anexo 1.1: Biomasa disponible en Argentina

REFERENCIAS: TIPO DE INDUSTRIA			
1	Aserraderos de monte nativo	5	Ind. manicera
2	Aserraderos de cultivos energéticos	6	Ind. olivícola
3	Molinos arroceros	7	Ind. azucarera
4	Ind. algodonera		

Provincia	1	2	3	4	5	6	7	Total fuentes indirectas
Toneladas anuales en base seca								
Ciudad de Bs. As.	-	-	5.378	-	-	-	-	5.378
Bs. As.	17.494	-	-	-	-	-	-	17.494
Catamarca	128	-	-	-	-	25.448	32.003	57.579
Córdoba	3.831	-	-	319	180.011	-	-	184.161
Corrientes	19.920	497.083	29.046	5.857	-	-	-	551.906
Chaco	16.728	-	-	34.737	-	-	-	51.465
Chubut	1.149	-	-	-	-	-	-	1.149
Entre Ríos	6.768	153.714	84.450	-	-	-	-	244.932
Formosa	12.769	-	-	2.172	-	-	-	14.941
Jujuy	7.534	-	-	160	-	-	303.495	311.189
La Pampa	1.405	-	-	-	-	-	-	1.405
La Rioja	-	-	-	-	-	48.193	-	48.193
Mendoza	4.597	-	-	-	-	114.402	-	118.999
Misiones	647.011	193.952	2.648	-	-	-	2.736	846.347
Neuquén	2.809	-	-	-	-	-	-	2.809
Río Negro	3.320	-	-	-	-	-	-	3.320
Salta	55.035	-	-	2.738	-	-	135.089	192.862
San Juan	2.043	-	-	-	-	45.490	-	47.533
San Luis	766	-	-	-	-	-	-	766
Santa Cruz	383	-	-	-	-	-	-	383
Santa Fe	6.385	-	6.111	1.985	-	-	19.847	34.328
Santiago de Estero	11.748	-	-	6.343	-	-	-	18.091
Tucumán	10.981	-	-	-	-	-	881.012	891.993
Tierra del Fuego	255	-	-	-	-	-	-	255
Total	833.059	844.749	127.633	54.311	180.011	233.533	1.374.182	3.647.478

Fuente: Análisis de balance de energía derivada de biomasa en argentina 'Wisdom Argentina' – informe final, 2009.

Anexo 1.2: Precio de los combustibles

Se muestra el precio de referencia utilizado, considerando un dólar de referencia de 15.618 \$:

COMBUSTIBLE	PREC. REF	PLANTA	PCI	DENSIDAD
FUEL OIL	5549.07 \$/t	La Plata	9800 kcal/kg.	945 kg/m ³
GAS OIL	6871.58 \$/m ³	La Plata	10400 kcal/kg.	825 kg/m ³
Uranio CNA I	15065.72 \$/kg.U	CN Atucha	221.76 kcal/mg	
Uranio CNE	5084.22 \$/kg.U	CN Embalse	148.24 kcal/mg	
Uranio CNA II	10309.51 \$/kg.U	CN Atucha II	164.81 kcal/mg	

Precios de referencia del gas [\$/Dam³]:

Por resolución MEyM N° 0041/ 2016 , el Ministerio de Energía y Minería informó los precios por Cuencas Productoras correspondientes al mes de Abril 2016 en U\$S/MMBTU. Éstos, referenciados a \$/dam³ con la misma cotización del dólar del BCRA utilizada para el cálculo de los precios de referencia del FO y GO, fueron los utilizados para calcular los Precios de Referencia Gas correspondientes a la actual declaración.

ZONA	SUB ZONA		
		ID	IT
BAN		3541.08	3499.92
Metropolitana	Capital Federal	3270.80	3253.66
	Buenos Aires	3275.99	3258.76
Litoral	Buenos Aires	3202.12	3186.51
	Santa Fe	3196.77	3181.32
Noroeste	Salta	2911.62	2893.17
	Tucumán	2959.72	2941.27
Centro	Córdoba	3130.9	3117.93
	La Rioja Catamarca	3130.9	3117.93
Cuyo	Cuyo Mendoza	3332.52	3318.15
	Cuyo San Juan	3333.59	3319.13
	Cuyo San Luis	3332.95	3318.54
Pampeana	Buenos Aires	3238.9	3222.41
	Bahía Blanca	3193.53	3176.92
	La Pampa Norte	3333.98	3325.74
	La Pampa Sur	3293.22	3284.98
Sur	Neuquén Neuquén	3230.59	3223.09

ZONA	SUB ZONA		
		ID	IT
	Neuquén. Chubut Río Negro	3229.82	3222.35
	Cordillerano Neuquén.	3238.06	3230.56
	Cord. Chubut Río Negro	3229.82	3222.35
	Tierra del Fuego	2616.97	2606.95
	Santa Cruz Sur	2701.07	2693.59
	Chubut Sur	2774.21	2764.25
	Bs. Aires Sur Bs. Aires		
	Bs. As Sur Chubut Río Negro	2829.45	2821.99
	NEUQUÉN BOCA DE POZO	3187.42	3187.42

GRAN USUARIO "IT": Servicio disponible para cualquier cliente de la Distribuidora con conexión directa al Sistema de Transporte. El cliente no debe utilizar el gas para usos domésticos ni ser una estación GNC, ni un Subdistribuidor, y comprar una cantidad mínima contractual de 3.000.000 de m³/año (y un plazo contractual no menor a doce meses). Como su nombre lo indica, el servicio se presta en condiciones de interrumpibilidad, es decir, que está sujeto a cortes y/o restricciones en situaciones de escasez o emergencia.

GRAN USUARIO "ID": Servicio para un cliente que no utiliza el gas para usos domésticos y que no es una estación GNC, ni un Subdistribuidor, siempre que haya celebrado un contrato de servicio de gas que incluya una cantidad mínima anual de 3.000.000 m³, y un plazo contractual no menor a doce meses en todos los casos. El servicio prestado es interrumpible.

Fuente: Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico SA. (CAMMESA).
http://portalweb.cammesa.com/memnet1/revistas/estacional/precios_de_combustibles.html

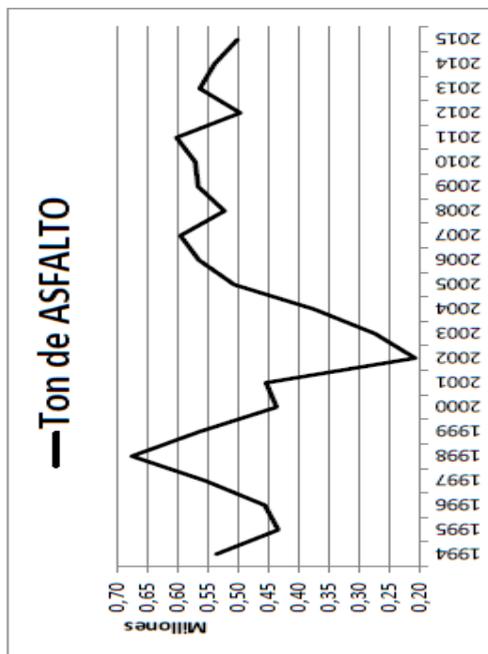
Anexo 3.1: Asfalto, toneladas vendidas al mercado



Tablas Dinámicas de Downstream de la Secretaría de Energía de la Nación Argentina

12/2015

ASFALTO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	Total AÑO
1994	44.853	45.769	43.805	42.209	42.412	34.829	35.229	43.775	48.103	51.474	58.663	45.356	536.477
1995	44.032	39.480	39.474	32.963	38.052	29.637	27.473	30.085	35.602	36.731	42.965	37.438	433.922
1996	34.540	41.051	46.195	43.519	45.359	32.367	33.588	34.660	32.214	39.255	41.707	31.887	456.342
1997	44.139	43.790	46.837	50.736	34.034	31.852	42.922	47.889	57.848	60.874	47.355	46.006	554.282
1998	67.098	49.191	76.378	58.567	59.042	51.134	52.316	55.506	49.425	59.203	48.610	49.251	675.721
1999	38.667	49.833	42.985	48.282	42.781	42.192	39.020	59.968	45.175	57.823	59.998	37.900	564.624
2000	44.702	42.916	42.545	31.371	32.757	33.234	28.922	33.503	30.358	34.705	42.204	39.644	436.861
2001	41.666	25.854	43.187	39.729	40.382	37.436	35.392	36.657	37.705	38.411	48.534	29.260	454.213
2002	14.684	19.257	18.824	19.365	19.047	16.297	13.379	16.062	16.548	17.299	21.109	15.610	207.481
2003	19.255	16.087	19.284	19.093	20.226	17.952	20.253	19.729	27.247	32.751	32.521	29.333	273.731
2004	34.897	36.764	36.465	29.026	18.293	27.517	22.563	26.662	35.177	35.184	37.226	35.514	375.288
2005	45.515	43.236	45.065	45.343	42.100	29.577	32.693	42.497	47.993	43.891	48.356	40.257	506.523
2006	45.902	45.408	56.787	47.815	50.990	37.404	43.574	49.681	37.620	40.731	60.139	49.034	565.085
2007	53.628	50.673	56.484	50.448	53.277	46.515	45.318	51.877	43.067	53.791	54.031	36.690	595.798
2008	39.546	48.514	48.234	60.346	49.030	31.641	36.831	36.941	44.808	41.302	45.665	39.916	522.772
2009	48.604	47.395	52.286	52.642	46.904	51.996	47.015	50.769	39.585	44.863	45.725	38.734	586.518
2010	45.426	43.519	49.997	53.290	46.334	43.061	39.790	45.755	48.313	46.562	57.272	51.777	571.096
2011	51.807	53.592	61.084	57.417	49.125	43.833	44.579	49.849	53.952	43.407	46.941	46.440	602.026
2012	46.814	43.901	57.555	40.978	38.757	34.220	34.183	32.393	39.432	41.344	51.052	36.239	496.868
2013	41.523	44.020	47.212	44.622	47.124	42.574	47.878	53.217	52.023	54.642	48.874	39.750	563.458
2014	39.757	36.495	49.919	46.855	44.838	43.395	45.935	41.771	48.449	55.543	45.187	41.280	539.422
2015	38.765	43.566	45.964	48.652	45.197	44.946	44.412	36.914	47.605	42.560	36.282	26.084	500.945



Anexo 5.1: Refinerías de petróleo en Argentina (2014)

Nombre	Cap. Nominal (bbl/d)*	Ubicación	Propietario
Refinería de La Plata	189.000	Ensenada, Bs. As.	YPF
Refinería de Lujan de Cuyo	126.000	Luján de Cuyo, Mendoza	YPF
Destilería Dock Sud-2	100.000	Dock Sud, Bs. As.	Shell CAPSA
Refinería campana (ex ESSO)	90.000	Campana, Bs. As.	Axión Energy
Refinería de San Lorenzo	50.000	San Lorenzo, Santa Fe	OIL
Refinería de Bahía Blanca	32.000	Bahía Blanca, Bs. As.	Petrobras
Refinería de Campo Durán	30.000	Campo Durán, Salta	Refinor
Refinería de Plaza Huincul-1	26.000	Plaza Huincul, Neuquén	YPF
RENESA	6.250	Plaza Huincul, Neuquén	Petrolera Argentina
Refinería de Plaza Huincul-2	3.437	Plaza Huincul, Neuquén	Petrolera Argentina
Destilería Dock Sud-1	1.300	Dock Sud, Bs. As.	DAPSA

(*): Barriles por día.

Fuente: Consultoría de energía Ing. Andreotti

Anexo 5.1: Fuentes de abastecimiento y tipos de biocombustibles

Produccion, Oferta	Tipo de Biocombustible	Usos, ejemplos de biocombustibles
Dendrocombustibles Directos	DENDROCOMBUSTIBLES	Sólidos: leña, rollizos, chips, aserrín, carbón vegetal
Dendrocombustibles Indirectos		Líquidos: licor negro, etanol.
Dendrocombust. Recuperados		Gaseosos: gas de pirólisis
Cultivos Energéticos	AGROCOMBUSTIBLES	Sólidos: paja, tallos, cáscaras, bagazo
Subproductos Animales		Líquidos: etanol, biodiesel
Subproductos de la Agro-industria		Gaseosos: gas de pirólisis
CENTROS URBANOS	SUBPRODUCTOS MUNICIPALES	Sólidos: residuos sólidos urbanos
		Líquidos: efluentes cloacales, bioaceite de pirólisis
		Gaseosos: biogas, gas de pirólisis

Fuente: TUB, Terminología Unificada sobre Bioenergía, [FAO. 2004a]

Anexo 5.2: Clasificación de las fuentes de biocombustibles por sus características (adaptado de TUB, FAO 2004a)

FUENTES DE BIOMASA		Biomasa leñosa	Biomasa Herbácea	Biomasa de frutas y semillas	Otras (incluidas las mezclas)
		DENDROCOMBUSTIBLES	AGROCOMBUSTIBLES		
Cultivos energéticos	Directa	*Arboles de bosques energéticos *Arboles de plantaciones energéticas	*Pasturas energéticas *Cultivos energéticos de cereales enteros	*Cereales energéticos	
Subproductos		*Subproductos de raleos *Subproductos de la extracción	Subproductos agrícolas:		*Subproductos animales *Subproductos hortícolas *Subproductos paisajísticos
	Indirecta	*Subproductos de la industria de la madera *Licor negro	*Pajilla	*Huesos, cascaras, vainas.	
Materiales derivados de otros usos	De recuperación	*Madera usada	*Productos de fibra usados	*Productos de frutas y semillas usadas	SUBPRODUCTOS DE ORIGEN MUNICIPAL
					*Desperdicios de cocina *Fangos de aguas residuales

Fuente: Análisis de balance de energía derivada de biomasa en argentina 'Wisdom Argentina' – informe final, 2009.

Anexo 5.3: Residuos por actividad y para cada provincia

Referencias			
1	Residuos de Poda de cítricos	7	Residuos de Bagazo no utilizados
2	Residuos de poda de vid	8	Residuos cáscara maní
3	Residuos de poda de otros Frutales	9	Residuos Industria Arrocería
4	Residuos poda de olivo	10	Residuos desmote Algodón
5	Residuos Arroz en campo	11	Residuos de orujo de oliva
6	Residuos Agrícolas Cañeros (RAC)	12	Residuos de aserraderos

PROV.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Valores expresados en toneladas de biomasa en base seca por año													
BUENOS AIRES	16.300	78	37.658	0	0	0	0	0	0	0	0	17.399	71.436
CAPITAL FEDERAL	0	0	0	0	0	0	0	0	5.378	0	0	0	5.378
CATAMARCA	5.147	9.315	28.025	91.742	0	63	32.003	0	0	0	25.448	127	192.470
CHACO	232	0	404	0	10.765	0	0	0	0	34.737	0	16.702	62.839
CHUBUT	0	24	2.210	0	0	0	0	0	0	0	0	1.143	3.377
CORDOBA	204	711	6.378	0	0	0	0	180.011	0	319	0	3.810	191.433
CORRIENTES	73.107	0	663	0	173.621	0	0	0	29.046	5.857	0	516.984	799.877
ENTRE RIOS	141.850	42	2.321	0	144.585	0	0	0	84.450	0	0	160.445	533.693
FORMOSA	3.304	0	17	0	12.303	0	0	0	0	2.172	0	12.759	30.555
JUJUY	20.135	207	4.533	0	0	161.641	85.285	0	0	160	0	7.527	279.487
LA PAMPA	0	285	2.723	0	0	0	0	0	0	0	0	1.397	4.405
LA RIOJA	554	21.846	22.846	98.331	0	0	0	0	0	0	48.193	0	191.770
MENDOZA	0	361.503	296.597	35.786	0	0	0	0	0	0	114.399	4.572	812.857
MISIONES	24.887	0	1.077	0	769	0	2.736	0	2.648	0	0	840.935	873.052
NEUQUEN	0	2.131	46.776	0	0	0	0	0	0	0	0	2.794	51.701
RIO NEGRO	0	4.768	221.829	0	0	0	0	0	0	0	0	3.302	229.899
SALTA	17.406	5.094	3.244	0	0	52.609	135.089	0	0	2.738	0	55.021	271.201
SAN JUAN	13	113.516	26.592	16.272	0	0	0	0	0	0	45.490	2.032	203.914
SAN LUIS	3	0	193	0	0	0	0	0	0	6.343	0	762	7.301
SANTA CRUZ	0	0	1.100	0	0	0	0	0	0	0	0	381	1.481
SANTA FE	1.572	0	3.671	0	46.907	0	19.847	0	6.111	1.985	0	6.350	86.443
SANTIAGO DEL ESTERO	1.986	49	3.102	0	0	4.500	0	0	0	0	0	11.742	18.588
TIERRA DEL FUEGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	254	254
TUCUMAN	102.872	124	2.435	0	0	697.359	881.011	0	0	0	0	10.973	1.694.775
TOTALES	410.772	519.692	711.601	242.131	388.950	916.172	1.155.971	180.011	127.633	54.310	233.530	1.677.411	6.618.183

Fuente: análisis del balance de energía derivada de biomasa en argentina 'WISDOM argentina' – informe final.

Anexo 5.4: Consumo de combustibles biomásicos por provincia [toneladas en base seca por año]

Provincia	Sector residencial		Restaurantes y asados		Panaderías	Ladrilleras	Secaderos de Yerba mate y té	Consumo Total	
	2001	2007	Carbón	Leña o leña-equiv.				2001	2007
	Leña o leña-equivalente	Leña o leña-equivalente			Leña	Leña	Leña o leña-equivalente	Leña o leña-equivalente	
2 Ciudad de Bs. As	1.080	1.620	67.534	337.672	20.266	0		359.018	359.558
6 Buenos Aires	54.482	81.722	248.390	1.241.950	272.147	649.747		2.218.326	2.245.566
10 Catamarca	30.427	45.641	3.809	19.046	12.303	22.180		83.956	99.169
14 Córdoba	41.788	62.682	51.509	257.543	26.578	112.417		438.326	459.219
18 Corrientes	131.836	197.754	11.924	59.619	61.166	44.217	32.733	329.572	395.490
22 Chaco	162.890	244.335	12.709	63.544	64.679	46.287		337.399	418.844
26 Chubut	23.702	35.553	6.704	33.520	16.958	28.448		102.628	114.479
30 Entre Ríos	64.962	97.443	17.239	86.196	11.442	67.244		229.844	262.325
34 Formosa	97.781	146.671	5.826	29.129	31.968	24.095		182.973	231.863
38 Jujuy	73.516	110.274	7.881	39.403	9.972	35.144		158.035	194.793
42 La Pampa	3.163	4.745	4.874	24.368	11.550	20.020		59.102	60.684
46 La Rioja	14.167	21.251	3.726	18.628	10.501	19.538		62.835	69.918
50 Mendoza	22.808	34.211	21.822	109.112	30.355	89.952		252.226	263.630
54 Misiones	250.661	375.992	11.181	55.904	63.435	46.388	239.581	655.969	781.299
58 Neuquén	12.076	18.114	7.504	37.521	10.676	20.665		80.938	86.976
62 Río Negro	26.327	39.490	8.321	41.606	6.843	30.401		105.177	118.341
66 Salta	138.351	207.527	13.282	66.409	21.599	52.598		278.956	348.132
70 San Juan	15.876	23.814	8.566	42.829	11.805	40.929		111.440	119.378
74 San Luis	11.771	17.657	5.797	28.983	5.586	25.116		71.456	77.342
78 Santa Cruz	2.381	3.572	3.408	17.041	12.940	13.878		46.240	47.431
82 Santa Fe	45.687	68.530	51.539	257.694	95.843	91.023		490.247	513.090
86 Santiago del Estero	169.855	254.783	7.773	38.866	44.922	37.383		291.026	375.953
90 Tucumán	80.248	120.372	16.509	82.546	14.301	61.361		238.456	278.580
94 Tierra del Fuego	861	1.292	1.781	8.906	3.411	87		13.265	13.696
Total	1.476.696	2.215.044	599.607	2.998.035	871.246	1.579.117	272.314	7.197.408	7.935.756

Fuente: Análisis de balance de energía derivada de biomasa en argentina 'Wisdom Argentina' – informe final.

Anexo 5.5: Costo de transporte de biomasa

Km	Precio de referencia		Variación % en \$/Km/T en decremento	Variación % en \$/Km/T en incremento	Precio de transportista	
	\$/T	\$/Km/T			\$/T	\$/Km/T
50	\$ 189,64	\$ 3,79		34,6%	\$ 143,17	\$ 2,86
100	\$ 281,83	\$ 2,82	25,7%	20,1%	\$ 212,76	\$ 2,13
150	\$ 352,09	\$ 2,35	16,7%	10,3%	\$ 265,80	\$ 1,77
200	\$ 425,70	\$ 2,13	9,3%	5,1%	\$ 321,37	\$ 1,61
250	\$ 506,07	\$ 2,02	4,9%	1,9%	\$ 382,05	\$ 1,53
300*	\$ 596,08	\$ 1,99	1,8%	3,1%	\$ 450,00	\$ 1,50
350	\$ 674,62	\$ 1,93	3,0%	5,4%	\$ 509,29	\$ 1,46
400	\$ 731,54	\$ 1,83	5,1%	9,1%	\$ 552,26	\$ 1,38
450	\$ 754,53	\$ 1,68	8,3%	7,3%	\$ 569,62	\$ 1,27
500	\$ 781,65	\$ 1,56	6,8%	9,2%	\$ 590,09	\$ 1,18
550	\$ 787,50	\$ 1,43	8,4%	6,4%	\$ 594,51	\$ 1,08
600	\$ 807,34	\$ 1,35	6,0%	5,8%	\$ 609,49	\$ 1,02
650	\$ 826,90	\$ 1,27	5,5%	5,4%	\$ 624,25	\$ 0,96
700	\$ 845,28	\$ 1,21	5,1%	2,7%	\$ 638,13	\$ 0,91
750	\$ 881,74	\$ 1,18	2,6%	3,6%	\$ 665,65	\$ 0,89
800	\$ 907,73	\$ 1,13	3,5%	2,2%	\$ 685,27	\$ 0,86
850	\$ 943,52	\$ 1,11	2,2%	2,7%	\$ 712,29	\$ 0,84
900	\$ 972,71	\$ 1,08	2,6%	4,5%	\$ 734,33	\$ 0,82
950	\$ 982,44	\$ 1,03	4,3%	1,7%	\$ 741,68	\$ 0,78
1000	\$ 1.016,97	\$ 1,02	1,7%	1,6%	\$ 767,74	\$ 0,77
1050	\$ 1.051,50	\$ 1,00	1,5%	1,0%	\$ 793,81	\$ 0,76
1100	\$ 1.090,47	\$ 0,99	1,0%	1,3%	\$ 823,23	\$ 0,75
1150	\$ 1.125,20	\$ 0,98	1,3%	1,2%	\$ 849,45	\$ 0,74
1200	\$ 1.159,82	\$ 0,97	1,2%	1,1%	\$ 875,59	\$ 0,73
1250	\$ 1.194,55	\$ 0,96	1,1%	1,1%	\$ 901,80	\$ 0,72
1300	\$ 1.228,80	\$ 0,95	1,1%	1,0%	\$ 927,66	\$ 0,71
1350	\$ 1.263,51	\$ 0,94	1,0%	0,9%	\$ 953,86	\$ 0,71
1400	\$ 1.298,23	\$ 0,93	0,9%	0,9%	\$ 980,08	\$ 0,70
1450	\$ 1.332,93	\$ 0,92	0,9%	0,8%	\$ 1.006,27	\$ 0,69
1500	\$ 1.367,64	\$ 0,91	0,8%		\$ 1.032,48	\$ 0,69

Fuente: Federación de transportadores Argentinos y transportistas privados.

(*) En rojo se indica el valor de del transportista, el cual se extrapola según la variación del precio de referencia para otras distancias.

Anexo 5.6: Costo de flete más carga para transportar 245.000 Mcal (un equipo de 25 T de fueloil) para todas las alternativas consideradas

Poder calorífico			Costos				Transporte			Factor de carga				
Fuel Oil : 9800	Kcal/Kg	Fuel Oil : \$ 6.500,00	\$/T	Capacidad : 25	T	Pellet fabricado	2,6							
Pellet fabricado : 3800	Kcal/Kg	Pellet fabricado : \$ 1.000,00	\$/T			Pellet proveedor	2,0							
Pellet proveedor : 4800	Kcal/Kg	Pellet proveedor : \$ 1.600,00	\$/T											
PELLET	FUEL OIL		PELLET FABRICADO				PELLET PROVEEDOR							
	\$/Km/T	Km	\$ transporte	\$ carga	\$ totales	% influencia transporte	\$ transporte	\$ carga	\$ totales	% influencia transporte	\$ transporte	\$ carga	\$ totales	% influencia transporte
\$ 3,79	50	\$ 4.651	\$ 162.500	\$ 167.151	\$ 73.704	3%	\$ 9.230	\$ 64.474	\$ 73.704	13%	\$ 9.230,4	\$ 81.667	\$ 90.897	10%
\$ 2,82	100	\$ 6.912	\$ 162.500	\$ 169.412	\$ 78.191	4%	\$ 13.718	\$ 64.474	\$ 78.191	18%	\$ 13.717,6	\$ 81.667	\$ 95.384	14%
\$ 2,35	150	\$ 8.635	\$ 162.500	\$ 171.135	\$ 81.611	5%	\$ 17.137	\$ 64.474	\$ 81.611	21%	\$ 17.137,4	\$ 81.667	\$ 98.804	17%
\$ 2,13	200	\$ 10.440	\$ 162.500	\$ 172.940	\$ 85.194	6%	\$ 20.720	\$ 64.474	\$ 85.194	24%	\$ 20.720,2	\$ 81.667	\$ 102.387	20%
\$ 2,02	250	\$ 12.411	\$ 162.500	\$ 174.911	\$ 89.106	7%	\$ 24.632	\$ 64.474	\$ 89.106	28%	\$ 24.632,1	\$ 81.667	\$ 106.299	23%
\$ 1,99	300	\$ 14.619	\$ 162.500	\$ 177.119	\$ 93.487	8%	\$ 29.013	\$ 64.474	\$ 93.487	31%	\$ 29.013,2	\$ 81.667	\$ 110.680	26%
\$ 1,93	350	\$ 16.545	\$ 162.500	\$ 179.045	\$ 97.310	9%	\$ 32.836	\$ 64.474	\$ 97.310	34%	\$ 32.836,0	\$ 81.667	\$ 114.503	29%
\$ 1,83	400	\$ 17.941	\$ 162.500	\$ 180.441	\$ 100.080	10%	\$ 35.606	\$ 64.474	\$ 100.080	36%	\$ 35.606,4	\$ 81.667	\$ 117.273	30%
\$ 1,68	450	\$ 18.505	\$ 162.500	\$ 181.005	\$ 101.199	10%	\$ 36.725	\$ 64.474	\$ 101.199	36%	\$ 36.725,4	\$ 81.667	\$ 118.392	31%
\$ 1,56	500	\$ 19.170	\$ 162.500	\$ 181.670	\$ 102.519	11%	\$ 38.045	\$ 64.474	\$ 102.519	37%	\$ 38.045,5	\$ 81.667	\$ 119.712	32%
\$ 1,43	550	\$ 19.313	\$ 162.500	\$ 181.813	\$ 102.804	11%	\$ 38.330	\$ 64.474	\$ 102.804	37%	\$ 38.330,2	\$ 81.667	\$ 119.997	32%
\$ 1,35	600	\$ 19.800	\$ 162.500	\$ 182.300	\$ 103.770	11%	\$ 39.296	\$ 64.474	\$ 103.770	38%	\$ 39.295,9	\$ 81.667	\$ 120.963	32%
\$ 1,27	650	\$ 20.280	\$ 162.500	\$ 182.780	\$ 104.722	11%	\$ 40.248	\$ 64.474	\$ 104.722	38%	\$ 40.247,9	\$ 81.667	\$ 121.915	33%
\$ 1,21	700	\$ 20.730	\$ 162.500	\$ 183.230	\$ 105.616	11%	\$ 41.143	\$ 64.474	\$ 105.616	39%	\$ 41.142,5	\$ 81.667	\$ 122.809	34%
\$ 1,18	750	\$ 21.625	\$ 162.500	\$ 184.125	\$ 107.391	12%	\$ 42.917	\$ 64.474	\$ 107.391	40%	\$ 42.917,2	\$ 81.667	\$ 124.584	34%
\$ 1,13	800	\$ 22.262	\$ 162.500	\$ 184.762	\$ 108.656	12%	\$ 44.182	\$ 64.474	\$ 108.656	41%	\$ 44.182,2	\$ 81.667	\$ 125.849	35%
\$ 1,11	850	\$ 23.140	\$ 162.500	\$ 185.640	\$ 110.398	12%	\$ 45.924	\$ 64.474	\$ 110.398	42%	\$ 45.924,2	\$ 81.667	\$ 127.591	36%
\$ 1,08	900	\$ 23.856	\$ 162.500	\$ 186.356	\$ 111.819	13%	\$ 47.345	\$ 64.474	\$ 111.819	42%	\$ 47.345,0	\$ 81.667	\$ 129.012	37%
\$ 1,03	950	\$ 24.094	\$ 162.500	\$ 186.594	\$ 112.292	13%	\$ 47.819	\$ 64.474	\$ 112.292	43%	\$ 47.818,6	\$ 81.667	\$ 129.485	37%
\$ 1,02	1000	\$ 24.941	\$ 162.500	\$ 187.441	\$ 113.973	13%	\$ 49.499	\$ 64.474	\$ 113.973	43%	\$ 49.499,2	\$ 81.667	\$ 131.166	38%
\$ 1,00	1050	\$ 25.788	\$ 162.500	\$ 188.288	\$ 115.654	14%	\$ 51.180	\$ 64.474	\$ 115.654	44%	\$ 51.179,9	\$ 81.667	\$ 132.847	39%
\$ 0,99	1100	\$ 26.744	\$ 162.500	\$ 189.244	\$ 117.550	14%	\$ 53.077	\$ 64.474	\$ 117.550	45%	\$ 53.076,7	\$ 81.667	\$ 134.743	39%
\$ 0,98	1150	\$ 27.596	\$ 162.500	\$ 190.096	\$ 119.241	15%	\$ 54.767	\$ 64.474	\$ 119.241	46%	\$ 54.767,2	\$ 81.667	\$ 136.434	40%
\$ 0,97	1200	\$ 28.445	\$ 162.500	\$ 190.945	\$ 120.926	15%	\$ 56.452	\$ 64.474	\$ 120.926	47%	\$ 56.452,2	\$ 81.667	\$ 138.119	41%
\$ 0,96	1250	\$ 29.296	\$ 162.500	\$ 191.796	\$ 122.616	15%	\$ 58.143	\$ 64.474	\$ 122.616	47%	\$ 58.142,6	\$ 81.667	\$ 139.809	42%
\$ 0,95	1300	\$ 30.136	\$ 162.500	\$ 192.636	\$ 124.283	16%	\$ 59.810	\$ 64.474	\$ 124.283	48%	\$ 59.809,7	\$ 81.667	\$ 141.476	42%
\$ 0,94	1350	\$ 30.988	\$ 162.500	\$ 193.488	\$ 125.973	16%	\$ 61.499	\$ 64.474	\$ 125.973	49%	\$ 61.499,2	\$ 81.667	\$ 143.166	43%
\$ 0,93	1400	\$ 31.839	\$ 162.500	\$ 194.339	\$ 127.663	16%	\$ 63.189	\$ 64.474	\$ 127.663	49%	\$ 63.189,1	\$ 81.667	\$ 144.856	44%
\$ 0,92	1450	\$ 32.690	\$ 162.500	\$ 195.190	\$ 129.352	17%	\$ 64.878	\$ 64.474	\$ 129.352	50%	\$ 64.878,1	\$ 81.667	\$ 146.545	44%
\$ 0,91	1500	\$ 33.541	\$ 162.500	\$ 196.041	\$ 131.041	17%	\$ 66.567	\$ 64.474	\$ 131.041	51%	\$ 66.567,5	\$ 81.667	\$ 148.234	45%

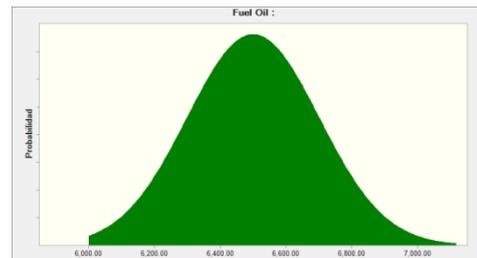
Anexo 10.1: Distribución de variables tomadas para estudio económico

Suposición: fueloil :

Normal distribución con parámetros:

Media 6,500.00
Desv est 200.00

El rango seleccionado es de 6,000.00 a ∞



Suposición: km promedio realizados por año :

Triangular distribución con parámetros:

Mínimo 50.00
Más probable 70.00
Máximo 90.00

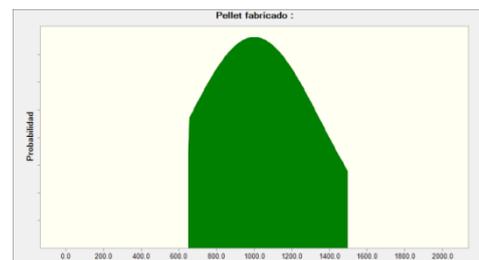


Suposición: Pellet fabricado :

Normal distribución con parámetros:

Media 1000.0
Desv est 350.0

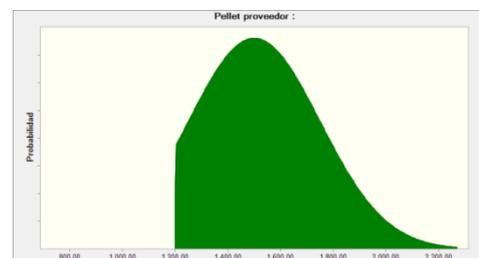
El rango seleccionado es de 650.0 a 1500.0



Suposición: Pellet proveedor :

Normal distribución con parámetros:

Media 1,500.00
Desv est 250.00



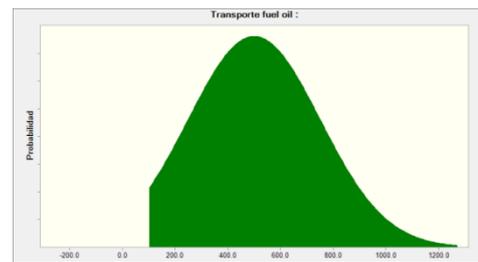
El rango seleccionado es de 1,200.00 a ∞

Suposición: Transporte fueloil :

Normal distribución con parámetros:

Media 500.0
Desv est 250.0

El rango seleccionado es de 100.0 a ∞

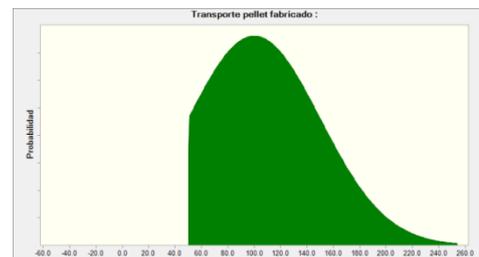


Suposición: Transporte pellet fabricado :

Normal distribución con parámetros:

Media 100.0
Desv est 50.0

El rango seleccionado es de 50.0 a ∞

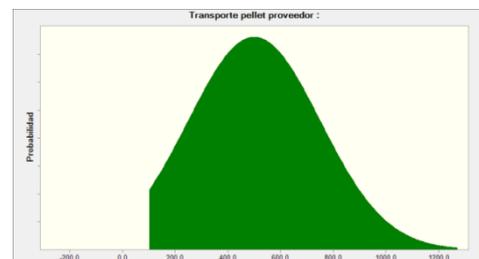


Suposición: Transporte pellet proveedor :

Normal distribución con parámetros:

Media 500.0
Desv est 250.0

El rango seleccionado es de 100.0 a ∞



Bibliografía

Sapag Chain, N.&Sapag Chain,R 2000, Formulación y Evaluación de Proyectos, McGraw-Hill.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Curso Pro-biomasa “De la biomasa a la energía renovable: Dendroenergía en Argentina”, 2016.

Protocolo de Kyoto, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), 1997.

Acuerdo de Paris, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), 2015.

Análisis del balance de energía derivada de biomasa en argentina ‘WISDOM argentina’ – informe final. Ministerio de Agricultura, Pesca y Ganadería.

Análisis del ciclo de vida de la producción y transporte de pellets. DYNA Energia y sostenibilidad (R Díaz-Martín, G Sanglier-Contreras, A Guardiola-Mouhaffel).

Huella de carbono del reciclado en planta asfáltica en caliente con altas tasas de RAP. Asfaltos y pavimentos. Edición no.25, julio-diciembre de 2012.

FAO. Curso Pro-biomasa “De la biomasa a la energía renovable: Dendroenergía en Argentina”, 2016.

Herramienta de cálculo de balance de carbono EX-ANTE para la FAO, base de datos easypol.

Norma de Gestión Ambiental ISO 14.001. Organización Internacional de Normalización.

Lista de precios de transporte de cargas generales. Federación de transportadores Argentinos y transportistas privados.