

Grado Ingeniería Mecánica
Curso 2017-2018

Trabajo Fin de Grado

**“ESTUDIO Y VIABILIDAD DE UNA
PLANTA DE RECICLAJE DE
PLÁSTICOS EN CAMBOYA”**

Jose Luis Jordana Gómez

Tutor

Dra. María Teresa Pérez Prior

Madrid, julio de 2017

AGRADECIMIENTOS

En el siglo pasado, durante la década de los años veinte, coincidieron en una reunión de celebridades que tuvo lugar en Madrid dos personas altamente notables en la sociedad de aquella época. Una de ellas era el ilustre filósofo Don Ortega y Gasset. La otra, el aclamado torero Rafael Gómez Ortega, *El Gallo*.

El segundo, desconocedor del primero, se acercó a éste y le preguntó «*que quién era él con esa pinta de estudiao*». Don Ortega, admirador del oficio del torero, le contestó educadamente cuál era su profesión: filósofo. *El Gallo*, desconocedor de lo que aquello significaba respondió «*¿filo qué?*», y profesor le explicó en qué consistía su labor de estudio del pensamiento humano, a lo que *El Gallo*, atónito, guardó silencio durante unos instantes. Más tarde espetó con gracia «*hay gente pa tó*».

Probablemente no haya una anécdota que pueda adecuarse tan bien a este trabajo.

Cuando decidí realizar mi trabajo de fin de grado sobre Camboya y los residuos plásticos, me puse en contacto con distintos profesores de la universidad con el fin de ver quién estaba dispuesto a tutorizarme. De todos ellos, María Teresa fue la única que se atrevió a abordar un trabajo tan inusual, confirmando así la expresión «*hay gente pa tó*». Sin su supervisión, conocimiento, tiempo y ayuda con todo el aspecto químico, no me habría sido posible llevar a cabo un trabajo tan metódico y completo. Que apostara por mí fue una inyección de confianza de la que siempre estaré agradecido.

Por último, debo destacar el apoyo de toda mi familia a lo largo de este trabajo, especialmente la ayuda prestada por mi madre y sus tardes corrigiendo estilo, y la dedicación de mi abuela para hacerme ver la importancia del aspecto económico de cualquier proyecto.

Gracias a todos.

RESUMEN

Teniendo como objetivo dar una salida a todos los residuos plásticos que se acumulan por todo Camboya, el presente trabajo propone la implementación de una planta de reciclaje de plásticos con el fin de alcanzar un beneficio económico, medioambiental y social.

Mediante una contextualización de la situación global y medioambiental mundial y camboyana, se pretende llevar a cabo una extrapolación de cómo se viene actuando en Occidente en lo que a materia de reciclaje se refiere. Para ello, se analizará al detalle los distintos sistemas ya implementados en Europa, y se verá si su implementación en el país asiático supondría beneficios.

PALABRAS CLAVE: plásticos, reciclaje, Camboya.

ABSTRACT

With the main aim of providing a solution for all the plastic waste that accumulates throughout all Cambodia, this paper proposes the implementation of a recycling plastic plant in order to achieve an economic, environmental and social benefit.

Through a global and local environmental and social contextualization, it is attempt to carry out an extrapolation oh how it has been acting in West as far as recycling is concerned. The different systems already implemented in Europe will be analyzed in detail, so it will be seen if their implementation in the Asian country woul benefit the nation.

KEY WORDS: plastic, recycling, Cambodia.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVO Y PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO	11
3. ESTADO DEL ARTE	13
3.1. SITUACIÓN MUNDIAL SOBRE LOS RESIDUOS	13
3.1.1. PRIMERA PREOCUPACIÓN	13
3.1.2. GENERACIÓN DE RESIDUOS	13
3.1.3. ¿A QUÉ SE DEBE ESTE AUMENTO?	14
3.1.4. BÚSQUEDA DE CÓMO LIDIAR CON EL PROBLEMA	14
3.2. LOS RESIDUOS EN CAMBOYA	15
3.2.1. LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN CAMBOYA	15
3.2.2. TRATAMIENTO DE RESIDUOS EN CAMBOYA	17
3.3. LA PROPUESTA PARA CAMBOYA	18
4. LOS PLÁSTICOS.....	19
4.1. DE LOS RESIDUOS A LOS PLÁSTICOS.....	19
4.2. PLÁSTICOS: PROBLEMÁTICA	20
4.3. PLÁSTICOS: TIPOS	21
4.4. TERMOPLÁSTICOS. TIPOS Y RECICLAJE	22
5. PROPUESTA ENERGÉTICA	24
5.1. IMPERFECCIONES DEL SISTEMA ACTUAL	24
5.1.1. IMPORTACIÓN.....	24
5.1.2. INCINERACIÓN Y BASUREROS	25
5.2. EL PORQUÉ DE INVERTIR EN LAS 3Rs	27
5.3. ENERGÍA.....	29
5.3.1. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA	29
5.3.2. CARBÓN Y PETRÓLEO	29
5.3.3. BIOMASA.....	30
5.3.4. HIDROELÉCTRICA	31
5.3.5. ANÁLISIS ENERGÉTICO	34
5.3.6. NEGATIVA SOBRE LA PROPUESTA ENERGÉTICA	36
6. PROPUESTA ENERGÉTICA	42
6.1. PROCESOS DE RECICLADO DE PLÁSTICOS: ANÁLISIS	43
6.1.1. PRIMERA ETAPA: RECOLECCIÓN	44
6.1.2. SEGUNDA ETAPA: SEPARACIÓN	46
6.1.3. TERCERA ETAPA: RECICLAJE	49
6.2. PROPUESTA SOBRE EL RECICLAJE DE PLÁSTICOS PARA CAMBOYA.....	52
6.2.1. SITUACIÓN POLÍTICA. ELECCIÓN DE LA ENTIDAD.....	53
6.2.2. EL RECORRIDO DEL RECICLAJE CAMBOYANO.....	55
7. PROYECTO DE PLANTA DE RECICLAJE DE PLÁSTICOS EN CAMBOYA.....	58
7.1. SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DE LA PLANTA DE RECICLAJE.....	58
7.2. MAQUINARIA NECESARIA.....	61
7.2.1. MAQUINARIA PARA LA RECOLECTA: CAMIONES.....	61
7.2.2. MAQUINARIA EN LA PLANTA.....	63
7.2.3. RESUMEN MAQUINARIA.....	70
7.3. ASPECTO LABORAL.....	70
7.3.1. ASPECTO SALARIAL.....	81

7.4. RESUMEN COSTES.	86
8. VIABILIDAD DE PLANTA DE RECICLAJE DE PLÁSTICOS EN CAMBOYA.....	87
8.1. BENEFICIO PÚBLICO Y SOCIAL.	87
8.2. FINANZAS Y GESTIÓN CONTABLE.	88
8.2.1. INVERSIÓN.....	88
8.2.2. PRÉSTAMO.	88
8.2.3. ENTRADAS.	89
8.2.4. COSTES Y GASTOS.	92
8.2.5. AMORTIZACIÓN E IMPUESTOS.	92
8.2.6. RESUMEN FINANCIERO.	93
9. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO.	96
BIBLIOGRAFÍA MÁS DESTACADA.	100

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de Camboya	12
Figura 2 Composición de los RU.	20
Figura 3 Estructura termoplásticos y termoestables.	22
Figura 4 Proceso de tratamiento de termoplásticos.	23
Figura 5 Steung Mean Chey. Un niño rebuscando entre la basura.....	27
Figura 6 Mapa con las principales centrales hidroeléctricas del país.	33
Figura 7 Balance eléctrico 2015.....	35
Figura 8 Estructura química de un dibenzofurano policlorado.	37
Figura 9 Emisiones de CO2 en función del tipo de generación energética.	41
Figura 10 Vista de una casa en el muelle y basura en la playa de Sihanoukville.	42
Figura 11 Esquema proceso de reciclaje planta La Paloma.	44
Figura 12 Cantidad de tránsitos llevados a cabo entre 2009 y 2016.	45
Figura 13 Esquema de un separador balístico.....	47
Figura 14 Proceso de extrusión.	50
Figura 15 Esquema del proceso de monomerización.	52
Figura 16 Esquema de la planta de reciclaje.	57
Figura 17 Mapa con la actividad industrial camboyana.	58
Figura 18 Mapa de los distritos de Phnom Penh.....	59
Figura 19 Evolución de los precios del terreno en Phnom Penh.....	60
Figura 20 Camión de recogida de residuos modelo XZJ5070ZYS.	63
Figura 21 Cinta transportadora.	64
Figura 22 Cinta de triaje.	65
Figura 23 Separador balístico SB40.	65
Figura 24 Separador magnético.	66
Figura 25 Separador óptico.	67
Figura 26 Lavado y secado.....	67
Figura 27 Trituradora de plásticos.....	68
Figura 28 Horno industrial DTI-646.	69
Figura 29 Máquina extrusora.	69
Figura 30 Máquina peletizadora.....	70
Figura 31 Organigrama de los diferentes puestos de la fábrica.....	71
Figura 32 Gráfico de la variación de precio del RPET.	91
Figura 33 Proyección a cinco años de beneficios.	98
Figura 34 Proyección a 5 años suponiendo una inversión de 8 millones de euros en maquinaria.....	99

TABLAS

Tabla 1	Tabla de energía producida en Camboya [MME, 2016]	29
Tabla 2	Tabla con las toneladas anuales de madera con uso para biomasa de Camboya [MME, 2016].	31
Tabla 3	Importaciones anuales de energía eléctrica en Camboya [MME, 2016].	34
Tabla 4	Algunos productos de la combustión de plásticos.	38
Tabla 5	Recogida del PET postconsumo [kt].	43
Tabla 6	Costes totales de maquinaria.	70
Tabla 7	Desglose de vigilantes de la planta.	73
Tabla 8	Días de recogidas de envases por distritos.	74
Tabla 9	Propuesta días de recogida de residuos para Phnom Penh.	75
Tabla 10	Censo población de Phnom Penh en 200.	75
Tabla 11	Población actual de Phnom Penh.	76
Tabla 12	Generación diaria de basura.	77
Tabla 13	Itinerarios planta de reciclajes Phnom Penh.	79
Tabla 14	Necesidades de personal en la recogida de residuos.	80
Tabla 15	Número de operarios en la planta.	80
Tabla 16	Resumen total de plantilla.	81
Tabla 17	Impuestos sobre la renta para Camboya.	82
Tabla 18	Desglose salarial.	84
Tabla 19	Desglose salarial con tributación.	85
Tabla 20	Costes totales.	86
Tabla 21	Inversión inicial.	88
Tabla 22	División préstamo bancario.	89
Tabla 23	Precios de referencia del RPET según ECOEMBES.	91
Tabla 24	Ingresos.	92
Tabla 25	Gastos.	92
Tabla 26	Amortizaciones.	93
Tabla 27	Cuenta de resultados.	94
Tabla 28	Cuenta de resultados con proyección a 5 años.	95

ASEAN: Association of Southeast Asian Nations (*Asociación de Naciones del Sudeste Asiático*)
CNMC: Cambodia National Mekong Committee (*Confederación Camboyana del Mekong*)
CNRP: Cambodian National Rescue Party
CPP: Cambodian People Party
EAP: East Asia and Pacific region
ERIA: Economic Research Institute for ASEAN and East Asia
EDC: Electricité du Cambodge (*Electricidad de Camboya*)
GDE: General Department of Energy
MME: Ministry of Mines and Energy (*Ministerio de Minas y Energía*)
MOE: Ministry of Environment (*Ministerio de Medioambiente*)
MPP: Municipalidad de Phnom Penh
NSSF: National Social Security Fund (*Fondo Nacional de Seguridad Social*)
OCDE: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
OEC: Observatory of Economic Complexity (*Observatorio de Economía Compleja*)
ONU: Organización de las Naciones Unidas
PIB: Producto Interior Bruto
PTV: Parque Tecnológico Valdemingómez
RU: Residuos Urbanos
SWM: Solid Waste Management (*Gestión de Residuos Sólidos*)
UE: Unión Europea

1. INTRODUCCIÓN.

El pasado 4 de noviembre de 2016 entró en vigor el *Acuerdo de París*, documento en el cual 174 de los 194 países reconocidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) —193 si consideramos que la Ciudad del Vaticano actúa siempre como un país observador— se comprometieron a «mantener el aumento de la temperatura mundial muy por debajo de 2° Celsius»¹ haciendo así frente al problema del *cambio climático*.

Entre la larga lista de países firmantes se encuentra el Reino de Camboya, país en vías de desarrollo ubicado en la península de Siam, en pleno Sudeste Asiático, región del mundo frecuentemente desconocida (e incluso olvidada) por Occidente.

Camboya, de formidable pasado, sufrió a lo largo del siglo XX diferentes acontecimientos que dieron lugar a un largo periodo de inestabilidad política. Entre los muchos episodios que se sucedieron, cabe mencionar la ruptura con la República Francesa² y vuelta al autogobierno, así como la dictadura y genocidio que, en 1975, los *Jemeres Rojos*, liderados por *Pol Pot* sometieron al pueblo camboyano a cinco años de dictadura agrario-comunista que abolió la propiedad privada, el dinero y la religión, y de la cual, a día de hoy, el país se sigue recuperando. Pese a su reciente pasado, en la actualidad Camboya es considerada como una de las naciones en vías de desarrollo con mayor crecimiento económico.

Un artículo en el *Global Finance Magazine* sitúa la nación Jemer dentro del top 25 de naciones con mayor tasa de crecimiento del PIB durante los últimos diez años, 6,4%³ —si buscamos el mismo listado en *Wikipedia*⁴ encontramos una tasa de crecimiento del 5,50%—. Su economía empieza a consolidarse, y la agricultura ya no es la única actividad económica del país. El sector servicios está en pleno apogeo: importantes empresas textiles, como *Inditex*, disponen a día de hoy de fábricas en la capital, Phnom Penh. Además, la inversión de fondos chinos en Sihanoukville (sur del país), y la atracción de los templos de Angkor en Siem Reap (norte del país) consolidan una tendencia al alza del turismo.

El gobierno camboyano del presidente y líder del CCP, Hun Sen, es consciente de la importancia de las relaciones exteriores para la economía del país. Los tratados comerciales son un seguro económico y social para el pueblo camboyano. Camboya “está en el objetivo” de muchos países desarrollados. Ven en ella una opción de inversión fácil, próspera y segura, y también de ayuda. Sin embargo, los tratados internacionales deben estar en asonancia con las normativas internacionales, sobre todo si el país con el que se va a tratar forma parte de la *élite de Occidente*. Con motivo de esta apertura internacional, el gobierno de Hun Sen ha empezado a preocuparse por temas que venían estando olvidados o congelados.

¹ *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, París 4 de noviembre de 2016, página 2, A2. 1.a), disponible en https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/spanish_paris_agreement.pdf.

² Chandler, D. (2008). *A History of Cambodia*, 4ª edición. Clayton: Silkworm Books.

³ María Obiols (2017). *Countries with highest GDP growth 2017*. [online] Available at <https://www.gfmag.com/global-data/economic-data/countries-highest-gdp-growth-2017> [Accesed 19 Feb.2018]

⁴ En.wikipedia.org. (2018). List of countries by real GDP growth rate. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_real_GDP_growth_rate [Accesed 19 Feb. 2018].

El MOE⁵ ha dejado de ser un ministerio latente y ha pasado a ser protagonista de la actualidad camboyana. Tratados como el *Acuerdo de París*, justifican el cambio de tendencia del país jemer. El medioambiente es ya un factor a tener en cuenta para cualquier actividad económica, y para evitar cualquier tipo de sanción internacional.

Aun así, hay mucho trabajo por delante. La gestión de residuos en Camboya es prácticamente nula, y el trabajo por hacer es inmenso. Además de la implementación de políticas ecologistas, el país necesita un cambio de mentalidad en lo que, por ejemplo, la reutilización respecta, así como ayuda extranjera para llevar a cabo un plan de gestión residual.

El presente trabajo, cuyo origen se debe a mis vivencias en viajes y mis vínculos afectivos con Camboya, pretende dar solución al problema de la gestión de residuos sólidos urbanos —*a partir de ahora se usarán sus siglas en inglés SWM, Solid Waste Management*— en el país, concentrándose en la separación y gestión de los plásticos. Para ello, se expondrá un modelo basado en la normativa de la Unión Europea, analizando de qué manera y bajo qué procesos se tratan los plásticos, y se extrapolará para el país Jemer, estudiando así si es viable o no su implementación.

⁵ Recientemente se ha publicado un artículo en el *Khmer Times* informando sobre las reuniones que se han empezado a llevar a cabo en el país para promover unos estándares mínimos para la protección del medioambiente y del tratamiento de residuos líquidos. Peach Sotheary (2018). Environment officials target special economic zones. [online] Available at: <http://www.khmertimeskh.com/50105456/environment-officials-target-special-economic-zones/> [Accessed 20 Feb. 2018].

2. OBEJTIVO Y PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO.

El objetivo del presente trabajo es proponer una solución al problema de gestión y tratamiento de residuos en el que se encuentra sumido un país en vías de desarrollo como Camboya —en la *Figura 1* se muestra un mapa del país—. Para ello, se pretende basar el estudio en los procesos que actualmente se están aplicando en países desarrollados como España. Para llevar a cabo dicho estudio, se procederá de la siguiente forma:

1º Planteamiento general. Se explicará cuál es la situación mundial sobre los residuos — qué propuestas plantea Occidente y qué medidas se están llevando a cabo en los países desarrollados—, y cuál es la situación nacional en Camboya —qué medidas tiene implementadas a día de hoy el gobierno y cuáles son los principales problemas de éstas—.

2º Descripción de los tipos y características de los residuos generados —tanto a nivel mundial (muy brevemente) como camboyano—: composición de los residuos urbanos y análisis en detalle de los residuos plásticos (protagonistas de este trabajo).

3º Propuestas para el tratamiento de residuos plásticos. Análisis y comparativa. El estudio se dividirá en dos propuestas fundamentales. La primera, intentará dar una salida energética a los plásticos, estudiando su posible empleabilidad en los procesos de producción energética actuando como combustible. La segunda propuesta buscará la viabilidad del establecimiento de una planta de reciclaje en Camboya. Se utilizará como referencia la planta madrileña del Parque Tecnológico de Valdemingómez.

4º Evaluación económica de la propuesta. La propuesta que englobe un claro beneficio económico, social y medioambiental, será objeto de un estudio económico con el fin de conocer su viabilidad.

Como cierre del presente estudio, se enunciarán las conclusiones obtenidas.



Figura 1 Mapa de Camboya⁶.

⁶ Nations Online. (2015). *Administrative Map of Cambodia*. [online] Available at: <http://www.nationsonline.org/oneworld/map/cambodia-administrative-map.htm> [Accessed 12 Apr. 2018].

3. ESTADO DEL ARTE

3.1. SITUACIÓN MUNDIAL SOBRE LOS RESIDUOS.

«Nosotros mismos somos nuestro peor enemigo. Nada puede destruir la Humanidad, excepto la Humanidad misma»

Pierre Teilhard de Chardin

3.1.1. PRIMERA PREOCUPACIÓN.

La periodista Naomi Klein narra en su último libro que en 1965 el presidente Lyndon B. Johnson recibió un informe en el que se advertía de que «con su civilización industrial extendida a escala mundial, el hombre estaba llevando a cabo inadvertidamente un gigantesco experimento geofísico [...]»⁷. Veintiséis años después, tras una inusual ola de calor en Washington D.C. en pleno junio, un exdirector de la NASA afirmaba para el *New York Times* la existencia «casi al 99% de una tendencia de calentamiento real» (Klein, 2015).

La anécdota del director de la NASA —y no la del presidente estadounidense— fue la que desató el pánico ambiental y dio lugar a la primera Conferencia Mundial sobre la Atmósfera. Un problema que ya era conocido tardó más de veinticinco años en salir a la luz, y mostró al mundo el escepticismo de los gobiernos sobre la acción del hombre en el medio ambiente y su degradación. Desde entonces, las políticas medioambientales han sido protagonistas en las decisiones gubernamentales. Sin embargo, la aún latente indiferencia sobre el problema ambiental, y el desarrollo y crecimiento de la población han dado lugar a que a día de hoy la situación no haya, ni mucho menos, mejorado. Es cierto que, según informes del IPCC, superpotencias como China o EE.UU. han reducido el número de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, sí⁸, pero lo que respecta a la generación de residuos, como el consumo de plásticos, no ha, ni mucho menos, mejorado.

3.1.2. GENERACIÓN DE RESIDUOS.

Como ya se ha expuesto, el estado ambiental mundial a día de hoy es fruto de una demora en la toma de acciones para contrarrestar el cambio climático. Cómo abarcar este tema conllevaría una investigación muy extensa, y sería complicado concretar, por lo que se ha decidido enfocar en la gestión y tratamiento de residuos.

Un estudio realizado en 2012 por *The World Bank* afirma que para 2025 se generarán 2,2 billones de toneladas de residuos al año en todo el mundo⁹. La cifra es demoledora teniendo en cuenta que cuando se hizo dicho estudio la producción mundial de residuos rondaba 1,3

⁷ Klein, N. ed., (2015). *Dinero Caliente*. In: *Esto lo cambia todo*, 1st ed. Barcelona: Paidós, pp.100-101.

⁸ Recientemente se publicaba en el periódico *ABC* un artículo en el que se demostraba que la emisión de gases de efecto invernadero por parte de China habían descendido considerablemente. Aun así, se recalca que la contaminación seguía en niveles peligrosos, denunciando la capa de “smog” que cubre las grandes ciudades del país. Díez, P. (2018). *China reduce la contaminación, pero sigue en niveles peligrosos para la salud*. [online] *ABC*. Available at: http://www.abc.es/sociedad/abci-china-reduce-contaminacion-pero-sigue-niveles-peligrosos-para-salud-201804042143_noticia.html [Accessed 5 Apr. 2018].

⁹ The World Bank (2012). *What a Waste: a Global Review of Solid Waste Management*. *Urban Development Series*. [online] Washington: World Bank, pp.8-13. Available at: https://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf [Accessed 20 Feb. 2018].

billones de toneladas —es decir, se prevé un aumento de más del 40% en menos de quince años—.

En Madrid se trataron, durante 2016, más de 1.200 toneladas de residuos —2,34% más que en 2015¹⁰—. Si revisamos el histórico de registros de residuos en la capital vemos que en la última década se ha dado una tendencia al alza en la producción de éstos. La estadística del resto de países occidentalizados y globalizados presenta la misma querencia.

3.1.3. ¿A QUÉ SE DEBE ESTE AUMENTO?

Huelga decirlo, pero todo lo que compramos genera residuos. Analicémoslo con mayor detenimiento: apartando el hecho de que todo producto de consumo es un residuo en *potencia*, cualquier artículo ya sea del supermercado —docena de huevos—, de la industria textil —una camiseta o un jersey—, o electrodomésticos—un monitor de ordenador—, todos ellos generan residuos. La docena de huevos dará lugar a un plástico (que recubre el pack) y un cartón en la propia huevera, la camiseta o jersey a una etiqueta de plástico y cartón, y el monitor a una caja de cartón y un protector anti golpes de plástico. Y es que, si por algo se caracteriza la sociedad de consumo, es por su capacidad de generación de residuos.

El término *sociedad de consumo* viene siendo utilizado como el sello para definir los excesos de los países desarrollados durante las últimas décadas. Estas “*potencias*”, destacadas por poseer capital y recursos para invertir en mejoras políticas y educacionales, se caracterizan por jugar el papel de protagonista en la producción de residuos, pues son las que más generan. Es cierto que la mayoría de estas naciones conforman enormes metrópolis sobrepobladas, y que en algunos casos se encuentran en el *top* en cuanto a tasa de población, pero, en cualquier caso, estos factores no las eximen de sus responsabilidades, y mucho menos cuando son el reflejo que los países en desarrollo buscan.

Los países miembros de la OCDE son responsables de más del 40% de la producción mundial de residuos. Aunque esta organización incluye países de enorme tamaño poblacional —como, EE.UU. (quizás un mal ejemplo en cuanto a lo que generación de residuos se refiere)—, no incluye a la *todopoderosa* China — que pertenece a Asia-Pacífico, o EAP, conjunto responsable de más del 21% de la generación mundial de residuos. (The World Bank, 2012). Sin embargo, ambos son considerados como las *dos grandes potencias*, y su manera de enfrentar el problema está muy condicionada por un continuo afán por priorizar en mantener sus economías estables. Es clave conocer el por qué estos países no son los que dan ejemplo al resto naciones.

3.1.4. BÚSQUEDA DE CÓMO LIDIAR CON EL PROBLEMA.

Los tratados mundiales han tardado en hacer efecto. Las naciones occidentales han apurado al máximo el invertir en medio ambiente. Obviamente hay países que se excluyen de esta generalización, y que desde un primer momento actuaron. Es el caso de, por ejemplo, Suecia. El país escandinavo es conocido por sus activas políticas en materia de reciclaje. Sin embargo, al contrario de lo que la propaganda vende, no todas las políticas en esta materia son tan *verdes* como se cree. Suecia recicla, sí, pero no sigue del todo la premisa de las *tres erres* (3R) —reducir, reciclar y reutilizar (más adelante se hablará sobre ellas)—. La industria del reciclaje sueca se basa en la incineración¹¹ de residuos para la obtención de energía.

¹⁰ Dirección General del Parque Tecnológico de Valdemingómez (2017). *Información sobre tratamientos de residuos*. Madrid.

¹¹ Más adelante se detallará en qué consiste este proceso. Por ahora es necesario que el lector sepa que consiste en la combustión de los residuos, pasando los gases por diferentes tratamientos de limpieza reduciendo al mínimo la emisión de sustancias nocivas a la atmósfera.

Sin menospreciar la excelente tendencia en cuanto al reciclaje en el país, «el 50% de la energía que se consume proviene de fuentes renovables»¹², se ha de puntualizar que la incineración no es la manera más limpia de tratar los residuos, pues conlleva un gasto elevado de energía, y si no se dispone de correctas instalaciones (no es el caso de Suecia) se puede llegar a contaminar la atmósfera con la emisión de los gases de combustión —mayoritariamente de CO₂—.

Por el empleo de la incineración y, sobre todo, por sus continuas políticas medioambientales, en 2014 Suecia se quedó sin residuos que calcinar¹³. Debido a la falta de materia para quemar, el país atisbo (e incluso definió) un nuevo y lucrativo mercado: la importación de basura —de Reino Unido por ejemplo— a cambio de una disminución en la tasa residual del país solicitante. En otras palabras: Suecia cobra porque otras naciones les den su basura, y no sólo eso, sino que además esa basura la emplea para producir energía.

Al margen de la moralidad y crítica de este novedoso negocio, hay que resaltar la búsqueda, tanto de gobiernos como de particulares, por explorar distintas maneras de manejar la gestión de residuos. Es aquí donde se puede apreciar la concienciación de buena parte de la sociedad occidental con el objetivo de llevar a cabo cambios.

3.2. LOS RESIDUOS EN CAMBOYA.

Ya hemos hablado sobre la situación mundial de generación y tratamiento de residuos. Ahora explicaremos la situación en el Reino de Camboya.

En una entrevista publicada en septiembre de 2017 en el periódico *Southeast Asia Globe*, Ok Serei Sopheak —expresidente de la asociación *Transparency International Cambodia*— afirmó que para el gobierno del primer ministro Hun Sen —el cual ostenta el record como primer ministro permaneciendo más tiempo en el poder— «la gestión de residuos urbanos nunca iba a ser una prioridad»¹⁴. Si nos ceñimos a los datos, podemos comprobar que esa es la realidad: Camboya no se preocupa por lo residuos.

3.2.1. LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN CAMBOYA.

En 2013 se produjeron al día en Phnom Penh 1.286 toneladas de residuos urbanos¹⁵ (0,654kg/día por persona). En la actualidad, debido a las múltiples inversiones extranjeras y al crecimiento económico del país, la población de Phnom Penh ha aumentado a más de dos millones de habitantes, provocando enormes problemas en la gestión de residuos del país.

La recogida y gestión de residuos urbanos corre a cargo del ayuntamiento —MPP (Municipalidad de Phnom Penh)—, que se “*ocupa de llevar a cabo un concurso público*” para ver qué empresa se encarga de la gestión. Al entrecomillar esta función del ayuntamiento, hago

¹² Vilhelm Carlström (2016). *Foreign media reports Sweeden has run out of garbage and is forced to import —here's what's really going on.* [online] Available at: <http://nordic.businessinsider.com/foreign-media-reports-sweden-has-run-out-of-garbage-and-is-forced-to-import---heres-whats-really-going-on-2016-12/> [Accessed 3 Feb. 2018].

¹³ Hazel Sheffield (2016). *Sweden recycling is so revolutionary, the country has run out of rubbish.* [online] Available at: <http://www.independent.co.uk/environment/sweden-s-recycling-is-so-revolutionary-the-country-has-run-out-of-rubbish-a7462976.html> [Accessed 9 Feb. 2018].

¹⁴ Colin Mayn and Mech Dara (2017). *Phnom Penh, 'a city of garbage'.* [online] Available at: <http://sea-globe.com/cintri-phnom-penh/> [Accessed 18 Jan. 2018].

¹⁵ Open Development Cambodia (ODC). (2018). *Solid waste.* [online] Available at: <https://opendevelopmentcambodia.net/topics/solid-waste/> [Accessed 23 Jan. 2018].

referencia a que el gobierno camboyano del partido CPP es uno de los más corruptos del mundo¹⁶, y ha legislado desde su llegada al poder buscando siempre el beneficio propio y la erradicación de cualquier tipo de oposición¹⁷. Se podría decir que el caos sobre la gestión de residuos es también fruto de la corrupción en la que se encuentra el país.

En 2002, el MPP firmó un contrato vinculante de 49 años con la empresa *CINTRI*, encargada de administrar la basura de la capital. No se puede abordar la gestión y tratamientos de residuos en Camboya sin hablar de *CINTRI*. Esta empresa comenzó su actuación bajo dirección canadiense, pero en 2006 toda su participación paso a depender solamente de capital camboyano. Recientemente, en septiembre de 2017, la ciudad principal del sur del país, Sihanoukville, contrató los servicios de la empresa privada, otorgándole así el «98% del control de residuos del país»¹⁸.

Sin embargo, pese a crecer y conseguir un rol de nivel nacional, la acción de *CINTRI* ha sido (y es) pésima. La recogida de basura en la capital está mal organizada. Para empezar, los días de recogida de basura son azarosos. Es muy común ver al pasear por Phnom Penh — exceptuando los puntos turísticos como el Riverside o el Central Market — cómo los camboyanos dejan la basura mal amontonada en la calle. Los residuos permanecen ahí indefinidamente, hasta que el camión de recogida decide venir. Puede que venga un lunes y no aparezca ya hasta el viernes, provocando que las calles apesten —el calor tropical de Camboya acelera la putrefacción de los alimentos— y que se llenen de ratas.

Por si esto fuese poco, los recorridos de recolecta son aleatorios, y hay zonas de la ciudad a las que ni siquiera se llega, o bien por tener un difícil acceso, o porque simplemente al trabajador de turno no le apetece, o incluso porque no hay suficientes camiones. Además, apenas hay cubos de basuras donde depositar los desechos, y si los hay, éstos no están anclados a ningún lado, permitiendo que los ciudadanos puedan robarlos fácilmente (The Asia Foundation, 2016).

Pese a la falta de orden en la gestión de residuos, *CINTRI* goza de muy buena reputación pública. ¿Cómo es posible? En primer lugar, ser trabajador de *CINTRI* está muy bien pagado. Los operarios cobran casi 150\$ mensuales —una cifra altísima para Camboya—, y también disponen de convenios muy favorables, lo que hacen que sea un trabajo deseado (Colin Malyn and Mech Dara, 2017). Por otro lado, la creación del nuevo vertedero, Choeung Ek, gustó a la población camboyana, justificando así la *buena gestión* de la compañía.

No obstante, el verdadero motivo que ampara a *CINTRI* es que maneja y controla el suministro eléctrico de los ciudadanos. Analicémoslo más detenidamente:

La tasa de población que vive por debajo de 2\$ diarios en Camboya es del 77,7%¹⁹. Este dato suponía para *CINTRI* un problema a la hora de recaudar. Un alto número de ciudadanos

¹⁶ Max Walden (2018). *Cambodia, North Korea the most corrupt Asia Pacific states*. [online] Available at: <https://asiancorrespondent.com/2018/02/cambodia-north-korea-corrupt-asia-pacific-states/#RGtbc5uCvoclYky.97> [Accessed 5 Mar. 2018].

¹⁷ Recientemente, en octubre de 2017, el periódico *El Mundo* publicó un artículo «"Golpe de Estado legal" en Camboya» informando sobre cómo el gobierno de Hun Sen se hacía con todo el poder del país, disolviendo al partido de la oposición (CNRP) por miedo a la ventaja prevista por los sondeos para los comicios de las elecciones de agosto. La disolución del CNRP se llevó a cabo conforme a unas leyes subjetivas las cuales sólo beneficiaban al CPP.

¹⁸ COMPED (2014) '*Study and analysis on institutional and legal framework of solid waste management and the development of the current land fill operation and management in Phnom Penh*,' Final Report, September 2014, internal document.

¹⁹ Información obtenida a través de la ONG Por la Sonrisa de un Niño.

camboyanos no iban a poder pagar la tasa de basuras, o mejor dicho, iban a priorizar en otra actividad sus gastos. Milagrosamente, la empresa tuvo una idea: juntar el pago de tasas de basura con el de electricidad, de manera que si un ciudadano no paga sufre el corte de suministro eléctrico por parte de *EDC (Electricité du Cambodge)*. Esta medida, basada en la ley camboyana, es perfectamente aplicable, y es la que ha conseguido mantener a *CINTRI* “prestando el servicio de gestión de basuras”.

3.2.2. TRATAMIENTO DE RESIDUOS EN CAMBOYA.

Se ha expuesto ya cómo se gestionan los residuos en Camboya, una actividad muy pobre que presenta numerosas deficiencias. Organización, orden..., son algunos ejemplos, sin embargo, se puede afirmar, con casi total certeza, que el *rompecabezas* de la gestión de residuos en Camboya reside en la falta de fe por parte del gobierno a reconocer justo eso, que existe dicho problema.

Es cierto que Camboya es un país en vías de desarrollo el cual presenta un altísimo índice de pobreza, y que pretende primar el invertir en educación o salud, dejando de lado cuestiones como el medio ambiente. A pesar de ello, el gobierno puede sacar partido cambiando su *modus operandi*.

Antes se ha mencionado cómo *CINTRI* recoge los residuos urbanos, llevándolos a los vertederos. Ahora toca hacer mención a la manera en que éstos se tratan.

Hasta 2009 el único vertedero que había en la Phnom Penh era el de Steung Mean Chey. El periodista de *The New York Times*, David Barboza, lo definía como «una montaña de humo y hedor constante, repleto de basura, podredumbre y niños, sobretodo niños»²⁰. Steung Mean Chey era el campo de trabajo —y en algunos casos, hogar— de muchos niños, conocidos en inglés como *scavengers* —la traducción literal sería buscadores de chatarra—.

Un *scavenger* busca entre la basura algún residuo que pueda ser reciclable, y por tanto vendible. Esta actividad es exclusiva de países en vías de desarrollo. Los padres envían a los hijos a trabajar al vertedero con el fin de que éstos consigan el sustento necesario para poder vivir. Los niños van descalzos por el mar de basura. Corren el riesgo de contraer numerosas enfermedades —muchas veces, debido al hambre que padecen, comen los restos que encuentran—, pero, además, no es raro que sean atropellados o herido por los *bulldozers* encargados de depositar, mover y aplanar la basura.

Esta práctica no es únicamente propia de los vertederos. Durante la noche no es raro ver a gente abrir la basura tirada en la calle con el fin de encontrar algo provechoso.

En la actualidad, desde 2009, se abrió el vertedero de Choeung Ek, mucho más grande que su predecesor. Sin embargo, de sus 31 hectáreas iniciales, a día de hoy ya se han llenado 15, lo cual ha disparado todas las alarmas. Choeung Ek fue diseñado con el fin de ser operativo durante al menos veinticinco años, y en menos de diez años se ha alcanzado la mitad de su capacidad (Colin Malyn and Mech Dara, 2017).

El aumento de la población y la adhesión de nuevos *khans* —en camboyano, distritos—, pasando así de nueve a doce, han agudizado el problema. Tratar los residuos en los vertederos no es ya la mejor solución.

²⁰ David Barboza (2003). *Phon Penh Journal; Children Scavenge a Life, of Sorts, in the Garbage*. [online] Available at: <http://www.nytimes.com/2003/08/25/world/phnom-penh-journal-children-scavenge-a-life-of-sorts-in-the-garbage.html> [Accessed 27 Dec. 2017].

3.3. LA PROPUESTA PARA CAMBOYA.

El problema de la gestión y tratamiento de residuos en Camboya es real. Ya no es el capricho de una minoría, sino una necesidad del país.

El gobierno camboyano debe ser objetivo y buscar una solución al problema. Ya no vale depositar la basura en un recinto cerrado confiando en que el paso del tiempo lo borre y elimine. Es hora de actuar. Se debe mirar por el beneficio del país. Un cambio en cómo se tratan los residuos conllevaría una gran inversión. Sin embargo, una vez asentada, esta industria sería capaz de genera beneficios tanto económicos como por ejemplo energéticos.

La reutilización, el reciclaje, la incineración..., son sólo algunas de las muchas opciones con la que tarde o temprano se deberá enfrentar el gobierno de Hun Sen.

4. LOS PLÁSTICOS.

Hasta ahora se ha enfocado el presente trabajo en explicar la situación mundial —y camboyana— de la gestión de residuos sólidos, pero al lector puede haberle surgido la duda de por qué tanto interés en los residuos plásticos. En la *Introducción* se aclaró que este estudio pretende proponer un sistema de tratamiento de plásticos en Camboya, pero para ello hay que conocer los efectos medioambientales de este tipo de residuos para generar semejante interés y preocupación.

4.1. DE LOS RESIDUOS A LOS PLÁSTICOS.

El marco legal de la Comunidad Europea —pues el Reino de Camboya apenas contempla ley alguna acerca de esta materia— define *residuo* como «cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención o la obligación de desprenderse»²¹, y establece que todo residuo puede ser clasificado conforme a dos parámetros: origen y composición. La clasificación según la procedencia del residuo es la primera que se lleva a cabo, y normalmente la más básica. Éste puede ser, por ejemplo, doméstico, agrario, comercial o industrial. Le sigue la determinación de los constituyentes del residuo: papel o cartón, plástico o tela son a menudo los más comunes y fáciles de encontrar. Sin embargo, muchos desechos son un cúmulo de diferentes componentes, y definir de qué se componen no es siempre una tarea sencilla.

En la *Figura 2* se muestra la composición media de los residuos urbanos a nivel global. Los residuos orgánicos presentan el valor más elevado —casi un 50% del total—, aunque dicha cifra no tiene por qué ser alarmante ya que la materia orgánica está compuesta por restos de comida y de animales o plantas, entre otros, que se descomponen mucho más rápido que el resto de residuos. Es interesante resaltar, también, que estos residuos orgánicos pueden revalorizarse debido a que, en determinadas condiciones experimentales —medio aeróbico y en presencia de microorganismos— se transforma en un residuo sólido estable denominado compost utilizado ampliamente en agricultura.

De la misma manera, este razonamiento puede ser aplicado, también al papel —vemos que supone el 17% del total de residuos—. Compuesto por celulosa, un polímero que genera microfibras cristalinas que lo hacen muy resistente a fenómenos químicos como la hidrólisis enzimática²², el papel tarda de media un año en descomponerse²³, y por tanto no preocupa tanto como los siguientes residuos en la lista: los plásticos.

²¹ (Directiva 2008/98/CE sobre los residuos y por qué se drogan determinadas directivas).

²² En este proceso, enzimas llamadas *hidrolasas* intentan romper los enlaces que componen esta molécula mediante agua. Béguin, P. and Aubert, J. (1994). The biological degradation of cellulose. [online] National Center for Biotechnology Information. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8117466> [Accessed 13 Mar. 2018].

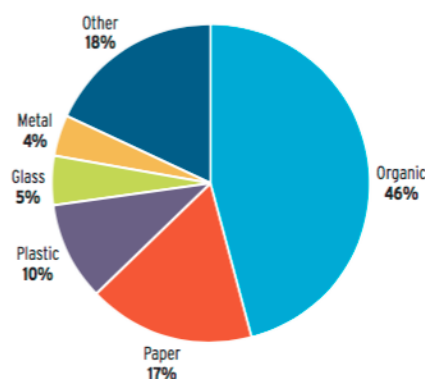


Figura 2 Composición de los RU²⁴.

4.2. PLÁSTICOS: PROBLEMÁTICA.

Los plásticos, del griego «plastikós», son polímeros, moléculas orgánicas complejas formadas por monómeros —moléculas orgánicas más simples— que se unen entre sí (proceso conocido como polimerización) generando cadenas lineales mucho más largas²⁵. La polimerización puede producirse de forma natural, o aplicando presiones o temperaturas determinadas, e incluso mediante la acción de catalizadores.

Este material comenzó a ser utilizado en la década de los cincuenta, y su fabricación fue posible gracias a derivados del petróleo. Desde entonces, la utilización de los plásticos no ha hecho más que aumentar. Principalmente, el sobreuso de los plásticos se debe a su «ligereza, y por tanto a su reducción de los costes de transporte, son duraderos, pueden presentarse en diversas formas, y pueden ser fabricados para que sean flexibles o rígidos»²⁶.

La ONG *Plastic Pollution* afirmó, en 2017, que «durante 2013 se produjeron 300 millones de toneladas de plástico»²⁷, confirmando así un aumento, con respecto a 2012 del 4%. En los últimos años esta tendencia ha seguido aumentando. En 2016 se vendieron en todo el mundo 480.000 millones de botellas de plástico, que si se supone un peso medio por botella de 8 gramos²⁸, se obtiene un total de 4,2 millones de toneladas. Sólo en botellas de plástico.

Durante los últimos años, diferentes ONGs y grupos ecologistas han denunciado la colosal cantidad de plásticos que navega sin rumbo por los océanos. Si entramos en el buscador *Google* y buscamos imágenes sobre “*plastic in oceans*”, encontramos infinidad de imágenes que reflejan la no reducción, reutilización ni reciclaje de los plásticos.

La mayoría del plástico que se produce es para botellas, aislantes o material alimenticio, y presenta la desventaja —con respecto a otros componentes de los residuos urbanos— de

²⁴ [The World Bank (2012)].

²⁵ Los plásticos. (2004). In: Gran Enciclopedia Universal, 1st ed. España: Espasa Calpe, pp.9374-9377.

²⁶ Orozco Barrenetxa, C., Pérez Serrano, A., González Delgado, M., Rodríguez Vidal, F. and Alfayate Blanco, J. (2003). *Contaminación Ambiental. Una visión desde la química*. 1st ed. Madrid: Thompson, pp.492-495.

²⁷ Le Guern, C. (2017). *When the mermaids cry: the great plastic tide. Plastic Pollution*. [online] Available at: <http://plastic-pollution.org> [Accessed 15 Mar. 2018].

²⁸ Laville, S. and Taylor, M. (2017). *A million bottles a minute: world's plastic binge as dangerous as climate change*. The Guardian. [online] Available at: <https://www.theguardian.com/environment/2017/jun/28/a-million-a-minute-worlds-plastic-bottle-binge-as-dangerous-as-climate-change> [Accessed 3 Mar. 2018].

degradarse muy lentamente, durando entre 10 años — para una bolsa de plástico de supermercado— a 450 años²⁹ —para una botella de agua—³⁰.

Por otro lado, está la circunstancia de que el plástico, como ya se ha dicho, proviene del petróleo, y se tiene la certeza de que el petróleo se va a terminar. No se conoce cuándo va a ocurrir, ya que muchos países ocultan su *stock* y hacen que la predicción de cuánto crudo queda no sea exacta. Además, la situación conflictiva en territorios como Nigeria o Irak dificultan también dicho cálculo³¹, pero en cualquier caso las existencias de petróleo tienen sus días contados.

La dependencia del petróleo y su “larga vida” han hecho que los plásticos estén en el ojo de mira no sólo de asociaciones ecologistas, sino también de gobiernos. Su producción es sencilla y cómoda, pero desde hace tiempo se sufren los problemas sobre qué hacer una vez han sido usados. ¿Cómo gestionarlos? El caso más reciente ha sido la negativa de China con la continuación de la importación de residuos plásticos—similar a lo que se explicó en el anterior capítulo que hacía Suecia—de Reino Unido, sumiendo a la nación británica en una crisis medio ambiental, pues no precisa una industria capaz de gestionar todos los residuos plásticos que el país produce. Esta medida también ha afectado a EE.UU., y pone de manifiesto la incapacidad de los países de occidente a prever la gestión de sus residuos³².

4.3. PLÁSTICOS: TIPOS.

Existen diferentes tipos de plásticos en los residuos urbanos sólidos. La clasificación más ampliamente utilizada de los plásticos los divide en termoestables y termoplásticos, y elastómeros. Los primeros están caracterizados por poseer estructuras moleculares tridimensionales que les otorgan una alta rigidez —ideal para materiales con fines ingenieriles—. Se reblandecen con el calor, alcanzando formas moldeables, pero su tiempo de endurecimiento es muy bajo, por lo que se vuelven rígidos rápidamente, permitiendo ser calentados y moldeados una única vez, pues una vez enfriados no responden al calor como los termoplásticos y llegan a carbonizarse antes de recuperar el estado plástico. Su alta resistencia les hace ser muy cotizados en nuestra sociedad —útiles para la carcasa de nuestro ordenador o teléfono móvil— pero también difícilmente reciclables. A menudo terminan en vertederos o en forma de viruta como material de relleno, pero a día de hoy no se pueden reciclar. Esta desventaja lleva mucho tiempo siendo investigada, y en 2014 la prestigiosa revista científica *Science* publicó un trabajo llevado a cabo por un grupo de investigadores del *IBM Almaden Research Center* (California, EE.UU.) en el que se proponía un nuevo polímero termoestable cuyas propiedades lo convertían en un material reciclable:

²⁹ Leblanc, R. (2018). *How Long Does It Take Garbage to Decompose?* [online] The Balance. Available at: <https://www.thebalance.com/how-long-does-it-take-garbage-to-decompose-2878033> [Accessed 7 Mar. 2018].

³⁰ Aunque no es el tema central de este trabajo, cabe destacar que el vidrio presenta un mayor tiempo de degradación que el de los plásticos, pero no se ha querido enfocar el presente trabajo en ello puesto que su uso no está tan masificado y supone, volviendo a la ilustración 1, el 5% del total de los RU.

³¹ González del Valle, C., Cora, A. and Cereal, P. (2016). *¿Cuánto petróleo queda en el mundo?*. [online] Available at: <http://www.expansion.com/empcs/energia/2016/07/31/579e1c56e2704e9f628b45b0.html> [Accessed 3 Mar. 2018].

³² Laville, S. (2017). *Chinese ban on plastic waste imports could see UK pollution rise*. The Guardian. [online] Available at: <https://www.theguardian.com/environment/2017/dec/07/chinese-ban-on-plastic-waste-imports-could-see-uk-pollution-rise> [Accessed 1 Mar. 2018].

la polihexahidrotiazina³³. Desde entonces es considerado un material de referencia en la síntesis de polímeros termoestables haciendo factible el reciclaje de éstos.

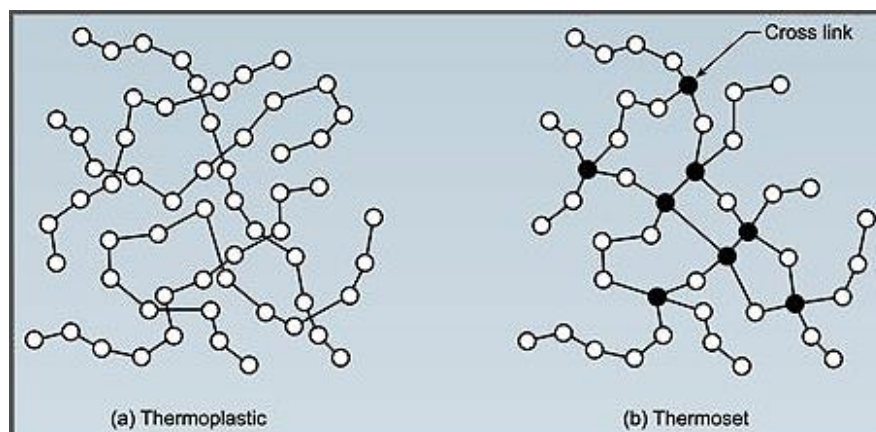


Figura 3 Estructura termoplásticos y termoestables³⁴.

Por otro lado están los plásticos termoplásticos, que son los más consumidos debido a su fácil reciclaje. Los termoplásticos están compuestos por largas cadenas de polímeros formadas por moléculas bidimensionales unidas en una única dirección. Con la acción de temperaturas relativamente altas se ablandan llegando a deformarse e incluso derretirse —si son calentados en exceso—. Así mismo, cuando se enfrían se endurecen ya que entran en su régimen de transición vítrea³⁵. Las propiedades de este tipo de plásticos les hace ser fácilmente reciclables, y ello explica por qué son tan utilizados. (Orozco Barrenetxa et al., 2003).

Los elastómeros destacan por poseer un alto grado de elasticidad, permitiendo ser estirados —y por tanto deformados— en contadas ocasiones, y capaces de volver a su forma original sin sufrir una deformación permanente.

El presente trabajo sólo se centrará en el proceso de reciclaje de plásticos de tipo termoplástico en Camboya, pues como ya se ha comentado anteriormente, el reciclaje de plásticos termoestables presenta en la actualidad bastantes limitaciones.

4.4. TERMOPLÁSTICOS. TIPOS Y RECICLAJE.

La gestión de los termoplásticos en las plantas de tratamiento residual suele ser un proceso que conlleva una serie de pasos y técnicas que en ocasiones sólo se pueden llevar a cabo de forma manual —aunque existen algunas plantas que separan los diferentes tipos de plásticos en función de sus pesos o densidades (más adelante se explicará)—. Los termoplásticos que se separan en estas plantas son: el polietileno tereftalato (PET), el polietileno de alta y baja densidad (PE), el policloruro de vinilo (PVC), el polipropileno (PP) y el poliestireno (PS). A continuación se muestran algunos rasgos característicos de estos polímeros.

³³ Foro Económico Mundial. (2018). *Tecnología emergente 2015: Plásticos termoestables reciclables*. [online] Available at: <https://www.weforum.org/es/agenda/2015/03/tecnologia-emergente-2015-plasticos-termoestables-reciclables/> [Accessed 22 Mar. 2018].

³⁴ [The World Bank (2012)].

³⁵ El régimen de transición vítrea hace referencia a la temperatura de transición vítrea, por la cual el polímero disminuye su dureza, densidad y rigidez.

- PET: botellas o textiles. El polietileno es el termoplástico más empleado y consumido debido a su ligereza, alta resistencia, baja demanda de energía durante su producción y facilidad para ser moldeado. Suele ser reciclado en fibras de poliéster —presente tanto en bandejas de alimentos como en edredones o almohadas.
- PE-HD (del inglés *High Density*): se emplea también para botellas, así como para juguetes y otros objetos que tengan que ser moldeados, y tuberías.
- PE-LD (del inglés *Low Density*): es utilizado en los envoltorios de alimentos y en bolsas, y también en papel de envolver —tipo *film*—.
- PVC: suele estar presente en el recubrimiento de cables y en muebles de decoración. Su reciclaje tiene la misma finalidad, pues es un material muy tóxico y se evita que esté cerca de alimentos.
- PP: un uso muy variado. Se emplea en tapones o tapas de baterías. Suele ser reciclado en muebles de jardín.
- PS: su mayor uso es en bandejas de alimento, aunque también puede ser empleado como material de embalaje. Su reciclaje es muy variado, desde material aislante a objetos como material de oficina. (Orozco Barrenetxa et al., 2003).

Independientemente del tipo de termoplástico con el que se trabaje, las plantas de reciclaje siguen el mismo proceso (Figura 4). En primer lugar, se separan los termoplásticos en función del tipo de polímero que constituye al material. Esta etapa se puede llevar a cabo de forma manual o mediante diferentes técnicas como la espectroscopía. A continuación, cada familia de plásticos separada se trata de forma independiente, pero todas ellas siguen el mismo esquema. Seguidamente, el material se tritura transformándose en viruta, se lava en agua y se seca por centrifugación —con ello se asegura que la viruta de material que se obtiene esté limpia—. Posteriormente el conjunto granulado es extruido mediante una matriz —normalmente es un molde de tipo tubular— y, por último, el material moldeado sigue un proceso de peletización por el cual el plástico se aglomera y da lugar a las pequeñas esferas con las que se pueden crear nuevos materiales, tal y como se muestra en la Figura 4:



Figura 4 Proceso de tratamiento de termoplásticos.

Cabe destacar que en sus orígenes, el tratamiento de plásticos presentaba un problema, así tal y como se refleja en el libro *“Contaminación ambiental. Una visión desde la química”* «...cuando se trataban de reciclar al mismo tiempo plásticos de naturaleza química distinta, aunque se fundían, no se enlazaban entre ellos a nivel molecular, obteniendo materiales muy deficientes...». El material que se empleaba, aun siendo de la misma familia, no era de la misma madre, y la unión molecular no se fijaba. El enlace era débil. Para solucionar esta deficiencia, se empezaron a introducir compatibilizadores, es decir, sustancias que favorecen la unión simultánea con polímeros distintos³⁶, y que da lugar a plásticos con mejor resistencia y, en definitiva, mejores prestaciones.

³⁶ (Orozco Barrenetxa et al., 2003).

5. PROPUESTA ENERGÉTICA.

Llegados a este punto, conocemos cuál es la situación actual de Camboya en lo que a la gestión de plásticos se refiere. El país no tiene capacidad para tratar todos los residuos que genera. Simplemente se encarga de aquellos que se encuentran en zonas de gran afluencia de turistas, ya que el impacto visual que suponen puede dañar la imagen del país. Sin embargo la realidad es otra. Al salir de las zonas más turísticas de Phnom Penh, Sihanoukville o Siem Reap, nuestra vista descubre multitud de desechos plásticos en las calles, arcenes, rincones y callejones. Lo que nos transmite una gestión arbitraria y deficiente.

Es correcto establecer que el gobierno camboyano no da entidad alguna al problema de los RU. Si entramos en la página oficial del MOE podemos encontrar la *“Guía medioambiental sobre el tratamiento de residuos sólidos”*, y en ella se establece que *«...el gobierno camboyano debe llevar a cabo medidas que promuevan la reducción de la generación de residuos y favorezcan el reciclaje...»*³⁷. Huelga decir que el gobierno se lava las manos con respecto a esta problemática y ni invierte ni legisla, se limita quemar en incineradoras o en centrales energéticas la basura, o la amontona en los muchos basureros³⁸ que hay en el país, argumentando que debe invertir el capital en otros asuntos como educación o sanidad, olvidando su guía medioambiental —desactualizada y muy laxa— y cualquier otro precepto nacional o internacional, o en cualquier caso posponiendo la necesidad de una correcta gestión de los residuos.

Tal y como se mostró en la *Introducción*, en este trabajo se presenta una propuesta para resolver la situación actual sobre la gestión de residuos plásticos —concretamente termoplásticos—, con el objetivo de que el país se beneficie de ella. Como primera propuesta para el tratamiento de los plásticos generados se propone la incineración de los mismos con recuperación energética —de la misma forma en que lo hace Suecia—. A continuación se analizará la viabilidad de este tratamiento en un país como Camboya.

5.1. IMPERFECCIONES DEL SISTEMA ACTUAL.

5.1.1. IMPORTACIÓN.

La prioridad de un gobierno debe ser siempre asegurar el bienestar de sus ciudadanos. Educación, salud y trabajo son a menudo los pilares sobre los que todo gobierno sustenta su mandato. Habitualmente, cualquier inversión fuera de estos campos es criticada e incluso descartada, pues no se vislumbra fácilmente el bien que puede aportar a la sociedad de manera inmediata.

A priori, el gobierno camboyano puede desestimar la importancia de invertir en una mejor gestión de RU. Sin embargo, dicha gestión puede llegar a presentar cuantiosos beneficios para la nación, pues legislar y destinar fondos al reciclaje y reducción de plásticos conlleva un ahorro para el país, una enorme oferta de trabajo público, mejoras sanitarias e higiénicas, cumplimiento de la normativa mundial vigente —la cual Camboya ha firmado— evitando así cualquier penalización, y ejemplo y educación medioambiental para las futuras generaciones.

³⁷ Ministry of Environment of Cambodia (2012). *Environmental Guide on Solid Waste Management*.

³⁸ Cabe destacar que en Camboya los basureros, tal y como nos referimos a ellos en Occidente, grandes explanadas donde se acumulan los desechos por sedimentación, son pocos. Normalmente éstos se encuentran en las grandes ciudades, por lo que se puede afirmar que hay dos en Phnom Penh, uno a las afueras de Siem Reap y otro en Sihanoukville. Sin embargo, el resto de ciudades también disponen de un basurero, pero no cumple las normativas ni regulaciones de los ya mencionados. Estos otros “basureros” son zonas arbitrarias que se emplean como basureros, pero que en ningún caso presentan los requerimientos necesarios.

Pero tampoco seamos ilusos, mejorar el sistema de gestión de residuos plásticos requiere una gran inversión, por lo que no todo es *tirar cohetes*. Hay que destinar fondos, o permitir que una empresa privada se encargue de dirigir dicha actividad.

El OEC —*Observatory of Economic Complexity*—, una web supervisada por el Instituto Tecnológico de Massachusetts, el MIT, permite visionar toda la economía que rige a cada país, conociendo el dinero proveniente de sus exportaciones, así como el invertido en sus importaciones. Según el OEC, durante 2016, Camboya invirtió 500 millones de dólares americanos en importaciones de plásticos. Del total gastado cabe destacar que, por ejemplo: 21,7 millones de dólares fueron empleados en tuberías de plástico; 10 millones en plásticos para la construcción; o 30,7 millones en PVCs. Si tenemos en cuenta que la inversión total en importaciones durante ese año fue de 11.700 millones de dólares, el gobierno camboyano gastó un 4,27% de dicho total en plásticos, un dinero que no se recuperó al completo —pues sólo se obtuvieron 284 millones de dólares de beneficio con las exportaciones de plásticos—³⁹. Quizás, esta cantidad invertida podría haber sido menor si se hubieran aplicado medidas de reducción, reciclaje y reutilización. Sólo con reutilizar las bolsas típicas de supermercado habría habido una enorme reducción en la cantidad de plásticos importados. El portal *Voa Cambodia* —un noticiero el cual cuenta con el apoyo de EE.UU., y que presume de ser independiente al gobierno camboyano— publicaba en julio de 2016 que el *MOE* afirmaba que en Camboya se consumían al día 10 millones de bolsas de plástico⁴⁰. Imaginemos el ahorro que supondría reutilizar y reciclar 3650 millones de bolsas de plástico al año.

Say Samal —actual dirigente del *MOE*— no puede excusar, a día de hoy, la no intervención del gobierno en la mejora del tratamiento de plásticos, pues el país está comprando estos polímeros en vez de reciclar aquellos de los que dispone. Se está imposibilitando una mejora a nivel social en todo el país. Aquí se presenta una clara propuesta de beneficio y de ahorro.

5.1.2. INCINERACIÓN Y VERTEDEROS.

Anteriormente se ha mencionado que las dos únicas maneras que Camboya tiene de tratar los residuos —sean del tipo que sean— es mediante la incineración o mediante el empleo de vertederos.

La incineración es «el procesamiento térmico de los residuos sólidos mediante oxidación química con cantidades estequiométricas o en exceso de oxígeno» (Orozco Barrenetxa et al., 2003). En otras palabras, es el proceso en el cual los residuos son quemados. Esta técnica permite llevar a cabo una recuperación de energía, ya que la combustión de materia da lugar a la liberación de energía en forma, por ejemplo, de calor, que puede combinarse en un ciclo de obtención de potencia —tipo Rankine— consiguiendo así suministrar calor al proceso de generación de energía eléctrica. Sin embargo, el quemar los residuos no siempre garantiza la desaparición de los mismos. A menudo quedan cenizas y restos que deben ser depositados en un vertedero específico, preparado para este tipo de desperdicios. Del mismo modo, la combustión libera gases que han de ser tratados de manera adecuada por medio de filtros. También existen otras técnicas como la absorción, adsorción y la oxidación para los gases de

³⁹ Atlas.media.mit.edu. (2018). *OEC - Cambodia (KHM) Exports, Imports, and Trade Partners*. [online] Available at: <https://atlas.media.mit.edu/en/profile/country/khm/> [Accessed 23 Mar. 2018].

⁴⁰ Chanbota, C. (2016). *Cambodians take on tough foe: plastic bag consumption*. [online] VOA Cambodia. Available at: <https://www.voacambodia.com/a/little-change-of-plastic-consumption-possible-to-make-a-better-difference/3413650.html> [Accessed 5 Apr. 2018].

combustión. En cualquier caso, todos los equipos utilizados para el tratamiento de gases presentan costes bastante elevados, por lo que requieren una enorme inversión.

Ya se comentó anteriormente que éste es el sistema que Suecia emplea para tratar los residuos. Es un método eficaz y simple, y válido siempre que se dispongan de los equipos necesarios para reducir la emisión de gases contaminantes a la atmósfera—como es el caso del país escandinavo—.

Cabe destacar que la incineración puede ir ligada a la reutilización, pero de ningún modo son sinónimas. La Unión Europea establece que la reutilización es «cualquier operación mediante la cual productos o componentes que no sean residuos se utilizan de nuevo con la misma finalidad para la que fueron concebidos»⁴¹, por lo que “reutilizar” un residuo como combustible, incinerándolo para producir así energía, no se considera reutilización, independientemente de que le estemos dando otra finalidad, otro uso. Ésta es quizás una de las razones por las que el *ecologismo* de Suecia se critica, pues su 49,6% de tasa de “reciclaje” se basa en gran medida en incinerar residuos —consiguientemente los contaminantes atmosféricos son filtrados conforme establece la normativa europea—⁴².

En el caso de Camboya, la incineración no se emplea para la obtención de potencia, sino para hacer desaparecer los residuos. Es el procedimiento más cómodo en las zonas rurales, y en algunos casos se practica en la ciudad, en zonas descampadas o en vertederos.

Independientemente del dónde, esta actuación se lleva a cabo sin las medidas oportunas para disminuir o erradicar la emisión de gases nocivos para la atmósfera. La normativa en este aspecto es desconocida —no ha sido posible encontrar ningún artículo, decreto o ley camboyana que hiciese referencia a la regulación de la incineración—, pero, aunque la normativa existiese, queda claro que el gobierno presentaría una disposición laxa acerca de su regulación.

Si bien la incineración es una manera de acabar con los desechos, la más empleada en el país es la de depositar los residuos en vertederos. Un vertedero es «una instalación de eliminación que se destina al depósito de residuos en la superficie terrestre o bajo ella» (Orozco Barrenetxa et al., 2003), es decir, una zona en la que se acumula la basura, donde se espera que el paso del tiempo y la actividad de apisonamiento acaben con los vertidos. Existen tres categorías de vertederos: de residuos peligrosos; de residuos no peligrosos; y de residuos de interés. En Camboya esta categorización se reduce a dos: residuos peligrosos y residuos no peligrosos.

La mala reputación de los vertederos es conocida por todos. Son una solución rápida y fácil para hacer desaparecer todos los residuos, pero no son nada ecológicos. La basura sigue ahí, aislada y enterrada, emitiendo olores y gases perjudiciales para la salud y para la atmósfera, y degradando el terreno debido a filtraciones. Sin embargo, la razón por la que los vertederos proliferan tanto en países en vías de desarrollo es el bajo coste que suponen. A fin de cuentas sólo se necesita un espacio abierto, una verja que delimite a éste y un par de máquinas para el dejado, removida y aplanado de la basura.

Pero no nos engañemos, en occidente también se hace uso de los vertederos. En Madrid, por ejemplo, encontramos el vertedero de *Las Dehesas*, al cual van a parar todos los RU rechazados por los centros de *Las Lomas*, *Las Dehesas* y *La Paloma*. En 2016 registró la llegada

⁴¹ Directiva 2008/98/CE sobre los residuos. Artículo 3.13.

⁴² Hogg, D. (2016). *The dark truth Sweden's 'revolutionary' recycling schemes. Independent*. [online] Available at: <https://www.independent.co.uk/voices/sweden-recycling-rates-revolutionary-dark-truth-behind-uk-wales-incineration-a7471861.html> [Accessed 3 Apr. 2018].

de más de 3 millones de toneladas de basura⁴³. Éste no es el único vertedero de la capital, pero sí el que mejores instalaciones presenta, como el sistema de captación y canalización de desgasificación, consiguiendo así obtener biogases que pueden ser reutilizados. Los otros vertederos, ubicados en Pinto, Alcalá de Henares, Colmenar Viejo..., tienen sus días contados. Se quedan obsoletos y anticuados conforme a lo marcado por la normativa europea, por lo que está previsto que para 2025-2030 finalice su vida útil⁴⁴.

Camboya presenta vertederos en las principales ciudades del país. El primero que hubo en la capital, el vertedero de *Steung Mean Chey*, se quedó pequeño en 2009, por lo que, ese mismo año, se inauguró el vertedero de *Choeung Ek*. Ya se comentó previamente que *Choeung Ek, a día de hoy*, presenta la mitad de sus hectáreas ocupadas. El alto crecimiento de la población camboyana ha dado lugar a un enorme aumento en la generación de residuos —hay que entender que la sociedad y cultura camboyana no se caracteriza por su compromiso con la gestión de residuos. Para ellos no es algo relevante—.

La rapidez con la que *Choeung Ek* —o el vertedero de Sihanoukville o Siem Reap— se ha llenado en los últimos años sirve de manifiesto para llevar a cabo un cambio con el fin de sacar partido a toda esa basura que se amontona. Lo hacen los ya mencionados *scavengers*. Sacan provecho de cualquier residuo que deambule por el mar de basura —*Figura 5*—. Pues bien, esa misma gestión la puede llevar a cabo el gobierno camboyano —o una empresa privada—, dotando así de puestos de trabajo a la sociedad camboyana, y consiguiendo un beneficio para el país.



*Figura 5 Steung Mean Chey. Un niño rebuscando entre la basura*⁴⁵.

5.2. EL PORQUÉ DE INVERTIR EN LAS 3Rs.

Hasta ahora se ha hablado mucho de la importancia de reducir, reciclar y reutilizar, pero en ningún momento hemos definido estos conceptos. Para fijar qué son estos procedimientos basta con recurrir a la normativa europea —pues estará en consonancia con los tratados globales dictaminados por las Naciones Unidas—.

⁴³ Munimadrid. (2018). *Áreas de información estadística sobre residuos sólidos*. [online] Available at: <http://www-2.munimadrid.es/CSE6/control/seleccionDatos?numSerie=14030400110> [Accessed 5 Apr. 2018].

⁴⁴ BELVER, M. (2018). *El fin de los vertederos de basura en Madrid*. [online] El Mundo. Available at: <http://www.elmundo.es/madrid/2018/03/12/5aa583f5ca4741f96a8b464b.html> [Accessed 2 Apr. 2018].

⁴⁵ McPherson, P. (2016). *Hell on earth: the great urban scandal of family life lived on a rubbish camp*. The Guardian. [online] Available at: <https://www.theguardian.com/cities/2016/oct/11/hell-earth-great-urban-scandal-life-rubbish-dump> [Accessed 12 Mar. 2018]. Imagen de Kibae Park/ Flickr Vision

Se entiende por *reducción* ambiental la disminución en el empleo de un determinado material, sustancia o producto. *Reciclar* es «toda operación de valorización mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en producto (...) tanto si es con la finalidad original como con cualquier otra finalidad»⁴⁶, y *reutilizar*, como ya se expuso en el punto anterior, es volver hacer uso del residuo manteniendo invariable la finalidad del mismo.

Las 3Rs componen una ortodoxia que va ligada a la mentalidad de la sociedad en la que se intentan aplicar, dando sus frutos si esta comunidad presenta disposición por la causa. En otras palabras, aplicar los principios de reducción, reutilización y reciclaje son únicamente provechosos si va a haber una conducta del pueblo en consonancia a las medidas establecidas, pues sin la participación ciudadana en, por ejemplo, la reutilización de las bolsas de plástico, de nada sirven estas medidas. Requieren compromiso.

Quizás la demanda de este *compromiso ecológico* sea el aspecto más débil de toda esta cuestión. A los ciudadanos de un país como Camboya, un país en vías de desarrollo, con un alto índice de pobreza, mal nutrición, violencia infantil y de género, explotación infantil, explotación sexual, corrupción..., no se les puede pedir que se preocupen por reutilizar las bolsas de basura o las botellas de agua. Bastante tienen con tener que buscar algo que poderse llevar a la boca. Creer semejante idea es hacer demagogia. Hay que buscar otros recursos para captar la responsabilidad ciudadana. Aquí es donde se nos presenta la cuestión más difícil: ¿cómo convencer a la sociedad de que apliquen las 3Rs? ¿Cómo convencer al gobierno de invertir en estas creencias?

Nos encontramos pues con un arduo y laborioso cometido, pero que pretende ser encauzado mediante tres vías: energía, economía y trabajo.

Como ya se dijo en la introducción, durante la última década Camboya ha gozado de un elevado crecimiento económico. Es considerada como una de las naciones del Sudeste Asiático con mayor crecimiento anual en su PIB, con un valor durante 2016 del 6,953% —0,1% menor que el de 2015⁴⁷—. El país —cuya economía se basa fundamentalmente en el turismo y en las exportaciones textiles— es ahora de interés internacional, y objeto de numerosas inversiones por parte de empresas de capital chino, o de diferentes compañías textiles.

La buena situación económica que el país vive está ligada a esta inversión. El establecimiento de compañías internacionales da lugar a la creación de nuevos puestos de trabajo, lo que fortalece la economía y supone, a su vez, un aumento de población. Phnom Penh ha aumentado en casi más de un millón el número de habitantes residentes en la capital. La abundancia de trabajo hace de la capital jemer un lugar de abundantes oportunidades laborales en donde poder encontrar una manera de labrarse una vida. Sin embargo, no nos dejemos engañar. Es cierto que Camboya presenta una bajísima tasa de desempleo —en base a datos del portal *Trading Economics*, en 2017 la tasa de desempleo en Camboya fue del 0,3%⁴⁸—, pero esto se debe a que, dicho literal, *si no trabajas te mueres de hambre*. El trabajo en Camboya es el único seguro para poder tener algo que llevarse a la boca. En realidad, el *trabajar* cumple con los objetivos de cualquier otra cultura, sí, pero la diferencia está en la ausencia de oportunidades, bienestar social y enorme pobreza que imperan en el país. El trabajo es un bien muy preciado, y la calidad de éste, al igual que los sueldos, distan mucho de la situación que encontramos en Occidente.

⁴⁶ Directiva 2008/98/CE sobre los residuos. Artículo 3.17.

⁴⁷ Data.worldbank.org. (2018). *GDP annual growth*. [online] Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?locations=KH> [Accessed 10 Apr. 2018].

⁴⁸ Trading Economics. (2018). *Cambodia Unemployment Rate*. [online] Available at: <https://tradingeconomics.com/cambodia/unemployment-rate> [Accessed 10 Apr. 2018].

La economía camboyana es por tanto dependiente de la acción extranjera, y vulnerable por la situación que se dé en los países inversores/compradores. Es por ello por lo que Camboya debe hacerse valer entre las diferentes economías del sur de Asia, y encontrar una estrategia que le permita sacar provecho de su situación de país en crecimiento.

5.3. ENERGÍA.

Dentro de las diferentes posibilidades con las que Camboya puede fortalecer su economía, la energía se presenta como una de las opciones más favorables, y si ésta la vinculamos con el tema principal de este trabajo —el tratamiento de los residuos plásticos— encontramos nuestra propia *gallina de los huevos de oro*: lograr tratar los plásticos consiguiendo así energía.

5.3.1. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA.

La procedencia de la energía eléctrica en Camboya es diversa. Fundamentalmente, ésta proviene de plantas de generación de potencia basada en ciclos cuyo combustible es biomasa, carbón —gran parte de él procedente de biomasa transformada en carbón vegetal— y petróleo —*Tabla 1*—. Además, en función de la estación en que nos encontremos —recordemos que Camboya presenta la época de lluvias y la época seca—, se genera energía en plantas hidroeléctricas.

Tabla 1 Tabla de energía producida en Camboya [MME, 2016]

AÑO	ENERGÍAS [GWh]			
	HIDROELÉCTRICA	CARBÓN	PETRÓLEO	BIOMASA
2003	40,51	-	595,38	-
2004	28,42	-	714,81	-
2005	43,54	-	835,71	0,12
2006	50,61	-	1034,82	1,68
2007	49,71	-	1294,36	5,25
2008	46,28	23,26	1409,94	4,53
2009	47,43	28,03	1152,65	6,49
2010	31,73	32,08	898,73	5,82
2011	51,52	46,5	908,61	11,91
2012	517,37	37,42	856,56	11,75
2013	1015,54	168,75	578,99	6,68
2014	1851,60	863,02	326,97	16,79
2015	2000,38	2376,49	227,62	40,47

5.3.2. CARBÓN Y PETRÓLEO.

Si analizamos con mayor detenimiento la *Tabla 1*, observamos que la demanda de energía camboyana se sostiene, en más de la mitad —56,06%— al uso de carbón y petróleo, es decir, basa su producción en la quema de un combustible fósil.

Cabe destacar que las plantas de generación de potencia precisan siempre de un combustible, pero, con el fin de disminuir las emisiones de CO₂ a la atmósfera —resultado (entre otros) de la combustión tanto del petróleo como del carbón— se vienen empleando las *plantas de cogeneración o de ciclo combinado*, las cuales aprovechan el calor residual que proviene de la producción de energía mediante una turbina de ciclo Bryton y lo intercambian —en el *heat recovery steam generator* (un intercambiador de calor)—, traspasando, consiguientemente, el calor a un ciclo Rankine (ciclo de agua) para así producir a su vez más energía.

La ventaja del ciclo combinado frente al ciclo de carbón normal es la obtención de un mayor rendimiento en el proceso de generación de energía, la posibilidad de emplear otros combustibles que no sean carbón —pues, para obtener el mismo rendimiento, se necesita quemar casi el doble de carbón que otros combustibles como el gas natural—, y la enorme disminución de emisiones contaminantes a la atmósfera.

En la actualidad Camboya carece de plantas de ciclo combinado, solamente presenta plantas de potencia con un único ciclo. Dichas plantas se encuentran al sur del país, en la provincia de Sihanoukville. A día de hoy, hay dos plantas en funcionamiento, *Sihanoukville I* y *Sihanoukville II*, con una capacidad de generación de 100MW⁴⁹ y 270MW respectivamente. En 2017 el gobierno camboyano adjudicó la dirección y creación de *Sihanoukville III* a la empresa nipona, *Toshiba*⁵⁰ —todavía en proceso de construcción—. Esta nueva central de generación será semejante a las otras, y tampoco presentará cogeneración.

En España, la cogeneración viene aportando casi el 15% de la generación energética. *Red Eléctrica Española*⁵¹ presenta en su página web la opción de visualizar la generación y el consumo que tiene España, y en ella se observa que la generación de ambos ciclos —carbón y combinado—, destacando que el ciclo combinado presenta siempre una mayor aportación a la red. Ello se debe, quizás, a que las emisiones son menores y, con el fin de cumplir la normativa europea, se intenta fomentar el uso del ciclo combinado. Además, el aprovechamiento de energía hace que este ciclo sea más eficiente, pues para conseguir la energía de un metro cúbico de gas natural se precisa quemar una gran cantidad de carbón —no tiene el mismo poder calorífico—.

En la actualidad, Camboya no presenta control alguno sobre sus emisiones, pues no está sujeta a ningún organismo regulador más allá de las Naciones Unidas. Es por ello que la inversión extra que supondría una planta de cogeneración es descartada, confirmando así su desinterés hacia la causa medioambiental. Así mismo, la utilización de carbón como combustible supone que las plantas energéticas tengan bajos rendimientos, pues precisa de una alta cantidad de carburante —aparentemente, Camboya no hace uso alguno de gas natural. La OEC no recoge importación alguna de gas natural en el país asiático—.

5.3.3. BIOMASA.

El poner en uso los ciclos de carbón/petróleo suele deberse a que el resto de fuentes energéticas no son capaces de suministrar suficiente energía. En España, durante 2015, las emisiones de CO₂ aumentaron, pues el uso de las centrales de carbón creció en un 24% con respecto al ejercicio anterior, unido al hecho de que las precipitaciones fueron escasas en ese año⁵².

Se podría decir que Camboya se comporta de manera semejante a España en ese sentido. Si el agua, fuente motora de las centrales hidroeléctricas, escasea, pone en marcha sus plantas de generación de potencia. Cabe mencionar que estas plantas también funcionan gracias al combustible proveniente de la biomasa.

⁴⁹ Mega Watio

⁵⁰ Kotoski, K. (2017). *Third coal-fired plant on order*. The Phnom Penh Post. [online] Available at: <https://www.phnompenhpost.com/business/third-coal-fired-plant-order> [Accessed 10 Apr. 2018].

⁵¹ Red Eléctrica Española. (2018). *Seguimiento de la demanda energética*. [online] Available at: <https://demanda.ree.es/movil/peninsula/demanda/total> [Accessed 6 Apr. 2018].

⁵² Planelles, M. (2016). La quema de carbón dispara la emisión de gases invernaderos. El País. [online] Available at: https://politica.elpais.com/politica/2016/02/17/actualidad/1455735074_935270.html [Accessed 17 Feb. 2018].

La biomasa es definida por la UE como «el derivado de materia orgánica como árboles, plantas, y restos urbanos y provenientes de actividades de agricultura, que puede emplearse para generar calor y electricidad»⁵³. En Camboya es un recurso muy habitual en las poblaciones rurales. Es fácil y barato, pues el agricultor o ganadero puede emplear los restos orgánicos de, por ejemplo, el ganado, para calentar su hogar y así deshacerse de ellos. Aun así, las plantas energéticas también emplean la biomasa como combustible, aunque la quema de biomasa presenta la misma problemática que el carbón —en comparación con el petróleo o gas natural— : se requiere un alto tonelaje de biomasa para que el rendimiento se aproxime al del gas natural —carburante idóneo para estos procesos—. Este exceso de *masa entrante* supone una pérdida de rendimiento para nuestra planta, además de precisar de instalaciones específicas.

En España, por ejemplo, la biomasa es idónea para las plantas de cogeneración, pues ésta se quema con el objetivo de mantener el calor procedente del condensador del ciclo *Bryton*. Pero por sí sola, la quema de biomasa no rentabiliza la producción de potencia de una gran planta de generación.

La dificultad para obtener un alto rendimiento de la quema de biomasa suele ser un argumento muy en su contra. Además, desgraciadamente, a menudo se malinterpreta en qué consiste esta energía renovable, y su obtención se corrompe con la tala en masa que, si el país en cuestión —como Camboya— no dispone del adecuado control forestal, deriva en la deforestación, causando así una pérdida ecológica y rompiendo con el principio de la biomasa: un aprovechamiento de la materia orgánica ya en desuso.

Tabla 2 Tabla con las toneladas anuales de madera con uso para biomasa de Camboya [MME, 2016].

AÑO	MADERA PARA QUEMAR [ton]
2007	4.272.869
2008	4.459.457
2009	4.583.360
2010	4.644.997
2011	4.856.076
2012	5.053.881
2013	5.262.683
2014	5.520.148
2015	5.681.802

La *Tabla 2* refleja claramente el crecimiento de la demanda de madera, confirmando así la deforestación que vive la nación Jemer. El rotativo *The Straits Times* —un periódico en inglés que cubre la actualidad en Asia— ha denunciado, durante 2018, la catástrofe ecológica que la deforestación está generando en Camboya, dando lugar (entre otros) a la desaparición de las tarántulas al norte del país⁵⁴ —provincia de Siem Reap y Ratanakiri—, especie motora de una importante y turística industria gastronómica.

5.3.4. HIDROELÉCTRICA.

⁵³ European Commission. (2015). *European Commission: Biomass*. [online] Available at: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/biomass> [Accessed 10 Apr. 2018].

⁵⁴ The Straits Times. (2018). *In Cambodia, fears tarantula may go off the menu due to deforestation*. [online] Available at: <http://www.straitstimes.com/asia/se-asia/in-cambodia-fears-tarantula-may-go-off-the-menu-due-to-deforestation> [Accessed 7 Apr. 2018].

La producción de energía hidroeléctrica convive con las plantas de carbón, aunque esta primera tiene un papel protagonista durante la época de lluvias.

Camboya presenta dos estaciones: la seca y la húmeda. Durante la época de lluvias el río que atraviesa el país —el Mekong— llega, en algunos puntos, a duplicar su cauce, por lo que se aprovecha la fuerza de su caudal para producir energía hidroeléctrica. Pero no sólo se le saca partido a este río. Sus afluentes también son un buen asentamiento para las centrales hidroeléctricas.

La información que el MME presenta a disposición del ciudadano/internauta en su página web es pobre e inservible. La web ministerial hace uso de un *juego* muy típico del gobierno camboyano —típico porque se ha experimentado en más ocasiones—: poner a disposición del interesado ficheros, leyes, estudios..., de índole medioambiental en formato *pdf* pero, una vez que el usuario los consulta, éstos están vacíos. Con esta triquiñuela, el gobierno se lava las manos —pues pone a disposición de cualquiera la información estatal—alegando que el problema es del particular, no de la subida de los archivos. Esta argucia no es exclusiva del MME. Las demás webs ministeriales lo presentan. Conseguir información sobre las plantas hidroeléctricas del país se presenta como una complicada tarea, pero no imposible.

La explotación de energía hidroeléctrica en la nación camboyana se encuentra en manos de capital privado —fundamentalmente chino—, y bajo la supervisión de *EDC* y de *CNMC*. En la actualidad, Camboya tiene operativas las plantas de: *Kirirom I* —en la provincia de Kampong Speu. Construida en 1968, durante la época de los Jemeres Rojos quedó en desuso, y a finales de siglo una empresa china se hizo cargo de su renovación y puesta en marcha. Su capacidad de producción está destinada exclusivamente al abastecimiento de la capital, y es de 12MW—; *Kamchay* —central moderna (2011) situada en la provincia de Kampot, presenta una capacidad de 193MW—; *Stung Atai* —ubicada en la provincia de Pursat. La planta, de 240MW de potencia, sufrió una avería en 2012 debido a una sobrecarga en la presa, y su reforma fue llevada a cabo por la empresa CHMC (China National Heavy Machinery Corporation) en 2014⁵⁵—; *Kirirom III* —con una capacidad de 18MW—y *Russej Chrum* —con una potencia de 330MW— se encuentran en la provincia de Koh Kong, al igual que *Strung Tatai* —con una capacidad de 246MW—. Aunque su margen de actuación es reducido, *O Chum II* —en la provincia de Ratanakiri—es también una central con actividad. Su capacidad es de 1MW, por lo que cubre fundamentalmente a la capital, Banlung. [Open Development Cambodia. (2015)].

⁵⁵ Kunmakara, M. (2014). *China Power Plant Open*. The Phnom Penh Post. [online] Available at: <https://www.phnompenhpost.com/business/china-power-plant-open> [Accessed 9 Apr. 2018].

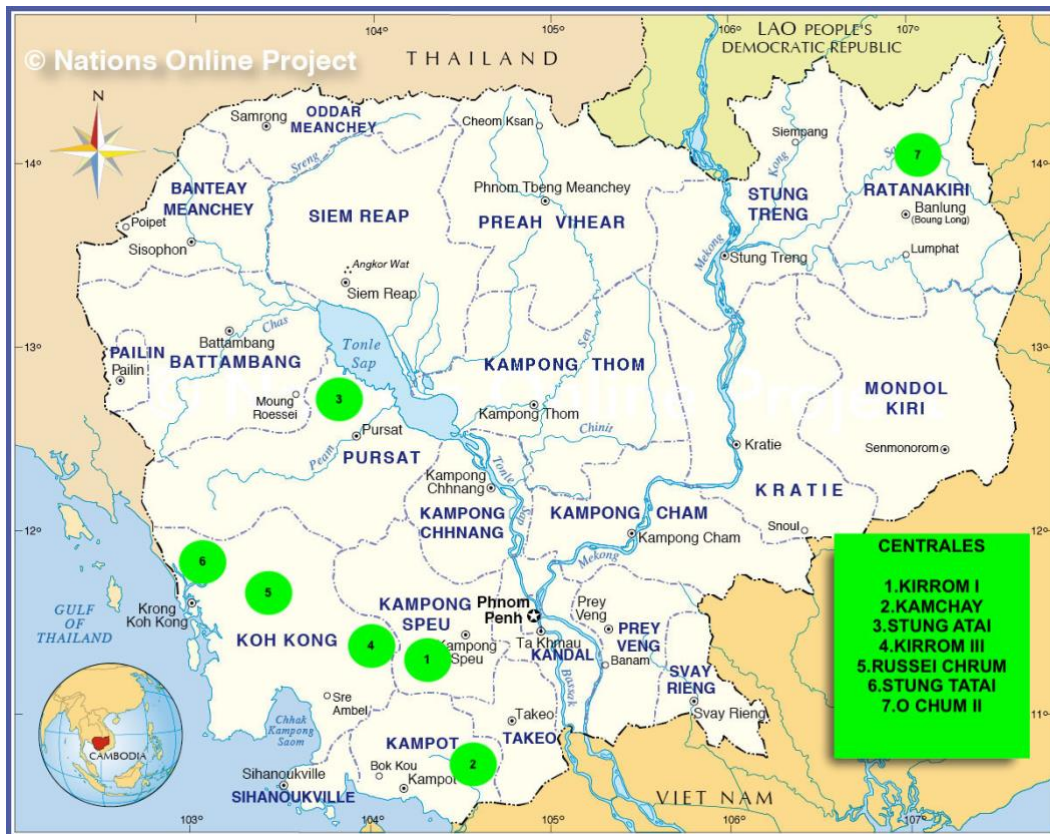


Figura 6 Mapa con las principales centrales hidroeléctricas del país⁵⁶.

El alto caudal de agua en los ríos no es permanente, lo que hace que la producción de este tipo de energía renovable sea variable. Además, como ya se ha dicho, depende de las lluvias.

De todas las posibles fuentes de energías renovables, la hidráulica es, a día de hoy, la más próspera y efectiva en el país. Dejando a un lado su gestión —por EDC, un monopolio estatal tan corrupto como el Estado—, la energía hidráulica ha acaparado toda la visión del gobierno en lo que a renovabilidad se refiere. Sin embargo, el abaratamiento de la energía solar puede dar lugar a una sana *competición* entre hidráulica y solar, pues además del recurso del agua, Camboya dispone de un clima tropical el cual ofrece —sobre todo durante la época seca— largas horas de sol. Recientemente, el periódico *Voice of Assia*, explicaba que en Camboya —y en todo el Sudeste Asiático— se habían firmado nuevos contratos para la creación de campos solares debido a la gran rebaja —a nivel mundial— que el sector presenta, así como la facilidad para invertir y comprar terrenos donde poder instalarlos⁵⁷. De conseguir todos los permisos necesarios, la llegada de la energía solar al país *khemer* presentaría enormes beneficios medioambientales, además de la creación de nuevos puestos de trabajo.

⁵⁶ Nations Online. (2015). *Administrative Map of Cambodia*. [online] Available at: <http://www.nationsonline.org/oworld/map/cambodia-administrative-map.htm> [Accessed 12 Apr. 2018].

⁵⁷ Boyle, D. (2018). *Solar surge threatens hydro future on Mekong*. *Voice of Assia*. [online] Available at: <https://www.voanews.com/a/solar-surge-threatens-hydro-future-mekong/4341660.html> [Accessed 12 Apr. 2018].

5.4. ANÁLISIS ENERGÉTICO.

La producción de energía en Camboya se lleva a cabo gracias a cuatro pilares fundamentales: carbón, petróleo, biomasa y agua. Las centrales de las que dispone el país no son capaces de cubrir toda la demanda energética, y, si sumamos la deplorable gestión que el MME, GDE y EDC llevan a cabo, no es de extrañar que el país se vea en la necesidad de importar energía de sus vecinos, Tailandia, Laos y Vietnam.

La *Tabla 3* presenta, conforme al informe del MME y de la ERIA sobre “*Las estadísticas energéticas de Camboya*”, las importaciones de energía llevadas a cabo en el país. La tabla es un claro ejemplo de cómo las importaciones dependen de la cantidad de lluvia caída durante la época húmeda, pues si ésta no es abundante el país presenta una tendencia al alza a comprar energía con origen extranjero. También hay que tener en cuenta el aumento de la población, lo que supone una mayor necesidad energética.

Tabla 3 Importaciones anuales de energía eléctrica en Camboya [MME, 2016].

AÑO	IMPORTACIONES [GWh]
2003	58,28
2004	59,49
2005	82,25
2006	107,98
2007	167,41
2008	374,25
2009	842,40
2010	1546,44
2011	1829,79
2012	2104,32
2013	2281,63
2014	1803,04
2015	1541,00

Export.gov, una empresa estadounidense dedicada al desarrollo de compañías internacionales, denunciaba recientemente la diferenciación energética que existe entre las zonas urbanas y rurales a lo largo de todo Camboya, pues el hacer llegar la energía a todas partes no es beneficioso para las empresas distribuidoras. A la EDC le es más rentable abastecer a las ciudades que a las pequeñas aldeas o pueblos, lo que explica el porqué de precios tan elevados en la factura de la luz. «En muchas ciudades camboyanas, la única fuente de energía es un pequeño generador portátil que funciona a base de petróleo»⁵⁸, lo que explica la alta dependencia del país por el diésel —según la OEC el año pasado se gastaron 888 millones de dólares en la importación de petróleo— y su encarecimiento, así como la baja tasa de acceso a energía —que en 2014 era del 56,1%—⁵⁹.

Según datos de *The World Bank*, entre 2014 y 2015, el consumo energético per cápita en Camboya y España era de 271,33 KWh frente a 5,3 MWh⁶⁰ respectivamente. Destacar que el censo de población en España durante 2015 era, según datos del mismo portal —*The World*

⁵⁸ *Export.gov*. (2018). *Power Generation Equipment Cambodia*. [online] Available at: <https://www.export.gov/article?id=Cambodia-power-generation-equipment> [Accessed 17 Apr. 2018].

⁵⁹ The World Bank. (2018). *Access to electricity*. [online] Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS?locations=KH> [Accessed 17 Apr. 2018].

⁶⁰ The World Bank. (2018). *Consumo de energía eléctrica*. [online] Available at: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PC?end=2014&locations=KH-ES&start=1995&view=chart&year=2014> [Accessed 17 Apr. 2018].

Bank— un 33,3% superior a la de Camboya —45 millones de habitantes frente a 16 millones⁶¹—. La diferencia de demanda per cápita es una evidencia de la desigualdad energética que existe entre un país en vías de desarrollo y uno desarrollado.

Si sumamos los datos de producción que aparecen en la *Tabla 1* —la cual aparece más arriba—, se aprecia que en 2015 Camboya tuvo una generación energética anual de 4.644 GWh. Durante ese mismo año España —según aparece en la página de *balance de energía eléctrica* de Red Eléctrica Española— generó 262.161 GWh⁶² de potencia eléctrica anual, energía que provenía de diversas fuentes, tal como se aprecia en la *Figura 7*.

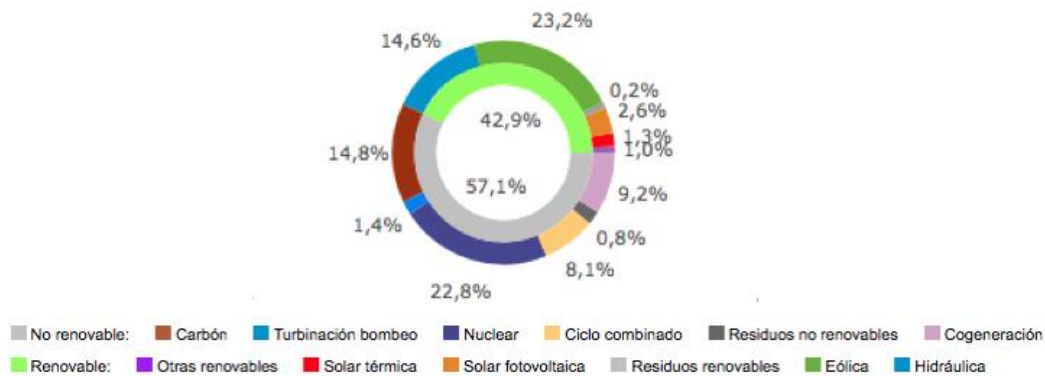


Figura 7 Balance eléctrico 2015⁶³.

Quizás, con los datos recién presentados, percibir la abrumadora diferencia energética entre ambos países no sea del todo palpable. Analicemos pues, más detenidamente, estos datos.

El *GWh* —así como el *KWh* y *MWh*— es una unidad que mide consumo de potencia durante una cantidad de tiempo —en este caso hora—. Es importante tener este concepto energético bien definido para no cometer ningún error a la hora de emplear la terminología.

$$GWh = GW \cdot h = POTENCIA \cdot TIEMPO$$

De la misma manera, no hay que olvidar que la potencia *P* se puede expresar como:

$$P = \frac{Energía}{Tiempo} = \frac{[J]}{[s]} = [W]$$

Y que la relación que existe entre vatio hora [Wh] y julio [J] es:

$$1 Wh = 1[W] \cdot 60 [min] \cdot 60 [s] = 3600J$$

Si queremos saber qué cantidad de energía, *E*, se produce por unidad de potencia, *P*, basta con multiplicar por el tiempo, o lo que es lo mismo, despejar *E*. Veamos cómo:

⁶¹ The World Bank. (2018). *Population Data*. [online] Available at: <https://data.worldbank.org/indicador/SP.POP.TOTL> [Accessed 12 Apr. 2018].

⁶² Red Eléctrica Española (2018). *Informe del Sistema Eléctrico Español. Balances de energía eléctrica*. [online] p.2. Available at: <http://www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/informe-anual/informe-del-sistema-electrico-espanol-2016> [Accessed 24 Apr. 2018].

⁶³ Red Eléctrica Española. (2018). *Estadística diaria del sistema eléctrico español peninsular*. [online] Available at: <http://www.ree.es/es/balance-diario/peninsula/2015/04/14/d> [Accessed 17 Apr. 2018].

Camboya produjo —en 2015— 4.544 GWh anuales de potencia energética. Si lo expresamos en julios podemos obtener la generación de energía a la hora.

$$4.544 \text{ GWh} = 4.544 \cdot 10^9 \text{ Wh} = 4.544 \cdot 10^9 \cdot 60 \cdot 60 = 1,6718 \cdot 10^{16} \text{ J} = E$$

Teniendo ya el valor de nuestra energía, podemos calcular la potencia para un intervalo de tiempo determinado. Cabe recalcar que este valor sólo mide potencia, y en ningún caso consumo de potencia.

Si queremos conocer la potencia que se produce en Camboya al día:

$$PRODUCCIÓN_{energética} = \frac{E \text{ [J]}}{T \text{ [dias]} \cdot [GW]}$$

$$PRODUCCIÓN_{energética \text{ al día}} = \frac{1,67 \cdot 10^{16}}{365 \cdot 1 \cdot 10^9} = 45.803,84 \text{ GW}$$

De la misma manera, si multiplicamos por las horas que hay en un día obtenemos la producción de potencia energética a la hora:

$$PRODUCCIÓN_{energética \text{ a la hora}} = \frac{1,67 \cdot 10^{16}}{365 \cdot 24 \cdot 1 \cdot 10^9} = 1.908,49 \text{ GW}$$

Las cifras que se obtienen para España son muy diferentes. Si realizamos los mismos cálculos empleando la cifra de consumo energético anual —262.161 GWh—, observamos que la producción es:

$$PRODUCCIÓN_{energética \text{ al día}} = 2.585.697,53 \text{ GW}$$

$$PRODUCCIÓN_{energética \text{ a la hora}} = 107.737,40 \text{ GW}$$

Mediante este cálculo se pretende facilitar la visibilidad de la diferencia energética que existe entre ambos países. España posee un sistema energético capacitado para abastecer toda su demanda energética, pues a la hora produce 107.737 GW de potencia. Camboya, por su parte, tan sólo es capaz de generar al día 45.803 GW de potencia, una cantidad ínfima que además no siempre se alcanza debido a la dependencia de la energía hidroeléctrica. El bajo potencial energético del país jemer da como resultado una tasa energética per cápita muy baja.

5.5. NEGATIVA SOBRE LA PROPUESTA ENERGÉTICA.

Así pues, a simple vista se puede apreciar que la producción de energía en Camboya no consigue —ni de lejos— abastecer toda la demanda que pueda tener el país, pues, por muy pequeña que pueda ser la demanda energética de las zonas rurales, éstas precisan de esa energía, y a menudo carecen de ella. Por motivo de esta carencia, Camboya se ve obligada a comprar energía, lo que aumenta el precio de las tarifas energéticas y, ligado al bajo rendimiento de sus centrales —concretamente las de carbón—, dependencia de la época de lluvias para la empleabilidad de las plantas hidroeléctricas, así como mala gestión por las empresas ligadas al gobierno, hacen de la cuestión energética un galimatías que no da solución a nuestro problema principal: la gestión de plásticos.

Recordemos que nuestra propuesta inicial era dar una salida energética a los residuos termoplásticos. Empleando como modelo la gestión de Suecia, se sugirió incinerar los plásticos

y llevar a cabo un aprovechamiento energético, es decir, destinar el calor procedente de la combustión de estos desechos. Sin embargo, tras conocer cuál es el panorama energético e industrial jemer, podemos ratificar, sin ninguna duda, que esta proposición no llevaría ninguna mejora energética, pues la generación eléctrica de las centrales no aumentaría.

Es cierto que emplear los plásticos como carburante en Camboya —del mismo modo en que lo hace Suecia—daría lugar a la desaparición y aprovechamiento energético de enormes toneladas de material, sí, pero supondría una enorme inversión en toda la cuestión ecológica.

Como ya se comentó, el quemar residuos para la obtención de energía da lugar a la liberación de diferentes gases y sustancias volátiles perjudiciales para la salud y por ende para el medioambiente. *Sask H₂O* es una página web del gobierno provincial canadiense de Saskatchewan —provincia de Canadá que linda con los estados americanos de Montana y Dakota del Norte—la cual recoge información medioambiental de forma muy diversa y divulgativa. Entre los muchos informes disponibles, nos fijamos en “*Health and environmental effects of burning waste plastics*”, el cuál recoge los diferentes compuestos que resultan de la combustión de plásticos formados a partir de PTE, PVC, PP o PS. Los productos más tóxicos que se generan con la combustión de plásticos son, entre otros: hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP o PAH en inglés) —muy presentes en los compuestos fósiles como el petróleo, son cancerígenos—; dioxinas —compuestos resultantes de la combustión de compuestos clorados—; diabenzo-furanos policlorados (en inglés PCDF) —es mediante la inhalación o el contacto con la piel como más daño pueden causar. Son compuestos organoclorados—.⁶⁴ La *Tabla 4* recoge los efectos medioambientales y en la salud de algunos de los compuestos generados en el proceso de incineración de plásticos.

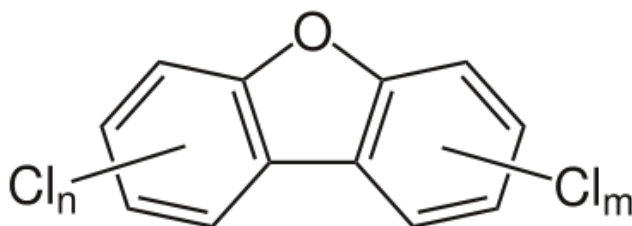


Figura 8 Estructura química de un dibenzofurano policlorado.

Evitar la emisión atmosférica de todos estos compuestos es posible, aunque implica una elevada inversión asociada al tratamiento de los mismos que quizás no fuese rentable para Camboya. Se pretende dar salida a los residuos plásticos, sí, pero también se quiere que dicha salida suponga un beneficio social. *Quemar por quemar* cuando se sabe que la producción energética apenas va a aumentar no tiene sentido, y justificar una inversión semejante no es sostenible, pues no hay beneficio.

Las centrales en las que se podría emplear el calor —energía térmica—cedido por la combustión de termoplásticos seguirían siendo las mismas que hay hasta ahora, Sihanoukville I y Sihanoukville II —Sihanoukville III no está terminada a día de hoy—, y el rendimiento que se obtendría no sería mayor que empleando carbón o petróleo, puesto que el poder calorífico del PET o PS es de 42 MJ/Kg —similar al petróleo— frente al 31,4 MJ/kg de poder calorífico del carbón. Conseguir un rendimiento eléctrico apto —las centrales de incineración de residuos suecas presentan un rendimiento del 20%⁶⁵ — requeriría construir centrales de ciclo combinado

⁶⁴ Sask H₂O (2012). *Health and environmental effects of burning waste plastics*. [online] pp.2-3. Available at: <http://www.saskh2o.ca/PDF/epb433.pdf> [Accessed 19 Apr. 2018].

⁶⁵ Electricity production in Sweden. (n.d.). *IVA's Electricity Crossroads project*. [online] Royal Swedish Academy of Engineering Science, pp.19-24. Available at: <https://www.iva.se/globalassets/201604-iva-vagvael-elproduktion-english-c.pdf> [Accessed 19 Apr. 2018].

—cuyo combustible sería el gas natural—y establecer un riguroso sistema de control de gases y otros componentes derivados de la combustión.

Tabla 4 Algunos productos de la combustión de plásticos⁶⁶.

Potential pollutant generated from burning of Plastics	Health Effects	Environmental Effects
Carbon Monoxide	Causes dizziness, headaches and slowed reflexes. Affects mental function, visual acuity and alertness	Oxidized to carbon dioxide (which is a greenhouse gas) in the atmosphere
Dioxins and Furans	May cause cancer; causes growth defects; affects DNA; affects immune and reproductive systems	Increased toxic loading on environment; leads to contaminated water/land, affects animal health
Polynuclear Aromatic Hydrocarbons (PAHs)	Cancer causing agent in most animal species including mammals, fish and birds	Increased toxic loading on environment, leads to contaminated water/land, affects animal health
Volatile Organic Compounds (VOCs)	Directly toxic including problems ranging from cancer risks to nervous disorders. Causes respiratory irritation/illness, chronic lung disease	Contributes to low level ozone (smog), causes vegetative damage. Leads to contaminated water/land, affects animal health
Particulate Matter (PM)	Irritation of respiratory tract, aggravated asthma, contributes to chronic obstructive pulmonary disease	Increased toxic loading on the environment; leads to contaminated water/land and affects animal health
Aldehydes	This is a animal carcinogen. Causes eye and respiratory illness and headaches	Increased toxic loading on environment, leads to contaminated water/land, affects animal health

Por todo lo ya mencionado, quizás, la salida energética no sea la mejor opción a implementar. Como ya se mencionó en el párrafo anterior, la emisión de gases que supone la quema de los termoplásticos deriva en la liberación de numerosos gases y componentes dañinos para la atmósfera. ¿Estaría el gobierno camboyano —o una empresa extranjera— dispuesto a llevar a cabo semejante inversión para satisfacer la demanda energética del país? Por supuesto que no. No nos engañemos, estamos hablando de Camboya, que, como muchos otros países pobres en recursos, carece de interés internacional, por lo que la inversión para potenciar el país, *ayudar por ayudar*, no tiene ningún sentido. Lo que hagan los jemerres con su energía es cosa de ellos mientras yo, Occidente, cubra mis necesidades.

Dado que la solución a la gestión de plásticos dista de seguir por el camino energético, se va a optar por ver si nuestra otra posibilidad —el reciclaje de plásticos— es una decisión más rentable, a fin de beneficiar al país. Con el cambio de estrategia no se pretende, ni mucho menos, infravalorar la obtención de energía eléctrica por medio de la incineración de plásticos, no. Es sólo que esta opción se presenta como una complicada empresa que requeriría, como ya se ha dicho, una cuantiosa suma de capital. Además, el motivo para encauzar la gestión de plásticos por la rama de la generación de energía busca conseguir, a su vez, un aumento en la producción energética, y, como se dijo anteriormente, este cambio no llegaría, pues el rendimiento es bajo y sólo hay dos centrales activas —la tercera está en potencia— donde se podría implementar. Calcular el aporte de calor que derivaría de la combustión de plásticos es sencillo.

El PET es polímero cuya composición se puede expresar mediante la fórmula $(C_{10}H_8O_4)_n$. El factor n representa el número de cadenas que van enlazadas entre sí, formando las largas cadenas poliméricas. Suponiendo que tenemos un radical n equivalente a dos $-(C_{10}H_8O_4)_2-$ podemos expresar la energía procedente de la combustión en función de la que se obtiene al quemar carbono e hidrógeno.

⁶⁶ Sask H2O (2012). *Health and environmental effects of burning waste plastics*. [online] pp.2. Available at: <http://www.saskh2o.ca/PDF/epb433.pdf> [Accessed 19 Apr. 2018].

Conocidos los poderes caloríficos inferiores⁶⁷ tanto del hidrógeno como del carbono — $PCI_c = 394 \text{ KJ/mol}$ y $PCI_{H_2} = 242 \text{ KJ/mol}$ respectivamente—, y un escenario medio con una humedad del 52% y un 10% de cenizas en base seca⁶⁸ podemos establecer el poder calorífico inferior de combustión:

$$PCI_{comb} = 20 \cdot 394 \frac{KJ}{mol} + \frac{16}{2} \cdot 242 \frac{KJ}{mol} = 9.816 \frac{KJ}{mol}$$

$$PM_{comb} = 20 \cdot 12 [C] + 16 \cdot 1[H_2] + 8 \cdot 16[O] = 384 \text{ g/mol}$$

La división de ambos parámetros nos dará como cociente el poder calorífico inferior de combustión en base seca.

$$PCI_{comb,bs,sc} = \frac{PCI_{comb}}{PM_{comb}} = 25,56 \frac{MJ}{kg}$$

Sin embargo, puesto que los plásticos presentan una composición en ceniza que ronda el 10%, y además, por ser Camboya un país tropical, se asume una humedad del 52%, el poder calorífico inferior en base húmeda —el que nos muestra una realidad más auténtica—, equivaldría a:

$$PCI_{comb,bh,cc} = PCI_{comb,bs,sc} \cdot (1 - \%Hum) \cdot (1 - \%Cenizas) - \%Hum \cdot L_v$$

Donde L_v es el calor de vaporización de agua libre equivalente a $2,27 \text{ MJ/kg}$.

$$PCI_{comb,bh,cc} = 25,56 \frac{MJ}{kg} \cdot (1 - 0,52) \cdot (1 - 0,1) - 0,52 \cdot 2,27 \frac{MJ}{kg} = 9,86 \frac{MJ}{kg}$$

Para comparar este valor, si lo aplicamos, por ejemplo, al poder calorífico que se obtiene con la biomasa —composición en madera, $C_6H_{10}O_5$ —, con una humedad igual —52%—, y un 2% de cenizas en base seca, vemos que el aumento no es mucho mayor:

$$PCI_{comb} = 6 \cdot 394 \frac{KJ}{mol} + \frac{10}{2} \cdot 242 \frac{KJ}{mol} = 3.574 \frac{KJ}{mol}$$

$$PM_{comb} = 6 \cdot 12 [C] + 10 \cdot 1[H_2] + 5 \cdot 16[O] = 162 \text{ g/mol}$$

$$PCI_{comb,bs,sc} = \frac{PCI_{comb}}{PM_{comb}} = 22,06 \frac{MJ}{kg}$$

$$PCI_{comb,bh,cc} = 22,06 \frac{MJ}{kg} \cdot (1 - 0,52) \cdot (1 - 0,02) - 0,52 \cdot 2,27 \frac{MJ}{kg} = 8,48 \frac{MJ}{kg}$$

La diferencia es de apenas $1,38 \text{ MJ/kg}$, muy baja para toda la inversión que supone para hacer frente a los compuestos resultantes de la combustión.

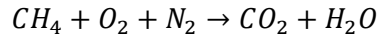
De igual modo, es relevante destacar que, si Camboya quisiese aumentar la producción energética de sus centrales de obtención de potencia, debería apostar por el gas natural y por

⁶⁷ El poder calorífico inferior es la cantidad de calor que se desprende en la combustión sin tener cuenta el calor latente de vapor de agua.

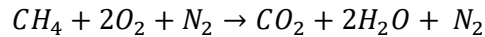
⁶⁸ Orozco Barrenetxa, C. (2003)

los ciclos combinados (con cogeneración), pues este combustible — con 50MJ/kg de poder calorífico— nos da un mayor rendimiento y apenas genera emisiones durante su combustión, tal y como se puede apreciar a continuación.

La reacción de combustión del gas natural —compuesto principalmente por metano— es:



Si ajustamos dicha reacción —asumiendo que es una reacción de combustión rica en oxígeno— obtenemos:



Para calcular la cantidad de emisiones de CO₂ generadas por kilovatio hallamos la relación kilogramos de CO₂ y kilogramos de combustible. Para ello utilizamos la masa molecular de las especies involucradas en la fórmula:

$$MASA MOLECULAR CH_4 = 12 + 4 * 1 = 16 \frac{g}{mol \cdot CH_4}$$

$$MASA MOLECULAR CO_2 = 12 + 2 * 16 = 44 \frac{g}{mol \cdot CO_2}$$

Conocidos los gramos por moles calculamos:

$$\frac{44 \frac{g}{mol \cdot CO_2}}{12 \frac{g}{mol \cdot comb}} = 3,67 \frac{kg \cdot CO_2}{kg \cdot comb}$$

$$\frac{44 \frac{g}{mol \cdot CO_2}}{16 \frac{g}{mol \cdot comb}} = 2,75 \frac{kg \cdot CO_2}{kg \cdot comb}$$

La emisión de CO₂ por consumo de potencia vendrá definida por la fórmula:

$$E_{CH_4} = \frac{44 \left[\frac{g}{mol \cdot CO_2} \right] \cdot KWh}{CH_4/comb \cdot [g] \cdot PCI_{CH_4/C} \cdot \eta_{ciclo}}$$

En la que sabemos que PCI_{CH₄} es el poder calorífico inferior del gas natural —50MJ/kg— y PCI_c el del carbón —32MJ/kg—, y η_{ciclo} el rendimiento del ciclo. Vamos a comparar las emisiones que produce un ciclo Rankine —que es el tipo de ciclo que se emplea en las plantas de Camboya, y que tiene un rendimiento del 40%— con un ciclo de cogeneración —con un rendimiento del 55%—.

$$E_{CH_4 RANKINE} = \frac{44 \left[\frac{g}{mol \cdot CO_2} \right] \cdot 3,6[MJ]}{12 \cdot 32 \left[\frac{MJ}{kg} \right] \cdot 0,4} = 1,03 \frac{kg \cdot CO_2}{KWh}$$

$$E_{CH_4 COGENERACIÓN} = \frac{44 \left[\frac{g}{mol \cdot CO_2} \right] \cdot 3,6[MJ]}{16 \cdot 50 \left[\frac{MJ}{kg} \right] \cdot 0,55} = 0,36 \frac{kg \cdot CO_2}{KWh}$$

Por tanto, aunque todavía no se dé solución al problema que nos atañe —la gestión y tratamiento de plásticos—, destacar que la implementación de plantas de ciclo combinado —y consiguientemente, la implementación del gas natural— en la generación de potencia en Camboya puede dar lugar a una mejora energética nacional, volviéndose autónoma e independiente de la importación de energía. Por si el cálculo mostrado no es suficientemente explicativo, la *Figura 9* recoge la generación de emisiones en función del tipo de planta energética que se utilice.

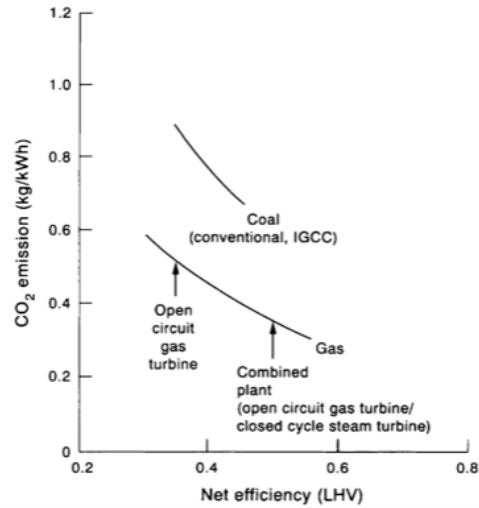


Figura 9 Emisiones de CO₂ en función del tipo de generación energética⁶⁹.

⁶⁹ Horlock, J. (1992). *Combined power plants*. 1st ed. Oxford [England]: Pergamon, p.278.

6. PROPUESTA DE RECICLAJE.

De las dos vías que se han presentado para tratar los plásticos en Camboya ya se ha descartado la primera, la empleabilidad de éstos como combustible para producir energía eléctrica en el país. La segunda opción que se contempla es reciclar los plásticos termoplásticos mediante un proceso conocido como de *reutilización o reciclaje*. La reutilización, como se explicó en el punto anterior, se define como el uso del residuo sin que la actividad con la que fue concebido se vea alterada. El reciclaje entiende un nuevo uso del residuo, sea cuál sea su finalidad, por lo que la propuesta de la que se hable en este escrito irá enfocada, íntegramente, a una salida recicladora.

Desde un punto de vista ecológico, este planteamiento presenta ciertas ventajas con respecto al anterior. Reciclar los plásticos implica que la consumición de petróleo —recordemos, combustible fósil finito— se vea notablemente disminuida. A su vez, supone un nuevo uso de los residuos ya generados, permitiendo así disminuir la proliferación de éstos. La Comisión Europea afirma que cada año una media de 25 millones de toneladas son generadas por los ciudadanos dentro de la Unión. Del total, «menos del 30% es reciclado»⁷⁰. Imaginemos cómo puede llegar a reducirse esta cifra si se recicla una mayor cantidad.

Si el reciclar los plásticos en Occidente supone un antes y un después en la generación, consumo y gestión de residuos, no imaginemos el efecto que puede alcanzar en países en vías de desarrollo, sin una infraestructura ni normativa tan avanzada. Para Camboya, el reciclaje de plásticos daría salida a un problema más que conocido. Recientemente, el periódico británico *The Guardian* denunciaba el estado en el que muchos camboyanos viven, concretamente en la zona costera del suroeste del país, en la provincia de Sihanoukville. Esta región —*bendecida* con una enorme inversión china— sustenta el título de ser la región en la que más visiblemente se aprecia la contaminación debido a basura. «Es difícil imaginar que el océano está ahí, debajo de toda esa basura»⁷¹ manifiesta la reportera del rotativo, «las familias viven y respiran un hedor proveniente de un agua negra, mugrienta y contaminada».



Figura 10 Vista de una casa en el muelle y basura en la playa de Sihanoukville⁷².

⁷⁰ European Commission. (2018). *First-ever Europe-wide strategy on plastics*. [online] Available at: https://ec.europa.eu/commission/news/first-ever-europe-wide-strategy-plastics-2018-jan-16_en [Accessed 3 May 2018].

⁷¹ Ellis-Petersen, H. (2018). *'Mountains and mountains of plastic': life on Cambodia's polluted coast*. The Guardian. [online] Available at: <https://www.theguardian.com/world/2018/apr/25/mountains-and-mountains-of-plastic-life-on-cambodias-polluted-coast> [Accessed 24 Apr. 2018].

⁷² [Ellis-Petersen, 2018]

Revertir la situación que muestran las fotografías en la *Figura 10* es un proceso complejo y que requiere una enorme participación extranjera, pues el país necesita de un guía que le muestre cómo acometer esta problemática.

6.1. PROCESOS DE RECICLADO DE PLÁSTICOS: ANÁLISIS.

El procedimiento que se sigue en el reciclaje de plásticos puede ser muy diverso. Hay una parte común: la separación y recolección de los plásticos con respecto al resto de residuos. Una vez que éstos ya se han clasificado, se agrupan según el tipo de polímero que lo componga — PTE, PVC...—. Después ya están listos para, mediante diferentes técnicas, reciclarse y dar lugar a nuevos productos cien por cien reciclados.

Este tratamiento de los residuos plásticos es el que se pretende poner en marcha en Camboya. A continuación, vamos a analizar en detalle cómo funciona el proceso de reciclaje, y para ello lo enfocaremos —fundamentalmente— al reciclaje de PTE, puesto que es el más común. Para llevar a cabo este análisis nos fijaremos en cómo Europa está tratando actualmente este problema.

Plastipak es una multinacional estadounidense dedicada íntegramente a la producción de plásticos. Es dueña de más de seiscientas patentes en lo que a la producción y reciclaje de plásticos se refiere. En España tiene presencia desde hace años, y su director técnico y de calidad tuvo la amabilidad de proporcionarme información sobre la empresa de gran utilidad.

La empresa presenta en Europa tres fábricas destinadas al reciclaje de plásticos. Ubicadas en Francia, Luxemburgo y Reino Unido, *Plastipak* recicló en 2016 1.881.000 toneladas de PET, equivalente al 59,8% del consumo europeo. Ellos mismos reconocen el cambio que se está dando en Europa, la recogida de plásticos no deja de crecer. Se consumen más plásticos, sí, pero también se reciclan más —se puede apreciar en la *Tabla 5*—.

Tabla 5 Recogida del PET postconsumo [kt]⁷³.

Country	2014	2016	Change
Germany	485.5	504.0	18.5
Italy	192.0	211.5	19.5
UK	211.0	223.0	12.0
France	172.0	186.3	14.3
Spain	174.5	207.9	33.4
Poland	74.0	85.0	11.0
Romania	60.0	67.0	7.0
Bulgaria	8.5	10.0	1.5
Belgium	50.4	52.3	1.9
Czech Republic	40.0	39.0	-1.0
Netherlands	34.1	33.4	-0.7
Greece	12.0	13.9	1.9
Switzerland	40.4	39.2	-1.2
Hungary	18.3	19.0	0.7
Austria	31.6	31.9	0.3
Finland	15.0	15.7	0.7
Portugal	16.6	13.6	-3.0
Slovakia	16.0	17.0	1.0
Croatia	14.0	15.0	1.0
Irish Republic	16.2	19.2	3.0
Sweden	20.9	21.4	0.5
Norway	14.6	21.0	6.4
Denmark	14.5	14.0	-0.5
Slovenia	5.0	6.0	1.0
Lithuania	5.0	5.5	0.5
Latvia	2.0	1.5	-0.5
Luxembourg	3.3	3.8	0.5
Estonia	4.1	3.8	-0.3
Total	1751.5	1880.9	129.4

España goza de ser el país europeo que registró un mayor cambio en la recogida de plásticos entre los años 2014 y 2016. Aunque dicha estadística engloba al conjunto español, analizar cómo se lleva a cabo la recogida de plásticos en toda la nación conllevaría extender demasiado este trabajo. Es por ello por lo que se va a focalizar toda la recolecta en la capital, con el fin de entender cómo funciona el sistema.

⁷³ Imagen obtenida a través de los archivos prestados por parte de *Plastipak*.

El Ayuntamiento de Madrid, mediante concesiones a distintas empresas, es quien regula la gestión de recogida de residuos en la capital. Todos estos residuos son trasladados a los centros de gestión y tratamiento. El más emblemático y puntero es el Parque Tecnológico de Valdemingómez —PTV a partir de ahora—, que consta de las plantas de La Dehesa, La Paloma, Las Lomas y La Galiana. Este centro trató durante 2016 más de 1.248.180 toneladas de RU, y permitió recuperar 67.060 toneladas de materiales reciclables⁷⁴.

En la *Figura 11* se puede apreciar que Valdemingómez no es sólo un centro de separación, también presenta diferentes procesos de revalorización de residuos.

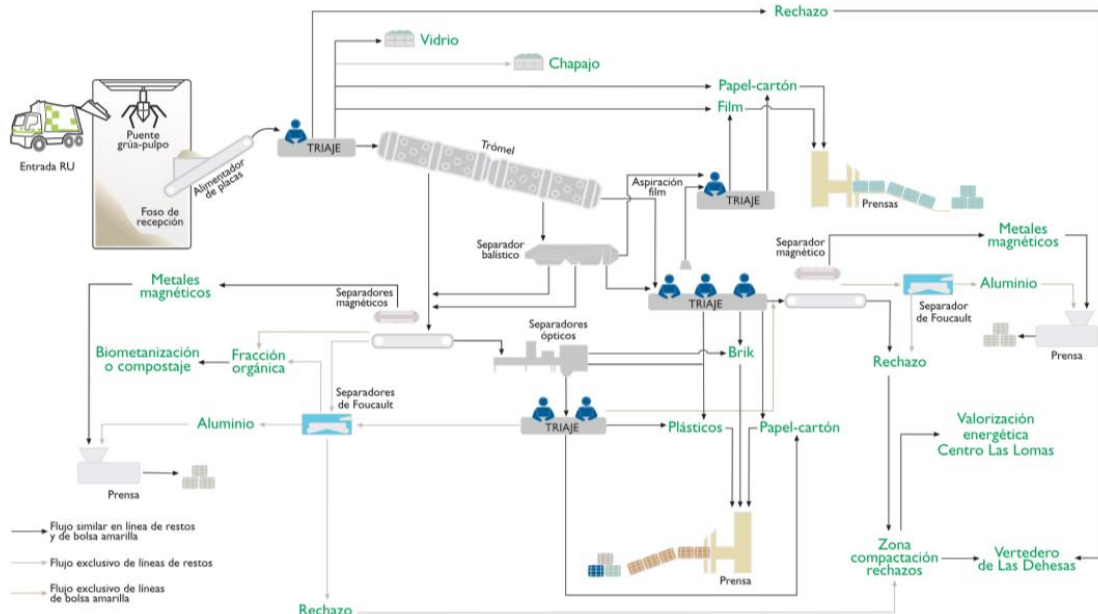


Figura 11 Esquema proceso de reciclaje planta La Paloma⁷⁵.

Una de las muchas salidas que la planta ofrece es el prensado de residuos. Siguiendo el esquema de la *Figura 11*, en la parte inferior de éste se observa cómo los plásticos, tras el proceso de separación y clasificación, son prensados en bloques. Dichos conjuntos —que ya estarán agrupados por tipos de plásticos— se venden a diferentes empresas —por ejemplo, *Plastipak*—, y permiten así obtener un doble beneficio, económico y social.

Camboya precisaría de una planta similar a la del esquema —planta de Las Lomas—. Para tratar los residuos plásticos se deben, tras su recolecta, separar y clasificar. Esta ha de ser la primera parte del proceso de gestión.

6.1.1. PRIMERA ETAPA: RECOLECCIÓN.

Como primer paso, se han de recolectar los residuos. Madrid es el núcleo urbano más grande de España, y la organización en la recogida es vital, pues dicha gestión no se refiere exclusivamente a los RU generados en los domicilios. También engloba —como se explicó en los capítulos anteriores— al conjunto de residuos provenientes de, por ejemplo, restaurantes o servicios de limpieza, conocidos como *residuos asociados a la actividad económica de la ciudad*. La cantidad de basura diaria a la que tiene que hacer frente la PTV es inmensa. A los más de tres

⁷⁴ Ayuntamiento de Madrid (2018). *Memoria de actividad de la dirección general del parque técnico de Valdemingómez*. [online] Available at: http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Valdemingomez/Publicaciones/Memoria_PTV_2016.pdf [Accessed 3 Apr. 2018].

⁷⁵ *Parque Tecnológico de Valdemingómez*. (2016). Madrid: Ayuntamiento de Madrid.

millones de habitantes empadronados en la capital hay que sumarles los más de 50.000 habitantes del municipio de Arganda del Rey, pues la planta se hace cargo también de su generación de residuos. Además, hay que tener en cuenta los residuos que dejan los turistas, y toda la población flotante que lleva a cabo actividades laborales —o de cualquier otra índole— en la capital, pero no son residentes en ella. Todo ello da un resultado de 3.430 toneladas diarias de basura⁷⁶ —1,09 kg generados por persona—, una cuantía que según la Ley 22/2011, de Residuos y suelos contaminados, es responsabilidad del gobierno municipal.

El mover todo ese tonelaje corre a cargo de los camiones de recogida. La *Figura 12* recoge la cantidad de tránsitos que se han venido realizando en el PTV. En 2016 se llevaron a cabo 259.501 tránsitos de camiones con carga en el Parque Tecnológico. Dicha cifra, tal y como la proporciona el informe del ayuntamiento madrileño, enumera tanto las entradas como las salidas. De querer hallarse cuántos camiones cargados entran en el recinto, bastaría con hacer la división de los recorridos, obteniendo un total de 129.751 trayectos de llegada. [Ayuntamiento de Madrid (2018)].

Figura 12 Cantidad de tránsitos llevados a cabo entre 2009 y 2016⁷⁷.

CENTRO DE TRATAMIENTO		La Paloma	Las Lomas	Las Dehesas	TOTAL	
Nº TRÁNSITOS	2009	Total Anual	77.008	71.495	234.242	382.745
		Media Diaria	210,41	195,87	641,76	1.048,04
	2010	Total Anual	75.357	81.902	224.981	382.240
		Media Diaria	206,46	224,39	616,39	1.047,23
	2011	Total Anual	78.280	78.755	225.229	382.264
		Media Diaria	214,47	215,77	617,07	1.047,30
	2012	Total Anual	69.881	75.587	211.329	356.797
		Media Diaria	191,45	207,09	578,98	977,53
	2013	Total Anual	53.437	71.506	182.197	307.140
		Media Diaria	146,40	195,91	499,17	841,48
	2014	Total Anual	50.955	69.308	173.961	294.224
		Media Diaria	139,60	189,88	476,61	806,09
	2015	Total Anual	47.241	55.181	163.606	266.028
		Media Diaria	129,43	151,18	448,24	728,84
	2016	Total Anual	40.027	56.933	162.541	259.501
		Media Diaria	109,66	155,98	445,32	710,96

Se sabe el número de trayectos que se efectúan al año. Para conocer cuántos se deberían llevar a cabo al día dividiríamos el número de recorridos anuales de entrada entre los días de un año, dando como resultado 356 trayectos, es decir, 356 veces que entra un camión en la planta de Valdemingómez.

Habitualmente, la recogida se lleva a cabo durante el margen de horario nocturno. Los camiones son grandes, por lo que llevar a cabo su actividad durante el día entorpecería el tráfico de la ciudad. Además, durante el día, dicho tráfico es mayor, por lo que supone un ahorro en combustible realizar la actividad de recogida durante la noche. Aun así, para algunos distritos, la recogida diurna es también una opción.

El Ayuntamiento de Madrid confirmó durante 2016 la adquisición de 109 camiones nuevos, dando lugar a una flota compuesta por 350 camiones⁷⁸. Con esta compra se pretende,

⁷⁶ Para conocer el tonelaje diario que llega a la planta, todos los centros del PTV presentan a la entrada de éstos una báscula que calcula la diferencia entre la masa del camión y de la carga. De esta manera se puede conocer cuántos residuos se generan en la capital cada día.

⁷⁷ [Ayuntamiento de Madrid (2018)].

⁷⁸ Madrid.es. (2016). *35 millones de euros más al año para la recogida de residuos de Madrid*. [online] Available at: <http://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Actualidad/Noticias/35-millones-de-euros-mas-al-ano-para-la-recogida-de-residuos-de->

además de renovar el parque automovilístico, tener un número de camiones en circulación que permita, sin ningún problema, llevar a cabo la recolección.

6.1.2. SEGUNDA ETAPA: SEPARACIÓN.

El tereftalato de polietileno, PET de sus siglas en inglés, en contra del pensamiento común, es un material el cual puede reciclarse por completo. Una vez que se ha llevado a cabo el proceso de reciclado, obteniéndose RPET, se puede utilizar como materia prima para fabricar envases, láminas, prendas textiles..., es decir, darle la misma finalidad que al PET *virgen*. Quizás una crítica al PET podría ser su condición de no poder reciclarse de por vida, pues un polímero «en su tratamiento reduce el número de monómeros que lo forman, hecho que puede ser recuperado mediante una repolimerización posterior». Sin embargo, este proceso es análogo al de otros materiales que al volver a fundirlos hay que ajustarlos a la receta original aportando otros componentes»⁷⁹. El PET puede ser reciclado tantas veces como se quiera.

Para que el proceso de reciclado sea satisfactorio es crucial que la separación de los termoplásticos según el polímero que los compone se haga de forma precisa.

Empleando como guía el diagrama de la *Figura 11*, una vez que los residuos llegan a la planta han de separarse. Para ello se disponen en cintas mecánicas, que los distribuirán por toda la planta. Seguidamente se lleva a cabo la separación manual de residuos en las plantas de triaje. Esta actividad puede ser realizada manualmente por operarios experimentados capaces de clasificar los materiales en base a su apariencia.

A continuación, los residuos pasan al separador balístico, cuya apariencia es semejante a la de un gran container. Todo él está inclinado —es una gran rampa—. Los residuos entran, y a causa del movimiento balístico —un movimiento similar al de un temblor— y de la acción oscilatoria de las palas que el container tiene en su interior, los residuos se separan en tres fracciones diferentes: 3D, compuestos por los residuos pesados y rodantes los cuales se van al extremo más inclinado del container; finos, arena y restos alimenticios que son filtrados por la parte media; y 2D, que englobaría a los compuestos ligeros, planares, papeles, plásticos.

Madrid/?vgnnextfmt=default&vgnnextoid=bffc77854d4c5510VgnVCM1000001d4a900aRCRD&vgnnextchannel=a12149fa40ec9410VgnVCM100000171f5a0aRCRD [Accessed 5 May 2018].

⁷⁹ ANEP-PET. (2017). *Bulos sobre el PET y los plásticos*. [online] Available at: <https://anep-pet.com/index.php> [Accessed 6 May 2018].

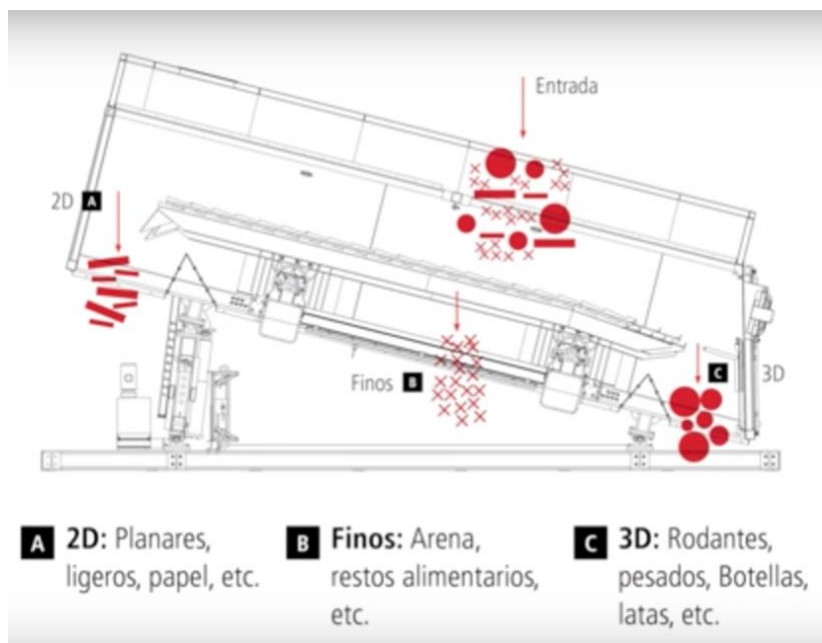


Figura 13 Esquema de un separador balístico⁸⁰.

La problemática del separador balístico está en que no todo lo que, por ejemplo, rueda y se vaya para el fondo del contenedor ha de ser pesado, como las botellas de vidrio. Una botella grande o un bidón de PTE también, debido a su peso, puede girar y caer por el hueco inferior, por lo que se precisan otros métodos de separación que tengan en cuenta esta posibilidad.

El separador magnético consiste en un imán de gran tamaño al cual se adhieren todos los residuos que posean algún componente metálico. Se aplica siempre después del separador balístico —en la *Figura 11* lo podemos comprobar—, independientemente de por dónde se filtren los residuos, ya que puede haber residuos ligeros que presenten algún tipo de componente metálico. De ser así, éstos deben ser separados, y es por ello por lo que a este proceso le suele seguir otra separación por triaje en la que, ya más clasificados, éstos se separan más fácilmente como cartón, plástico o vidrio.

Por si fuera poco, también suelen actuar los separadores ópticos, equipos capaces de detectar —en cuestión de milisegundos— los componentes de un material, rechazando y clasificando los materiales no deseados mediante la apertura y cierre de válvulas de empuje⁸¹.

Esta primera etapa de separación es por tanto responsable de la clasificación primaria del proceso de tratamiento de residuos. Permite clasificar los residuos en base a *familias*. Los metales con los metales, los plásticos con los plásticos y los vidrios con los vidrios. La acción del operario durante este primer proceso es de vital importancia, pues él puede —de no haberlo conseguido la maquinaria— clasificar manualmente el residuo en cuestión.

El Parque Tecnológico de Valdemingómez, en lo que se refiere a los plásticos, lleva a cabo su gestión hasta este punto. Una vez que ya los tiene clasificados, una manera de obtener beneficio es vender dichos packs de plásticos —o viruta obtenida a raíz de un proceso de extrusión— a empresas dedicadas al reciclaje de plásticos.

Consiguientemente, cuando los plásticos —el residuo que nos interesa— están separados todos en conjunto, se procede a la identificación de la composición de los mismos

⁸⁰ Imagen obtenida a través de un vídeo. Bianna Recycling. (2013). *Separador balístico*. [online] Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=P-osldAHb-8> [Accessed 6 May 2018].

⁸¹ *Parque Tecnológico de Valdemingómez*. (2016). Madrid: Ayuntamiento de Madrid

para poder ordenar a los termoplásticos, que son los materiales que pueden ser clasificados, en función del tipo de polímeros que los componen. En este procedimiento se suelen trocear los plásticos —de no haberse hecho previamente—, pues su movimiento en la fábrica pasa a ser más cómodo. Aun así, hay casos en los que no se hace. Depende de cada uno. No hay ninguna norma establecida. También es normal que se laven para erradicar cualquier residuo que no sea de origen polimérico.

Para la separación polimérica la percepción del operario ya no es un seguro del que fiarse. El ojo humano no es capaz de detectar la composición polimérica del plástico. El empresario norteamericano Mike Biddle, director y fundador de *MBA Polymers*, empresa dedicada exclusiva e íntegramente al reciclaje de plásticos y la cuál se usa como referente en este trabajo, exponía en una charla *TED* —organización dedicada a la emisión de conferencias online y gratuitas— que en la India —país en vías de desarrollo y con una pobreza extrema (como Camboya)— los *scavengers* dedicados a la recolecta y separación de plásticos empleaban el olfato como método de distinción de los polímeros. Mediante la quema de una pequeña muestra de los plásticos, los *scavengers* indios son capaces de detectar el polímero, pues éste al combustionar emite un olor diferente en función del tipo del que se trate. Esta técnica es peligrosa para la salud, pues inhalar los gases resultantes puede causar problemas en las vías respiratorias. Por ello, para la separación de polímeros se precisa de una maquinaria más sofisticada.

La separación por fluorescencia de rayos X se usa para detectar el PVC, PP, PE-HD, PE-LD y PET. Este método irradia al plástico con dichos rayos para detectar la radiación secundaria que emiten ambos termoplásticos. La espectroscopia infrarroja presenta cierta relación con la fluorescencia. Mediante esta técnica, se analiza la luz reflejada por la superficie de estos materiales al someterlos a una luz infrarroja. En función de la estructura molecular del material, la radiación será diferente. Es esa desigualdad la que nos da la clave para identificar los diferentes compuestos.

La desventaja de estas técnicas es que, pese a ser bastante efectivas, elevan el precio del tratamiento, pues presentan un coste muy elevado. Por suerte, existen otros métodos más baratos⁸².

La diferenciación por densidades —método de flotación— es un método fácil y sencillo. Consiste en introducir los plásticos troceados en agua, la cual presenta un elemento capaz de reducir las tensiones superficiales que existen en los materiales: un surfactante. Una vez sumergidos en el agua, las poliolefinas —PET, PE-LD, PE-HD, PP— se quedan flotando mientras que el PS y PVC se hunden. Posteriormente la fracción que flotaba se introduce en una mezcla agua-alcohol —la cual presenta una menor densidad— generando el hundimiento del PE-HD y la flotación del PP y PE-LD. Para la separación del PS y PVC, se sumergen aguas salinas. Sin embargo, así como las poliolefinas y el polistireno obtenido están bastante limpios, el PVC se encuentra contaminado, por lo que este modo presenta desventajas para este polímero.

Conjuntamente se puede aplicar la separación triboeléctrica, basada en la diferencia de carga electrostática de pequeñas partículas de los polímeros —se ionizan los polímeros—. Se somete al polímero a un campo electrostático. Las partículas de éste reaccionan ante dicho campo sintiendo atracción o repulsión. Si tenemos, por ejemplo, PP y PET, el primero puede sentir atracción por el campo eléctrico y el segundo rechazo, derivando así una clasificación. Es una técnica bastante sencilla, al igual que la del hidrociclón. En este sistema se expulsa un chorro de agua con partículas de plástico —en forma de viruta— hacia una superficie cónica la cual está en oscilación. A causa de ese movimiento giratorio, la fuerza centrífuga empuja a las partículas más pesadas —un tipo de polímero— hacia el exterior, siendo recogidas. Por contraposición, las

⁸² Roymaplast S.L. (2018). *Métodos Utilizados para la Separación de Plásticos*. [online] Available at: <http://roymaplast.com/metodos-utilizados-para-la-separacion-de-plasticos/> [Accessed 20 Mar. 2018].

partículas más ligeras caerán por el cono, siendo separadas en otro depósito. Cabe recalcar que el hidrociclón presenta imprecisiones, por lo que requiere la aplicación conjunta de otras técnicas.

Los diferentes métodos enumerados con anterioridad no son efectivos si se ejecutan de manera separada. Normalmente las plantas de reciclaje efectúan varios procesos en la cadena de separación de termoplásticos. No hay por qué emplear todas las técnicas descritas, pero sí es necesario aplicar varias, pues sino la precisión de la separación no es la adecuada.

Cada empresa tiene su proceso de ejecución, y encontrar cómo *MBA Polymers* o *Ecoembes* gestionan sus procesos de reciclaje no ha sido posible, lo cual tiene sentido. Son empresas que basan su beneficio en su manera de proceder, que es su marca de distinción. Facilitar el acceso a su “*fórmula maestra*” supondría fomentar la competitividad en su sector. Es lógico que no proporcionen qué pasos presenta su proceso de reciclaje.

En nuestro caso, hemos expuesto cuáles son las técnicas más comunes, pero en ningún momento nos hemos decantado por ninguna. Esta selección se llevará a cabo más adelante, y se hará conforme a su aplicación para con Camboya.

6.1.3. TERCERA ETAPA: RECICLAJE.

Llegados a este punto ya tenemos nuestros plásticos perfectamente clasificados en base a los polímeros que los componen. Tan sólo nos quedaría llevar a cabo el proceso de reciclaje en sí, el cual se explicará a continuación.

Antes de ello hay que introducir un concepto omitido hasta ahora: la pureza. Los polímeros, tras ser usados presentan un estado de pureza polimérica, el cual va ligado a la degradación y contaminación a la que se ha sometido al material. Cuanto más contaminado esté mi plástico menor grado de pureza tendrá. Este concepto fue muy tenido en cuenta por el director técnico en España de la empresa *Plastipak*, el cual nos remitió a la página web *Petcore*, compañía encargada de dar voz a todas las empresas europeas dedicadas a la industria del PET. En su portal online se pudo estudiar que en los polímeros pueden existir tres grados de contaminación:

- Contaminación física macroscópica: visible a simple vista. Normalmente es fácil deshacerse de ella. La etiqueta de una botella de PTE es un claro ejemplo. Aun así, en algunos casos son necesarias algunas técnicas de filtración para su eliminación —incrustaciones de, por ejemplo, ciertas partículas al tener apiladas en el exterior dichas botellas—.
- Contaminación física microscópica: su eliminación es más enrevesada. Se suele deber a procesos abrasivos, como el empleo de un pegamento, o incrustaciones mediante impacto, por lo que se precisa de procesos de limpieza más sofisticados que la filtración. Es importante recalcar que la contaminación macroscópica y microscópica no suponen un gran riesgo para la salud si el uso que se va a dar al RPET —u otro polímero reciclado— no está dentro de la industria de los alimentos.
- Contaminación química: se debe a que el plástico ha estado en contacto con sustancias de índole químico. Se precisa de una desorción⁸³ —sólo si se va a emplear en la industria alimentaria— para prevenir cualquier problema sanitario. En caso contrario la desorción no es necesaria —pues sólo induce a ineficiencias en la producción—⁸⁴.

⁸³ La desorción es el proceso opuesto a la absorción. En ella se extrae toda la porción volátil de una disolución o de un material mediante el contacto con un gas, el cual se *queda* con la componente volátil.

⁸⁴ Petcore Europe. (2017). *Processing*. [online] Available at: <https://www.petcore-europe.org/processing> [Accessed 24 Apr. 2018].

Conocer el estado de pureza de nuestros plásticos es crucial para saber qué proceso de reciclaje emplear. Sin embargo, detenernos a analizar dicha pureza caso por caso supondría una ralentización en la cadena productiva.

Aunque no se ha podido contrastar esta información, se supone que las empresas dedicadas a este sector analizan la pureza de los plásticos únicamente cuando se le va a dar a éste un uso ligado a la alimentación, salud o higiene. De lo contrario el proceso se prolongaría demasiado. La eliminación microscópica y macroscópica desaparece después de todos los procesos llevados a cabo, y de no haberse eliminado del todo, el porcentaje contaminado es mínimo. Sin embargo, la química puede permanecer, pero si el material se va a utilizar para los componentes plásticos de una impresora, no es necesario analizar su pureza, no va a estar en contacto con la comida, no va a causar ningún daño. Si por el contrario dicho plástico va a dar lugar a las bandejas de hamburguesas del supermercado, ahí sí que hay que eliminarla. En su catálogo, *MBA Polymers* no registra ningún material reciclado destinado a la industria alimenticia. La empresa se ahorra el trámite de la descontaminación química, aunque, una vez que ya ha obtenido la clasificación polimérica, emplea métodos de detección de pureza —la espectroscopia o fluorescencia son técnicas precisas— haciendo una nueva subdivisión⁸⁵.

Por tanto, la pureza sólo será determinante cuando la aplicación esté ligada a la industria sanitaria o alimenticia, y en función de ello se aplicará o una técnica u otra. La propuesta que se hará más adelante no contempla la producción de materiales reciclados destinados a esas industrias.

Habiendo definido ya la importancia de la pureza que presenten los polímeros, podemos abordar la siguiente actividad en el reciclaje de plásticos. Dentro de los diferentes procesos de reciclado, el reciclado mecánico o por extrusión se presenta como el más común de todos ellos. Tras haber sido perfectamente clasificado, el material pasa por unos extrusores encargados de *apelmazar* todo el conjunto. La viruta de plástico sale por unos orificios pequeños, dando lugar a largas tiras como si se tratase de *espaguetis*. La *Figura 14* representa el proceso de extrusión a la perfección, como entra la *masa* de polímero y cómo sale.

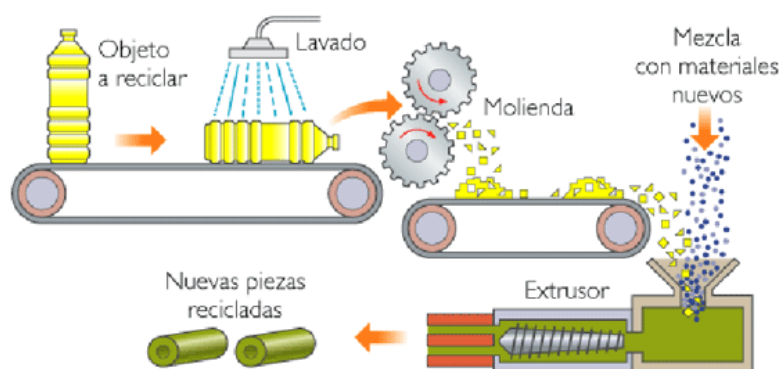


Figura 14 Proceso de extrusión⁸⁶.

Cabe destacar que una manera de mejorar las prestaciones del material reciclado es, antes de ser extruido, someterlo a un proceso de fusión no muy elevado. De esta manera todo

⁸⁵ Ted. (2011). *We can recycle plastic*. [online] Available at: https://www.ted.com/talks/mike_biddle#t-536570 [Accessed 27 Dec. 2017].

⁸⁶ Intergreen. (2013). *Reciclemos el plástico*. [online] Available at: <https://intergreenrecicladora.wordpress.com/2013/11/12/reciclemos-el-plastico/> [Accessed 7 May 2018].

el material se une —desde un punto de vista molecular— mucho mejor. Seguidamente se le hace pasar por el extrusor. [Ted. (2011)].

El reciclado mecánico terminaría con el corte de las tiras extruidas en pequeños granos —del tamaño de pienso de perro—. Finalizado este proceso, el material estaría ya reciclado y listo para *una nueva vida*.

Textiles, cartuchos de impresoras, piezas de máquinas..., son algunas de las aplicaciones que pueden darse con los materiales reciclados mediante esta técnica. Sin embargo, el artículo número uno en lo que se refiere a los plásticos —las botellas de PET— no entran dentro de las aplicaciones concebibles mediante la extrusión. Se requiere de un proceso de reciclado químico⁸⁷, bastante más complejo: la monomerización. Este procedimiento se basa en la descomposición del polímero en sus compuestos monómeros —despolimerización—. Para ello, el PET que se pretende reciclar se introduce triturado en una tolva. Hasta no hace muchos años, la viruta era mezclada con dimetil tereftalato (DMT) y etilén glicol —EG—. Sin embargo, uno de los productos que se obtenía en el proceso era metanol, «el cual puede generar más cantidad de emisiones de compuestos orgánicos volátiles». Debido a esa desventaja ecológica, se viene empleando «la esterificación de ácido tereftálico —TPA, el cual deriva del petróleo— y etilenglicol, el cual contiene agua como subproducto». Esta segunda técnica presenta, además de la cuestión ecológica, enormes ventajas. El TPA es más barato que el DMT, y la reacción molecular que genera se lleva a cabo con una mayor rapidez. Independientemente, sea cual sea la técnica aplicada, la adición de dichos compuestos con el PET da lugar a un compuesto intermedio, el tereftalato de bis-hidroxietilo —BHET—.

Tras esta primera etapa, el BHET es trasladado a otro reactor donde tiene lugar su policondensación, «un incremento en la longitud de la cadena del polímero o del grado de polimerización». El proceso tiene lugar a unas temperaturas que rondan los 300°C. «El uso de catalizadores es esencial para que se lleve a cabo la obtención de pesos moleculares aceptables». El resultado es un compuesto untuoso que tras una esterificación «pasa de un estado fundido a partículas sólidas, y es cristalizado mediante un proceso de peletización» —el polímero se corta como en el proceso de extrusión. Esto mejora sus características como densidad—. La monomerización finaliza con una policondensación en estado sólido, la cual se lleva a cabo a temperaturas menores. [Méndez Prieto, A. (2016)].

Este proceso químico permite así conseguir una resina capaz de genera plásticos de PET similar a la nafta, el derivado del petróleo más utilizado para obtener plásticos. Es un proceso caro —en comparación con la extrusión—, pero necesario si se quieren producir botellas o envases para alimentos, y el hecho de no tener que recurrir a un nuevo gasto de productos fósiles hace que sea un proceso muy beneficioso en todos los sentidos⁸⁸.

⁸⁷ La de desorción no entra en estos procesos, sólo se emplea para la obtención del grado de pureza del material.

⁸⁸ Plastic Waste Management Institute (2009). *An introduction to plastic recycling*. [online] Available at: https://www.pwmi.or.jp/ei/plastic_recycling_2009.pdf [Accessed 8 May 2018].

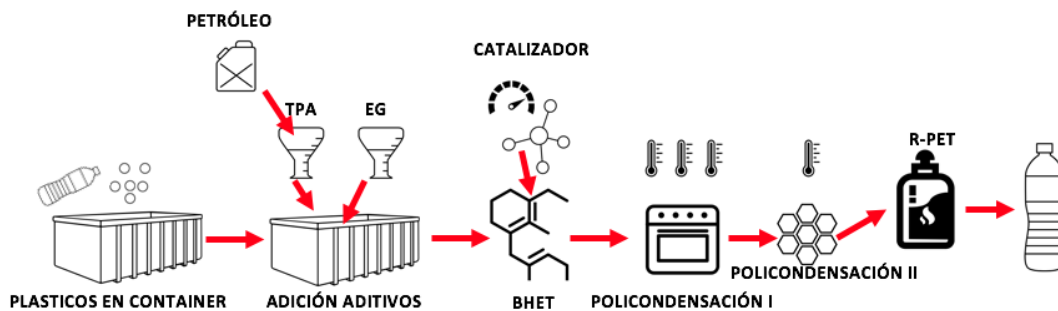


Figura 15 Esquema del proceso de monomerización.

Hemos estudiado ya los dos procesos de reciclaje más comunes, mediante extrusión y monomerización. Aun así, hay otras técnicas para reciclar plásticos, como la pirólisis, proceso que todavía no está muy desarrollado pero que consiste en romper la estructura polimérica del termoplástico «dando lugar a una resina como la nafta». Independientemente, la extrusión mecanizada y el reciclaje químico por despolimerización son, como se ha dicho, los más empleados. Abordar el resto de técnicas extendería considerablemente el trabajo, pues llevan a cabo enredados procesos y demandan una detallada explicación. Igualmente, dichos métodos implican una aportación de capital mucho mayor, lo cual no se busca en este trabajo. Recordemos que estamos intentando lidiar con la basura de Camboya, un país en vías de desarrollo que no presenta ningún interés para los *grandes monstruos* occidentales. Si el resultado va a ser el mismo empleando estas técnicas ya he explicadas, adelante. Se va a intentar rebajar al máximo posible la inversión que se deba hacer en el país jemer.

6.2. PROPUESTA SOBRE EL RECICLAJE DE PLÁSTICOS PARA CAMBOYA.

Es determinante tener en todo momento claro cuál es el objetivo de este proyecto. Desde el inicio del presente estudio se remarcó que la meta que se persigue es conseguir dar una salida a todos los residuos plásticos que se generan en el país asiático de Camboya. Para alcanzar semejante objetivo en primer lugar se contextualizó en primer lugar, la situación medioambiental y social en la que se encuentra Camboya. En base a ello, se dieron dos posibles soluciones en beneficio del país. La primera, la empleabilidad de los plásticos como combustible en la producción de energía, fue descartada. Se analizaron los métodos más comunes para la obtención de energía eléctrica a nivel general. Seguidamente se enfocó dicho estudio en el país jemer. Cómo se obtiene la energía y en qué cantidad se genera suscitó gran interés, y llevó a la conclusión de la dependencia del país por las plantas hidroeléctricas —dependientes, a su vez, de la época de lluvias—, y las deficiencias energéticas que el ciclo de carbón supone para la industria camboyana, con bajos rendimientos. La energía en Camboya precisa de una mejora en todos sus sentidos. Se dictaminó que la apuesta por las plantas de ciclo combinado supondría una ventaja en la producción energética, pero se descartó el empleo de los plásticos como combustible en las plantas de carbón debido al bajo rendimiento que aportarían a éstas, y a la alta inversión que supondrían los sistemas de filtración de las emisiones producidas durante la combustión de los termoplásticos.

Como resultado al análisis anteriormente explicado, se decretó que esta primera propuesta no era viable, y se abordó la segunda: el reciclaje de los plásticos. Esta nueva proposición busca conseguir un polímero resultante del proceso de reciclaje de los termoplásticos.

A lo largo de este capítulo se ha tratado de dar a conocer en qué consiste este complejo proceso, pero en ningún momento se ha contextualizado en base a la situación de Camboya. A continuación, se persigue dar a conocer el proyecto propuesto.

6.2.1. SITUACIÓN POLÍTICA. ELECCIÓN DE LA ENTIDAD.

El Reino de Camboya es una monarquía parlamentaria la cual lleva siendo gobernada desde 1985 por el líder del CPP, Hun Sen. Tras la dictadura de los Jemeres Rojos y la reinstauración de una democracia, la supervisión de la ONU y la evolución a una Camboya completamente independiente, Hun Sen se hizo cargo del país, haciendo frente a los diferentes problemas políticos que el país afrontó durante toda la década de los noventa —siendo él mismo responsable de alguno de ellos—. Para entender la dificultad política del país es crucial conocer el marco histórico en el que ha vivido Camboya en los últimos cuarenta años.

A finales del siglo XX, coetáneamente a la aparición del CPP —aunque por esa década se llamaba Kampuchea Democrática (KD)— surgieron otros partidos de oposición. Los más emblemáticos fueron el FUNCIPPEC —*National United Front for and Independt, Neutral Peaceful and Cooperative Cambodia*— liderado por el antiguo monarca Norodom Sihanouk, y el SRP —*Sam Rainsy Party*—, el cual respondía al líder de la oposición, Sam Rainsy.

Las elecciones de 1993 dieron la mayoría de escaños al partido de Sihanouk (45% del voto), quedando el CPP en segundo lugar. Sin embargo, Hun Sen «ya había gobernado durante varios años, por lo que las negociaciones fueron difíciles e hizo que todo desembocara en una coalición de gobierno en la que habría dos primeros ministros, y en la que las competencias del gobierno estarían repartidas». El CPP —«quien en un primer momento abarcaba competencias relacionadas con la policía, la defensa y el cuerpo administrativo»— adquirió más y más poder, consiguiendo que su rival, el FUNCIPPEC, «se quedara sin poderes efectivos». Para 1996, el FUNCIPPEC —Ranarid era el nuevo jefe del partido pues Sihanouk ocupa el puesto de monarca—, sumido en enormes tensiones con su rival político, mandó un ultimátum exigiendo una repartición equitativa del poder. El CPP se negó, y se convocaron elecciones para 1998. Por entonces ya era tarde para Ranarid y los suyos. «Hun Sen ya tenía el control de todos los medios, así como el voto rural». Los problemas entre partidos se intensificaron, pero la todavía supervisión internacional impidió que se desatará gran violencia. Las elecciones dan la victoria a Hun Sen —41% pese asegurarse «el dominio del voto rural impidiendo a la oposición hacer campañas en dichas zonas»—. Sin embargo, el CPP quiere más.

Con la llegada del siglo XXI el país se encuentra mermado psicológicamente, pero mediante la organización de «las primeras elecciones locales en 2002» el CPP se presenta como el perfecto candidato y el poder del partido crece. Tras escándalos contra Sam Rainsy, en 2008 tienen lugar unas elecciones pacíficas pero tildadas de ilegales y de *pucherazo*. Aun así, la victoria fue para el CPP —58% de los votos—, consiguiendo así el dominio total del parlamento. [Sánchez Galindo, M. (2017)].

¿A qué se debe este resumen de la política camboyana en los últimos años? Se ha comprobado que la segunda salida propuesta, el reciclaje de plásticos, es una idea —conceptualmente hablando— con futuro para Camboya. Si queremos ver si el proyecto es viable o no, se requiere establecer un prototipo con cifras y planes de actuación para comprobar si es posible o no la implementación.

Como punto de partida —obviando el nombre de la empresa— lo primero que se debe hacer es elegir qué tipo de compañía sería la más efectiva en el país. Para tomar una decisión bien argumentada es vital conocer la situación política que vive el país, pues en base a ella, podemos conocer qué beneficia más a la actividad empresarial: ser privada o estatal. La envergadura dada a la situación política no pretende sino poner de manifiesto en qué estado se encuentra Camboya.

En 2012, los partidos de Ranarid y Ramsay llevan a cabo una coalición la cual da lugar al ya conocido CNRP, partido liderado por Kem Sokha. Los resultados de las siguientes elecciones —2013— permiten que el CPP confirme su permanencia en el poder, pero ponen de manifiesto el movimiento del CNRP el cual, pese a los escándalos que hay contra su dirigente, suma votos. Las elecciones municipales de 2015 confirman un cambio en la tendencia del país, especialmente en las grandes urbes que es donde la globalización y el *fenómeno de internet* más hondo calan. El miedo a perder el poder conlleva a que el gobierno legisle conforme a imposibilitar el papel de cualquier antagonista. Durante el otoño de 2017 el gobierno conseguía cerrar y bloquear al partido CNRP alegando escándalos de financiación además de “conspiración con poderes extranjeros”, siendo Sam Ramsay encarcelado. Dicho «golpe legal» venía salvaguardado conforme dicta la Ley de Partidos Políticos —LPP, poniendo como manifiesto una falta acorde con los artículos 7 —*ningún partido político podrá estar subordinado o comandado en base a ningún partido extranjero o gobierno extranjero*— y 47 —*todo partido que sea procesado verá claudicada cualquier acción política*— de la misma. Desde entonces, a raíz de la cercanía de las elecciones de 2018, Hun Sen, haciendo uso de la *legalidad* que le permite el control de la Asamblea Nacional, ha legislado para erradicar cualquier oposición posible. El periódico *The Cambodia Daily*, crítico con las políticas del CPP, se veía obligado a cerrar en septiembre de 2017 por amenazas y falsas acusaciones⁸⁹. Este era el último escándalo que confirmaba cómo el gobierno de Hun Sen empleaba el uso de la ley como herramienta para alcanzar el autoritarismo.

En base a los ya recientes episodios se puede hacer la crítica de que *si no le gustas al gobierno éste hará lo que sea por echarte*. La situación inclina la balanza a favor de la creación de una empresa de carácter estatal, es decir, una empresa que funcione como monopolio *hija* del gobierno. Sin embargo, este escenario no parece muy próspero. CINTRI es ya una compañía estatal la cual muestra una gestión pésima e ineficiente. En un país corrupto como es Camboya, las empresas estatales sólo favorecen a una minoría, la red que trabaja dentro de la empresa, buscando *timar y robar* al contribuidor. Además, estar ligado al estado supone entrar dentro de su programa presupuestario y, en lo que a materia medioambiental se refiere, el CPP rechaza cualquier inversión. Se mire por donde se mire la única opción viable desde un punto de vista burocrático es la constitución de una empresa privada, la cual no esté sujeta en su totalidad a los intereses del Estado.

El único inconveniente que presenta el establecimiento de una compañía privada es, como ya se dijo, el poder que el gobierno mantiene sobre esta.

Existe una ley de la que el gobierno ha abusado estos últimos años para cerrar cualquier ONG o empresa que no es de su agrado. La ley de *Asociaciones y Organizaciones No Gubernamentales* expone en su artículo 30 párrafo 3 que «es competencia del Ministerio del Interior dictaminar si registrar o cerrar una asociación (...), cuyas actividades pongan en peligro la seguridad, estabilidad y orden público, o pongan en riesgo la seguridad nacional, cultura, tradición y costumbres camboyanas (...)». A simple vista puede parecer una ley lógica y en asonancia con los intereses de los jemerres. Por desgracia, es una ley muy subjetiva, cuya interpretación puede mal intencionarse. De quererlo, el gobierno podría aplicar dicho texto con el objetivo de eliminar la actividad.

⁸⁹ The Cambodia Daily. (2017). *The Cambodia Daily to Close After 24 Years*. [online] Available at: <https://www.cambodiadaily.com/cambodia-daily-close-24-years/> [Accessed 4 Sep. 2017].

Blindarse ante una situación así no es posible. Afianzar las relaciones con el gobierno para evitar cualquier problema se presenta como la única salida. Es por ello por lo que el proyecto propuesto por esta compañía privada —en potencia— debe ser clara y beneficiosa para el país.

6.2.2. EL RECORRIDO DEL RECICLAJE CAMBOYANO.

Se ha definido que el modo de actuación que se llevaría a cabo en Camboya sería mediante una empresa privada. Acometer un proyecto a nivel nacional supondría, quizás, una enorme extensión de este estudio. Para evitarlo, se enfocará el tratamiento de reciclaje en la capital, Phnom Penh, pues es la ciudad del país que mayor actividad industrial, económica y social presenta.

Esta supuesta entidad, descrita anteriormente, sería la responsable de hacer frente a la actual gestión que lleva CINTRI en la capital. Aquí se nos presenta un dilema, pues hay dos vertientes operacionales. Por un lado, nuestra compañía puede encargarse de la recolecta total de todos los residuos generados en la capital —misma función que la de CINTRI—. El otro escenario es que sólo se encargue de la recolección de plásticos. Sin embargo, la segunda opción presenta un imposible a día de hoy. El ciudadano de a pie camboyano no recicla —bastante es que acceden a tirar la basura en un mismo sitio—. En su cultura no está calado como en la nuestra el mensaje de respetar el medio ambiente. Es por ello por lo que creer que si se colocasen contenedores sólo de plásticos en las calles de Phnom Penh se respetarían, es soñar despierto. La actividad de recogida que nuestra empresa llevase a cabo debería incluir los residuos urbanos en su totalidad.

Una vez recogido los residuos en nuestra planta comenzaría el proceso de reciclaje. En primer lugar, se debería llevar a cabo la separación de los residuos. Una vez que el camión ya ha liberado todos los residuos en un enorme container, éstos se mueven por una cinta transportadora, siendo llevados a un separador balístico. Aquí, tendremos una división en tres grupos, y a todos ellos —a excepción de los más pesados, que caerán por su peso al tratarse de vidrios o metales— les seguirá un proceso de separación por imantación para deshacernos de todos los materiales de índole férrea.

Después de la imantación, los residuos —juntos de nuevo— seguirán por una cinta mecánica en la que habrá distintos operarios dedicados, mediante el sentido de la vista, a llevar a cabo actividades de triaje con el fin de eliminar los materiales férreos, vidrios o cartón que no hayan sido clasificados previamente, y estarán apoyados a su vez, por detectores ópticos con el fin de asegurar su buena función. De esta manera se conseguirá eliminar el resto de residuos y tener sólo los plásticos.

Cabe destacar que el resto de residuos resultantes de la clasificación para conseguir los plásticos se deberán almacenar, llevar a otra planta o a un vertedero. En cualquier caso, dichos residuos están ya semi clasificados, y su reciclaje también podría llevarse a cabo —lidiar con ello no es competencia de este estudio—. Como la finalidad de éstos es desconocida, a la hora de elegir el terreno para nuestra planta de reciclaje, se tendrá en cuenta el tamaño de ésta para albergar estos residuos —durante algún tiempo, pero en ningún caso que se llegase a tener un vertedero—.

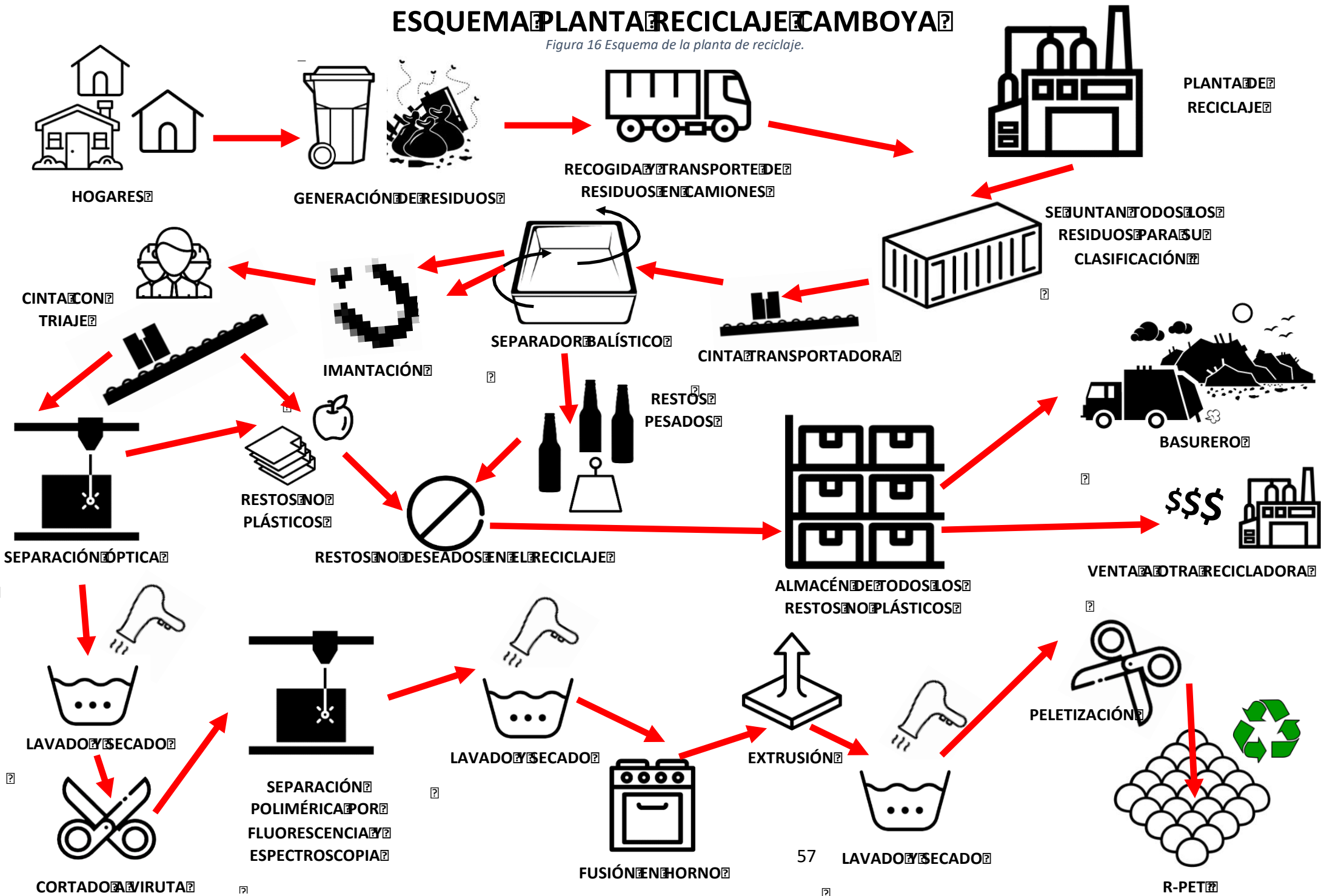
Volviendo con el proceso de reciclaje, obtenido los plásticos, se lavarán y se triturarán hasta conseguir partículas del tamaño de pienso de animal. Para la separación polimérica podríamos emplear un proceso por hidrociclón —consiguiendo así una clasificación en función

de los pesos de la viruta de plásticos—, separación por densidades y separación triboeléctrica. De esta manera se clasificarán los polímeros como se describió con anterioridad. Sin embargo, aplicar estas tres técnicas supone —en nuestra inversión inicial— comprar tres máquinas diferentes con tres mantenimientos diferentes y las cuales van a precisar una demanda de potencia eléctrica diversa. En este caso, para evitar que los costes se nos disparen, se va a optar por la elección de una separación polimérica mediante a la técnica de la fluorescencia, pues, pese a ser una maquinaria muy cara, supondrá una inversión inferior a la necesaria para las tres técnicas explicadas líneas arriba.

La viruta agrupada por tipos de polímeros se lavará y se secará de nuevo. Pasará por un molde donde sufrirá un proceso de fusión a temperaturas medias con el fin de juntar las moléculas de polímeros hasta conseguir una sustancia similar a la plastilina. Seguidamente, dicha masilla será extruida donde se crearán unas largas varas de polímero reciclado y compactado, al que le seguirá un baño en agua —y secado— con el fin de suprimir del todo el proceso de fusión. Los espaguetis serán peletizados y se conseguirá el material reciclado. Este proceso será el que sigan todos los plásticos. El siguiente esquema —correspondiente a la *figura 16*— ejemplifica el proceso haciendo especial énfasis en la obtención de R-PET.

ESQUEMA PLANTA RECICLAJE CAMBOYA

Figura 16 Esquema de la planta de reciclaje.



7. PROYECTO DE PLANTA DE RECICLAJE DE PLÁSTICOS EN CAMBOYA

Conociendo ya la actividad que se va a llevar a cabo, a continuación se van a exponer los diferentes aspectos a tener en cuenta para materializar este proyecto. Ello se hará explicando todas las cuestiones más relevantes que un diseño como este puede suponer, y en todo momento se intentará justificar y contextualizar con respecto a Camboya.

7.1. SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DE LA PLANTA DE RECICLAJE.

En el capítulo anterior se confirmó que para aplicar la gestión de reciclaje de plásticos en Camboya se iba a fundar una compañía de carácter privado la cual fuese independiente del gobierno, evitando así la facilitación de actividades que pudiesen fomentar episodios de corrupción. Una vez definido el carácter de la empresa, toca seleccionar la localización de ésta.

El escenario del que se ha hablado contempla una gestión y tratamiento de los plásticos sólo en la ciudad de Phnom Penh. Es lógico que nuestra planta se encuentre próxima a la capital, pues no se quiere que los trayectos de los camiones sean excesivamente largos. La provincia de Kandal sería la localización más lejana en la que se podría asentar la empresa. Una ubicación más distante de la capital supondría pérdidas. Además, toda la zona próxima a Phnom Penh goza de una buena línea de abastecimiento energético, pues es donde se encuentran la mayoría de fábricas. Phnom Penh albergaba —según datos aportados en 2013 por el portal de la ONG camboyana *Sithi.Org*— 394 factorías. La provincia que envuelve a la capital, Kandal, 82 fábricas. El número probablemente haya aumentado durante el último lustro, aun así, sirve como referente para saber dónde se realiza la mayor actividad industrial.



Figura 17 Mapa con la actividad industrial camboyana⁹⁰.

Kandal y Phnom Penh —el segundo no deja de ser un ismo dentro del primero— son las localizaciones perfectas para construir nuestra planta.

⁹⁰ Sithi.org. (n.d.). *Garment Factories and Supply Chains*. [online] Available at: http://www.sithi.org/temp.php?url=bhr/bhr_list.php [Accessed 2 May 2018].

La ventaja que presenta Kandal con respecto a Phnom Penh es el precio del terreno. Phnom Penh es una capital que crece a una gran velocidad. En la última década ha aumentado en casi un millón el número de habitantes en ella. A la vez, un gran número de trabajadores provenientes de las provincias de alrededor acuden diariamente a trabajar a la capital. El crecimiento de la ciudad va conllevando que cada vez el espacio que quede *libre* en Phnom Penh sea vea cada vez más y más reducido. Para las empresas internacionales es muy cómodo tener sus centrales de operaciones en la capital. En base a ello, la ley de la oferta y la demanda responde por sí sola y hace que los precios crezcan exponencialmente cada año.



Figura 18 Mapa de los distritos de Phnom Penh⁹¹.

La Figura 18 nos da una idea de cómo es el mapa de distritos de Phnom Penh. El distrito de Doun Penh en la zona centro de la ciudad, donde se encuentran importantes monumentos como el *Wat-Phnom*⁹². A la derecha de éste —pintado en azul en la fotografía— se encuentra el río Mekong. La ciudad crece más hacia la izquierda que hacia la derecha, pues el río juega un papel de barrera natural.

Cabe destacar que la Figura 18 considera distritos a pueblos que se incluyen dentro de la Municipalidad de Phnom Penh, pero que son independientes de ésta —equivalente a la situación de, por ejemplo, Alcobendas con Madrid. Éste constituye un núcleo urbano independiente de Madrid pero que se encuentra en las proximidades de la capital—. Por tanto, siendo rigurosos, Phnom Penh está compuesta por los distritos de Doun Penh, Russey Keo, Sen

⁹¹ Capital Arts. (2015). *Phnom Penh Map*. [online] Available at: <http://www.capitalarts.net/portfolio/phnom-penh-latest-map-with-new-districts-2015/> [Accessed 14 May 2018].

⁹² *Wat* en camboyano quiere decir templo. *Wat Phnom* es el centro neurálgico de Phnom Penh, y alberga la pagoda *Wat Preach Chedey Boraput*.

Sok, Chroy Chagnvar, Toul Kork, Makara y Chamkar Mon. Mean Chey es considerado también como uno de los distritos fundamentales de Phnom Penh.

Como sucede en cualquier capital, la zona más céntrica es la que presenta los precios de terreno —y de vida— más elevados. Si queremos establecer qué ubicación es la mejor para nuestra planta de reciclajes debemos tener en cuenta el precio del suelo.

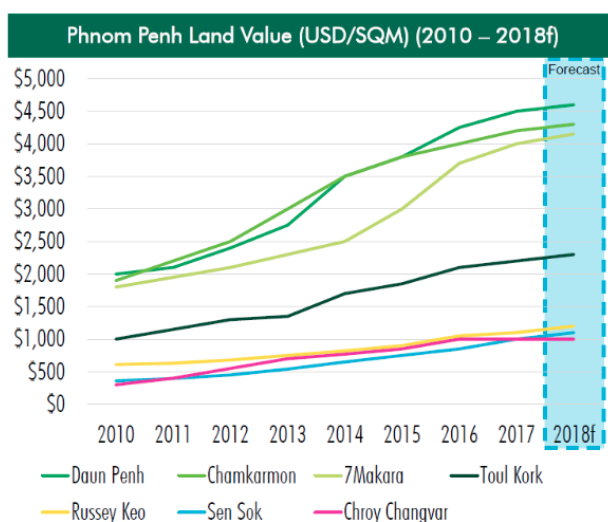


Figura 19 Evolución de los precios del terreno en Phnom Penh⁹³.

Conseguir datos estadísticos sobre la evolución del coste del terreno en Camboya no ha sido fácil. Internet no presenta mucha información al respecto, y sólo el portal inmobiliario *Invest Int Property*, dedicado a la compraventa de inmuebles a nivel internacional, ha sido capaz de darnos los gráficos que se ansiaban. La *Figura 19* muestra cómo el precio del terreno ha aumentado en Camboya, especialmente en las zonas más próximas al centro de la capital. Los distritos de Sen Sok, Russey Keo y Chroy Chagnvar son los más alejados del centro, y los que presentan unos precios más asequibles. De esas tres localizaciones, diferentes ONGs como —*Por la Sonrisa de un Niño*—, organización con la que he tenido el privilegio de trabajar, sostienen que Sen Sok es la que se encuentra en una mayor situación de pobreza. Llevar a dicho distrito esta nueva actividad puede beneficiar a la población impulsando así una mejora, por lo que la ubicación elegida será Sen Sok.

Para saber las dimensiones del recinto de nuestra planta industrial de reciclaje de plásticos vamos a fijarnos en las dimensiones que tiene la planta de La Paloma del Parque Tecnológico de Valdemingómez. Según el informe del ayuntamiento de Madrid, la superficie total de ésta es de 12.600 m², y está capacitada para tratar 255.500 toneladas anuales de residuos⁹⁴.

Ya se comentó que Madrid produce 3.430 toneladas diarias de basura, que supone una generación anual de residuos equivalente a 1.251.950 toneladas. Phnom Penh, por su parte,

⁹³ Invest Int Property. (2017). *Phnom Penh land value*. [online] Available at: <https://investintproperty.com/wp-content/uploads/2018/02/Phnom-Penh-Land-Value-Q4-2017.png> [Accessed 10 May 2018].

⁹⁴ Parque Tecnológico de Valdemingómez. (2016). Madrid: Ayuntamiento de Madrid.

genera una media de 1.300 toneladas diarias⁹⁵ —este valor es menor que el de Madrid puesto que la población de la capital española es superior al de la camboyana—, sumando 474.500 toneladas anuales.

Para saber qué dimensión debería tener nuestra planta de reciclaje, vamos a llevar a cabo un cálculo simple en base a la superficie y tonelaje que presenta la planta de La Paloma, para ello aplicaremos una simple regla de tres. El cálculo se llevará a cabo teniendo en cuenta la cantidad de toneladas producidas en Madrid al año en base a la superficie de La Paloma — aunque dicha planta no se hace cargo de la gestión de todos los RUs generados.

$$\begin{aligned} \text{Si } 1.251.950 \frac{\text{ton}}{\text{año}} \text{ le corresponden } 12.600 \text{ m}^2 \\ \text{A } 474.500 \frac{\text{ton}}{\text{año}} \text{ le corresponderán } X \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Realizando el cálculo obtenemos que:

$$\text{SUPERFICIE PLANTA} = X = \frac{474.500 \frac{\text{ton}}{\text{año}} \cdot 12.600 \text{ m}^2}{1.252.950 \frac{\text{ton}}{\text{año}}} = 4.771,69 \text{ m}^2$$

Nuestra planta de Sen Sok deberá tener una superficie de 4.771,69 m². Para hacernos una idea, dicha dimensión equivale a casi tres cuartas partes de la superficie de un estadio de fútbol —por ejemplo, el Santiago Bernabéu presenta una superficie de 7.140 m²—. Como queremos que en la planta se encuentren aparcados los camiones de recogida y un *almacén* para los residuos no deseados, aumentaremos la superficie de nuestra planta a 8.000 m², englobando lo que sería la planta en sí como el terreno de ésta.

El coste total de la adquisición de los terrenos se puede calcular en base a la *Figura 19*, la cual profetiza para Sen Sok un valor medio por la compra del terreno de 1.200 \$/m², que haciendo el cambio de divisas a euros supone entorno a 1.007 €/m².

El valor total de la compra del terreno sería de:

$$\text{COSTE TERRENO} = 1.007 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} \cdot 8.000 \text{ m}^2 = 8.056.000 \text{ €}$$

7.2. MAQUINARIA NECESARIA.

Este apartado estudia la maquinaria que se precisará en la planta. Se subdivide en dos apartados.

7.2.1. MAQUINARIA PARA LA RECOLECTA: CAMIONES.

Una de las mayores deficiencias de *CINTRI* en su gestión de RU es la falta de organización en cuanto a los recorridos de los camiones. Los conductores realizan trayectos arbitrarios y sin ninguna regularidad. Unos días van por aquí y otros por allá, e incluso hay algunos en los que no

⁹⁵ La estadística citada en el punto “3.2.1. La gestión de residuos en Camboya” establece para 2013 una producción residual de 1.240 toneladas diarias. Como el número de población ha aumentado durante los últimos cinco años, lo se ha subido a una media de 1.300 toneladas diarias —no hay datos oficiales—.

recogen la basura. A esta insuficiencia se ha de sumar, también, que la flota de la que dispone *CINTRI* es pésima, con menos de 50 camiones para llevar a cabo toda la actividad de recogida⁹⁶.

En temas anteriores se hizo referencia que para 2020 Madrid tiene asegurada la compra de 109 camiones nuevos, con el fin de sumar una flota automovilística próxima a las 410 unidades.

Saber qué cantidad de camiones se necesitarían en Camboya se presenta —igual que, previamente, el cálculo de qué dinero costaría el terreno en la capital jemer— como una ardua cuestión. Para resolverla, haremos frente al mismo cálculo básico empleado antes.

$$\begin{aligned} \text{Si } 1.251.950 \frac{\text{ton}}{\text{año}} \text{ le corresponden } 350 \text{ camiones} \\ \text{A } 474.500 \frac{\text{ton}}{\text{año}} \text{ le corresponderán } X \text{ camiones} \end{aligned}$$

Realizando el cálculo obtenemos que:

$$N^{\circ} \text{ de CAMIONES} = X = \frac{474.500 \frac{\text{ton}}{\text{año}} \cdot 410 \text{ camiones}}{1.252.950 \frac{\text{ton}}{\text{año}}} = 156 \text{ camiones}$$

Una flota de 155 camiones posibilitaría que la recogida se llevara conforme se hace en los países occidentalizados —Madrid se tomó como referencia—.

Ahora toca elegir qué modelo sería el mejor. La empresa italiana *IVECO* es líder en el sector de los camiones de basura. Todo el parque de la Comunidad de Madrid se compone de vehículos de esta enorme empresa. El mayor inconveniente que presenta es el transporte de los camiones hasta Camboya, pues dicha actividad supondría un enorme coste —hay que colocar 156 camiones en un barco y navegar hasta Phnom Penh—.

Encontrar un productor de camiones de basura próximo a Camboya —en el continente asiático— es vital para no disparar los costes. La empresa china *XCMG* se dedica al desarrollo y venta de maquinaria muy diversa pero de índole industrial. Esta multinacional presenta una gran variedad de camiones de basura. Entre todos ellos, destacamos el modelo XZJ5070ZYS, con un peso de 6.720 toneladas, gasta una media entre 14-18s en realizar el llenado y su tamaño no es muy elevado —5,57 metros de largo por 2 metros de ancho y 2,4 metros de alto—, lo que permite que circule por las calles más estrechas que pueda haber en la capital. Es capaz de transportar un peso máximo de 2.650 kg, y tiene una capacidad de 5m³ de volumen.

⁹⁶ Kum, V., Sharp, A. and Harnpornchai, N. (2004). *Improving the solid waste management in Phnom Penh city: a strategic approach*. Pathumthani: Sirindhorn International Institute of Technology.



Figura 20 Camión de recogida de residuos modelo XZJ5070ZYS⁹⁷.

Conforme a las características técnicas de nuestro modelo elegido, podemos ver si la elección del tipo de camión es la correcta.

Se sabe que cada residuo presenta una densidad propia en función de qué sea lo que lo compone. Según el informe de “Residuos sólidos urbanos” de la Escuela de Organización Industrial —EOI—, la densidad media para «los residuos compactados en vehículo de recogida ronda los 500-675 kg/m³»⁹⁸. La densidad se define como:

$$\rho \left[\frac{kg}{m^3} \right] = \frac{m [kg]}{V [m^3]}$$

Si nuestro camión tiene 5m³ de volumen de carga, y suponemos una densidad media de los residuos de 570 kg/m³, podemos calcular la masa que puede llevar.

$$m = \rho \cdot V = 570 \cdot 5 = 2.850 \text{ kg}$$

Un camión podrá llevar una masa máxima de 2.850 kg. Según las especificaciones de nuestro fabricante, el máximo son 2.650 kg. Que nuestro valor calculado sea ligeramente mayor tiene su por qué. Hemos supuesto una densidad media de 570 kg/m³, y este valor no es del todo preciso, pues recoge la densidad de vidrios, plásticos, papel, alimentos en descomposición..., y da una cifra aproximada, pero en ningún caso 100% exacta.

En base a nuestros cálculos, estaríamos 200 kg por encima de la cantidad máxima que se debería de transportar en cada trayecto, pero dando por válido la elección del modelo de la empresa china XCMG.

Para conseguir con exactitud el precio de los camiones se intentó contactar con la empresa, pero ésta no dio respuesta alguna. Es por ello por lo que, para suponer el valor que costaría dicha adquisición, se han empleado las cifras que ha manejado el ayuntamiento de Madrid en la reciente compra de camiones, por las que en 2015 realizaba la compra de estos vehículos por un valor medio de 170.000€⁹⁹.

⁹⁷ XCMG. (2018). XZJ5070ZYS. [online] Available at: <http://www.xcmg.com/en-ap/product/50646.htm> [Accessed 14 May 2018].

⁹⁸ González, J. (2007). *Residuos Sólidos Urbanos*. Master en Ingeniería Medio Ambiental y Gestión del Agua. [online] EOI, p.36. Available at: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45492/componente45490.pdf [Accessed 27 May 2018].

⁹⁹ Belver, M. (2015). *El Ayuntamiento de Madrid comprará 80 nuevos camiones de basura*. [online] El Mundo. Available at: <http://www.elmundo.es/madrid/2015/11/18/564c766222601d50338b45f8.html> [Accessed 8 Mar. 2018].

En base a ello, podemos confirmar que el coste de los camiones será de:

$$\text{COSTE COMPRA de CAMIONES} = 170.000\text{€} \cdot 156 \text{ camiones} = 26.520.000 \text{ €}$$

7.2.2. MAQUINARIA EN LA PLANTA.

Los vehículos son necesarios para que los residuos lleguen a la planta. Una vez en ella, éstos pasan a ser competencia de los diferentes equipos que se encargan de llevar a cabo el proceso.

De igual manera que con los camiones, es preferible que la compra de toda la maquinaria se lleve a cabo en territorio asiático, pues nos ahorramos los costes de envío. Los principales proveedores que se han encontrado son: *Maquinaria de reciclaje Alianza China* — está ubicada en Taiwán y China (además de España), lo que supone proximidad con Camboya. Presenta maquinaria para cualquier tipo de proceso de reciclaje—; *Bianna Recycling* — multinacional enfocada en las máquinas industriales—; *SOLLAU* —empresa checa especializada en la imantación—; *TOMRA* —empresa noruega especializada en la espectroscopia—; *Neue Herbold* —compañía alemana. La hemos elegido porque sus precios no son muy elevados, permitiendo así hacer frente a lo que costaría el transporte de las máquinas hasta Camboya—.

El listado de equipos se hace conforme al esquema correspondiente a la *Figura 16*.

- Cinta transportadora de *Alianza China* (*Figura 21*) :

Longitud [m]	→	5
Ancho de la cinta [m]	→	0,7
Altura máxima [m]	→	3,5
Potencia Motor [kW]	→	1,5
Material de la correa	→	PVC
Peso [kg]	→	550
Precio [€]	→	30.000

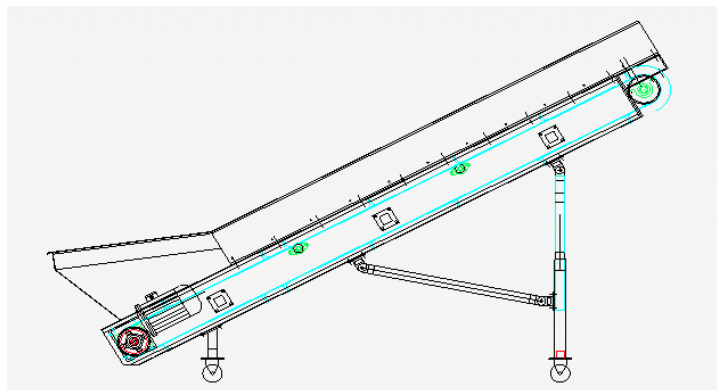


Figura 21 Cinta transportadora¹⁰⁰.

- Cinta de triaje de *Alianza China* (*Figura 22*):

Longitud [m]	→	8
Ancho de la cinta [m]	→	0,8

¹⁰⁰ Maquinaria de reciclaje. Alianza China. (2018). *Maquinaria reciclaje PET*. [online] Available at: <http://www.maquinariadereciclaje.com/index.php/catalogo-de-maquinas/26-reciclar-pet> [Accessed 15 May 2018].

Altura máxima [m]	→	1
Potencia Motor [kW]	→	2,2
Material de la correa	→	PVC
Peso [kg]	→	1000
Capacidad máx. [kg/h]	→	1000
Precio [€]	→	20.000

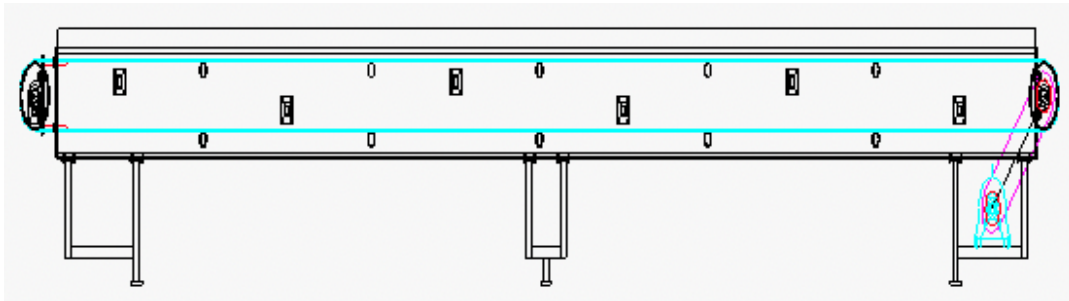


Figura 22 Cinta de triaje¹⁰¹.

- Separador balístico modelo SB40 de *Bianna Recycling* (Figura 23):

Longitud [m]	→	1,75
Ancho [m]	→	2,392
Potencia [kW]	→	5,5
Nº de palas	→	4
Nº de ventiladores	→	2
Capacidad máx. [m ³ /h]	→	70
Elevación [°]	→	9-22
Peso [kg]	→	6.550

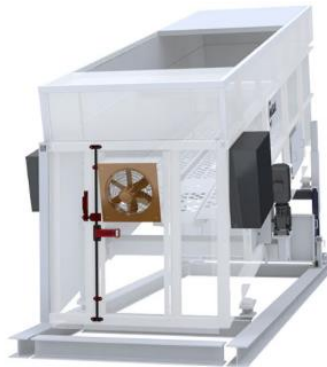


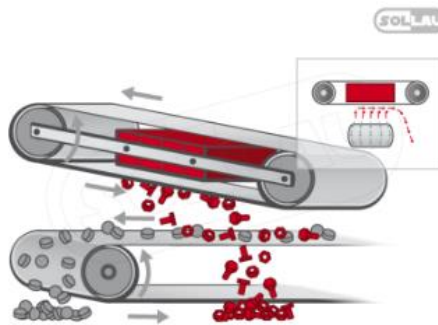
Figura 23 Separador balístico SB40¹⁰².

Se ha intentado contactar con la empresa para conocer el precio de este equipo, pero no se ha recibido contestación. Del mismo modo, se buscó otro separador de diferente máquina con el fin de hacer un estudio de mercado, pero tampoco se ha encontrado nada. A falta de una fuente fidedigna del precio de éste, se supondrá que presenta un coste de 50.000€ —aunque como ya se ha dicho, no es un valor exacto—.

¹⁰¹ [Maquinaria de reciclaje. Alianza China. (2018)].

¹⁰² Bianna Recycling. (2018). *Separador Balístico*. [online] Available at: <http://biannarecycling.com/separador-balistico/> [Accessed 15 May 2018].

- Separador magnético *Sollau* DND-AC Nm (*Figura 24*):
Este modelo presenta una gran eficiencia, y es capaz de detectar componentes férricos en muy bajo porcentaje. El modelo elegido ha sido el DND-AC Nm puesto que es el que presenta una altura de instalación más elevada — 250mm—. Para conocer el precio de esta máquina se han tenido los mismos problemas que con el separador balístico —la empresa no ha contactado con nosotros para proporcionar el precio de éste—, por lo que se supondrá un coste de 50.000€.



*Figura 24 Separador magnético*¹⁰³.

- Separador óptico *Tomra* modelo X-Tract XRT-600 (*Figura 25*):
Quizás esta sea la máquina más sofisticada y compleja que presenta nuestro proceso, pues tiene sistemas de espectroscopia específica para cada elemento. Lo usaremos tanto en la separación de residuos como en la polimérica. Sus dimensiones son 6,535 metros de largo por 1,3 metros de ancho y 2,264 de altura —todos valores máximos—. Su precio oscila entre los 150.000€ y 300.000€, dependiendo de la cantidad de sensores que se le quieran añadir.

Este apartado de costes de maquinaria intenta ajustarse lo más posible a la realidad, buscando dar un presupuesto creíble. Es por ello por lo que en algunos casos se están haciendo suposiciones de precios, con el fin de dar unos valores reales. Estas suposiciones están en base a la información que se ha conseguido en una exhaustiva investigación, y en algunos casos el contactar con las empresas proveedoras no ha sido posible por diferentes motivos, conllevando a figurarse los precios que la maquinaria pueda tener.

El precio para el separador óptico lo asumimos en 230.000€, basándonos en que es una máquina cara que presenta una gran especialización.

¹⁰³ Sollau. (2018). *Separador magnético autolimpiable de banda DND-AC*. [online] Available at: <https://www.sollau.com/katalog/es-i10-separador-magnetico-autolimpiable-de-banda-dnd-ac.html> [Accessed 15 May 2018].



Figura 25 Separador óptico¹⁰⁴.

- Sistema de lavado y secado modelo FW560 de Neue Herbold (Figura 26):
 Emplea un lavado por fricción ascendente, el residuo entra por abajo y sale por arriba, haciendo que la suciedad, el agua y el papel sean extraídos por las paredes de la máquina —criba—.

Longitud [m]	→	5
Ancho [m]	→	1,8
Alto [m]	→	3,4
Potencia [kW]	→	18,5
Capacidad máx. [kg/h]	→	900
Peso [kg]	→	3.000
Precio [€]	→	50.000



Figura 26 Lavado y secado¹⁰⁵.

¹⁰⁴ TOMRA. (2018). *X-TRACT Recycling Equipment*. [online] Available at: <https://www.tomra.com/en/sorting/recycling/products/x-tract> [Accessed 12 May 2018].

¹⁰⁵ Neue Herbold. (2018). *Lavadero por Fricción*. [online] Available at: <https://neue-herbold.com/es/lavadero-por-friccion/> [Accessed 15 May 2018].

- Trituradora de plásticos (*Figura 27*):

Longitud [m]	→	2
Ancho [m]	→	1,8
Alto [m]	→	2,8
Potencia [kW]	→	30
Capacidad máx. [kg/h]	→	500
Cuchillas móviles	→	6
Cuchillas fijas	→	4
Peso [kg]	→	1.800
Precio [€]	→	3.000



Figura 27 Trituradora de plásticos¹⁰⁶.

- Horno de plásticos (*Figura 28*):

Corresponde al modelo DTI-646 de la multinacional norteamericana *Davron Technologies*. El horno presenta una disposición en forma de túnel para que los plásticos —al ser movidos por la cinta— pierdan solidez y se puedan fusionar más fácilmente. Está indicado especialmente para polietileno.

Longitud [m]	→	10,6
Ancho [m]	→	4
Alto [m]	→	5,1
Potencia [kW]	→	50
Temperatura máx. [C°]	→	150

El precio de este horno es figurado, y se asume que tendrá un valor de 50.000€.

¹⁰⁶ [Quintero Díaz, L. (n.d.)].



Figura 28 Horno industrial DTI-646¹⁰⁷.

- Extrusor de plásticos LY-1250EDW de *Lian You Machinery Industry* —ubicada en Taiwán— (Figura 29):

Deberá a haber uno para cada tipo de polímero que se vaya a extruir.

Longitud [m]	➔	14,35
Ancho [m]	➔	5,85
Alto [m]	➔	2,55
Potencia [kW]	➔	13
Peso [kg]	➔	5000

El precio de esta máquina es figurado, y se asume que tendrá un valor de 250.000€.



Figura 29 Máquina extrusora¹⁰⁸.

- Peletizadora (Figura 30):

Longitud [m]	➔	2,2
Alto [m]	➔	3,1
Velocidad tornillo [rpm]	➔	30
Potencia [kW]	➔	37
Capacidad máx [kg/h]	➔	500

¹⁰⁷ Davron Technologies. (2018). *DTI-646*. [online] Available at: <http://www.davrontech.com/industrial-ovens/materials-processed/plastics/dti-646-tunnel-drying-oven> [Accessed 15 May 2018].

¹⁰⁸ PRM Taiwan. (n.d.). *Fully Automatic Side sealed Diaper Bag Making Machine*. [online] Available at: https://www.prm-taiwan.com/F0006/S0605/product_i_Fully_Automatic_Side_sealed_Diaper_Bag_Making_Machine_with_wickter.html [Accessed 15 May 2018].

Precio [€] → 47.000¹⁰⁹



Figura 30 Máquina peletizadora¹¹⁰.

7.2.3. RESUMEN MAQUINARIA.

Ya se han dado los datos de toda la maquinaria que se va a precisar en nuestra planta de reciclaje. Con el fin de hacer más fácil la visualización de los costes, se adjunta la siguiente tabla.

Tabla 6 Costes totales de maquinaria.

MAQUINARIA	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Camión	133	170.000,00 €	26.520.000,00 €
Cinta transportadora	3	30.000,00 €	90.000,00 €
Cinta de triaje	2	20.000,00 €	40.000,00 €
Separador balístico	1	50.000,00 €	50.000,00 €
Separador magnético	1	50.000,00 €	50.000,00 €
Separador óptico	2	230.000,00 €	460.000,00 €
Lavado y secado	3	50.000,00 €	150.000,00 €
Trituradora	1	3.000,00 €	3.000,00 €
Horno de plásticos	1	50.000,00 €	50.000,00 €
Extrusor	1	250.000,00 €	250.000,00 €
Peletizadora	1	47.000,00 €	47.000,00 €
TOTAL			27.710.000,00 €

7.3. ASPECTO LABORAL.

El asentamiento de cualquier empresa en una zona —sea cual sea ésta— supone un aumento en el bienestar social de dicha ubicación, pues la actividad que se lleve en la fábrica, oficina..., va a precisar de mano de obra, de trabajadores dispuestos a obrar para conseguir así un salario. La ubicación de nuestra planta de reciclaje se ha elegido con el fin de ofertar trabajo a un distrito pobre como es el de Sen Sok. Con el establecimiento de ésta, los vecinos colindantes

¹⁰⁹ [Quintero Díaz, L. (n.d.)].

¹¹⁰ Imagen obtenida en: Alibaba. (n.d.). *Máquina Peletizadora*. [online] Available at: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/meizlon-recycling-plastic-extruder-pelletizer-machine-for-sale-60391976690.html> [Accessed 13 May 2018].

a la planta podrían incorporarse a la plantilla que trabaja en ella, consiguiendo así un sueldo que poder llevar a sus casas.

En primer lugar, debemos definir cuántos operarios hacen falta incorporar a nuestra planta. El organigrama de la *Figura 31* muestra una posible estructura de ésta.

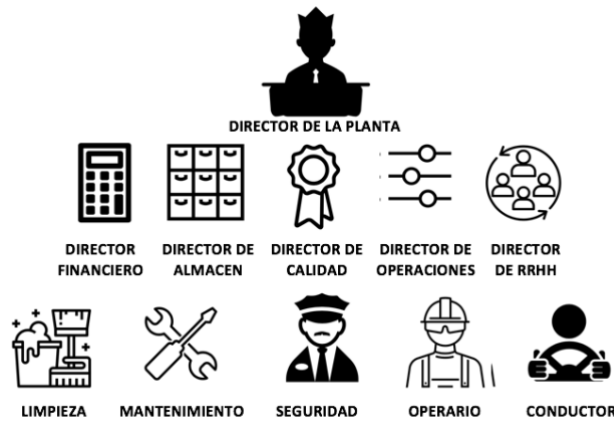


Figura 31 Organigrama de los diferentes puestos de la fábrica.

PUESTOS DE ALTA CUALIFICACIÓN

- **Director de la planta:**
Encargado de gestionar toda la planta. En él recaerá toda la responsabilidad — y por tanto el que perciba mayor salario—, y será un puesto único. Se requerirá alto grado de cualificación.
- **Director financiero:**
Manejará todos los presupuestos. Tendrá en cuenta la inversión, amortizaciones, ganancias, pérdidas y salarios. El puesto será único. Alto grado de cualificación.
- **Director de almacén:**
Encargado de la llegada de repuestos para la maquinaria, envío del producto una vez finalizado y del qué hacer con los residuos no plásticos. Alto grado de cualificación.
- **Director de calidad:**
Responsable de que los procedimientos estén dando los resultados más óptimos en el producto final. Perfil cualificado.
- **Director de operaciones:**
Su actividad será similar a la de dirección de calidad, pero englobará su actividad en que los procedimientos sean lo más eficientes y productivos. Perfil cualificado.
- **Director de recursos humanos (RRHH):**
Responsable de la contratación de todos los puestos requeridos en la planta. Perfil cualificado.

PUESTOS DE CUALIFICACIÓN MEDIA Y BAJA

- Servicio de limpieza:
Responsable del buen estado de la planta.
- Servicio de mantenimiento:
Enfocado en la puesta a punto de la maquinaria ya sea por revisión o por deterioro.
- Servicio de seguridad:
Vigilancia las 24 horas en la planta. Fundamentalmente para los accesos. Requieren cualificación especializada.
- Operarios:
Todos los trabajadores que lleven a cabo las diferentes operaciones de la planta.
- Conductor de camión:
Responsable de la recogida y transporte de los residuos de la capital hasta la planta de reciclaje.

Se conocen ya todos los puestos que va a haber en nuestra planta de reciclaje. Ahora hay que establecer cuánta gente se va a requerir en cada puesto, para así, en base a la plantilla total, hacer los cálculos salariales.

La elección del número de trabajadores se debe acometer teniendo en cuenta la jornada legal marcada por el país jemer. En el artículo 137 de la *Ley del Trabajo* camboyana se fija que «el máximo de horas que se podrá trabajar será de ocho horas diarias, o 48 horas a la semana», siendo el horario «elegido por el empleador» —artículo 138 de esa misma ley—.

El ayuntamiento de Madrid, según datos de 2016, asegura que el servicio de recogida y gestión de basuras estaba compuesto por 1954 trabajadores¹¹¹ —de los que casi 500 eran eventuales—. Hay que tener en cuenta que el PTV se compone de cuatro centros principales, por lo que la cifra citada hace referencia a toda esa plantilla. Si queremos saber cuánta gente trabaja por centro, podemos llevar a cabo una división en función del número de centros que existen —este cálculo se debe a que ningún documento del ayuntamiento de Madrid informa con exactitud sobre el número de trabajadores que hay en cada planta, pues es competencia de las empresas gestoras. De esta forma nos podemos hacer una idea aproximada del número de trabajadores que puede haber—.

$$N^{\circ} \text{ de TRABAJADORES PLANTA} = X = \frac{1954 \text{ trabajadores en total}}{4 \text{ plantas}} = 488 \frac{\text{trabajadores}}{\text{planta}}$$

Desgraciadamente, esta cifra no es extrapolable a nuestro proyecto de gestión de residuos en Camboya. Las plantas del PTV llevan a cabo diferentes operaciones de índole ambiental a la vez. Separación de residuos, recuperación de ellos, revalorización,

¹¹¹ Ayuntamiento de Madrid. (2016). 35 millones de euros más al año para la recogida de residuos de Madrid. [online] Available at: <http://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Actualidad/Noticias/35-millones-de-euros-mas-al-ano-para-la-recogida-de-residuos-de-Madrid/?vgnextfmt=default&vgnextoid=bf7c77854d4c5510VgnVCM1000001d4a900aRCRD&vgnnextchannel=a12149fa40ec9410VgnVCM100000171f5a0aRCRD> [Accessed 11 Mar. 2018].

biodegradación..., son algunas de todas las actividades que tienen lugar. Este cálculo no es aplicable en nuestra planta de Sen Sok pues en ella sólo vamos a enfocarnos en actividades de reciclaje de plásticos, por lo que el número de trabajadores puede ser excesivo para esta única actividad.

Consiguientemente, no hay duda sobre que la planta tendrá un único **director** de planta, así como directores en RRHH, calidad, operaciones, almacén, financiero.

Los puestos de menor cualificación presentan un número diferente, pues habrá turnos en la planta, y hay que tener en cuenta las jornadas laborales para saber a cuánta gente tenemos que contratar.

El **efectivo de seguridad** estará las 24 horas del día velando por toda la planta. Constará de dos trabajadores en cada turno, localizados a la entrada de la planta —en lo que sería una garita— con acceso por cámaras a toda la actividad perimetral e interna de ella.

Tabla 7 Desglose de vigilantes de la planta.

SEGURIDAD			
	Jornada 24 horas		
	Primer turno	Segundo turno	Tercer turno
	8 horas	8 horas	8 horas
Pareja de Seguridad	2 vigilantes	2 vigilantes	2 vigilantes
TOTAL en plantilla			6 vigilantes

Los **conductores de camiones** irán en base a la actividad de recogida. Camboya, debido a su localización geográfica, tiene unos horarios de vida diferentes a los que estamos acostumbrados. A las 5:30 – 5:45 es cuando amanece, y a las 17:30 – 18:00 cuando anochece. Sobre las 21:00 ya no hay nadie en las calles de Phnom Penh, por lo que es una hora perfecta para que los camiones de basura empiecen a circular por la capital, y lo pueden hacer hasta las 5:00 que es ya cuando la ciudad despierta. En Madrid sucede algo parecido. Las rutas «para la Zona Centro empiezan a las 23:00», respetando así la actividad de la ciudad. En la periferia «la recolecta se hace en horario diurno, comenzando a las 7:00». Los ciudadanos de Madrid tienen la suerte de poseer un servicio que trabaja 362 días al año, permitiendo que las calles estén más que limpias. Para ello, se lleva a cabo un servicio de recogida con «470 itinerarios». Dichas rutas son trazadas por un camión en el que hay un conductor y un operario —con el fin de agilizar todo el proceso—. La frecuencia de pasada depende de la zona en la que se viva. El centro de la ciudad —lo que sería el casco antiguo de ésta— dispone de un servicio de recogida diario. En el resto de distritos suele ser cada dos días. Con este proceder, el Ayuntamiento lleva a cabo una gestión eficiente capaz de hacer frente a toda la generación de residuos, pero sin saturar las plantas de reciclaje de la Comunidad de Madrid. [Ayuntamiento de Madrid. (2013)].

La *Tabla 8* recoge cómo se organiza semanalmente la recogida de residuos en Madrid.

Tabla 8 Días de recogida de envases por distritos¹¹².

DISTRITOS	-FRACCIÓN ENVASES - RECOGIDA EN TURNO DE MAÑANA	-FRACCIÓN ENVASES - RECOGIDA EN TURNO DE NOCHE
01 CENTRO	-	Frecuencia diaria
02 ARGANZUELA	-	Lunes, miércoles y viernes
03 RETIRO	-	Martes, jueves y sábado
04 SALAMANCA	-	Lunes, miércoles y viernes
05 CHAMARTÍN	-	Lunes, miércoles y viernes
06 TETUÁN	-	Martes, jueves y sábado
U/ CHAMBERÍ	-	Martes, jueves y sábado
08 FUENCARRAL-EL PARDO	Lunes, miércoles y viernes	Lunes, miércoles y viernes
09 MONCLOA-ARAVACA	Lunes, miércoles y viernes	Martes, jueves y sábado
10 LATINA	Martes, jueves y sábado	
11 CARABANCHEL	Lunes, miércoles y viernes	Lunes, miércoles y viernes
12 USERA	Lunes, miércoles y viernes	Lunes, miércoles y viernes
13 PUENTE DE VALLECAS	Martes, jueves y sábado	Martes, jueves y sábado
14 MORATALAZ	Lunes, miércoles y viernes	
15 CIUDAD LINEAL	Lunes, miércoles y viernes	Lunes, miércoles y viernes
16 HORTALEZA	Martes, jueves y sábado	
17 VILLAVERDE	Martes, jueves y sábado	
18 VILLA DE VALLECAS	Martes, jueves y sábado	
19 VICÁLVARO	Martes, jueves y sábado	
20 SAN BLAS- CANILLEJAS	Lunes, miércoles y viernes	
21 BARAJAS	Martes, jueves y sábado	

En contraposición, como ya se explicó en temas anteriores, la gestión que *CINTRI* lleva en la capital camboyana es arbitraria. Hay días que los camiones salen y cumplen su función, y muchos otros en los que se quedan parados. Los itinerarios no están bien definidos, y la política interna de la empresa es laxa y permisiva.

Phnom Penh se compone de doce *khans* —distritos en camboyano—, los cuales se pueden apreciar en la *Figura 18* —*vide supra*—. Como punto de partida, se debe establecer una estrategia acerca de los días en los que deben acudir los servicios de recogida de residuos, similar a la que el Ayuntamiento de Madrid presenta. En la *Tabla 9* se recoge una posible propuesta.

¹¹² [Ayuntamiento de Madrid. (2013)].

Tabla 9 Propuesta días de recogida de residuos para Phnom Penh.

DISTRITOS		RECOGIDA DIURNA	RECOGIDA NOCTURNA
ZONA CENTRO	1. Doun Penh	-	Diaria
	2. Tuoul Kouk	-	Lunes, miércoles y viernes
	3. Makara	-	Martes, jueves y sábado
	4. Chamkar Mon	-	Martes, jueves y sábado
ZONA DE ALREDEDORES	5. Chbar Ampov	Martes, jueves y sábado	-
	6. Mean Chey	Lunes, miércoles y viernes	-
	7. Russey Keo	Martes, jueves y sábado	-
	8. Sen Sok	Martes, jueves y sábado	-
	9. Chroy Changvar	Lunes, miércoles y viernes	-
	10. Prek Pnov	Martes, jueves y sábado	-
	11. Dangkao	Lunes, miércoles y viernes	-
	12. Por Senchey	-	Lunes, miércoles y viernes

El centro de la ciudad —Doun Penh— sería el único distrito que gozaría de un servicio de recogida diario, debido a dos factores: es el centro de turismo de la capital, y es donde se encuentra el *Mercado Central*, edificio que genera enormes desperdicios cada día a causa de su actividad.

Cuántos operarios hacen falta para cada turno se ha de hacer en función del número de turnos y camiones que vaya a haber. Desafortunadamente para nosotros, *CINTRI* no pone a disposición del internauta ningún dato estadístico en el que se tabule cuánta cantidad de basura se recoge según cada *khan* —esencial para determinar el número requerido de conductores—. Esta carencia nos complica nuestra propuesta, pero podemos emplear otros recursos. Para saber cómo se debería hacer la repartición de camiones para cada itinerario podemos basarnos en los datos de número de población que hay en cada *khan* de Phnom Penh, consiguiendo así hacernos una idea de cuántos residuos se pueden generar en base a dicha población.

Tomando como referencia el informe sobre la “*Economic Census of Cambodia 2011. Provincial Report. 12 Phnom Penh Municipality*” del *National Institute of Statistics*, podemos saber cuántos habitantes componían la totalidad de Phnom Penh.

Tabla 10 Censo población de Phnom Penh en 200¹¹³.

DISTRITOS	POBLACIÓN
Chamkar Mon	182.004
Doun Penh	126.550
Tuoul Kouk	171.200
Mean Chey	327.801
Russei Keo	196.684
Sen Sok	147.867
Makara	91.895
Dangkao	73.287
Por Senchey	184.437

¹¹³ National Institute of Statistics (2013). *Economic census of Cambodia 2011. Provincial report.*

¹² *Phnom Penh municipality*. [online] Phnom Penh. Available at: http://www.stat.go.jp/info/meetings/cambodia/pdf/ec_pr12.pdf [Accessed 16 May 2018].

La información que se recoge en la *Tabla 10* tiene un inconveniente. Aunque el estudio fue publicado en 2013, el muestreo que se hizo recogía el censo de población de 2008, y de eso hace ya diez años. En la última década la capital jemer ha experimentado una enorme evolución y una crecida en su número de habitantes. Según datos de ese mismo informe, en 2008 la población total sumaba 1,5 millones de habitantes. Desde entonces, debido a las inversiones extranjeras, la ciudad ha crecido a un ritmo estimado en el 2,6%¹¹⁴, aumentando también el número de *khans*, de nueve a doce. La *Tabla 11* nos sirve como modelo para, en base a un aumento del 2,6%, calculemos la población total de cada distrito.

Tabla 11 Población actual de Phnom Penh.

DISTRITOS	POBLACIÓN 2018
Chamkar Mon	207.458
Doun Penh	240.883
Tuoul Kouk	175.822
Mean Chey	398.272
Russei Keo	212.264
Sen Sok	162.129
Makara	94.376
Dangkao	75.266
Por Senchey	189.417
Chbar Ampov*	92.668
Chroy Changvar*	113.780
Prek Pnov* ¹¹⁵	144.115
TOTAL	2.106.451

Conocida toda la población que integra Phnom Penh, y sabiendo que de media cada ciudadano produce 0,654 kg de residuos —se estableció esta cifra en el *apartado 3* de este trabajo—, podemos averiguar cuánta basura produce cada *khan* —*Tabla 12*—.

¹¹⁴ World Population Review. (2017). *Phnom Penh population*. [online] Available at: <http://worldpopulationreview.com/world-cities/phnom-penh-population/> [Accessed 7 May 2018].

¹¹⁵ Los datos referentes a los tres últimos *khans* han sido puestos conforme a que el total de habitantes en Phnom Penh sumase más de 2 millones de habitantes —que es la población actual—. Esta hipótesis se ha hecho debido a que el censo de esos distritos no se encuentra disponible en ninguna de las páginas, informes o estudios oficiales.

Tabla 12 Generación diaria de basura.

DISTRITOS	GENERACIÓN DIARIA DE RESIDUOS [ton]
Chamkar Mon	136
Doun Penh	158
Tuoul Kouk	115
Mean Chey	260
Russei Keo	132
Sen Sok	106
Makara	62
Dangkao	49
Por Senchey	124
Chbar Ampov	61
Chroy Changvar	74
Prek Pnov	94
TOTAL	1.378

Según datos del fabricante, se estableció que cada camión puede transportar un máximo de 2,6 toneladas, lo que nos da una capacidad máxima de recolecta de 405 toneladas a la vez. En la *Tabla 13* se organiza la recogida de los camiones¹¹⁶. Durante la noche, Phnom Penh presenta un tráfico muy liviano, por lo que la actividad de recolecta sería fácil. Las infraestructuras de conexión con la planta de reciclaje y los diferentes distritos de Phnom Penh no supondrían ningún problema. Como se observa en la *Figura 32*, de Phnom Penh salen seis carreteras principales que conectan la capital con los distritos del extrarradio, así como con el resto de provincias. Durante el día, al ser las únicas carreteras de acceso y salida de la capital, éstas se encuentran abarrotadas. Por suerte, durante la noche hay muy poca circulación, haciendo que los trayectos sean cortos y ágiles.

¹¹⁶ El organigrama que se presenta en la *tabla 13* viene sujeto a al artículo 147 de la vigente *Ley del Trabajo* camboyana en el que se establece que «todos los trabajadores tendrán en principio como día de descanso el domingo».

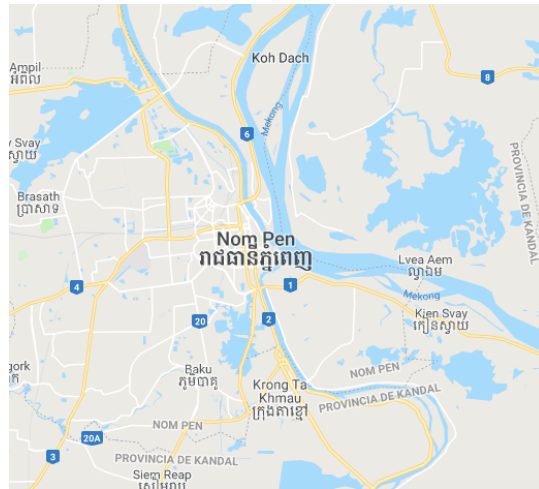


Figura 32 Mapa carreteras Phnom Penh¹¹⁷.

¹¹⁷ Maps Street View. (n.d.). *Phnom Penh road map*. [online] Available at: <https://www.maps-streetview.com/cambodia/phnom-penh/roadmap.php> [Accessed 16 May 2018].

Tabla 13 Itinerarios planta de reciclajes Phnom Penh.

				LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
		CANTIDAD DIARIA [ton]	CAMIONES NECESARIOS	CAMIONES NECESARIOS	CAMIONES NECESARIOS	CAMIONES NECESARIOS	CAMIONES NECESARIOS	CAMIONES NECESARIOS	CAMIONES NECESARIOS	CAMIONES NECESARIOS
RECOGIDA NOCTURNA	Doun Penh	158	61	61	61	61	61	61	61	DESCANSO
	Tuoul Kouk	115	44	44		44		44		
	Makara	62	24		24		24		24	
	Chamkar Mon	136	52		52		52		52	
	Por Senchey	124	48	48		48		48		
	TOTAL CAMIONES			153	137	153	137	153	137	
	TOTAL TRABAJADORES			305	274	305	274	305	274	
				LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
		CANTIDAD DIARIA [ton]	CAMIONES NECESARIOS	CAMIONES NECESARIOS	CAMIONES NECESARIOS	CAMIONES NECESARIOS	CAMIONES NECESARIOS	CAMIONES NECESARIOS	CAMIONES NECESARIOS	CAMIONES NECESARIOS
RECOGIDA DIURNA	Chbar Ampov	61	23		23		23		23	DESCANSO
	Rusei Keo	132	51		51		51		51	
	Sen Sok	106	41		41		41		41	
	Prek Pnov	94	36		36		36		36	
	Chroy Changvar	74	28	28		28		28		
	Dangkao	49	19	19		19		19		
	Mean Chey	260	100	100		100		100		
	TOTAL CAMIONES			147	151	147	151	147	151	
	TOTAL TRABAJADORES			295	302	295	302	295	302	

Así pues, en base a la *Tabla 13* ya sabríamos el número de empleados que se requeriría en cada turno de recogida, ocho horas para la recogida nocturna —de 21:00h a 5:00h— y ocho horas para la diurna —5:00h a 13:00h— (*Tabla 14*). El total de trabajadores por día sería el mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 14 Necesidades de personal en la recogida de residuos.

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
TOTAL TRABAJADORES NOCTURNOS	305	274	305	274	305	274
TOTAL TRABAJADORES DIURNOS	295	302	295	302	295	302
TOTAL DE TRABAJADORES POR DÍA EN ACTIVIDADES DE RECOGIDA	600	576	600	576	600	576
MEDIA TRABAJADORES AL DÍA	588					

Las jornadas más intensas son las de los lunes, miércoles y viernes, pues durante esos días trabajan un total de 600 operarios en la recogida de residuos. Esa cifra nos indica en número de trabajadores que debería de haber en plantilla para los conductores de camión.

El número medio de trabajadores que debe haber en una planta del PTV es de 488. Se reitera que esta cifra puede no ser exacta, pero es la que más llega a asemejarse con la realidad. El número de cuántos trabajadores hay por planta no se dispone, sólo el total de ellos —conseguido a través del ayuntamiento de Madrid—, así que una división conforme a las plantas recicladoras que hay nos da dicha aproximación.

Como la planta que se va a establecer en Sen Sok tiene que tratar con todas las toneladas producidas anualmente en la capital. Se buscará un número de operarios capaz de hacer frente a toda la demanda.

Los **operarios** dentro la planta se encargarán de controlar y llevar a cabo todo el proceso industrial de reciclaje. Tenemos un total de dieciséis máquinas en toda la planta. Cada puesto de mando contará con dos operarios, a excepción de la cadena de triaje en la que habrá seis personas clasificando los residuos.

Del mismo modo que con los camioneros, la jornada se dividirá en dos turnos de 8 horas cada uno, con un horario de 06:00h a 14:00h —turno de por la mañana— y 22:00h —turno de noche—. A partir de las 22:00h la planta estará parada, pero como llegarán camiones deberá de haber operarios pendientes de la descarga —de igual modo que lo habrá durante el día—. Este grupo estará compuesto por cuatro operarios.

Tabla 15 Número de operarios en la planta.

		LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
HORARIO DIURNO	Puestos de máquinas	28	28	28	28	28	28	DESCANSO
	Cinta de triaje	12	12	12	12	12	12	
	Encargados de llegada	4	4	4	4	4	4	
	TOTAL OPERARIOS	44	44	44	44	44	44	
		LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
HORARIO NOCTURNO	Puestos de máquinas	28	28	28	28	28	28	DESCANSO
	Cinta de triaje	12	12	12	12	12	12	
	Encargados de llegada	4	4	4	4	4	4	
	TOTAL OPERARIOS	44	44	44	44	44	44	
	TOTAL OPERARIOS DÍA	88	88	88	88	88	88	

El **servicio de limpieza** sólo trabajaría por la noche, una vez que la fábrica se hubiese cerrado. Su función sería la de limpiar las oficinas y la planta. Sería un turno de cinco horas integrado por 6 personas.

El **servicio de mantenimiento** se encargaría de la reparación de la maquinaria. Cabe destacar que todas las empresas dedicadas a la venta de máquinas industriales que hemos analizado incorporaban un servicio de mantenimiento de la propia casa. Es por ello por lo que, pese a ser un activo humano necesario, no se va a tener en cuenta para el cálculo de personal. El reparador vendría cuando hubiera una avería. En caso contrario, este trabajador no tendría tarea en la que implicarse y supondría un coste elevado para la empresa.

El resumen de toda la plantilla que debiera de haber en nuestra planta se muestra en la *tabla 16*. Cabe destacar que dicho valor sólo tiene en cuenta el número riguroso de trabajadores que será necesario para llevar a cabo la actividad laboral. El departamento de RRHH debería tener contrataciones suficientes para en caso de haber una baja que hubiese alguien para poder sustituirla.

Tabla 16 Resumen total de plantilla.

PUESTOS	NÚMERO DE TRABAJADORES
Dirección	6
Vigilancia	6
Conductores	600
Operarios	88
Limpiadores	6
TOTAL	706

7.3.1. ASPECTO SALARIAL.

Camboya es uno de los países asiáticos que mayor índice de pobreza registran pese a toda la inversión que se ha venido realizando a lo largo de los últimos años. Contrariamente, la tasa de empleabilidad muestra niveles muy bajos, pues realizar una actividad laboral es la única fuente de ingresos que los ciudadanos tienen para comer y para vivir. El sistema es muy diferente al nuestro. La *Ley del trabajo* cita que toda actividad laboral precisa de un salario o recompensación, pero no establece qué cantidad deba ser la mínima. Además, recoge que la recompensación no tiene por qué ser dinero. El empleador puede ofrecer otro bien o servicio previamente acordado. Ningún escrito camboyano recoge un salario mínimo como se pueda tener en España o cualquier otro país occidentalizado. *Traiding economics* situaba un salario medio en Camboya de 153\$, que coincide con la media que ganan los trabajadores de *CINTRI* — de 150\$ al mes según *The Southes Assia Globe*¹¹⁸—, aunque se aleja notoriamente de la realidad camboyana. *The Phnom Penh Post* publicaba una noticia de actualidad el pasado mes de mayo en la que se denunciaba el precario nivel salarial con el que viven la mayoría de los ciudadanos, especialmente en los trabajos de menor cualificación. Los albañiles ganan «entre 16.000 a 40.000 rielles (entre 4 y 10 dólares¹¹⁹) al día. Esta diferencia es enorme con Tailandia, donde se ganan entre 10 y 12,5 dólares diarios. Además, los trabajadores camboyanos no disponen de

¹¹⁸ Colin Mayn and Mech Dara (2017). *Phnom Penh, 'a city of garbage'*. [online] Available at: <http://sea-globe.com/cintri-phnom-penh/> [Accessed 18 Jan. 2018].

¹¹⁹ El *riel* es la moneda camboyana. Un riel equivale a cuatro dólares americanos —es el cambio de la calle, el cual permanece constante—.

seguros o beneficios sociales»¹²⁰. Y esta situación es semejante en muchos otros puestos de trabajo, siendo en ocasiones todavía más bajas. Sólo los trabajadores en plantilla de grandes empresas multinacionales gozan de un salario digno con el que vivir¹²¹. El resto de la población no sobrepasa los 40\$ mensuales —en las zonas más pobres ni los 7\$ semanales—. Así mismo, el artículo 103 de dicha ley —que aclara el término *salario*— versa que «el salario no incluye: ayudas sanitarias, gastos de desplazamiento, seguro, consentimiento familiar», derivando en una carencia de beneficios para el trabajador enorme, y tampoco existe un sistema de pensiones ni nada que se le parezca. Solamente aquellas personas ligadas al gobierno y funcionariado tienen derecho a cobrar pensiones. El resto de la ciudadanía no. En la actualidad la Asamblea Nacional está tratando esta cuestión con el fin de que las pensiones estén aseguradas para los trabajadores de las empresas privadas. Para ello, ponen como condiciones que el solicitante se encuentre en una «edad superior a los cincuenta y cinco años, que haya estado registrado en la seguridad social camboyana —*National Social Security Fund*—por al menos veinte años, y que aporte otras sesenta mensualidades a lo largo de los próximos diez años»¹²². De llegarse a aprobar dicha propuesta, sólo sería aplicable en aquellas personas que tributasen. Nos ha sido posible saber cuánto es el porcentaje que el gobierno camboyano recauda con la actividad salarial gracias a la consultora multinacional *KPMG*. Dado que es una empresa que presenta sedes por todo el mundo, en su página web dedica un apartado para informar sobre los deberes tributarios que lleva a cabo en cada país, basándose en la ley de *Gestión financiera* —ley que en la página oficial del Ministerio de Economía y Finanzas únicamente aparece en camboyano—. Según las ganancias que tenga el trabajador, se tributará un máximo del 20% a la *NSSF*.

Tabla 17 Impuestos sobre la renta para Camboya¹²³.

SALARIOS EN RIELES		SALARIOS EN DÓLARES		IMPUESTOS		
Desde [KHR]	A [KHR]	Desde [\$]	A [\$]	Rieles	Dólares	Porcentaje
0	1.200.000	0	300	0	0	0%
1.200.001	2.000.000	300	500	60.000	15	5%
2.000.001	8.500.000	500	2.125	160.000	40	10%
8.500.001	12.500.000	2.125	3.125	585.000	146	15%
12.500.001	Más	3.125	Más	1.210.000	303	20%

La concepción que se le da a nuestra empresa —promotora y gestora de la planta de reciclado de plásticos— es la de contribuidora al sistema de pensiones camboyano, siempre que sea para asegurar la pensión a los trabajadores.

Conjuntamente con la tributación salarial, nuestra empresa definiría sus políticas internas de empleados asegurando un seguro para los trabajadores, que les permitiese tener

¹²⁰ Pisei, H. (2018). *Construction booms but salaries fall behind*. [online] The Phnom Penh Post. Available at: <https://www.phnompenhpost.com/post-property/construction-booms-salaries-fall-behind> [Accessed 10 May 2018].

¹²¹ Chan Thul, P., Sawitta Lefevre, A. and Coghill, K. (2017). *Cambodia hikes minimum wage for textiles workers*. [online] Reuters. Available at: <https://www.reuters.com/article/cambodia-economy-garmentworkers-wages/cambodia-hikes-minimum-wage-for-textiles-workers-by-11-pct-from-2018-idUSL4N1MG1Q6> [Accessed 15 May 2018].

¹²² Prake Org. (2018). *Pension Schemes in Cambodia*. [online] Available at: <https://prake.org/home/labour-law/social-security/pension> [Accessed 17 May 2018].

¹²³ KPMG. (2018). *Cambodia Income Tax*. [online] Available at: <https://home.kpmg.com/xx/en/home/insights/2011/12/cambodia-income-tax.html> [Accessed 17 May 2018].

acceso a sanidad o baja en caso de sufrir algún tipo de lesión durante la actividad salarial. Desde principios de 2018, entró en vigor un *sub-decreto* en el que «todas las empresas que contraten más de un empleado deberán pagar 3,4% del salario medio del trabajador —llegando a un máximo de 8,50\$ mensuales— a la *NSSF*. El dinero será destinado a la póliza de un seguro¹²⁴». Efectuar este pago es de vital importancia, pues se busca que el convenio y el cómo se sientan los trabajadores sea el mejor posible. Ya se mencionó el renombre que *CINTRI* —olvidando su mala gestión— tiene hoy en día entre la sociedad camboyana. Es el trabajo que todo el mundo busca por las ventajas que ofrece. Se busca una reputación equivalente a la de la actual gestora, pero que también sea eficiente y productiva.

En base a todos los beneficios sociales que se presentarían para un trabajador de nuestra planta de reciclaje, podemos construir una tabla que muestre todos los costes salariales que nuestra empresa tendría con sus empleados. Recordemos que la *Tabla 18* muestra sólo recoge el número mínimo de trabajadores para que la empresa funcionase, y no tiene en cuenta la contratación extra que debería de haber para cubrir una baja, vacaciones...

Para hallar una información salarial lo más aproximada a la realidad, se ha visitado el portal *Teleport*, un comparador online que emplea un software capaz de mostrar estadística sobre diferentes países y ciudades. Con ello, se ofrece al usuario una visión globalizada del mundo, permitiéndole conocer cómo de valorado está su actividad laboral en otras localizaciones e incluso qué se viene pagando en ellas. Para el caso de Phnom Penh, el sitio web ofrece un extenso listado con la media salarial anual que se viene pagando en la capital jemer en más de veinte tipos de profesionalidades. Sin embargo, los valores salariales que aparecen en este portal parecen ser un poco elevados —155\$ mensuales por trabajar como camarero es muchísimo dinero en Camboya—, y no terminan de presentar la solidez necesaria para darlos como válidos¹²⁵.

Saber qué salario le corresponde de media a cada trabajador camboyano ha sido un verdadero quebradero de cabeza. El gobierno camboyano no hace referencia a un salario mínimo —ya se dijo—, y por ejemplo, en la página web oficial de *CINTRI*, no se expone un documento de *transparencia* en el que se expliquen todos los gastos que el monopolio empresarial lleva anualmente a cabo. Solamente diferentes estudios e informes sobre esta empresa gestora nos han proporcionado una aproximación, pues los trabajadores vienen cobrando una media de 150\$-200\$ mensuales —ya se ha mencionado con anterioridad—. En base a esa cantidad se han creado unos presupuestos salariales que buscan poder dar una idea de lo que costaría mantener mensual y anualmente a toda nuestra plantilla.

¹²⁴ Spiess, R. and Sokhorng, C. (2018). *Employers required to pay more into NSSF for workers*. [online] The Phnom Penh Post. Available at: <https://www.phnompenhpost.com/business/employers-required-pay-more-nssf-workers> [Accessed 13 May 2018].

¹²⁵ Teleport Cities. (2018). *Jobs and salaries in Phnom Penh, Cambodia*. [online] Available at: <https://teleport.org/cities/phnom-penh/salaries/> [Accessed 24 May 2018].

Tabla 18 Desglose salarial.

PUESTO		SALARIO por TRABAJADOR		Nº TRABAJADORES	SALARIO TOTAL	
		MENSUAL	ANUAL		MENSUAL	ANUAL
ALTA CUALIFICACIÓN	Director de la planta	500,00 €	6.000,00 €	1	500,00 €	6.000,00 €
	Director financiero	400,00 €	4.800,00 €	1	400,00 €	4.800,00 €
	Director almacén	400,00 €	4.800,00 €	1	400,00 €	4.800,00 €
	Director calidad	400,00 €	4.800,00 €	1	400,00 €	4.800,00 €
	Director operaciones	400,00 €	4.800,00 €	1	400,00 €	4.800,00 €
	Director RRHH	400,00 €	4.800,00 €	1	400,00 €	4.800,00 €
BAJA CUALIFICACIÓN	Operarios	165,00 €	1.980,00 €	88	14.520,00 €	174.240,00 €
	Vigilancia	168,00 €	2.016,00 €	6	1.008,00 €	12.096,00 €
	Conductor camión	165,00 €	1.980,00 €	600	99.000,00 €	1.188.000,00 €
	Limpieza	120,00 €	1.440,00 €	6	720,00 €	8.640,00 €
	Mantenimiento	—	—	—	—	—
TOTAL DE GASTOS SALARIALES					117.748,00 €	1.412.976,00 €

La *Tabla 18* muestra todos los gastos salariales que nuestra planta de reciclaje tendría. Sobre los salarios propuestos, ya se ha explicado cómo han sido seleccionados, y la tabla expone una posible repartición salarial en la planta. A estos valores, hay que añadir el pago del seguro para cada trabajador. La tributación a la *NSSF* para asegurar las pensiones no se tendrá en cuenta ya que la ley que busca hacer obligatorio el pago todavía no se ha aprobado. Todo ello viene recogido en la *Tabla 19*, donde aparece la tributación que se debería de pagar para que los trabajadores gozasen de un seguro laboral.

Tabla 19 Desglose salarial con tributación.

PUESTO	SALARIO por TRABAJADOR		TRIBUTACIÓN POR TRABAJADOR		NºTRAB.	SALARIO TOTAL		TRIBUTACIÓN TOTAL	
	MENSUAL	ANUAL	MENSUAL	ANUAL		MENSUAL	ANUAL	MENSUAL	ANUAL
Director de la planta	500,00 €	6.000,00 €	8,50 €	102,00 €	1	500,00 €	6.000,00 €	8,50 €	102,00 €
Director financiero	400,00 €	4.800,00 €	8,50 €	102,00 €	1	400,00 €	4.800,00 €	8,50 €	102,00 €
Director almacén	400,00 €	4.800,00 €	8,50 €	102,00 €	1	400,00 €	4.800,00 €	8,50 €	102,00 €
Director calidad	400,00 €	4.800,00 €	8,50 €	102,00 €	1	400,00 €	4.800,00 €	8,50 €	102,00 €
Director operaciones	400,00 €	4.800,00 €	8,50 €	102,00 €	1	400,00 €	4.800,00 €	8,50 €	102,00 €
Director RRHH	400,00 €	4.800,00 €	8,50 €	102,00 €	1	400,00 €	4.800,00 €	8,50 €	102,00 €
Operarios	165,00 €	1.980,00 €	5,61 €	67,32 €	88	14.520,00 €	174.240,00 €	493,68 €	5.924,16 €
Vigilancia	168,00 €	2.016,00 €	5,71 €	68,54 €	6	1.008,00 €	12.096,00 €	34,27 €	411,26 €
Conductor camión	165,00 €	1.980,00 €	5,61 €	67,32 €	600	99.000,00 €	1.188.000,00 €	3.366,00 €	40.392,00 €
Limpieza	120,00 €	1.440,00 €	4,08 €	48,96 €	6	720,00 €	8.640,00 €	24,48 €	293,76 €
Mantenimiento	—	—	—	—	—	—	—	—	—
GASTOS SALARIALES AL AÑO						117.748,00 €	1.412.976,00 €	3.969,43 €	47.633,18 €
TOTAL GASTOS SALARIALES AL AÑO						1.460.609,18 €			

1.460.609,18€ es lo que anualmente nuestra planta de tratamiento de plásticos tendría que invertir en salarios. Comparándola —como se ha hecho durante todo el trabajo— con el PTV, encontramos que la cantidad destinada a salarios en 2016 por la dirección de dicha planta fue de 2.528.190€¹²⁶, es decir, un 42% más barata que el parque de Madrid. Este porcentaje no sirve como un gran referente. Camboya tiene un nivel económico muy por debajo que el de Europa. Que la planta presente una rebaja salarial anual del 42% con respecto a su homóloga en Madrid no es de extrañar. Ya sólo los salarios percibidos son bien distintos. Si tenemos en cuenta el resto de factores podría surgirnos la cuestión, ¿1.460.609,18€ en salarios anuales no es muy elevado para un país como Camboya? Puede ser, pero en todo momento se ha establecido que se buscaban unos salarios competentes y que otorgasen a la empresa la misma reputación y deseo por ser parte de ella, del mismo modo que lo es ahora *CINTRI*.

7.4. RESUMEN COSTES DE INVERSIÓN CON GASTOS GENERALES.

Hasta ahora se han expuesto todos los costes —tanto de inversión como de uso— que nuestra planta de reciclajes tendría. Terreno, maquinaria y personal son los pilares en los que se compone toda nuestra inversión. A éstos habría que añadir la formación para los trabajadores menos cualificados —los operarios en planta precisan de una breve enseñanza en la que se explique cómo se ha de proceder, cómo funcionan las máquinas...—. También habrá otros gastos de inversión, como los cascos de los trabajadores, uniforme y material de trabajo, mobiliario de oficina, los contenedores para que los ciudadanos puedan depositar los residuos —esta es una deficiencia muy severa a día de hoy. *CINTRI* apenas tiene contenedores, y muchos de ellos son robados debido a que el anclaje que presentan es deplorable—, cámara de seguridad, ordenadores...

La *Tabla 20* recoge los costes de inversión tratados a lo largo de este séptimo capítulo. Además, incluye los gastos anuales de salario y un apartado de *gastos adicionales* que engloba toda la inversión en luz, electricidad, agua, gasolina..., para la planta, así como los diferentes estudios que se pudieren llevar a cabo. En la “*Memoria de actividades de la dirección general del Parque Tecnológico de Valdemingómez*” correspondiente al año 2016, en el *tema 9*, referente al “*balance económico de tratamiento de residuos*” se establecen *gastos adicionales* como los gastos en los que se incluye los costes de «estudios y trabajos técnicos y pagos de tributos estatales» (entre otros). Incluir esta cifra en nuestros costes anuales haría que ésta fuese lo más real posible. Es por ello por lo que se ha incluido en la *Tabla 20*, para intentar dar un ajuste lo más próximo posible a la realidad.

Tabla 20 Costes totales.

	CONCEPTO	COSTES
INICIAL	TERRENO	8.056.000,00 €
	MAQUINARIA	27.710.000,00 €
	OTROS GASTOS	6.000.000,00 €
ANUALES	SALARIOS ANUALES	1.460.609,18 €
	COSTES DE PRODUCCIÓN	6.000.000,00 €
TOTAL GASTOS		49.226.609,18 €

¹²⁶ Ayuntamiento de Madrid (2018).

8. VIABILIDAD DE LA PLANTA DE RECICLAJE DE PLÁSTICOS EN CAMBOYA.

El capítulo anterior englobaba de qué forma se propone la fundamentación de la planta de reciclaje de plásticos. Inversión y costes anuales han sido los puntos más destacados, y nos ha permitido hacernos una idea de cuánto costaría la implementación del proyecto.

No podemos olvidar el porqué de esta propuesta.

Camboya, país del sudeste asiático, genera anualmente enormes cantidades de residuos plásticos, los cuales no son aprovechados de ninguna de las maneras existentes —reducción, reutilización y reciclaje—. El vertedero supone el fin de vida de estos materiales, una deficiencia teniendo en cuenta todo el partido que se les podría sacar, y el enorme ahorro económico en cuanto a inversiones de polímeros que se podrían evitar. Debido a que este sistema es una realidad en Occidente, se quiso presentar un modelo en el país jemer, con el fin de generar un beneficio a todo el conjunto camboyano.

La propuesta ya ha sido formulada. Se ha explicado minuciosamente qué *camino* habría que seguir para hacer efectivo el proyecto, analizando la opción más conservadora —el PET, uno de los polímeros más demandados—. Ahora toca tratar la validez de la planta. ¿Generaría beneficios, o, por el contrario, sería un proyecto inabordable económicamente?

8.1. BENEFICIO PÚBLICO Y SOCIAL.

Para dar respuesta a la pregunta recién formulada, tenemos que saber qué beneficio se espera, para así poder dar una estimación de cómo va a ser nuestra tendencia empresarial.

Nuestra planta va a conllevar dos beneficios fundamentales. En primer lugar, el beneficio medioambiental. La introducción de este trabajo justificaba el abordar el mismo haciendo referencia al *Acuerdo de París* y a los *Objetivos de Desarrollo Sostenible*, documentos que versan —entre otros temas— sobre cómo enfrentarse a la problemática ecológica que vive la sociedad actual. Durante todo el trabajo se ha expuesto cuál es el escenario que hay en Camboya a día de hoy. Son numerosas las citas que se han hecho basándose en artículos periodísticos, recogiendo testimonios del desastre residual que vive la población jemer, de la falta de organización y gestión, y sobre todo, de las condiciones sanitarias en las que viven muchos ciudadanos.

Apostar por una planta de reciclaje de plásticos es apostar por un Phnom Penh más limpio, donde los malos olores de las calles colindantes al centro turístico desaparezcan. También es reducir considerablemente las emisiones atmosféricas por parte de los residuos en descomposición ubicados en los vertederos.

El segundo beneficio que se obtiene de la planta de reciclaje de plásticos es el beneficio que busca toda actividad empresarial: el económico.

La concepción que se le ha dado a la planta de reciclaje es la de conseguir material pelletizado, material vendible a empresas externas dedicadas a la manufactura de diferentes productos a partir de plásticos. La venta de pellet va a ser el sustento fundamental de nuestra empresa, y en base a ella se va a justificar toda nuestra contabilidad empresarial. Esta propuesta cumple con el aspecto ecológico, a diferencia de la propuesta citada en el *Tema 5*, y ahora es preciso conocer si también va a derivar en ganancias.

8.2. FINANZAS Y GESTIÓN CONTABLE.

Las finanzas son «la parte de la economía que se encarga de la gestión y optimización de los flujos de dinero relacionados con las inversiones, financiación y los demás cobros y pagos», y logra todo ese *gobierno* por medio de la contabilidad, que «es una parte de la economía que se encarga de obtener información financiera interna y externa sobre las empresas para poder permitir su control y la adecuada toma de decisiones»¹²⁷.

Su fin no es posible si no se tienen en cuenta las entradas y salidas, el inventario, los créditos, la inversión y otros muchos factores. Vamos a enunciar punto por punto todos estos datos con el fin de obtener una cuenta de resultados en la que se pueda apreciar el beneficio neto que se conseguiría después de cada ejercicio.

8.2.1. INVERSIÓN.

La inversión que se explicó en el capítulo anterior. Recoge todo el capital necesario para la implementación del presente proyecto. Es el capital inicial. Sin embargo, el accionista —o accionistas— puede no disponer de todo el dinero destinado a la inversión. De ser así, el segundo *actor* que entra en juego es el crédito, el cual se explicará en el siguiente punto.

La *Tabla 21* recoge los valores de la inversión.

Tabla 21 Inversión inicial.

INVERSIÓN INICIAL	
CONCEPTO	INVERSIÓN
MAQUINARIA	1.190.000,00 €
CAMIONES	26.520.000,00 €
TERRENO	8.056.000,00 €
OTROS GASTOS	6.000.000,00 €
TOTAL	41.766.000,00 €

8.2.2. CRÉDITO.

Nuestra inversión inicial es de más de 40 millones de euros. Los accionistas pueden no tener esa cantidad disponible y pedir un crédito bancario para conseguirla. Una vez solicitado un crédito, el banco pone a disposición una cantidad de dinero, la cual se tendrá que ir devolviendo en un plazo de tiempo y a unos intereses pactados.

Conocer cómo se rigen los bancos camboyanos suponía llevar a cabo un meticuloso estudio, deteniéndose a explicar todas las casuísticas que presenta el sistema jemer. Como Phnom Penh está suscrita a una enorme diversidad internacional en todos los campos posibles, se supone que el préstamo necesario se consigue con una entidad financiera internacional equivalente a los bancos que hay en España. De hecho, España presenta una política muy interesante en lo que a créditos se refiere, pues existen los *créditos del Fondo de Ayuda al Desarrollo (FAD)*. Este tipo de crédito presenta ayudas financieras para proyectos a implantarse

¹²⁷ Amat, O. (2012).

en países en vías de desarrollo, buscando —además de la ayuda económica— crear vínculos en política exterior. Camboya cumple con el requisito principal, por lo que podría ser un perfecto beneficiario de la ayuda.

El modelo de financiación que se propone está en un 80% por el crédito bancario, siendo el 20% restante aportado por nuestro capital.

Tabla 22 División préstamo bancario.

TOTAL INVERSIÓN	41.766.000,00 €	CAPITAL PROPIO 20%	8.353.200,00 €
		CRÉDITO 80%	33.412.800,00 €

Este es un proyecto que podría subscribirse a los créditos *FAD*, que además busca cuidar el medioambiente y contribuir al desarrollo sostenible. Todo ello permite hacer la suposición que, a la hora de pedir el crédito, los intereses que nos darían serían de —por ejemplo— un 6% fijo a devolver en 12 años. Ésta va a ser nuestra suposición, y en ella basaremos todos nuestros cálculos.

8.2.3. INGRESOS.

Este apartado recoge todos los ingresos de capital que nuestra empresa tiene. No es el beneficio, pues éste se calcula en base a las entradas, salidas, amortizaciones e intereses.

Fundamentalmente vamos a tener dos llegadas de capital: por tasas de basura y por venta de pellet reciclado. Todo servicio de recogida de residuos —independientemente de la ciudad que sea— recibe un pago por tasas de basura, una aportación por parte del ciudadano que ayuda a hacer frente a los costes del servicio. En 2014 la tasa anual de basura en Madrid capital rondaba los 48 euros de media¹²⁸. *CINTRI*, por su parte en Phnom Penh, cobra una mensualidad media entre 0,8 y 1 dólar americano —recordemos que la tasa de basuras va incluida en el recibo de la luz de *EDC*. Si no se efectúa éste se corta la luz del ciudadano—. Para nuestra propuesta, se tomará el valor de 0,8 dólares¹²⁹ de importe mensual en la tasa de recogida. El cálculo se hará en base a toda la población que tiene la capital, aunque es un hecho verídico que no todos los ciudadanos podrán afrontar el pago de la tasa de basuras. El director de *CINTRI* en 2014 aseguraba que un 20% de la población de Phnom Penh no pagaba regularmente la tasa de basura por falta de ingresos¹³⁰. Se considera que ese porcentaje puede no albergar a toda la población que no se encuentra en situación de efectuar los pagos, por lo que se elevará esa cifra al 30% de ciudadanos. Este porcentaje se tendrá en consideración en nuestro cálculo:

$$POBLACIÓN_{CONTRIBUIR} = 2,2 \cdot 10^6 [\text{habit.}] - 2,2 \cdot 10^6 [\text{habit.}] \cdot 0,3 = 1.540.000 \text{ habit.}$$

$$TASA \text{ BASURA ANUAL} = 1,54 \cdot 10^6 [\text{habit.}] \cdot 0,8\text{€} \cdot 12 = 14.784.000,00\text{€}$$

¹²⁸ Gallo, B. (2015). *Madrid recupera la tasa de basuras para inmuebles no residenciales y de gran valor catastral*. [online] EL PAÍS. Available at: https://elpais.com/ccaa/2015/10/19/madrid/1445254339_456647.html [Accessed 2 Jun. 2018].

¹²⁹ Todos los cálculos se harán en base a la moneda euro, muy similar al poder adquisitivo del dólar.

¹³⁰ Kimsay, H. (2014). *CINTRI boss looks to future*. [online] Phnom Penh Post. Available at: <https://www.phnompenhpost.com/business/cintri-boss-looks-future> [Accessed 8 May 2018].

El material reciclado es el producto que nuestra empresa vende. Toda la actividad industrial tiene como objetivo alcanzar el polímero reciclado, por lo que las ventas serán nuestra principal fuente de ingresos y sustento primordial de nuestra actividad —recordemos que todo este estudio se focaliza íntegra y exclusivamente en el PET—.

Para calcular cuántos ingresos se obtendrían por las ventas de material reciclado, se ha llevado a cabo el siguiente cálculo.

Phnom Penh produce anualmente una media de 474.500 toneladas —suponemos unas 1.300 toneladas diarias debido al crecimiento de la población respecto al informe obtenido de 2013 el cual registra una producción residual de 1.200 toneladas—. En la *Figura 2* se observa cómo se distribuye la composición de los residuos, teniendo un 10% correspondiente a residuos de origen plástico. Camboya es un país que el plástico se emplea en todo. Por ejemplo, los vasos que usaríamos en cualquier ciudad occidental para beber un refresco por la calle, allí se toma en una doble bolsa de plástico, en la que se colocan los hielos y se echa la bebida, y mediante una pajita —de plástico, claro está— se disfruta. Con este ejemplo se pretende mostrar la dependencia que la sociedad camboyana tiene para con el plástico, y establecer que la composición de los residuos de Camboya presenta más de un 10% de residuos plásticos. Nuestro escenario contempla una composición media del 14%, por lo que ese será el valor que se tenga en consideración. De esta manera, el total de residuos plásticos que se podrían reciclar y vender serían:

$$MASA PLÁSTICOS ANUAL = 474.500 [ton] \cdot 0,14 [plásticos] = 66.430 \text{ ton de plástico}$$

Toda esa masa de plásticos se podría aprovechar en la producción de material reciclado. Ahora sólo habría que saber por cuánto venderla.

La empresa química *ICIS* registra muy diversa documentación sobre qué precios presenta el material reciclado. En sus informes se muestra cómo ha ido subiendo el precio del RPET en el paso de los últimos años, alcanzando un valor medio de más de 600 €/ton —*Figura 32*—.

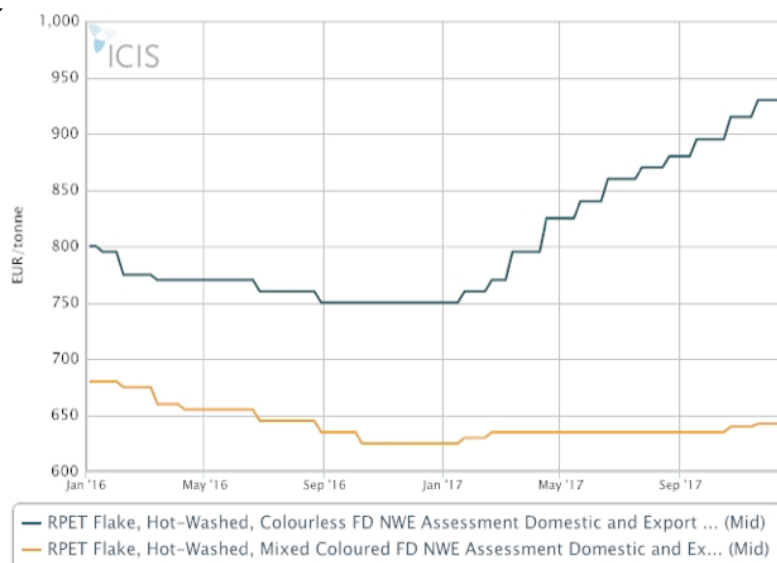


Figura 32 Gráfico de la variación de precio del RPET.¹³¹

Este aumento genera un dilema ético y moral. El RPET busca ayudar al medioambiente. Su producción tiene como fin que las empresas dejen de comprar y producir PET virgen y apuesten por este material reciclado, el cual presenta las mismas propiedades. Además, claro está, la producción de RPET busca un beneficio para la empresa productora, pero si el precio de éste es mucho más elevado que el del PET, nadie va a apostar por este material *ecofriendly*. Hay que incentivar al resto de industrias para que compren RPET. Está bien que el material respete y cuide el entorno, pero en caso de tener un precio mucho más elevado que el PET, la alternativa será el barato y el menos ecológico.

ICIS registra unos precios —como ya se ha mencionado— muy elevados. Sinceramente, creer que alguien va a pagar una suma tan elevada cuando el PET virgen cuesta menos de una tercera parte es ser muy incrédulo.

ECOEMBES, un gigante en el sector del reciclaje de los plásticos, también dispone de información detallada sobre los precios de polímeros reciclados. Este importe por tonelada presenta una realidad más asumible. Pagar 76,3 €/ton —Tabla 23— permite hacer la suposición de que el RPET se vendería. Los compradores estarían dispuestos a pagar esta cantidad, que supone casi un 80% menos que el precio que la empresa ICIS nos daba.

Tabla 23 Precios de referencia del RPET según ECOEMBES¹³².

AÑO 2018	PRECIOS €/Kg
ENERO	0,0751
FEBRERO	0,0759
MARZO	0,0763
ABRIL	
MAYO	
JUNIO	
JULIO	
AGOSTO	
SEPTIEMBRE	
OCTUBRE	
NOVIEMBRE	
DICIEMBRE	

Las llegadas de capital que la venta de pellet reciclado aportaría a la empresa las podemos calcular fácilmente:

$$VENTAS = 66.430 [ton] \cdot 76,3 \left[\frac{\text{€}}{\text{ton}} \right] = 5.068.609,00 \text{ €}$$

¹³¹ ICIS. (2017). *Europe R-PET, the market that lost its bottle*. [online] Available at: <https://www.icis.com/resources/news/2017/12/28/10178216/outlook-18-europe-r-pet-the-market-that-lost-its-bottle/> [Accessed 2 Jun. 2018].

¹³² ECOEMBES. (2018). *Precios de referencia R-PET en el Mercado*. [online] Available at: <https://www.ecoembes.com/sites/default/files/precios-de-referencia-plasticos-actualizacion-abril-2018.pdf> [Accessed 3 Jun. 2018].

La *Tabla 24* recoge un resumen de todas las entradas.

Tabla 24 Ingresos.

INGRESOS	
TASA BASURA	(2,2M-0,3%*2,2 habit) x 0,8€/mes x 12 14.784.000,00 €
VENTAS	474500 ton anual
	Plásticos 14% a 76,3€/ton 5.068.609,00 €
TOTAL	19.852.609,00 €

8.2.4. COSTES Y GASTOS.

Es muy importante diferenciar entre costes y gastos. Oriol Amat, catedrático en la universidad Pompeu Fabra, define coste como «el valor de lo que se consume para llevar a cabo una actividad económica y producir algo», y gasto como el resultado «de los esfuerzos que hacen las empresas por conseguir ingresos»¹³³.

En base a estas definiciones, nuestra planta presentará unos costes de producción debido a la luz, agua, electricidad, gasolina..., y unos gastos de personal o de materias primas — si las hubiere—.

La *Tabla 25* recoge todas las salidas —que engloban a los costes y gastos—.

Tabla 25 Gastos.

GASTOS	
GASTOS SALARIALES	1.460.609,18 €
COSTES DE PRODUCCIÓN	8.500.000,00 €
TOTAL	9.960.609,18 €

Es preciso destacar que el campo *costes de producción* reúne todos los costes que se mencionaron anteriormente además de posibles imprevistos, seguros para mi negocio y un colchón por si acaso.

8.2.5. AMORTIZACIÓN E IMPUESTOS.

¹³³ Amat, O. (2012).

Toda nuestra inversión —a excepción del terreno que se va a suponer que no se amortiza. Con el paso del tiempo se revalorizaría, por lo que no se va a tener en cuenta en los gastos de amortización— va a suponer un gasto de amortización para cada ejercicio. El porcentaje máximo de amortización y la vida útil máxima presenta cada inversión se ha calculado en base a la “*Tabla de amortizaciones*” de la Agencia Tributaria Española¹³⁴. En la *Tabla 26* se muestran todas estas cifras, así como la vida útil que se le ha querido dar a cada concepto. Es importante destacar que del conjunto *otros gastos* —*Tabla 21* de inversiones— sólo se consideran amortizables 3.000.000 €.

Los *otros gastos amortizables* son los que, por ejemplo, englobarían a los ordenadores, mobiliario, herramientas... El coeficiente de amortización para este concepto se ha supuesto del 5%, intentado así englobar a todos los diferentes artículos que pudieran estar incluidos en él.

Tabla 26 Amortizaciones.

AMORTIZACIÓN				
CONCEPTO	INVERSIÓN	% MÁX	AÑO MÁX VIDA RESIUDAL	AÑO ELEGIDO DE VIDA RESIUDAL
MAQUINARIA	1.190.000,00 €	12,00%	18	10
CAMIONES	26.520.000,00 €	10,00%	20	10
OTROS GASTOS	3.000.000,00 €	5,00%	8	8

El impuesto que se va a tener en cuenta en nuestra cuenta de resultados es únicamente el de sociedades, que para Camboya presenta un valor del 20% para empresas con ganancias de más de 1 millón de dólares¹³⁵.

8.2.6. RESUMEN FINANCIERO.

Como ya se conocen todos los factores que van a intervenir en nuestra cuenta de resultados, en la *Tabla 27* se adjunta la tabla que recoge todos los cálculos necesarios para conocer el beneficio de nuestra actividad económica.

Así mismo, la *Tabla 28* recoge la proyección de los beneficios que se tendrían para los primeros cinco años de actividad económica.

¹³⁴ Agencia Tributaria. (2018). *Tabla de coeficientes de amortización lineal*. [online] Available at: https://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/_Segmentos_/Empresas_y_profesionales/Empresas/Impuesto_sobre_Sociedades/Periodos_impositivos_a_partir_de_1_1_2015/Base_imponible/Amortizacion/Tabla_de_coeficientes_de_amortizacion_lineal_.shtml [Accessed 11 May 2018].

¹³⁵ PWC. (2018). *Cambodia taxes and corporate income*. [online] Available at: <http://taxsummaries.pwc.com/ID/Cambodia-Corporate-Taxes-on-corporate-income> [Accessed 2 Jun. 2018].

Tabla 27 Cuenta de resultados.

CUENTA DE RESULTADOS			
INGRESOS	TASA BASURAS	14.784.000,00 €	2,2M(1-30%)x0,8€/mesx12meses
	VENTAS	5.068.609,00 €	475500 ton/año x (1-14%) x 76,3€/ton
GASTOS	GASTOS SALARIALES	-1.460.609,18 €	
	COSTES DE PRODUCCIÓN	-8.500.000,00 €	
RESULTADO BRUTO DE EXPLOTACIÓN: EBITDA		9.891.999,82 €	
AMORTIZACIÓN	AMORTIZACIÓN MAQUINARIA	-119.000,00 €	Inversión Maquinaria/Vida útil
	AMORTIZACIÓN CAMIONES	-2.652.000,00 €	Inversión Camión/Vida útil
	AMORTIZACIÓN OTROS GASTOS¹³⁶	-375.000,00 €	Inversión Otros Gastos/Vida útil
RESULTADO NETO DE EXPLOTACIÓN: BAIT		6.745.999,82 €	
INTERESES	GASTOS FINANCIEROS	-4.789.168,00 €	CRÉDITO·6%+CRÉDITO/12
BENEFICIO ANTES DE IMPUESTOS: BAT		1.956.831,82 €	
IMPUESTOS	IMPUESTOS DE SOCIEDAD	-391.366,36 €	BAT·(1-20%)
BENEFICIO NETO: BN		1.565.465,46 €	

¹³⁶ Recordemos que *otros gastos* solamente tenía en cuenta como amortizables 3 millones de euros del total de la inversión, que era de 8,5 millones de euros —véase tabla 21—.

Tabla 28 Cuenta de resultados con proyección a 5 años.

CUENTA DE RESULTADOS						
CONCEPTO		AÑO 1	AÑO2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS	TASA BASURAS	14.784.000,00 €	14.784.000,00 €	14.784.000,00 €	14.784.000,00 €	14.784.000,00 €
	VENTAS	5.068.609,00 €	5.068.609,00 €	5.068.609,00 €	5.068.609,00 €	5.068.609,00 €
GASTOS	GASTOS SALARIALES	-1.460.609,18 €	-1.460.609,18 €	-1.460.609,18 €	-1.460.609,18 €	-1.460.609,18 €
	COSTES DE PRODUCCIÓN	-8.500.000,00 €	-8.500.000,00 €	-8.500.000,00 €	-8.500.000,00 €	-8.500.000,00 €
RESULTADO BRUTO DE EXPLOTACIÓN: EBITDA		9.891.999,82 €	9.891.999,82 €	9.891.999,82 €	9.891.999,82 €	9.891.999,82 €
AMORTIZACIÓN	AMORTIZACIÓN MAQUINARIA	-119.000,00 €	-119.000,00 €	-119.000,00 €	-119.000,00 €	-119.000,00 €
	AMORTIZACIÓN CAMIONES	-2.652.000,00 €	-2.652.000,00 €	-2.652.000,00 €	-2.652.000,00 €	-2.652.000,00 €
	AMORTIZACIÓN OTROS GASTOS	-375.000,00 €	-375.000,00 €	-375.000,00 €	-375.000,00 €	-375.000,00 €
RESULTADO NETO DE EXPLOTACIÓN: BAIT		6.745.999,82 €	6.745.999,82 €	6.745.999,82 €	6.745.999,82 €	6.745.999,82 €
INTERESES	GASTOS FINANCIEROS	-4.789.168,00 €	-4.557.134,67 €	-4.325.101,33 €	-4.093.068,00 €	-3.861.034,67 €
BENEFICIO ANTES DE IMPUESTOS: BAT		1.956.831,82 €	2.188.865,15 €	2.420.898,49 €	2.652.931,82 €	2.884.965,15 €
IMPUESTOS	IMPUESTOS DE SOCIEDAD	-391.366,36 €	-437.773,03 €	-484.179,70 €	-530.586,36 €	-576.993,03 €
BENEFICIO NETO: BN		1.565.465,46 €	1.751.092,12 €	1.936.718,79 €	2.122.345,46 €	2.307.972,12 €

9. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO.

La sociedad en la que vivimos avanza a una velocidad de crucero que jamás se pensó. El desarrollo es continuo, las mejoras —en todos los aspectos— son diarias. La calidad de vida ha mejorado notablemente. También la esperanza de vida. Hace medio siglo, llegar a los ochenta años de edad no estaba asegurado. A día de hoy es un hecho que se cumple en la mayoría de los casos.

Todo este enorme progreso ha conllevado cambios en nuestra sociedad. El todopoderoso Occidente es quizás el mayor productor y beneficiario de progreso. Da igual si es relacionado con la tecnología, medicina, alimentación..., Occidente marca qué camino se va a seguir. El resto de países se dejan llevar por él. Sin embargo, a veces, este gigante es a quien le cuesta predicar con el ejemplo. Su situación de *líder* le permite permanecer acomodado en su estatus de *jefe* y no preocuparse tanto por lo que sucede a su alrededor, pues es un hecho real que él sólo se preocupa por lo que le interesa y cuando quiere.

Las últimas décadas han supuesto —como ya se ha dicho— un enorme avance para la humanidad. Los temores del pasado han sido, muchos de ellos erradicados. No obstante, nuevas problemáticas y retos han acaecido como fruto de estos avances. Por ejemplo, a finales del siglo XIX, la sociedad europea vivía la invención del automóvil. Éste fue en pocos años sustituyendo a los coches de caballo, especialmente en las grandes ciudades. Este avance dio lugar a nuevos retos para la ciudadanía. En los años treinta el automóvil ya era una realidad consolidada en la mayoría de países desarrollados. Su inclusión en la vida de los ciudadanos supuso cambios en el tráfico, en el pavimento de las calles o incluso en la necesidad de tener a disposición carburante con el que poder hacer funcionar los vehículos. La sociedad se fue amoldando a las necesidades que le surgían a raíz del uso de este avance, e hizo frente a los desafíos que surgieron.

Del mismo modo, durante la década de los cincuenta, la población mundial quedaba impresionada con cómo se empezó a explotar el petróleo para producir, además del combustible para vehículos, nuevos productos derivados de él como los plásticos. En pocos años, su implementación abordaba prácticamente todos los campos de la industria. El consumo se intensificó en años, y con la llegada del siglo XX empezaron a salir a la luz estadísticas que alertaban de la situación de déficit que se podía llegar a dar —pese a que éstas ya eran más que conocidas—. El petróleo, combustible fósil, es finito, y desde hace más de medio siglo se está explotando sin ton ni son. Toda esta explotación empieza a pasar factura. No sólo porque se esté agotando, sino porque su uso como combustible —ya sea en transporte, producción energética...—supone enormes emisiones a la atmósfera.

En la actualidad, los países más desarrollados se han vuelto más cuidadosos con sus emisiones. Grandes potencias como China o EE.UU. han reducido notablemente sus emisiones a la atmósfera en los últimos años.

Pero, dentro de toda la problemática con la que tiene que lidiar la sociedad de hoy en día, nos encontramos con una materia hasta ahora no muy tenida en cuenta: la producción de residuos. Cada vez se producen más residuos, pues la sociedad de consumo en la que vivimos no imagina una vida sin ellos. Las políticas de las 3Rs, las cuales conciben un desarrollo más sostenible, están más que asentadas en los países desarrollados. Por contraposición, los países en vías de desarrollo no apuestan por estas medidas, no las ven beneficiosas.

Camboya es un país en desarrollo que presenta una tasa de producción de residuos enorme. El presente trabajo fijaba —en el inicio del mismo— la necesidad de dar una salida a todos los residuos producidos por la sociedad camboyana, con el fin de alcanzar un beneficio económico, medioambiental y social. Dentro de este aprovechamiento de residuos, se eligieron

los plásticos, y dicha elección se argumentó en base a las múltiples salidas que estos materiales presentan, y sobre todo al enorme consumo que la población camboyana demanda anualmente.

Recuérdese que fueron dos las propuestas que se hicieron a lo largo de este estudio.

El aprovechamiento energético fue la primera sugerencia que se planteó. El objetivo era intentar aprovechar todo el tonelaje de plásticos como combustible para distintas centrales energéticas. Se buscaba un uso de los plásticos similar al de la biomasa. Para conocer si se podía implementar, se analizaron la situación energética camboyana y la disposición y número de plantas del país. Seguidamente se estudió qué productos derivarían de la combustión de plásticos, es decir, polímeros. Este factor fue el que derribó la propuesta. Si bien aprovechar los plásticos como combustible permitía eliminar residuos de las calles y vertederos del país, no cumplía con las condiciones establecidas, pues no suponía un beneficio social ni medioambiental —los residuos desaparecerían, sí, pero los productos derivados de su combustión daban lugar a enormes compuestos nocivos para la salud y el medio ambiente—, ni tampoco económico —la inversión que necesaria para reducir la cantidad de emisiones era muy grande, pero además, el beneficio energético que se conseguía no era muy elevado—. Todos estos factores, liderados por el social y medioambiental, fueron los que echaron por tierra la propuesta energética.

La segunda propuesta que se sugirió se refería a la implementación de una planta de reciclaje de plásticos en la capital de Camboya, Phnom Penh, capaz de llevar a cabo un proceso de recolecta y separación de residuos, quedándose exclusivamente con los plásticos, para después clasificarlos según su composición polimérica y, mediante un proceso de reciclaje, conseguir pellets que se pudiesen vender.

A priori, esta propuesta parecía cumplir con todos los condicionantes establecidos.

Implementar una planta de reciclaje suponía llevar a ésta todos los residuos producidos en la ciudad, permitiendo así *limpiar* las calles de Phnom Penh de residuos beneficiando tanto al medio ambiente como a la sociedad. La concepción que se dio fue la de hacer responsable a dicha planta de la recogida y separación primaria —separación que únicamente buscarse conseguir plásticos—, adquiriendo así un papel gestor equivalente al que en Europa ofrece cualquier ayuntamiento, y al de su actual homólogo *CINTRI* en Phnom Penh.

El estudio de la viabilidad de dicha planta de reciclajes se hizo extrapolando cómo se lleva a cabo la recogida, separación y reciclaje de plásticos en Occidente. Para ello se analizó cómo funciona el Parque Tecnológico de Valdemingómez que presenta la capital de España, Madrid, permitiendo así adaptar sus mismas políticas en el país jemer.

Para el proceso de reciclaje y producción de pellets, se usó como ejemplo la multinacional americana *MBA Polymers*, y se trasladó su método de actuación a Camboya, acomodándolo a las circunstancias en las que vive el país.

La concepción de esta planta satisface pues las principales exigencias que se han buscado durante todo el proyecto.

En lo que al medioambiente se refiere, acaba con toda la basura que deambula por las calles de Phnom Penh. Además, permite dar una salida a todos los residuos acumulados en vertederos. Es cierto que tal como se ha formulado la propuesta, una vez separados los plásticos del resto de residuos, éstos podrían ir a parar a un vertedero, pero también se contempla el escenario en que los residuos no plásticos sean vendidos a otras industrias recicladoras.

Los beneficios sociales van ligados tanto con las mejoras medioambientales como económicas. La población de Phnom Penh vería mucho más limpia su ciudad. De igual modo, el establecimiento de la planta de reciclaje conllevaría la necesidad de nuevos puestos de trabajo que permitirían a la población circundante a la planta —gente de uno de los *khans* más pobres de Phnom Penh, Sen Sok—encontrar un trabajo digno, con igual o mejor reputación que la que tiene actualmente los trabajadores de *CINTRI*.

El último de los condicionantes que se exigen para aceptar o no la propuesta es que se alcance una rentabilidad económica.

A lo largo del *capítulo 8* se ha llevado a cabo el estudio económico y financiero capaz de establecer si habría o no un beneficio para la empresa responsable de la inversión. Los bajos costes de mano de obra son, a día de hoy, uno de los puntos que más jugarían a nuestro favor. Es cierto que hay ciertos valores de maquinaria que no se ajustan al cien por cien de la realidad, pero en cualquier caso nos aproximan a un escenario bastante factible.

En la *Figura 33* se proyecta el ejercicio económico a cinco años. En dicha gráfica, se puede ver cómo el proyecto generaría beneficios.

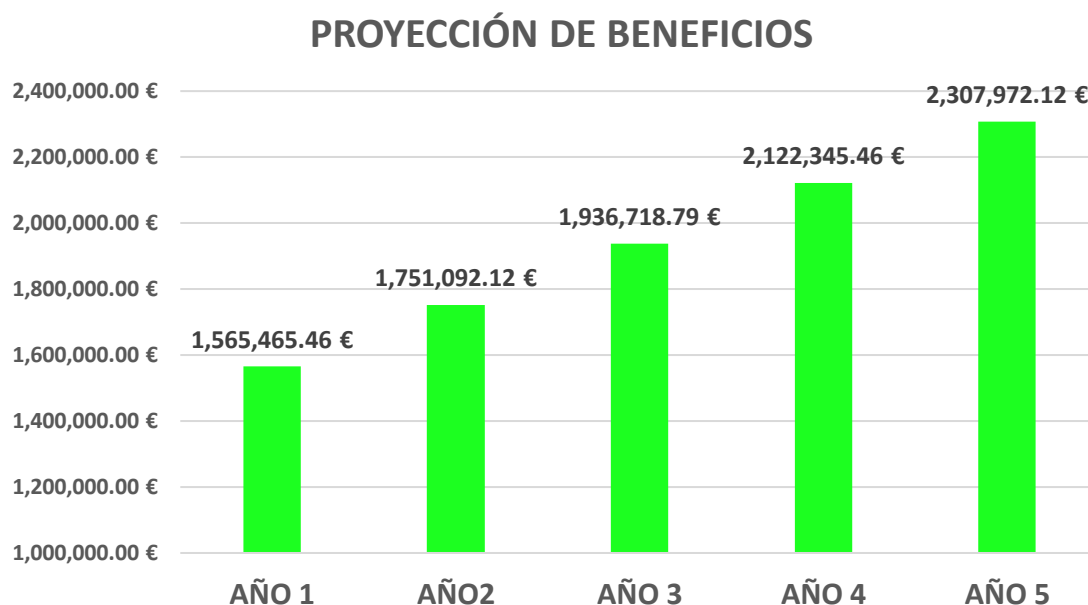


Figura 33 Proyección a cinco años de beneficios.

Es un hecho verídico que esta propuesta cumpliría con los requisitos establecidos al comienzo del presente estudio, pero los datos resultantes nos permiten afirmar que el proyecto sería viable y factible. La rentabilidad de la inversión, cociente entre la inversión total y el beneficio neto al primer año, presenta un índice del 3%. A los cinco años es del 5%. Si calculamos el índice de rentabilidad para el capital puesto por el propio empresario —el que no corresponde al crédito—, nos da un valor del 18,74% para el primer año. Más que fiable.

Los números pueden variar. Puede llegar a darse una fluctuación en los salarios, costes de producción, gasolina, maquinaria..., pero, en cualquier caso, contextualizándolo para con Camboya, se puede afirmar que establecer una planta de reciclaje de plásticos supondría un beneficio económico para el inversor, y un beneficio social y medioambiental para toda la sociedad. Es raro conseguir que un proyecto genere beneficios al año de que éste sea

implementado. Quizás este dato es el que más sorprende del estudio económico. Sin embargo, hay que tener en cuenta el abaratamiento de mano de obra que los países en vías de desarrollo presentan, así como el de la compraventa de terrenos, motivo suficiente para que numerosas empresas decidan apostar por estas localizaciones. Ya se dijo que los datos que podían mostrar una mayor inexactitud eran los referentes a la maquinaria, pero aun así aunque los aumentáramos a, por ejemplo, 8 millones de euros, la amortización supondría un incremento de gastos en nuestra cuenta de resultados que de igual manera seguiría generándonos beneficios. Se puede ver esa proyección en la *Figura 34*.

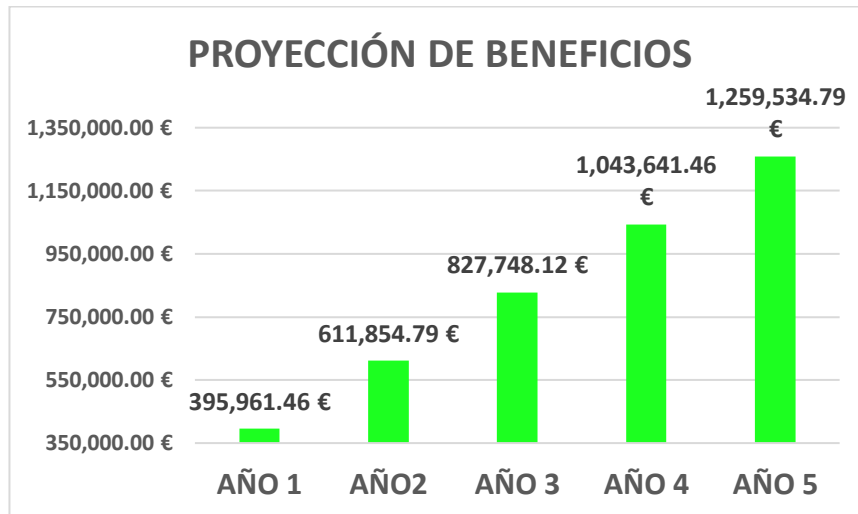


Figura 34 Proyección a 5 años suponiendo una inversión de 8 millones de euros en maquinaria.

Se propone una empresa conceptualmente nueva. Una empresa joven dispuesta hacer todo aquello que *CINTRI* no ha hecho —ni hace— en Phnom Penh, y de hacerlo de forma eficaz y legal, siendo transparente y consecuente con sus objetivos.

Se visualizó una posible oferta de negocio y mejora social y medioambiental. Se estudió y se analizó, y por último se propuso un plan de actuación para llevar el proyecto a cabo.

Queda por tanto ratificada la viabilidad del proyecto acerca del *“Estudio y viabilidad de una planta de reciclaje de plásticos en Camboya”*.

Como reza un antiguo proverbio jemer:

“El tallo de arroz joven e inmaduro permanece recto, el maduro se tuerce”

BIBLIOGRAFÍA MÁS DESTACADA.

INFORMES:

The World Bank (2012). What a Waste: a Global Review of Solid Waste Management. Urban Development Series. [online] Washington: World Bank, pp.8-13. Available at: https://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf [Accessed 20 Feb. 2018].

The Asia Foundation (2016). Reforming Solid Waste Management in Phnom Penh. [online] Australian Aid. Available at: <https://asiafoundation.org/wp-content/uploads/2016/06/Working-Politically-and-Flexibly-to-Reform-Solid-Waste-Management-in-Phnom-Penh.pdf> [Accessed 20 Jan. 2018].

MME (2016). Cambodia National Energy Statistics 2016. [online] Phnom Penh. Available at: http://www.eria.org/RPR_FY2015_08.pdf [Accessed 3 Apr. 2018].

Ayuntamiento de Madrid (2018). Memoria de actividades de la dirección general del Parque Técnico de Valdemingómez. [online] Available at: http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Valdemingomez/Publicaciones/Memoria_PTV_2016.pdf [Accessed 3 Apr. 2018].

Sánchez Galindo, M. (2017). La situación política y la aplicación del estado de derecho en Camboya. Del uso del imperio de la ley como herramienta autoritaria. Colegio Universitario de Estudios Financieros. Madrid.

Quintero Díaz, L. (n.d.). Diseño de una planta de reciclado de tereftalato de poliestireno (PET). [online] Valencia: Universidad Politécnica Valencia. Available at: <https://riUnet.upv.es/bitstream/handle/10251/59710/QUINTERO%20-%20Diseño%20de%20una%20planta%20de%20reciclado%20de%20Tereftalato%20de%20polietileno%20%28PET%29%2C%20con%20una%20producc....pdf?sequence=1> [Accessed 19 Dec. 2017].

Ayuntamiento de Madrid. (2013). Memoria de actividades de los servicios de la dirección general de zonas verdes, limpieza y residuos. [online] Available at: <http://www.madrid.es/UnidadWeb/Contenidos/Publicaciones/TemaMedioAmbiente/Memoria2013/Ficheros/02RecogidaResiduosUrb.pdf> [Accessed 7 May 2018].

ARTICULOS:

Colin Mayn and Mech Dara (2017). Phnom Penh, 'a city of garbage'. [online] Available at: <http://sea-globe.com/CINTRI-phnom-penh/> [Accessed 18 Jan. 2018].

Hazel Sheffield (2016). Sweden recycling is so revolutionary, the country has run out of rubbish. [online] Available at: <http://www.independent.co.uk/environment/sweden-s-recycling-is-so-revolutionary-the-country-has-run-out-of-rubbish-a7462976.html> [Accessed 9 Feb. 2018].

Vilhelm Carlström (2016). Foreign media reports Sweden has run out of garbage and is forced to import —here's what's really going on. [online] Available at: <http://nordic.businessinsider.com/foreign-media-reports-sweden-has-run-out-of-garbage-and-is-forced-to-import---heres-whats-really-going-on-2016-12/> [Accessed 3 Feb. 2018].

Ellis-Petersen, H. (2018). 'Mountains and mountains of plastic': life on Cambodia's polluted coast. The Guardian. [online] Available at: <https://www.theguardian.com/world/2018/apr/25/mountains-and-mountains-of-plastic-life-on-cambodias-polluted-coast> [Accessed 24 Apr. 2018].

LIBROS:

Orozco Barrenetxa, C., Pérez Serrano, A., González Delgado, M., Rodríguez Vidal, F. and Alfayate Blanco, J. (2003). Contaminación Ambiental. Una visión desde la química. 1st ed. Madrid: Thompson, pp.492-495.

Amat, O. (2012). *Contabilidad y finanzas para dummies*. Barcelona: Centro Libros PAPF.

Hor, P., Kong, P. y Menzel, J. (2016) *Cambodian Constitutional Law*. Phnom Penh: Konrad-Adenauer Stiftung.

Strangio, S. (2014) *Hun Sen's Cambodia*. New Haven: Yale University Press.

PÁGINAS WEB:

Open Development Cambodia. (2015). Hydropower Dams. [online] Available at: <https://opendevelopmentcambodia.net/topics/hydropower-dams/> [Accessed 12 Apr. 2018].

Petcore Europe. (2017). Processing. [online] Available at: <https://www.petcore-europe.org/processing> [Accessed 24 Apr. 2018].

Méndez Prieto, A. (2016). Detrás de la producción del PET. [online] Plastic Technology Mexico. Available at: <https://www.pt-mexico.com/art%C3%ADculos/detras-de-la-produccion-del-pet> [Accessed 8 May 2018].

Maquinaria de reciclaje. Alianza China. (2018). Maquinaria reciclaje PET. [online] Available at: <http://www.maquinariadereciclaje.com/index.php/catalogo-de-maquinas/26-reciclar-pet> [Accessed 15 May 2018].

VIDEOS:

Ted. (2011). We can recycle plastic. [online] Available at: https://www.ted.com/talks/mike_biddle#t-536570 [Accessed 27 Dec. 2017].