



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO GESTIÓN DE RESIDUOS EN BAJOS DE HAINA

Autora: Fátima Fernández Lozano
Directoras: M^a del Mar Cledera Castro
Susana Ortíz Marcos

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

Gestión de residuos en Bajos de Haina

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2020/21 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

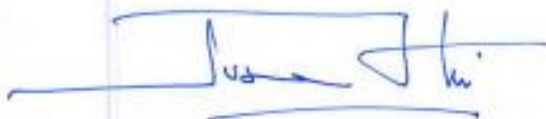
Fdo.: Fátima Fernández Lozano

Fecha: 28 / 06 / 2021



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Susana Ortiz Marcos

Fecha: 28 / 06 / 2021

Fdo.: María de Mar Cledera Castro

Fecha: 28 / 06 / 2021



Firmado digitalmente por María del Mar Cledera Castro
Fecha: 2021.06.28 11:05:41 +02'00'

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D.Fátima Fernández Lozano

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: “Gestión de residuos en Bajos de Haina”, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducir la en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.
- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción

de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 28 de junio de 2021

ACEPTA

Fdo Fátima Fernández Lozano



Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO GESTIÓN DE RESIDUOS EN BAJOS DE HAINA

Autora: Fátima Fernández Lozano
Directoras: M^a del Mar Cledera Castro
Susana Ortíz Marcos

Madrid

GESTIÓN DE RESIDUOS EN BAJOS DE HAINA

Autora: Fernández Lozano, Fátima.

Directoras: Cledera Castro, M^a del Mar.

Ortíz Marcos, Susana.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

En este proyecto se ha analizado la gestión de residuos en Bajos de Haina, la cual tiene graves consecuencias sanitarias y medioambientales. Se ha propuesto una alternativa a través de la implementación de un sistema de reciclaje y compostaje, con el cual se lograría aprovechar el 50% de los residuos y obtener un beneficio económico de los mismos.

Palabras clave: Residuos, Vertedero, PRM (Planta de recuperación de materiales), Reciclaje, Compostaje.

1. Introducción

República Dominicana es un país en vías de desarrollo cuya economía ha experimentado un fuerte crecimiento en la última década, ampliando la clase media del país[1][2]. Sin embargo, gran parte de su población sigue viviendo bajo el umbral de la pobreza y las desigualdades sociales y económicas son evidentes. En este contexto de crecimiento económico, la gestión de residuos supone un problema cada vez mayor, ya que la generación aumenta exponencialmente mientras que el país no está preparado económica ni legalmente para afrontarlo. Actualmente, República Dominicana produce 16.000 toneladas de desechos sólidos al día (Johnny Jones, Secretario General de la Liga Municipal Dominicana), lo cual equivale a un kilo de basura diaria por persona. Este nivel de producción es equiparable al de naciones desarrolladas, mientras que la gestión de residuos continúa siendo insuficiente.

Bajos de Haina es un municipio situado en la provincia de San Cristóbal, actualmente la más contaminada de República Dominicana, y se trata de un claro ejemplo de la problemática que supone la gestión de residuos sólidos en República Dominicana. En 2007, Haina fue declarada la tercera ciudad más contaminada del mundo[3], y aunque se han realizado esfuerzos por cambiar esta situación, no han sido suficientes.

A pesar de que, igual que la economía del país, la de Bajos de Haina ha experimentado un crecimiento en los últimos años, la calidad de vida de su población sigue siendo precaria. El desarrollo de la industria en el municipio ha ocasionado un importante crecimiento demográfico, agravando el problema de la gestión de residuos. Actualmente, esta gestión se basa en la disposición de los residuos en el vertedero, sin previa clasificación ni aprovechamiento. La mayoría de los residuos del vertedero son orgánicos y desprenden metano, un gas muy contaminante para las personas y el medio ambiente. Además, es frecuente la práctica de quema de residuos en los vertederos, lo cual tiene implicaciones graves en la salud de la población.

Por otra parte, la falta de concienciación ciudadana acerca de la importancia de llevar a cabo una adecuada gestión de residuos dificulta la mejora en este aspecto. El papel de la población es crucial, ya que con la falta de recursos del municipio es necesaria una mayor implicación por su parte.

Desde la promulgación de la Ley 176-07 del Distrito Nacional y los Municipios en 2007[4], se establecieron competencias del ayuntamiento relacionadas con el medio ambiente y la gestión de los residuos sólidos, entre otras la elaboración de los programas de educación ciudadana para el manejo y tratamiento de los residuos sólidos [...] que se producen en el municipio, para su sometimiento al concejo municipal por alcalde.

La principal institución con responsabilidades sobre la gestión de residuos es el Ministerio de Medio ambiente y Recursos Naturales, el cual se encarga de definir la política de gestión de residuos, regular el sector de gestión de residuos, monitorear y dar seguimiento al cumplimiento del marco regulatorio y emitir permisos ambientales. La política para la gestión integral de residuos sólidos municipales tiene como objetivo incentivar la creación de un Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales basado en el mejoramiento de las condiciones económicas, tecnológicas y ambientales, con inclusión social y económica de los recicladores de base, también conocidos como buzos [7] [8]. Los buzos llevan a cabo la recogida de basura de manera informal, para luego venderla o reutilizarla, en situaciones precarias que amenazan su salud.

Actualmente el gobierno dominicano está intentando mejorar la situación del vertedero de Bajos de Haina mediante la instalación chimeneas y el cierre técnico de algunas de sus zonas. También tienen planes para la instalación de un relleno sanitario en el cual los residuos estén controlados.

2. Definición del Proyecto

A raíz de la situación de Bajos de Haina, a través de este proyecto se buscan los siguientes objetivos:

- Analizar de la gestión de residuos sólidos en Bajos de Haina
- Sensibilizar a la población
- Proponer un plan de mejora de la gestión de residuos.
- Ofrecer trabajo digno a los recicladores de base.

Para el análisis de la gestión de residuos se ha investigado, en primer lugar, la legislación vigente acerca del tema. También se ha recurrido a informes realizados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales sobre la dinámica general de la gestión de residuos en República Dominicana y en concreto de Bajos de Haina. Se ha analizado el sistema de recogida, el volumen de residuos generados, en concreto 156 toneladas diarias, y su composición. Por último, se han estudiado las propuestas del gobierno dominicano de mejorar la gestión de residuos, llegando a la conclusión de que no existe un plan de gestión integral de residuos para Bajos de Haina que contemple el aprovechamiento de los mismos.

Por lo tanto, se propone la instalación de una planta de recuperación de materiales y una planta de compostaje que permitan reducir la cantidad de residuos que acaban en el vertedero, reducir la contaminación, ofrecer un trabajo digno a los recicladores de base y obtener un beneficio económico a través de la venta de los residuos aprovechados y el compost. La PRM se encargará del aprovechamiento de papel, cartón y envases, y contará con un sistema de procesamiento manual que permita contratar a un mayor número de personas. Por otra parte, la planta de compostaje recibirá los residuos orgánicos del municipio y el proceso de compostaje se hará mediante un sistema abierto de pila móvil, el cual consiste en el volteo del material.

En cuanto a la campaña de sensibilización, se trata de un factor fundamental para el proyecto, ya que sin la colaboración de la población no sería posible el reciclaje de los residuos. La campaña se centra, en primer lugar, en los centros educativos, ya que los niños suelen estar más abiertos a este tipo de cambios y podrían incentivar a sus familias. También se propondrán jornadas de sensibilización para adultos. En ambos casos, se llevarán a cabo charlas y talleres de reciclaje. En los centros educativos también se realizarán juegos y jornadas de enseñanza colaborativa con madres y abuelas, quienes suelen hacerse cargo de los niños en casa. Por otra parte, habrá sesiones formativas acerca del trabajo de las plantas para aquellos que quieran trabajar en ellas.

3. Resultados

Para la gestión de los residuos de Bajo de Haina se requiere una planta de reciclaje de papel, cartón y envases, así como una planta de compostaje con la que aprovechar los residuos orgánicos, que componen el 60% de los residuos que genera el municipio.

Gracias a la campaña de sensibilización y el sistema de reciclaje y compostaje propuesto, se espera aprovechar el 50% de los residuos urbanos que actualmente acaban en el vertedero. Además, gracias a la venta de los materiales obtenido de la PRM y del compost se obtendría un beneficio anual de 366.000€aproximadamente. La planta PRM podría ofrecer trabajo a 178 personas y la planta de compostaje a 20 personas.

4. Conclusiones

- La gestión de residuos actual en Bajos de Haina es insostenible, ya que tiene graves consecuencias para la salud de los habitantes y el medio ambiente.
- Es necesario llevar a cabo una campaña de sensibilización para que la población aprenda la importancia de realizar un consumo responsable y reciclar.
- Gracias a la instalación de una PRM y una planta de compostaje se podrían aprovechar el 50% de los residuos del municipio, obteniendo un beneficio económico anual de 366.000€ aproximadamente.
- Gracias al proyecto de reciclaje y compostaje se podría ofrecer empleo a 198 personas, lo cual ayudaría a los recicladores de base y a algunas mujeres a salir de su situación de precariedad y obtener un trabajo digno y seguro.
- Se han cumplido todos los objetivos del proyecto.
- Suponiendo que la población estuviera cada vez más concienciada, en un futuro sería interesante ampliar la capacidad de la PRM y la planta de compostaje para reciclar el 80% de los residuos del municipio. También podría plantearse el aprovechamiento de la energía de los residuos a través de una planta de biogás.

5. Referencias

- [1] “Estudio económico de Centroamérica y la República Dominicana en 2018 y perspectivas para 2019.”
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44708/1/S1900618_es.pdf
(accessed Nov. 18, 2020).
- [2] Cepal, “Estudio económico de Centroamérica y la República Dominicana en 2019 y perspectivas para 2020,” 2019. Accessed: Nov. 15, 2020. [Online]. Available: www.cepal.org/apps.
- [3] “WorstPolluted.org : Projects Reports.”
https://www.worstpolluted.org/projects_reports/display/72 (accessed Feb. 22, 2021).
- [4] E. Congreso Nacional, “Ley No. 176-07 del Distrito Nacional y 10s Municipios.”
- [5] “Situación Actual de Gestión de Residuos en República Dominicana.”
[https://cambioclimatico.gob.do/phocadownload/Documentos/giz/Wolf, Judith - Informe Final, Estado GIRS Rep.Dom. Nov. 2018.pdf](https://cambioclimatico.gob.do/phocadownload/Documentos/giz/Wolf,%20Judith%20-%20Informe%20Final,%20Estado%20GIRS%20Rep.%20Dom.%20Nov.%202018.pdf) (accessed Feb. 23, 2021).
- [6] I. Tecnológico de Santo Domingo República Dominicana Peralta and D. Rosario, “Ciencia y Sociedad,” Accessed: Nov. 19, 2020. [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87019757003>.
- [7] “Política para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales.”
<https://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/12/Politica-Residuos-Solidos-Municipales.pdf> (accessed Mar. 11, 2021).
- [8] “Dominicana Limpia – Plan de Manejo Integral de los residuos sólidos a nivel nacional.” <https://dominicanalimpia.gob.do/> (accessed Mar. 11, 2021).

WASTE MANAGEMENT IN BAJOS DE HAINA

Author: Fernández Lozano, Fátima.

Directors: Cledera Castro, M^a del Mar.

Ortíz Marcos, Susana.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

This project has analyzed waste management in Bajos de Haina, which has serious health and environmental consequences. An alternative has been proposed through the implementation of a recycling and composting system, which would take advantage of 50% of the waste and obtain an economic benefit from it.

Keywords: Waste, Landfill, PRM (Materials Recovery Plant), Recycling, Composting.

1. Introduction

The Dominican Republic is a developing country whose economy has experienced strong growth in the last decade, expanding the country's middle class[1][2]. However, a large part of its population still lives below the poverty line and social and economic inequalities are evident. In this context of economic growth, waste management is a growing problem, as waste generation increases exponentially while the country is neither economically nor legally prepared to deal with it. Currently, the Dominican Republic produces 16,000 tons of solid waste per day (Johnny Jones, Secretary General of the Dominican Municipal League), which is equivalent to one kilogram of garbage per person per day. This level of production is comparable to that of developed nations, while waste management continues to be insufficient.

Bajos de Haina is a municipality located in the province of San Cristóbal (Illustration 1), currently the most polluted in the Dominican Republic, and is a clear example of the problems of solid waste management in the Dominican Republic. In 2007, Haina was declared the third most polluted city in the world[3], and although efforts have been made to change this situation, they have not been sufficient.

Although, like the country's economy, the economy of Bajos de Haina has experienced growth in recent years, the quality of life of its population remains inadequate. The development of industry in the municipality has caused an important demographic growth for which it was not prepared, aggravating the problem of waste management. Currently, this management is based on the disposal of waste in the landfill, without prior classification or use. Most of the waste in the landfill is organic and gives off methane, a highly polluting gas for people and the environment. In addition, the practice of burning waste in landfills is common, which has serious implications for the health of the population.

Moreover, the lack of public awareness of the importance of proper waste management makes it difficult to improve waste management. The role of the population is crucial, since with the lack of resources in the municipality, greater involvement on their part is necessary.

Since the enactment of Law 176-07 of the National District and Municipalities in 2007[4], the competencies of the municipality related to the environment and solid waste management were established, among others the elaboration of citizen education programs for the management and treatment of solid waste [...] produced in the municipality, to be submitted to the municipal council by the mayor.

The main institution with responsibilities for waste management is the Ministry of Environment and Natural Resources, which is in charge of defining waste management policy, regulating the waste management sector, monitoring and following up on compliance with the regulatory framework, and issuing environmental permits. The policy for integrated municipal solid waste management aims to encourage the creation of an Integrated Municipal Solid Waste Management System based on improving economic, technological and environmental conditions, with social and economic inclusion of divers. The divers collect garbage informally and then sell or reuse it, in precarious situations that threaten their health.

The Dominican government is currently trying to improve the situation at the Bajos de Haina landfill by installing chimneys and technically closing some of its areas. They also have plans for the installation of a sanitary landfill in which the waste is controlled.

2. Definition of the Project

As a result of the situation in Bajos de Haina, the following objectives are sought through this project:

- Analyze the solid waste management in Bajos de Haina.
- To sensitize the population
- Propose a plan to improve waste management.
- To offer dignified work to the grassroots recyclers.

For the analysis of waste management, it was first investigated the current legislation on the subject, which states that the management of non-hazardous solid urban waste is the responsibility of the municipality. Currently, the municipality contracts a company to collect and dispose of the waste at the landfill. Thanks to reports by the Ministry of the Environment and Natural Resources, the general dynamics of waste management in the Dominican Republic, and specifically in Bajos de Haina, have become known. The collection system, the volume of waste generated (156 tons per day) and its composition were analyzed. Finally, the proposals of the Dominican government to improve waste management have been studied, reaching the conclusion that there is no integrated waste management plan for Bajos de Haina.

Therefore, it is proposed that a materials recovery plant and a composting plant be installed to reduce the amount of waste that ends up in the landfill, reduce pollution, provide decent work for grassroots recyclers, and obtain an economic benefit from the sale of the waste and compost. The PRM will be in charge of paper, cardboard and packaging, and will have a manual processing system that will enable it to hire a larger number of people. The composting plant will receive organic waste from the municipality and the composting process will be carried out using an open mobile pile system, which consists of turning the material.

As for the awareness campaign, this is a fundamental factor for the project, since without the collaboration of the population it would not be possible to recycle waste. The campaign focuses first and foremost on schools, since children are usually more open to this type of change and could encourage their families. Awareness-raising sessions for adults will also be proposed. In both cases, talks and recycling workshops will be held. In schools, there will also be games and collaborative teaching sessions with mothers and grandmothers, who usually take care of the children at home. On the other hand, there will be training sessions on how to work with plants for those who want to work with them.

3. Results

To manage Bajo de Haina's waste, a paper, cardboard and packaging recycling plant is needed, as well as a composting plant to make use of organic waste, which makes up 60% of the waste generated by the municipality.

Thanks to the awareness campaign and the proposed recycling and composting system, 50% of the urban waste that currently ends up in the landfill is expected to be recycled. In addition, thanks to the sale of the materials obtained from the PRM and compost, an annual profit of approximately €366,000 would be obtained.

4. Conclusions

- The current waste management in Bajos de Haina is unsustainable, as it has serious consequences for the health of the inhabitants and the environment.
- It is necessary to carry out an awareness campaign so that the population learns the importance of responsible consumption and recycling.
- Thanks to the installation of a PRM and a composting plant, 50% of the municipality's waste could be used, obtaining an annual economic benefit of approximately €366,000.
- Thanks to the recycling and composting project, 198 people could be employed, which would help grassroots recyclers and some women to get out of their precarious situation and obtain a decent and secure job.
- All of the project's objectives have been met.
- Assuming that the population becomes more and more aware, in the future it would be interesting to expand the capacity of the PRM and the composting plant to recycle 80% of the municipality's waste. It would also be possible to consider the use of energy from waste through technologies such as anaerobic digestion or combustion.

5. References

- [1] “Estudio económico de Centroamérica y la República Dominicana en 2018 y perspectivas para 2019.” https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44708/1/S1900618_es.pdf (accessed Nov. 18, 2020).
- [2] Cepal, “Estudio económico de Centroamérica y la República Dominicana en 2019 y perspectivas para 2020,” 2019. Accessed: Nov. 15, 2020. [Online]. Available: www.cepal.org/apps.
- [3] “WorstPolluted.org : Projects Reports.” https://www.worstpolluted.org/projects_reports/display/72 (accessed Feb. 22, 2021).
- [4] E. Congreso Nacional, “Ley No. 176-07 del Distrito Nacional y 10s Municipios.”
- [5] “Situación Actual de Gestión de Residuos en República Dominicana.” [https://cambioclimatico.gob.do/phocadownload/Documentos/giz/Wolf, Judith - Informe Final, Estado GIRS Rep.Dom. Nov. 2018.pdf](https://cambioclimatico.gob.do/phocadownload/Documentos/giz/Wolf,%20Judith%20-%20Informe%20Final,%20Estado%20GIRS%20Rep.%20Dom.%20Nov.%202018.pdf) (accessed Feb. 23, 2021).
- [6] I. Tecnológico de Santo Domingo República Dominicana Peralta and D. Rosario, “Ciencia y Sociedad,” Accessed: Nov. 19, 2020. [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87019757003>.
- [7] “Política para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales.” <https://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/12/Politica-Residuos-Solidos-Municipales.pdf> (accessed Mar. 11, 2021).
- [8] “Dominicana Limpia – Plan de Manejo Integral de los residuos sólidos a nivel nacional.” <https://dominicanalimpia.gob.do/> (accessed Mar. 11, 2021).

Índice de la memoria

1. Introducción	5
2. Estado de la Cuestión	6
2.1. Situación económica	8
2.1.1. Periodo 2018-2019	8
2.1.2. Periodo 2019-2020	10
2.1.3. Bajos de Haina	13
2.2. Situación Social	14
2.3. Gestión de Residuos	22
2.3.1. Vertedero	22
2.3.2. Recogida	23
2.3.3. Principales agentes implicados	23
3. Definición del Trabajo	26
3.1. Justificación	26
3.2. Objetivos	26
3.3. Metodología	27
3.4. Planificación y Estimación Económica	28
4. Plan de Actuación	29
4.1. Propuestas de mejora en la gestión de residuos sólidos	29
4.1.1. Planta de recuperación de materiales (PRM)	31
4.1.2. Planta de compostaje	38
4.1.3. Sistema de recogida	42
4.2. Campaña de sensibilización	43
5. Estudio económico	47
5.1. Servicio de recogida	47
5.2. Planta de recuperación de material	48
5.3. Planta de compostaje	50
5.4. Campaña de sensibilización	51
5.5. Resultado	52

6. Análisis de resultados	53
7. Conclusiones y Trabajos Futuros	54
8. Bibliografía	55
ANEXO I: Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible	58
Objetivo 3: Salud y bienestar	58
Objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico.....	58
Objetivo 12: Producción y consumo sostenibles	59
Objetivo 13: Acción por el Clima	59
ANEXO II: Material Campaña De Sensibilización	60
Infografías.....	60
Carteles	62

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 División política de República Dominicana. Elaboración propia.	7
Ilustración 2 Localización de Bajos de Haina	7
Ilustración 3 Playa El Gringo	16
Ilustración 4 Incendio en el vertedero de Haina, septiembre 2019.	22
Ilustración 5 Posible localización de la PRM. Fuente: Google Maps.	38
Ilustración 6 Compostaje por volteo.....	39
Ilustración 7 Localización planta de compostaje. Fuente: Google Maps	41

Índice de tablas

Tabla 1 Estructura institucional de la gestión de residuos.	19
Tabla 2 Diagrama de Gantt del proyecto.	27
Tabla 3 Diagrama de Gantt de las actividades programadas.	28
Tabla 4 Consideraciones para el dimensionamiento de la PRM.	33
Tabla 5 Densidades de los materiales.	34
Tabla 6 Especificaciones de una prensa genérica.	36
Tabla 7 Clasificación de residuos para su reciclaje.	42
Tabla 8 Precio de venta de materiales reciclados.	49
Tabla 9 Costes y beneficios anuales del proyecto	52

1. INTRODUCCIÓN

Bajos de Haina es un municipio de República Dominicana que lleva años sufriendo una grave contaminación medioambiental, lo que le llevó a ser la tercera ciudad más contaminada del mundo en 2013 y a ser considerada el "Chernobyl Dominicano". Esto se debe, principalmente, a la gestión de residuos del municipio, que se basa en la deposición de los residuos en un vertedero sin controlar, siendo habitual la quema de los mismos. Esta situación pone en peligro la salud de los habitantes y tiene efectos contaminantes sobre el agua, el suelo y la atmósfera. Es habitual que algunos ciudadanos se dediquen a la recolección de residuos del vertedero de manera informal y en condiciones perjudiciales para su salud, los denominados recicladores de base.

El proyecto consiste en el análisis de la gestión de residuos en Bajos de Haina y hacer una propuesta para su mejora, buscando la gestión integral de los residuos sólidos urbanos a través un sistema de reciclaje y compostaje. Además, se incluye de una campaña de sensibilización con el fin de que la población comprenda la importancia de reciclar y hacer un consumo responsable, ya que la colaboración ciudadana es fundamental para que el proyecto tenga éxito.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Para realizar el estudio socioeconómico de Bajos de Haina es necesario comprender primero la estructura de República Dominicana, investigando sobre aspectos como su organización territorial y la gestión de sus administraciones.

República Dominicana está dividida en tres macrorregiones, las cuales cuentan con 10 regiones administrativas en total. En cuanto a su división política, el país está formado por un Distrito Nacional en el cual se encuentra la capital, Santo Domingo, y 31 provincias, estando estas conformadas por 50 distritos municipales y 117 municipios. El gobierno central administra las provincias a través de un gobernador civil nombrado por el presidente de la República y los municipios cuentan con un alcalde, quien es controlado por una Sala de Regidores elegida cada cuatro años por medio de votación. [1] Bajos de Haina es un municipio que pertenece a la provincia de San Cristóbal.



Ilustración 1 División política de República Dominicana. Elaboración propia.



Ilustración 2 Localización de Bajos de Haina

Al ser los ayuntamientos las instituciones más próximas a la población, deben contar con ciertas competencias a través de las cuales poder llevar a cabo acciones concretas y eficientes para los ciudadanos, conociendo de primera mano los problemas que les incumben. En República Dominicana, el ayuntamiento es una persona jurídica descentralizada, con autonomía política, fiscal y administrativa[2].

2.1. SITUACIÓN ECONÓMICA

República Dominicana es un país en vías de desarrollo que ha experimentado una rápida evolución económica en los últimos 10 años y una ampliación de la clase media, aunque las desigualdades sociales y económicas siguen siendo evidentes entre su población. Por otra parte, la crisis sanitaria provocada por el COVID-19 ha tenido un gran impacto en la economía mundial y como consecuencia en la situación económica de República Dominicana.

2.1.1. PERIODO 2018-2019

En 2018 y 2019, la economía mundial experimentó una desaceleración económica, principalmente debida a las disputas comerciales y a la creciente incertidumbre política y económica. Dicho contexto afectó también a los países de CARD (Centro América y República Dominicana), aunque República Dominicana presentó una notable expansión de su economía, del 7%, así como una reducción del déficit fiscal, a diferencia del resto de países de Centroamérica. [3]

En cuanto a la política económica fiscal, el gasto público, que se vio condicionado por la escasez de recursos tributarios y los impactos externos, fue invertido principalmente en el sector público, lo cual supuso una menor perspectiva de crecimiento a largo plazo. Así, los principales retos de CARD para el 2019 fueron la detención del crecimiento de la deuda pública, así como alcanzar un mayor margen de actuación frente a posibles choques externos. Por otra parte, la deuda del sector público no financiero CARD sufrió un aumento general del 6,7%, el 45% del PIB. En República Dominicana, el aumento fue del 8,8% en 2018 y del 7,3% en los primeros meses de 2019.

En 2018 el comercio de bienes y servicios se ralentizó por la inestabilidad sociopolítica general. Sin embargo, República Dominicana fue una de las excepciones en este aspecto, ya que fue el único país de CARD en el que aumentaron las exportaciones, principalmente de productos eléctricos y cacao manufacturado. Las importaciones también aumentaron, concretamente en un 4,2%, más que en cualquier otro país de CARD. Por otra parte, la

inversión extranjera directa (IED) se redujo un 28,9% en República Dominicana, pero seguía superando el promedio de 2010-2017 y en 2017 se alcanzó el máximo de IED en los últimos 25 años.

La **actividad económica** de CARD presentó un crecimiento del 3,9% en 2018, el más bajo en los últimos ocho años, lo cual muestra una vez más la ralentización mencionada anteriormente. Este crecimiento fue principalmente gracias a tres países, entre ellos República Dominicana, con un crecimiento del PIB del 7%, 2,3 puntos porcentuales mayor que en 2017. Además, en el primer semestre de 2019 también destacó su crecimiento, del 5,7%. Esto se debe fundamentalmente a la construcción, energía y agua y a servicios financieros. Por otra parte, la inflación en 2018 fue del 2%, valor que se encuentra dentro de los rangos objetivo del Banco Central de República Dominicana, entre otros. Para 2019 se esperaba una inflación del 2,7%, aunque finalmente fue del 1,6%.

En relación con **el empleo y los salarios**, una de las metas de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible expone el compromiso de las Naciones Unidas de alcanzar en 2030 “el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todas las mujeres y los hombres, [...] así como la igualdad de remuneración por trabajo de igual valor.”[4] lo cual es sin duda un objetivo ambicioso y que requerirá amplios esfuerzos. En 2018, República Dominicana contaba con una tasa de desempleo del 5,6%, ligeramente inferior a la tasa media de CARD, 5,8%.

A pesar de la desaceleración general de los países de CARD, República Dominicana logró un crecimiento económico por encima del resto de países de la región. La tasa global de participación en el mercado laboral pasó de 63,6% en 2018 a 65,1% en 2019, lo cual supuso un aumento real del ingreso de los hogares. De este modo, la pobreza general del país se situó en 21%, disminuyendo 1,8 puntos porcentuales con respecto al año anterior.[5] Sin embargo, estos datos seguían mostrando la vulnerabilidad económica de República Dominicana.

2.1.2. PERIODO 2019-2020

La pandemia por COVID-19 está teniendo unos impactos en la economía mundial nunca vistos desde la Segunda Guerra Mundial, con una contracción económica del 4,3% en 2020. En 2019, la economía se expandió un 2,4%, continuando con la desaceleración de los años anteriores[6]. Así, la crisis provocada por el COVID-19 alcanzó a los países de América Latina y el Caribe en una situación de debilidad económica, provocando una contracción económica del 7,7%. Además, las exportaciones de esta región en el tercer trimestre de 2020 se redujeron en un 7,9%.[7]

En cuanto a los países de la CARD, la contracción promedio de sus economías fue del 5,7%. Los retos a lo que estos países se enfrentaban en 2019 consistían en la detención del crecimiento de la deuda pública y un mayor margen de actuación frente a posibles choques externos. Sin embargo, no llegaron a tiempo, y la crisis actual les ha alcanzado en un panorama de deterioro fiscal y escaso margen de maniobra. Además, como consecuencia de la situación de debilidad fiscal del país, el impacto de esta crisis ha sido mucho mayor que de la crisis de 2008, durante la cual República Dominicana consiguió mantener el crecimiento del PIB [8].

En cuanto a la **política fiscal**, la crisis ha llevado a los países de CARD a tomar medidas en contra del ciclo normal de sus economías que suponen el 5% de su PIB. Estas medidas deben ser de carácter temporal, ya que podrían llevar a una profunda recesión económica en caso de alargarse en el tiempo. En el tercer trimestre de 2020, el déficit fiscal de República Dominicana aumentó 4,5 puntos porcentuales respecto del año anterior y su deuda pública supuso un 6% del PIB. Frente a esta situación, es necesario analizar las fuentes de financiamiento y la necesidad de una nueva fiscalidad, ya que, hasta el momento, las finanzas públicas en los países de CARD estaban marcadas por escasos ingresos tributarios, debidos a la alta evasión fiscal que probablemente se acentuará con la crisis. El papel de la política fiscal será decisivo en la mitigación del impacto de la pandemia, ya que deberá proteger a la sociedad, así como proveer el impulso necesario para alcanzar un nuevo desarrollo sostenible a través de la economía.

Por otra parte, la **política monetaria** de los países de CARD se ha visto forzada también a aplicar de forma rápida nuevas medidas para paliar las consecuencias de la crisis en las familias y empresas de manera eficiente. Los bajos niveles de inflación registrados en los primeros meses de 2020 en estos países brindan cierto margen para la aplicación de políticas monetarias expansivas. Los principales objetivos de estas políticas son asegurar la estabilidad de los precios y la producción de bienes y servicios, además de velar por los niveles adecuados de liquidez en la economía.

Con respecto al **sector externo**, las exportaciones de servicios destacan por su contracción en República Dominicana, del 21,1%, por causa del cierre del sector del turismo, el cual tiene un gran peso en este país.

A partir de la segunda quincena de marzo de 2020, se produjo la suspensión de gran parte de la **actividad económica** de Centroamérica y República Dominicana. En los dos primeros meses de este año, el índice mensual de actividad económica de la mayoría de los países de la región presentaba una tendencia positiva, destacando República Dominicana, con unas tasas de crecimiento del 4,7% y 5,3%. Sin embargo, se produjeron fuertes choques de la oferta y la demanda cuando se implementaron las medidas para afrontar la crisis sanitaria, de tal manera que el PIB al primer trimestre de República Dominicana mostró un crecimiento nulo, frente al 5,7% del año anterior en el mismo periodo.

Referente a los **precios**, la inflación interanual promedio en CARD registrada en junio de 2020 fue del 1,5%, un punto porcentual por debajo de la de 2019, lo cual se debe a la importante disminución de la demanda a causa de las restricciones por el COVID-19. De hecho, en República Dominicana dicha inflación se situó por debajo del objetivo.

Las medidas tomadas para afrontar la crisis sanitaria también han tenido un fuerte impacto en el empleo y los salarios de los países de CARD, estimándose un aumento del desempleo del 5,4% en América Latina. Además, República Dominicana se verá especialmente marcada debido a la importancia del turismo en su economía. Según la Encuesta Nacional Continua de Fuerza de Trabajo, la tasa de participación laboral ha pasado del 78,42% de los hombres y el 52,64% de las mujeres en 2019, a 76,3% y el 51,5% en el primer trimestre de

2020, por lo que ya empiezan a observarse los efectos de las restricciones en el empleo. Sin embargo, la tasa de desempleo abierto del primer trimestre de 2020 se ubicó en el 5,7% frente al 6,2% en 2019.

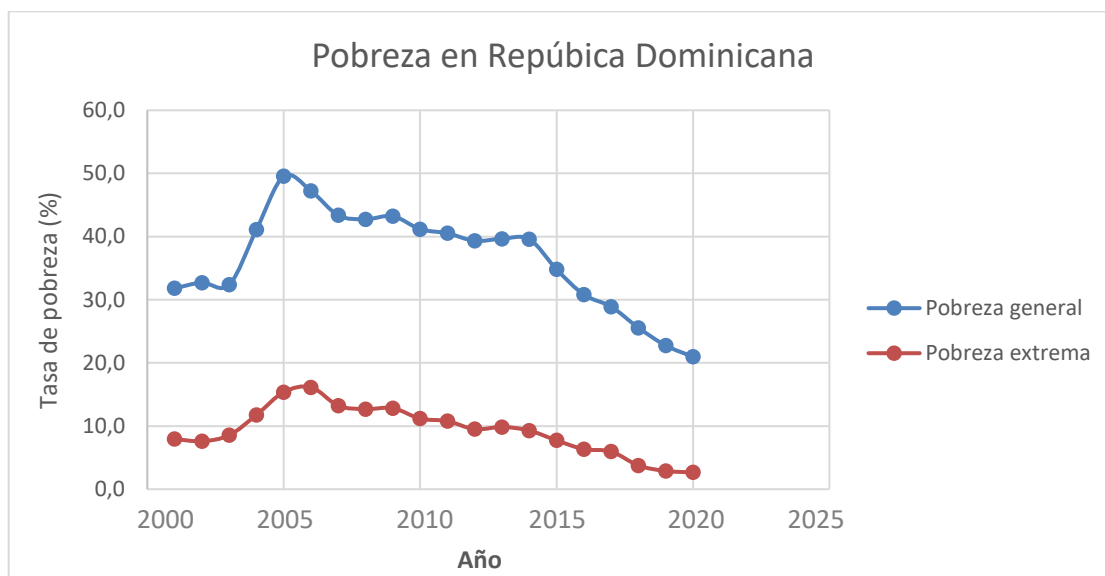


Gráfico 1 Tasa de pobreza en República Dominicana. Elaboración propia.

2.1.3. BAJOS DE HAINA

Bajos de Haina pertenece a un país con una débil situación económica a pesar de destacar entre otros países de Centroamérica. Además, la crisis provocada por el COVID-19 ha provocado el freno del crecimiento económico que experimentaba República Dominicana en los últimos años y ha presentado desafíos económicos y sociales para los cuales no estaba preparado.

En los últimos años, Bajos de Haina ha experimentado un fuerte crecimiento económico gracias a su gran potencial industrial, de tal manera que en 2018 aportaba entre el 25% y el 33% del PIB nacional, convirtiéndose en el segundo municipio con mayor aportación del país. Se trata del principal puerto del país, así como uno principales complejos industriales del mismo.

Sin embargo, este crecimiento económico no se ve reflejado en la calidad de vida de su población, ya que, según la Unidad de análisis Económico y Social del Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, el 27,8% se encontraba bajo el umbral de la pobreza en 2014. Esto es debido a que, como consecuencia de una formación educativa insuficiente, la mayoría de los puestos de trabajo de la industria en Bajos de Haina son destinados a personas que no pertenecen al municipio.

2.2. SITUACIÓN SOCIAL

En la última década, República Dominicana ha experimentado una mejora tanto económica como social, pero su situación sigue siendo precaria. La tasa de analfabetismo se ha reducido en los últimos años hasta un 6,7%.

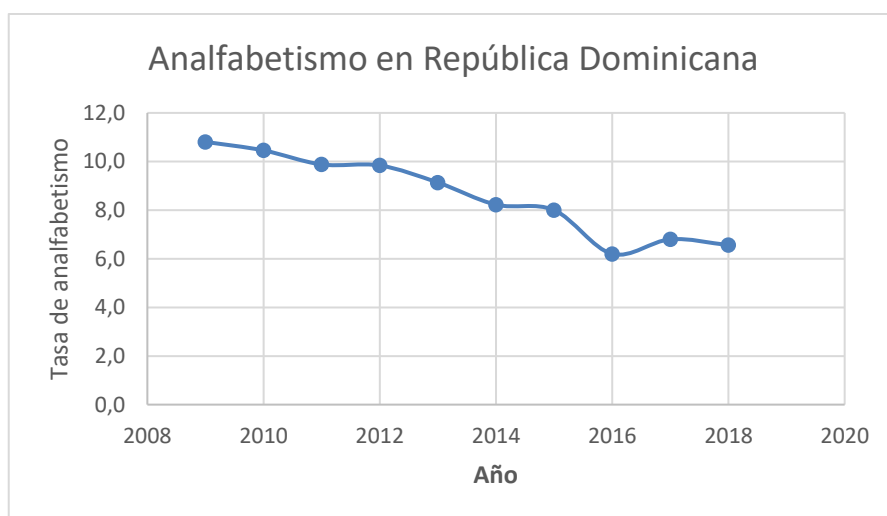


Gráfico 2 Analfabetismo en República Dominicana. Elaboración propia.

La **pobreza** que sufre gran parte de la población de Bajos de Haina provoca una gran vulnerabilidad social en el municipio. A pesar del crecimiento económico de la región, la mayoría de las ofertas de empleo no están orientadas a las personas locales de la zona, principalmente debido a su falta de formación. En 2013 se implantó el Plan Nacional de Alfabetización “Quisqueya Aprende Contigo”, cuyo equipo técnico declaró a Bajos de Haina libre de analfabetismo, con una tasa del 4,2%[9]. Sin embargo, la realidad de la **educación** en Bajos de Haina es que la mayoría de las escuelas no cuentan con suficientes profesores para abarcar adecuadamente las necesidades de sus alumnos. Esta situación provoca que los profesores no sean conscientes de las necesidades individuales de sus alumnos, ni sean capaces de controlarlos, lo cual dificulta la consecución de sus objetivos. Además, la carga excesiva de los profesores debido al elevado número de alumnos suele llevarlos a situaciones de estrés, que pueden acabar derivando en problemas afectivos e incluso abuso infantil. Con todo esto, la sensación general de la población de Haina es que, al terminar sus estudios, los

bajohainienses siguen careciendo de una formación adecuada. Además, la situación se agrava para la población haitiana, ya que, a partir del sexto curso de primaria, los alumnos deben presentar la cédula de identidad y acta de nacimiento, las cuales suelen tardar entre tres y cinco años en conseguirse. Por lo tanto, los haitianos se encuentran en una gran desventaja con respecto al resto de la población.[10]

La industrialización del municipio ha provocado un fuerte **crecimiento demográfico** debido a la búsqueda de empleo en la industria, el principal motivo de inmigración del país. El último Censo Nacional de población y Vivienda, en 2010, registró a Bajos de Haina como el municipio con mayor número de habitantes del Área metropolitana de Santo Domingo, con una densidad poblacional de 3129,86 Hab/km²[11]. A pesar de la esperanza de muchos haitianos de encontrar trabajo en República Dominicana, la realidad cuando llegan al país es que sus posibilidades están muy limitadas, quedando reducidas a empleos en el sector agropecuario, la construcción y el comercio, sin muchas posibilidades para progresar.

Por otra parte, la calidad de vida de la población de Haina se ve muy afectada por las **condiciones medioambientales** del municipio. La provincia de San Cristóbal es la más contaminada de República Dominicana. Esto se debe principalmente a tres factores: la alta población industrial consecuencia del auge de la industria en los últimos años, la mala gestión de los residuos sólidos y el tratamiento inadecuado de las aguas residuales. [12]

En 2007, Bajos de Haina fue declarada la tercera ciudad más contaminada del mundo, principalmente por la presencia de plomo. Metaloxsa, una empresa de reciclaje de baterías, fue la responsable de que el 90% de la población de Haina presentara un alto contenido de plomo en sangre según Naciones Unidas. Tras el cierre la empresa, numerosas organizaciones se dedicaron a disminuir la contaminación por plomo del municipio, pasando de una media de 71 µg/dl de plomo en sangre en 1997 a 28 µg/dl en 2009 [13]. Sin embargo, en los últimos años se ha asociado un nuevo foco de contaminación a la empresa VERI S.A. (Verde Eco Reciclaje Industrial), dedicada también al reciclaje de baterías.

El **desarrollo de la industria** en Bajos de Haina ha dado lugar a una gran contaminación provocada por los desechos de las fábricas, lo que ha convertido a la playa “El Gringo” en la “Chernobyl dominicana”, por su alto contenido en plomo, ácido sulfúrico, amoníaco y formaldehído.



Ilustración 3 Playa El Gringo

En cuanto a la **red de saneamiento** de aguas del municipio, esta es insuficiente y en algunas zonas incluso inexistente, lo que está teniendo consecuencias en la salud de la población, con enfermedades dermatológicas, respiratorias y gastrointestinales. En muchas ocasiones, el suministro de agua carece de unas condiciones mínimas de saneamiento, por lo que no es adecuado ni para la higiene personal ni de la ropa.[10]

La **gestión de residuos sólidos** se basa en su disposición en vertederos a cielo abierto, lo que muchas veces provoca la combustión de materiales tóxicos. Además, la falta de concienciación ciudadana dificulta el manejo de residuos. Esta situación pone en riesgo la salud de la población, ya que la contaminación de suelo, aire y agua provocada puede tener graves consecuencias sanitarias.

Otro factor muy determinante de la sociedad de Haina es la **vida familiar**. Lo más común entre la población son las familias desestructuradas, en las que lo habitual es que las mujeres tengan el primer hijo siendo muy jóvenes y más adelante tengan más con otras parejas. Además, el hacinamiento debido a la pobreza que viven estas familias suele tener consecuencias como relaciones de mucha tensión entre parientes, maltrato o incesto. En algunas ocasiones, el incesto se da incluso entre la pareja actual de la madre y alguna de sus hijas. Este tipo de situaciones genera graves problemas afectivos, especialmente en las mujeres[10].

Por otra parte, la **prostitución** es uno de los principales problemas sociales del municipio. Debido a que la mayoría de las mujeres deben mantener a sus familias, muchas de ellas

acaban recurriendo a la prostitución, un negocio muy normalizado en República Dominicana y que incluso es considerado un atractivo turístico del país. El hecho de que las niñas de Haina tengan como modelos a sus madres cuando son prostitutas las lleva a decantarse por esta opción, a veces alentadas a ello en su propia casa para ganar dinero.

Además, cabe destacar el **racismo** hacia los haitianos en República Dominicana y, en concreto, en Bajos de Haina. Originalmente, el territorio de Haití estaba ocupado por los franceses y el de República Dominicana por los españoles. En 1804, los haitianos lograron proclamarse como un país independiente, y en 1822 invadieron el territorio dominicano por miedo a que países esclavistas como Francia y España volvieran a someterles. Fue en 1844 cuando los dominicanos consiguieron su independencia, y desde entonces han sido numerosos los conflictos entre ambos países. Actualmente, el anti-haitianismo y el pro-hispanismo fundamentan la identidad nacional dominicana. Es habitual la presencia del miedo a la invasión en el discurso político dominicano, el cual aumentó con el terremoto de 2010 en Haití, ya que obligó a mucha de su población a emigrar.[14]

Desde la promulgación de la Ley 176-07 del Distrito Nacional y los Municipios en 2007[2], se establecieron determinadas competencias del ayuntamiento relacionadas con el medio ambiente y la gestión de los residuos sólidos, entre las cuales se encontraban:

- La elaboración de normativas para la preservación del medio ambiente.
- La elaboración de programas de educación.
- La emisión de la opinión técnica acerca de los proyectos entregados al ayuntamiento para la evaluación de su impacto ambiental.

Previas a esta ley dichas competencias pertenecían principalmente al gobierno central y existían prácticas inadecuadas llevadas a cabo por muchos de los municipios[12], lo cual explica la ineficacia de la gestión de residuos responsable en gran medida de la situación actual de Haina. Sin embargo, la gestión de residuos sólidos sigue sin ser adecuada ya que se trata de un tema complejo tanto económica como socialmente que ha generado numerosos conflictos a lo largo de los años.

La estructura institucional de la gestión de residuos en República Dominicana se muestra en la Tabla 1.

Institución	Responsabilidad Principal
Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales:	1. Define la política de gestión de residuos 2. Regula el sector de gestión de residuos 3. Monitorea y da seguimiento al cumplimiento del marco regulatorio 4. Emite permisos ambientales
Liga Municipal Dominicana	Apoya la creación de políticas públicas que contribuyan al fortalecimiento de las capacidades y servicios municipales
Federación Dominicana de Municipios	Defiende la autonomía política, administrativa y financiera de los gobiernos locales, contribuyendo a que los mismos gestionen sus territorios procurando alcanzar el desarrollo municipal, humano y sostenible.
Ministerio de Industria, Comercio y MIPYMES	Regula la gestión de residuos industriales
Ayuntamientos	1. Gestión de los residuos municipales que se generan en sus jurisdicciones 2. Operación de sistemas de recolección, tratamiento, transporte y disposición final de los residuos no peligrosos

	3.Responsables del financiamiento de la gestión de residuos
Ministerio de Salud Pública	Regula la gestión de residuos médicos y peligrosos

Tabla 1 Estructura institucional de la gestión de residuos.

En 2011 se realizó el “Diagnóstico Socioeconómico y ambiental del manejo de residuos sólidos domésticos en el municipio de Haina”[15]. Se llegó a la conclusión de que la contaminación en Haina se debía principalmente a los residuos generados por la industria y los domicilios, así como a una gestión inadecuada de los mismos. Además, se observó que los lugares con mayor contaminación por residuos sólidos eran aquellos con una calidad ambiental crítica, con aspectos comunes como condiciones climáticas adversas, condiciones críticas de salubridad, elevado índice de pobreza y bajo nivel educativo.

La principal institución con responsabilidades sobre la gestión de residuos es el Ministerio de Medio ambiente y Recursos Naturales, el cual, como se ha mostrado en la Tabla 1, se encarga de definir la política de gestión de residuos, regular el sector de gestión de residuos, monitorear y dar seguimiento al cumplimiento del marco regulatorio y emitir permisos ambientales. En febrero de 2014 emitió la “Política para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales”[16], con un margen de 3 años para su entrada en vigor. Los fundamentos de esta política son los siguientes:

- La generación y composición de los residuos sólidos están directamente relacionadas con el modelo de desarrollo, el cual implica un crecimiento progresivo y diversificado de ambos.
- La participación ciudadana es imprescindible para el manejo de los residuos.
- El manejo adecuado de los residuos es técnicamente factible, económicamente viable y ambientalmente sostenible.
- Un manejo sostenible del medio ambiente implica la prevención y minimización de los residuos generados.
- Las soluciones deben ser realistas con la situación del país y, en concreto, de cada municipio.
- Responsabilidad Institucional Compartida.

- Formalización de los segregadores o recuperadores de residuos sólidos, popularmente llamados “buzos”.

Se propusieron numerosas acciones con el objetivo de incentivar la creación de un Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales basado en la mejora de las condiciones económicas, tecnológicas y ambientales, con inclusión social y económica de los buzos.

El 27 de junio de 2017, se anunció el Plan Dominicana Limpia[17], basado en un manejo adecuado de los residuos desde su generación hasta su disposición final. Los principios básicos y transversales de este plan son:

1. Educación y cambio cultural en la sociedad.
2. Manejo integral de residuos.
3. Industria de los Residuos y Alianza con el sector privado.
4. Fortalecimiento institucional y sostenibilidad.

En los últimos años, se ha iniciado el Plan Dominicana Limpia en numerosos municipios. Esto ha llevado al cierre técnico de vertederos, como los de Villa Altagracia, Verón y Tamboril. Además, se han realizado campañas de sensibilización, como el taller de reciclaje en La Nueva Barquita o la Jornada de Sensibilización Virtual dirigida a estudiantes. Una de las medidas más recientes ha sido el inicio de las operaciones de la estación de transferencia y centro de acopio de residuos sólidos del municipio de Villa Altagracia, con un impacto sobre 169 mil habitantes.

En cuando a Bajos de Haina, el plan Dominicana Limpia llegó en 2018, con las siguientes propuestas[18]:

- Recolección de residuos sólidos separados en fuente.
- Entrega de equipamientos.
- Promoción de la educación ciudadana.
- Capacitación del personal de los ayuntamientos.
- Puntos limpios y reciclaje.

Estas propuestas no han llegado a concretarse todavía, pero la intervención de Dominicana Limpia ha contribuido al control de los incendios producidos en el Vertedero de Haina en los últimos años.

Sin embargo, el plan Dominicana Limpia ha sido recientemente sustituido por el de “Limpio Mi País” con la llegada del nuevo secretario general de la Liga Municipal Dominicana, Víctor D’Aza. Este plan cuenta con un fondo inicial de 120 millones de pesos, equivalente a 1,68 millones de euro, y pretende llevar a cabo iniciativas de rellenos sanitarios que permitan la eliminación de 136 vertederos, impactando a 75 municipios y 100 distritos municipales. Entre estos rellenos sanitarios se encuentra uno destinado a Bajos de Haina, lo cual contribuirá a una mejora del manejo de desechos sólidos en el municipio.

Además, el pasado febrero, el Gobierno dominicano anunció que avanza en un plan piloto para la transformación de los vertederos del país, con especial interés en Bajos de Haina. Así, se han instalado recientemente chimeneas o pozos de desaireación de los residuos con el fin de controlar los incendios y reducir la contaminación. Este plan piloto se centra en los centros de disposición final, pero no favorece la gestión integral de los residuos ya que carece de propuestas de reciclaje.

En cuanto a la gestión actual de residuos, la realidad actual es que sólo el 20% de estos entran al sistema municipal de recolección. Esto da lugar a la acumulación descontrolada de basura en las calles y, sobre todo, en la costa del municipio.

2.3. GESTIÓN DE RESIDUOS

2.3.1. VERTEDERO

Actualmente la gestión de residuos sólidos municipales en República Dominicana se basa en la recolección y la disposición de los residuos en vertederos a cielo abierto[19], como es el caso de Haina. Según el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, República Dominicana cuenta con 358 vertederos a cielo abierto y solo 3 de ellos están controlados. La mayoría de los residuos sólidos de los vertederos son materia orgánica, lo cual provoca la liberación de metano, perjudicial para la salud de las personas, así como para el efecto invernadero.



Ilustración 4 Incendio en el vertedero de Haina, septiembre 2019.

En los últimos años, se han intentado llevar a cabo iniciativas para mejorar la gestión de los vertederos. Sin embargo, se trata de un tema conflictivo tanto en el ámbito social como en el económico. En primer lugar, los recicladores de base, quienes se dedican a la recogida y venta de estos residuos de manera informal, temen que la formalización de este tipo de recogida les deje sin un sustento económico. En segundo lugar, existen conflictos entre las empresas de gestión y los ayuntamientos.

Bajos de Haina genera 156 toneladas de residuos al día y el 11% de los hogares no cuentan con un servicio de recolección de basura[20]. El vertedero de Haina recibe aproximadamente 4.000 toneladas de residuos al mes y la mayoría se quedan en el vertedero. Esta situación es insostenible a largo plazo, ya que semejante ritmo de generación de residuos reduce la vida

útil del vertedero y puede desembocar en la necesidad de un nuevo relleno sanitario que suponga mayor contaminación para el municipio y que ocupe un espacio del cual no se dispone.

En cuanto a la revalorización, se estima que, aproximadamente, solo el 12% del total de los residuos se recupera [19], principalmente gracias a los recicladores base.

2.3.2. RECOGIDA

La recogida de residuos sólidos urbanos es uno de los aspectos más importantes en la gestión de residuos. Actualmente, el servicio de recogida no hace distinción por tipos de residuos ya que no existe un sistema de reciclaje, por lo que se limita a recoger los residuos y depositarlos en el vertedero.

Además, los equipos de recolección de República Dominicana trabajan en condiciones muy precarias, en el 50% de los ayuntamientos del país, el 100% de los vehículos de recogida tiene más de 10 años.[20] En cuanto al Ayuntamiento de Haina, su capacidad de recolección de residuos es de 273 toneladas al día[21] y, como se ha mencionado anteriormente, el volumen de generación diario es de 156 toneladas, lo que supone el 57% de la capacidad del sistema de recolección.

En lo que se refiere a costes, actualmente, el gasto en recogida de basura al semestre por parte del ayuntamiento es de 2,7 millones de pesos dominicanos[22].

2.3.3. PRINCIPALES AGENTES IMPLICADOS

De acuerdo a la Norma para la Gestión Integral de Residuos no peligrosos (2003), como se ha expuesto en la Tabla 1, la gestión de residuos peligrosos e infecciosos es responsabilidad del generador, mientras que la de los residuos no peligrosos es responsabilidad de los ayuntamientos.[19]

La participación del **sector privado** forma una parte importante del actual sistema de gestión de residuos. Las empresas de fabricación que generan residuos tienen la responsabilidad legal de realizar un adecuado tratamiento de éstos, aunque son frecuentes las negligencias

en este ámbito, que tienen graves consecuencias medioambientales. Por otra parte, existen empresas de tratamiento, valorización y exportación de residuos que favorecen su reciclaje. El problema es que muchas veces hay escasez de demanda de residuos valorizados, lo cual imposibilita la creación de una cadena de valor.

Por otra parte, existen empresas contratadas por los ayuntamientos para la gestión de los residuos municipales. En 2018, la empresa Cleaning City Group S.R.L. fue contratada por el ayuntamiento de Bajos de Haina para la recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos no peligrosos urbanos y rurales del municipio de Bajos de Haina al relleno sanitario[23]. Estos residuos incluyen:

- Residuos o Basuras
- Residuos Domiciliarios
- Residuos Públicos
- Residuos Comerciales
- Residuos Sólidos Municipales o semisólidos

Además, la empresa contratada debe fomentar la sensibilización y concienciación ciudadana con el objetivo de contribuir a una sociedad responsable y sensible con el medio ambiente.

El **sector informal** también tiene un gran peso en la recogida y valorización de residuos. El caso más evidente son los recicladores de base, mencionados anteriormente. Uno de los principales problemas es que los “buzos” son habitualmente considerados un inconveniente a la hora de planificar la gestión de residuos, en lugar de parte de la solución. Además, las empresas privadas no suelen tenerles en cuenta, lo que se traduce en una mayor precariedad para ellos. El proyecto de Ley General de Residuos Sólidos plantea una formalización de los recicladores base, estableciendo la obligatoriedad del cobro por el servicio de manejo de residuos. Además, se hacen convenios con empresas recicladoras y ellas mismas reciclan.[24]



*Gráfico 3 Estructura del sector de reciclaje en República Dominicana. Fuente:
Presidencia de la República Dominicana*

3. DEFINICIÓN DEL TRABAJO

3.1. JUSTIFICACIÓN

Ante la situación de contaminación de Bajos de Haina y la ausencia de un sistema que permita la gestión integral de residuos, se propone un sistema de reciclaje y compostaje con el fin de aprovechar los residuos del municipio, obteniendo un beneficio económico de su venta y reduciendo la contaminación.

3.2. OBJETIVOS

Este proyecto tiene tres objetivos principales que se muestran a continuación:

3.2.1. Analizar de la gestión de residuos sólidos en Bajos de Haina

Detectar y analizar los problemas actuales en la gestión de residuos sólidos en Bajos de Haina. Para ello se analizarán el sistema de recogida y disposición de los residuos sólidos, así como la composición de los mismos.

3.2.2. Sensibilizar a la población

Proponer una campaña de sensibilización ciudadana acerca de la importancia de realizar una gestión responsable de los residuos sólidos urbanos. Tendrá como objetivo, en primer lugar, que la población comprenda las consecuencias negativas que tiene una inadecuada gestión de residuos. En segundo lugar, pretende enseñar qué pueden hacer los ciudadanos a nivel particular para mejorar esta situación, desde la prevención mediante un consumo responsable hasta el reciclaje de los residuos que generan.

3.2.3. Proponer un plan de mejora de la gestión de residuos

Crear un plan de mejora de la gestión de residuos sólidos de Bajos de Haina, con soluciones técnica y económicamente viables teniendo en cuenta la situación del municipio. Se buscarán

formas en las que mejorar la recogida y disposición de los residuos, así como su posterior aprovechamiento.

3.2.4. Ofrecer trabajo digno

Actualmente el proceso de valorización de residuos se realiza de manera informal a través de los recicladores de base o buzos, quienes recogen materiales del vertedero en condiciones que ponen en peligro su salud, sin ningún seguro ni garantía de trabajo fijo. Además, la prostitución es habitual entre las mujeres que tienen que sacar adelante a sus familias. Gracias a este proyecto se busca dar un empleo digno a todas esas personas.

3.3. METODOLOGÍA

A continuación, en la Tabla 2 se muestra el cronograma seguido a lo largo del proyecto:

	Comienzo	Final	Gantt									
			2020					2021				
			oct.	nov.	dic.	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	
1- Estudio			1- Estudio									
1.1. Estudio situación económica	25-sep-20	20-nov-20	1.1									
1.2. Estudio situación social	20-nov-20	28-feb-20	1.2									
1.3. Estudio gestión de residuos			1.3									
2- Escribir memoria			2- Escribir memoria									
2.1. Situación socioeconómica	01-nov-20	26-feb-21	2.1									
2.2. Qué se está haciendo en la gestión de RSU	15-feb-21	31-mar-21	2.2									
2.3. Campaña de sensibilización	10-abr-21	25-abr-21	2.3									
2.4. Plan de actuación	15-may-21	25-jun-21	2.4									
3- Propuesta gestión de residuos			3- Propuesta gestión de residuos									
3.1. Proyecto de reciclaje y compostaje	20-may-21	10-jun-21	3.1									
3.2. Estudio económico	10-jun-21	21-jun-21	3.2									
4- Campaña de sensibilización			4- Campaña de sensibilización									
4.1. Propuesta campaña	20-may-21	10-jun-21	4.1									
4.2. Estudio económico	15-jun-21	21-jun-21	4.2									
5- Conclusiones			5- Conclusiones									
5.1. Conclusiones del TFG	22-jun-21	26-jun-21	5.1									
6- Preparar presentación			6- Preparar presentación									
6.1. Preparar presentación TFG	22-jun-21	29-jun-21	6.1									

Tabla 2 Diagrama de Gantt del proyecto.

3.4. PLANIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN ECONÓMICA

Las actividades a realizar se muestran a continuación en la Tabla 3, donde se proponen unas fechas como ejemplo para entender el proceso que seguiría el proyecto:

					Gantt					
					2021			2022		
					sept	oct	nov	dic	ene	feb
					Comienzo Final					
1. PRM					1. PRM					
1.1. Acondicionamiento del terreno				01-sep-21	15-oct-21	1.1				
1.2. Construcción del edificio				15-oct-21	30-dic-21		1.2			
1.3. Compra de maquinaria				01-dic-21	30-dic-21			1.3		
1.4. Contratación de personal				02-ene-22	30-ene-22				1.4	
2. Planta de compostaje					2. Planta de compostaje					
2.1. Acondicionamiento del terreno				01-sep-21	15-oct-21	2.1				
2.2. Construcción del edificio				15-oct-21	30-dic-21		2.2			
2.3. Compra de maquinaria				01-dic-21	30-dic-21			2.3		
2.4. Contratación de personal				02-ene-22	30-ene-22				2.4	
3. Servicio de recogida					3. Servicio de recogida					
3.1. Compra contenedores				02-ene-22	20-ene-22				3.1	
3.2. Instalación contenedores				20-ene-22	20-feb-22					3.2
3.3. Contratación servicio de recogida										3.3
4. Campaña de sensibilización					4. Campaña de sensibilización					
4.1. Contratación personal				01-nov-21	25-nov		4.1			
4.2. Charlas en colegios				07-ene-22	14-ene-22				4.2	
4.3. Talleres y juegos en colegios				17-ene-22	24-ene-22				4.3	
4.4. Día de enseñanza colaborativa con mujeres				24-ene-22	31-ene-22				4.4	
4.5. Charlas adultos				01-dic-21	10-dic-21			4.5		
4.6. Formación adultos				10-dic-21	25-ene-22				4.6	
4.7. Talleres adultos				01-feb-22	20-feb-22					4.7

Tabla 3 Diagrama de Gantt de las actividades programadas.

Las fechas mostradas en la Tabla 3 son aproximadas y podrían variar, por lo que se cuenta con que podría haber un retraso máximo de 2 meses del proyecto debido al ritmo de trabajo del municipio. Sin embargo, en cualquier caso, el orden de las actividades se mantendría.

En cuanto a la estimación económica, se espera que, gracias al proyecto, se obtenga un beneficio anual de 366.000€ aproximadamente.

4. PLAN DE ACTUACIÓN

4.1. PROPUESTAS DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Como se ha mencionado antes, el gobierno dominicano ya está llevando a cabo medidas para mejorar la situación del vertedero de Haina, con el cierre técnico de algunas de sus zonas y la instalación de chimeneas para evitar la contaminación en el municipio. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto es dar un paso más e ir al origen del problema para reducir el volumen de residuos que acaban en el vertedero. Se propone un plan de actuación a través del cual se separen los residuos en su origen, es decir, en las viviendas y centros educativos de Bajos de Haina, con el fin de instaurar un circuito de reciclaje que permita la gestión integral de los residuos sólidos urbanos. Para ello, es fundamental concienciar a la población, ya que su colaboración es necesaria para que el proyecto tenga éxito. La campaña de sensibilización se diseñará más adelante, tras tener un plan definido y analizar los beneficios que este puede aportar a la población de Haina.

Basado en el Manual de Tratamiento Intermedio y Reciclaje de República Dominicana [25], el circuito de reciclaje que se propone tiene las siguientes fases:

1. Tratamiento: son todos los procesos de transformación física, química o biológica a los que se someten los residuos para su máximo aprovechamiento.
2. Almacenamiento: fase de retención de los residuos tratados antes de entregarlos al servicio de recolección.
3. Aprovechamiento: son los procesos que tienen como fin la recuperación o transformación de los recursos de los residuos.
4. Compostaje: proceso a través del cual los residuos orgánicos son biológicamente descompuestos en unas determinadas condiciones para que puedan devolverse al suelo sin consecuencias negativas para el medio ambiente.

Para que el tratamiento de los residuos sea eficiente, en primer lugar, hay que conocer la cantidad y composición de los residuos que genera el municipio. Como se ha mencionado

antes, Bajos de Haina genera 156 toneladas de residuos al día. A continuación, en el Gráfico 4, se muestra una estimación de los residuos sólidos a nivel municipal en República Dominicana, lo cual se extrapolará para Bajos de Haina.

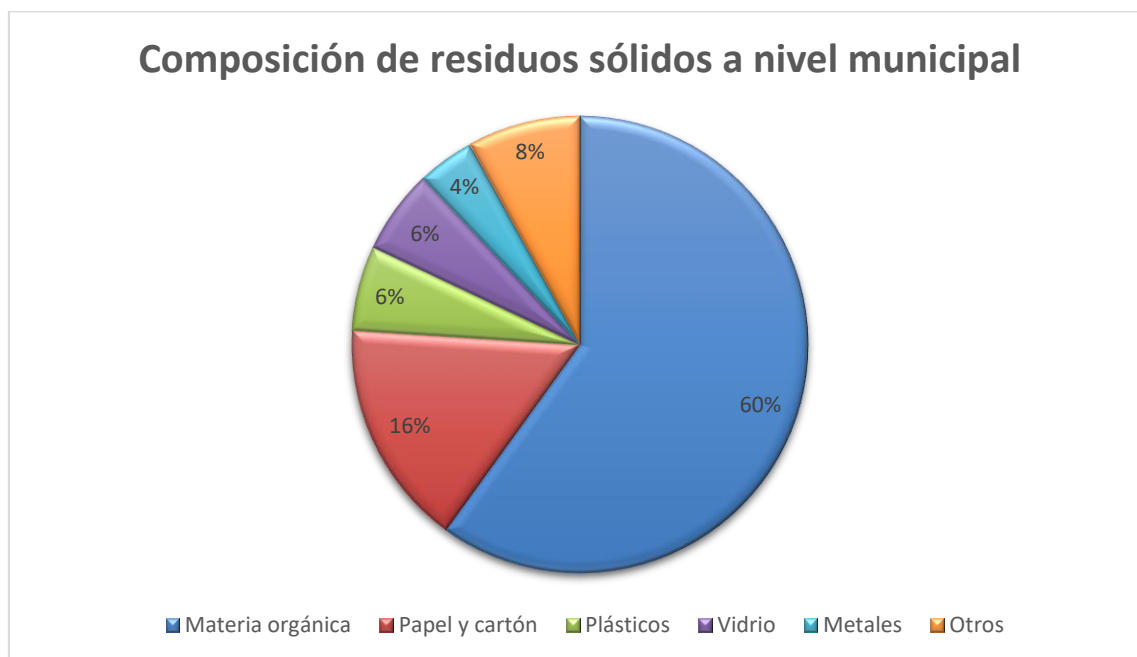


Gráfico 4 Composición de los residuos sólidos municipales de República Dominicana. Fuente: (MARENA 2015)

Como se puede observar, es evidente el gran peso que tiene la **materia orgánica** en la composición de los residuos, por lo que se propondrá una planta de compostaje a través de la cual aprovechar todos los residuos orgánicos. Cabría también la opción de aprovechar los residuos orgánicos en una planta de biogás, obteniendo energía, pero se descarta debido a la situación económica de Bajos de Haina, que no podría hacer frente a los gastos que implica.

Por otra parte, los residuos inorgánicos se llevarán a una planta de recuperación de materiales para su reciclaje. **Papel y cartón** son más abundantes que el resto, por lo que requerirán de una mayor infraestructura para su tratamiento.

Por otra parte, es esencial conocer la demanda de los distintos materiales por parte del mercado, con el objetivo de rentabilizar el circuito de reciclaje. Los **metales**, especialmente aluminio, cobre y hierro, suelen ser de los materiales más cotizados[25], por lo que, a pesar

de su bajo porcentaje en la composición de los residuos, merece la pena recuperarlos para su posterior comercialización. Los residuos urbanos más habituales dentro de los metales son las latas de aluminio y los envases de acero, por lo que estos serán los materiales objetivo. En cuanto al **vidrio**, gran parte de este procede de botellas que habitualmente son reutilizadas por empresas fabricantes de bebidas[26], por lo que no se considera necesaria la inclusión del vidrio en el sistema de reciclaje. Finalmente, aunque los **plásticos** componen solo el 6% de los residuos, es importante su reciclaje debido a su tiempo de descomposición, que puede durar hasta mil años, provocando una gran contaminación a largo plazo. Los plásticos objetivo de la planta serán los más comunes y que permiten un reciclaje sencillo: el PET (tereftalato de polietileno), principalmente de botellas, el LDPE (polietileno de baja densidad) en papel film, aislantes y bolsas de la compra, y el PP (Polipropileno), presente en tapones, pajitas y tuppewares[27].

4.1.1. PLANTA DE RECUPERACIÓN DE MATERIALES (PRM)

El objetivo de la PRM es acondicionar los materiales para su reciclaje. Es muy importante que la planta sea eficiente para reducir al máximo los costes del proyecto, por lo que los siguientes puntos son esenciales:

- Los residuos aceptados por la planta deben ser solo aquellos que han sido adecuadamente separados, por lo que se introducen sistemas de identificación de los materiales.
- La eficiencia de operaciones, centrada en el uso de recursos en la clasificación y el tratamiento, que permite reducir costes.
- Eficacia operativa para que los productos obtenidos cumplan los requerimientos del mercado.
- Adaptabilidad operativa en caso de que cambien los clientes o las empresas, beneficiando la comercialización de los productos básicos obtenidos.

En cuanto al **proceso de selección**, existen dos posibilidades: operación mecánica o procesamiento manual. En principio, la decisión suele depender del presupuesto del que se posea y del coste de la mano de obra de la región, ya que normalmente los mayores costes surgen del personal. Sin embargo, en este proyecto se busca también la generación de empleo, integrando a los buzos, con el fin de mejorar su calidad de vida y evitar conflictos

los conflictos sociales que se mencionaron anteriormente. Además, puede ser una oportunidad también para aquellas mujeres que estén buscando salir del mercado de la prostitución. Por lo tanto, se opta por la selección manual.

Etapas de trabajo

Las etapas de trabajo que se llevarán a cabo en la PRM son las siguientes:

1. Almacén del material a clasificar
2. Selección: se clasifican los distintos tipos de materiales.
3. Embaladoras
4. Depósito
5. Almacén de placas

Organización del espacio y volumen del centro de clasificación

Para calcular el espacio y el personal necesario para la planta, en primer lugar, se tiene que conocer el volumen de residuos que recibirá. Se sabe que Bajos de Haina genera 156 toneladas de residuos al día, de los cuales, entre papel, cartón, plástico y metales, un 26% serían susceptibles de ser captados por la planta de reciclaje. Sin embargo, resulta evidente que no todos esos residuos serán separados en origen, por lo que se supone que, gracias a la campaña de sensibilización, un 50% de dichos residuos serán separados correctamente. Así, se realiza el cálculo de los residuos que recibe la PRM al día:

$$156ton * 0,26 * 0,5 = 20,28ton$$

$$20ton * \frac{1000kg}{ton} = 20000kg$$

En cuanto a los **equipos de trabajo**, se tendrá un equipo para cada etapa del proceso. Se sabe que un trabajador separa de media 200kg de material al día [25], por lo que se necesitarán unas 100 personas para la selección. Para el traslado de materiales entre la etapa de selección y la de embalaje se emplearán 25 personas. Por otra parte, un trabajador puede embalar aproximadamente 600kg de material al día[25]. Suponiendo que el 5% del material recibido por la planta esté mal clasificado, la cantidad de material a embalar será 19000kg,

por lo que se necesitarán unos 32 empleados para dicha etapa. Para el traslado del material entre la zona de embalaje y el almacén final se necesitarán 16 empleados. Por último, se necesitará un encargado para cada fase y un encargado de la planta, lo que suman otros 5 trabajadores. En total, la plantilla de la PRM contará con 178 trabajadores.

Por otra parte, la organización de las operaciones de la PRM seguirá el orden determinado por las etapas de trabajo que se han mencionado. Al tratarse de un proceso manual, es conveniente tener en cuenta la topografía del terreno, aprovechando la pendiente para que el movimiento entre etapas sea más sencillo. Es necesario determinar el área que requerirá la planta para buscar una ubicación en el municipio que permita su instalación. A continuación, en la Tabla 4, se muestran algunas consideraciones a tener en cuenta para el dimensionamiento:

Tipo de facilidad	Consideraciones
Almacén de materiales a clasificar	Volumen de varios días de recolección
Secciones de clasificación	Número de secciones necesario para el almacenamiento de las subcategorías de material clasificado.
Almacén de materiales a distribuir	Capacidad de almacenamiento de la producción semanal, considerando el envío de los materiales de mayor salida.
Almacén de otros materiales	Espacios específicos para colocar materiales restantes: metales, vidrios, entre otros.

Tabla 4 Consideraciones para el dimensionamiento de la PRM.

A continuación, se estimará el volumen de recolección de 5 días, para lo que es necesario conocer las densidades de los distintos materiales, que se muestran en la Tabla 5.

Material	Densidad (kg/m ³)
Papel y cartón	70
Plástico	30
Aluminio	2700
Acero	7500

Tabla 5 Densidades de los materiales

Así, se procede al cálculo del volumen de residuos teniendo en cuenta su composición:

$$\begin{aligned} \text{Volumen de papel y cartón} &= \frac{156000 * 0,16 * 0,5}{70} \\ &= 178,3 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$\text{Volumen de plástico} = \frac{156000 * 0,06 * 0,5}{30} = 156 \text{ m}^3 \quad \text{Ecuación 2}$$

$$\text{Masa de metal} = 156000 * 0,04 * 0,5 = 3120\text{kg} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$\text{Volumen de aluminio} = \frac{3120 * 0,5}{2700} = 0,58 \quad \text{Ecuación 4}$$

$$\text{Volumen de otros metales} = \frac{3120 * 0,5}{7500} = 0,208\text{m}^3 \quad \text{Ecuación 5}$$

$$\text{Volumen total} = 178,3 + 156 + 0,708 = 335,08 \text{ m}^3/\text{día} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$\text{Volumen de residuos de 5 días} = 335,08 * 5 = 1675 \text{ m}^3 \quad \text{Ecuación 7}$$

Suponiendo que la altura de las pilas de residuos es de 3m, el área necesaria para el almacén de materiales a clasificar será:

$$\text{Área almacenamiento de residuos} = \frac{1675}{3} \approx 558,5 \text{ m}^2 \quad \text{Ecuación 8}$$

En cuanto a la etapa de **selección**, al haber 100 trabajadores, trabajarán en mesas de 4, por lo que se requieren 25 mesas de trabajo. Así, en cada mesa de trabajo se separarán 800kg al día. Se tendrán dos secciones diferentes dentro de la selección primaria: una para papel y cartón y otra para envases (plástico y metal). En cada mesa se tendrán 3 tanques en los que depositar los materiales más abundantes y varios sacos suspendidos de la mesa para el resto de los materiales.

- Área de la mesa de trabajo: $3 * 1 = 3 \text{ m}^2$
- Área tanque: $0,7 \text{ m}^2$
- $\text{Papel y cartón} \left\{ \begin{array}{l} \text{Cartón} \\ \text{Papel limpio} \\ \text{Papel con tinta} \end{array} \right.$
- $\text{Envases} \left\{ \begin{array}{l} \text{PET} \\ \text{LDPE} \\ \text{PP} \\ \text{Acero} \\ \text{Aluminio} \end{array} \right.$
- Área total tanques por mesa: $3 * 0,7 = 2,1 \text{ m}^2$

$$\text{Área selección} = 25 * (3 + 2,1) = 127,5 \text{ m}^2 \quad \text{Ecuación 9}$$

Para la etapa de embalaje se tendrán 32 trabajadores y se utilizarán prensas verticales con el fin de reducir espacio. Se toma una prensa genérica con las especificaciones[28] mostradas en la Tabla 6:

Tamaño de la máquina			
Altura (mm)	Ancho (mm)	Fondo (mm)	Peso
3160	1885	1105	1900 kg

Dimensión de las balas			
Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Peso
1120/1170	1270	770	500
Abertura de la puerta			
Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	
610	1140	770	

Tabla 6 Especificaciones de una prensa genérica

A continuación, se calcula el espacio necesario para la etapa de embalaje y la etapa de almacenamiento final:

$$\text{Área máquina} = 1,885 * 1,105 + 1,14 * 0,77 = 2,96 \text{ m}^2 \quad \text{Ecuación 10}$$

$$\text{Área total máquinas} = 32 * 2,96 = 94,74 \text{ m}^2 \quad \text{Ecuación 11}$$

$$\text{Volumen bala} = 1,27 * 0,77 = 0,98 \text{ m}^3 \quad \text{Ecuación 12}$$

$$N^{\circ} \text{ balas} = \frac{156000 * 0,5 * (0,16 + 0,06 + 0,04) * 0,9}{500} \quad \text{Ecuación 13}$$

$$\approx 36$$

$$\text{Área total balas} = 36 * 0,98 = 35,28 \text{ m}^2 \quad \text{Ecuación 14}$$

Para el cálculo del área de **embalaje** se añade un margen adicional al valor calculado para las máquinas que tenga en cuenta la separación entre las máquinas y el espacio necesario para el paso de los trabajadores.

$$\text{Área embalaje} = 94,74 + 20 = 114,74 \text{ m}^2 \quad \text{Ecuación 15}$$

Con el fin de reducir el espacio necesario para del **almacén final**, se dispondrán las balas apiladas en 2 filas. Es importante tener en cuenta que el almacén debe poder albergar el material de 5 días. Además, se añade un margen de espacio para los trabajadores y el desplazamiento de las balas.

$$\text{Área almacén} = \left(\frac{35,28}{2}\right) * 5 + 20 = 108,2 \text{ m}^2 \quad \text{Ecuación 16}$$

Finalmente, el área de la PRM será:

$$\text{Área planta} = 558,5 + 87,5 + 114,74 + 108,2 = \text{Mi} \quad \text{Ecuación 17}$$

En cuanto a la **localización de la planta**, como se ha mencionado antes, interesa aprovechar la topografía del terreno para facilitar el movimiento del material a través de las distintas fases. Además, es conveniente elegir una ubicación cercana al vertedero, ya que los materiales que lleguen a la planta, pero no sean reciclables, pasarán a su disposición final en el mismo. Otro factor a tener en cuenta es la accesibilidad del terreno con el fin de facilitar la entrada de residuos y la salida del material reciclado. Por último, es importante que la planta no se encuentre junto a una zona poblada para respetar el espacio de las habitantes del municipio. Con todas estas consideraciones, observando la Ilustración 5, se concluye que una posible localización para la PRM sería junto al vertedero de Haina, aprovechando la diferencia de altura para establecer un orden descendente de las fases que favorezca el proceso.



Ilustración 5 Posible localización de la PRM. Fuente: Google Maps.

4.1.2. PLANTA DE COMPOSTAJE

Se propone la instalación de una planta de compostaje ya que la mayoría de los residuos sólidos que genera el municipio son orgánicos. Esto favorecerá a una importante reducción de los residuos que acaban en el vertedero, además de mitigar los efectos negativos de la presencia de materia orgánica en el mismo, como el mal olor y la emisión de metano. Por otra parte, el producto del compostaje, denominado compost, podrá ser aprovechado como abono ya que tiene propiedades beneficiosas para el suelo.

La primera decisión que se debe tomar es si el compostaje será doméstico o municipal. En este caso, al tratarse de un proyecto que englobe a todo el municipio, y teniendo en cuenta las condiciones de vida de la población, que en muchos casos sufre el hacinamiento, se propone compostaje municipal.

La segunda decisión a tomar es si se emplearán sistemas abiertos o cerrado. Los **sistemas abiertos** son los más habituales debido a su sencillez y viabilidad técnica y económica. A su vez, dentro de los sistemas abiertos existen dos opciones [29]:

- a) Sistemas de pila móvil: Consiste en el volteo del material para su oxigenación, por lo que requieren de mayor espacio. Son menos efectivos en la destrucción de patógenos, pero permiten una mayor homogenización del material.
- b) Sistemas de pila estática: Consisten en insuflar la masa de material para su oxigenación. Al no mover el material la masa no se homogeniza y aparecen gradientes de temperatura, así como la compactación del material.

Por otra parte, los **sistemas cerrados** permiten un mayor control de las condiciones del proceso. Sin embargo, los costes de inversión, mantenimiento y energéticos son mucho mayores.

Por lo tanto, teniendo en cuenta la economía de Bajos de Haina, se optará por un sistema abierto con el fin de reducir al máximo los costes del proyecto. Esto conlleva mayores exigencias en cuanto al control del olor, por lo que se deberá tener en cuenta la distancia de la planta a las zonas habitadas alrededor. Se propone un sistema de pila móvil.



Ilustración 6 Compostaje por volteo.

Los pasos del proceso de compostaje son los siguientes:

1. Recolección de los residuos: Se asume que, gracias a la campaña de sensibilización, se recogerán el 60% de los residuos orgánicos del municipio. Por lo tanto, la cantidad de residuos que recibirá la planta al día será:

$$\text{Residuos planta} = 156000 * 0,6 * 0,6 = 56160 \text{ kg}$$

Ecuación 18

2. Preparación de los residuos de tal manera que tengan un tamaño homogéneo que facilite la descomposición. Para esta fase se requerirá de una máquina trituradora.
3. Montaje de la estructura, en este caso un sistema abierto de pila móvil.
4. Volteo semanal durante un mes.

5. Maduración durante 2 meses.

Volumen y localización de la planta de compostaje

En la Ecuación 18 se ha calculado que la planta recibirá 56160 kg de materia orgánica al día. El proceso de compostaje dura un mes, por lo que se requerirá un espacio de almacenamiento que pueda contener los residuos recibidos en un mes. Sabiendo que la densidad de la materia orgánica es aproximadamente 550 kg/m³, se calcula el volumen de residuos:

$$\text{Residuos de un mes} = 56160 * 31 = 1.740.960 \text{ kg} \quad \text{Ecuación 19}$$

$$\text{Volumen residuos} = \frac{1.740.960}{550} = 3.165,38 \text{ m}^3 \quad \text{Ecuación 20}$$

La planta de compostaje constará de 3 espacios: el almacén inicial de residuos, la zona de ventilación forzada y la zona de maduración. Para el cálculo del espacio del almacén inicial se empleará el valor hallado en la Ecuación 20. La zona de compostaje debe tener, en primer lugar, una máquina trituradora, y en segundo lugar un sistema abierto de pila móvil. Por último, el almacén final contendrá el compost obtenido, el cual tendrá un volumen correspondiente al 30% del volumen inicial de la materia orgánica[25].

$$\text{Almacén inicial} = \frac{3.165,38 + 20}{3,5} = 995,43 \text{ m}^2 \quad \text{Ecuación 21}$$

$$\text{Zona compostaje} = \frac{3.165,38}{2} + 30 = 1612,69 \text{ m}^2 \quad \text{Ecuación 22}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen compost 2 meses} &= \frac{56160 * 0,3 * 31 * 2}{550} \\ &= 1899,23 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad \text{Ecuación 23}$$

$$\text{Zona de maduración} = \frac{1899,23}{3} = 663,07 \text{ m}^2 \quad \text{Ecuación 24}$$

$$\text{Área total} = 995,43 + 1612,69 + 663,07 = 3271,19 \text{ m}^2 \quad \text{Ecuación 25}$$

La localización de la planta de compostaje será lo más lejana posible de las zonas habitadas del municipio. La distancia mínima establecida es de 500m, por lo que se propone la siguiente ubicación mostrada en la Ilustración 7, en el entorno de la PRM y el vertedero:

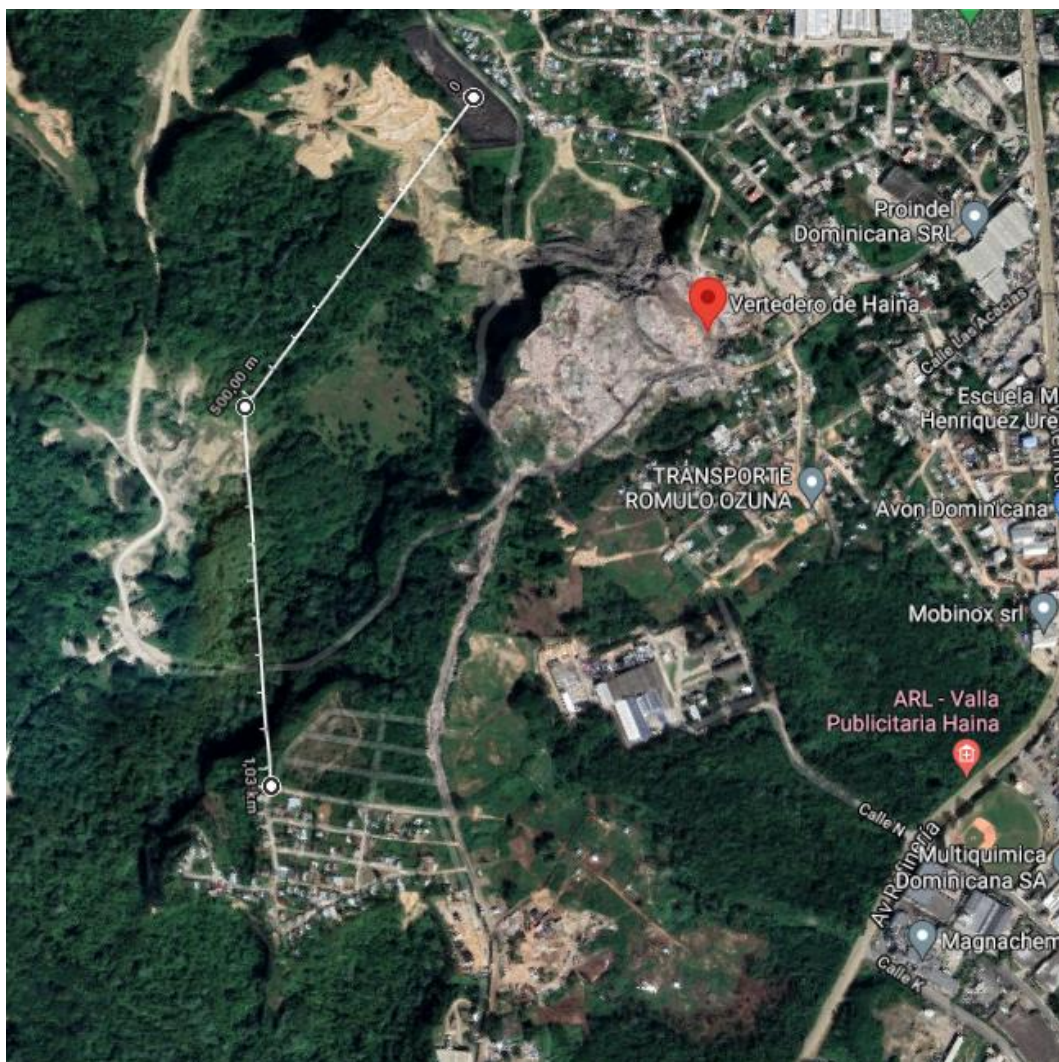


Ilustración 7 Localización planta de compostaje. Fuente: Google Maps

En cuanto al personal, se contratarán 20 empleados, entre ellos: un encargado de planta, tres encargados de fase (almacenamiento, volteo y maduración), 6 personas para la preparación de los residuos, 2 personas para el volteo, 2 personas para el proceso de maduración, 4 personas para el empaquetamiento y 2 personas para el transporte entre fases.

4.1.3. SISTEMA DE RECOGIDA

La separación en origen de los residuos es clave para el proyecto de reciclaje, por lo que se buscarán puntos en los que ubicar los contenedores que favorezcan la separación de los residuos a nivel doméstico, así como en los centros educativos de Bajos de Haina, con el fin de involucrarles en el proyecto. La separación de residuos se basará en:

Contenedor	Materiales	Destino
Azul	Papel y cartón	PRM
Amarillo	Plástico y envases metálicos	PRM
Naranja	Materia orgánica	Planta de compostaje
Gris	Desechos en general	Vertedero

Tabla 7 Clasificación de residuos para su reciclaje.

El servicio consistirá en un camión para cada destino, es decir: uno que vaya a la PRM, uno que vaya a la planta de compostaje y otro que vaya al vertedero. La frecuencia de recogida depende del volumen de residuos generado. Así, el camión de la planta de compostaje pasará cada dos días ya que los residuos orgánicos son los más abundantes y generan mal olor. Por otro lado, el camión de la PRM pasará dos días a la semana y el del vertedero una vez cada 15 días.

Para la ubicación de los contenedores se aprovecharán los puntos de recogida con los que cuenta Bajos de Haina actualmente, en total 46[30]. Por otra parte, se proporcionarán contenedores de menor tamaño a los 16 centros educativos del municipio, quienes podrán llevar los contenedores a los puntos de recogida más próximos cuando sea necesario, ya que el volumen de residuos generado será en general menor que el de los hogares.

4.2. CAMPAÑA DE SENSIBILIZACIÓN

Con el fin de que el proyecto propuesto tenga éxito, es indispensable llevar a cabo una campaña de sensibilización para que la población colabore y permita la gestión integral de los residuos. De acuerdo con el manual de Educación Ambiental y Participación Ciudadana de República Dominicana, como se muestra en el Gráfico 5, una gestión de residuos integral empieza por la prevención o reducción, la reutilización y el reciclaje. Por lo tanto, el objetivo de la campaña no será únicamente que la población separe los residuos, sino también que comprendan la importancia de hacer un consumo responsable y reutilizar objetos.



Gráfico 5 Jerarquía en el manejo de residuos sólidos. Fuente: MARENA

La campaña de sensibilización se basará en los siguientes puntos.

1. Impacto negativo del tratamiento actual de los residuos sólidos en Bajos de Haina.
2. Beneficios que espera ofrecer el proyecto de reciclaje propuesto.
3. Iniciativas para enseñar a reciclar.

Impacto negativo del tratamiento actual de los residuos sólidos en Bajos de Haina.

Actualmente, bajos de Haina genera 156 toneladas de residuos sólidos al mes. Suponiendo que mantuvieran este ritmo, en los próximos 10 años de encontraría con un volumen de residuos de $10 \times 365 \times 156 = 569400$ toneladas de residuos.

Bajos de Haina tiene una superficie de 38,49 km². Teniendo en cuenta las densidades mostradas en la Tabla 5 y la composición de residuos del Gráfico 4, se calcula el volumen de residuos generados al día:

$$Vol_{diario} \approx 156 * \left(\frac{0,6}{1,2} + \frac{0,16}{1,1} + \frac{0,6}{1,4} + \frac{0,6}{2,5} + \frac{0,4}{4} + \frac{0,8}{1,5} \right) = 230,02 m^3$$

Ecuación 26

Por lo tanto, los residuos generados cada mes ocupan el siguiente volumen:

$$Vol_{mensual} = 230,03 * 31 = 7130 m^3$$

Ecuación 27

Esta cantidad sería suficiente para cubrir de basura el Estadio Olímpico Félix Sánchez, el estadio de fútbol más grande de República Dominicana con capacidad para 27000 espectadores. Actualmente, la gestión de residuos se basa únicamente en su disposición final, lo que supone que la mayoría de esos residuos se quedan en el municipio. Esto puede empeorar notablemente el **problema demográfico** de Bajos de Haina, donde muchas familias ya viven hacinadas por la falta de espacio causado por el crecimiento demográfico de los últimos años.

Además, debido al espacio limitado del vertedero, es habitual la quema de residuos. Esto tiene graves efectos para la **salud** de los habitantes que se muestran a continuación:

- Alergias
- Enfermedades respiratorias
- Cáncer
- Enfermedades coronarias (corazón y circulación)

Por otra parte, la situación de descontrol del vertedero y la quema de residuos tienen también consecuencias sobre el **medio ambiente**:

- **Agua:** Los lixiviados de la materia orgánica se filtran, contaminando el suelo y el agua. La quema de residuos también puede contaminar el agua si las partículas llegan a cuerpos de agua superficiales. Muchas veces, debido a la falta de saneamiento, el

agua contaminada acaba siendo consumida por los habitantes del municipio, generando enfermedades gástricas y cutáneas.

- **Atmósfera:** Algunos gases emitidos en la quema de residuos, como el metano, favorecen el efecto invernadero, y otros a la destrucción de la capa de ozono.

Por otra parte, los recicladores de base, conocidos como buzos, llevan a cabo la recolección de algunos de los residuos del vertedero en unas condiciones que ponen en peligro su salud e incluso en ocasiones sus vidas, consecuencia de los incendios del vertedero

Beneficios del proyecto de reciclaje

1. Reducción de los residuos que acaban en el vertedero en al menos un 50%.
2. Trabajo digno para recicladores de base y mujeres que necesitan empleo.
3. Mitigación de la contaminación por residuos sólidos.

Iniciativas campaña

Analizando la experiencia previa de otras campañas exitosas, como la de “Basura Cero” llevada a cabo en el municipio de San José de Las Matas, se observa que el público más receptivo a este tipo de campañas suelen ser los niños, ya que los adultos son más reacios a los cambios. Por tanto, el principal público objetivo para empezar la campaña serán los niños. Bajos de Haina cuenta con 16 **centros educativos**, en los que se llevarán a cabo las siguientes iniciativas:

- Charlas acerca de la importancia del consumo responsable y el reciclaje.
- Talleres de reutilización de materiales u objetos.
- Juegos para aprender a reciclar.
- Competición de reciclaje entre clases.
- Enseñanza colaborativa con las madres/abuelas.

Por otra parte, de cara a los adultos, se proponen:

- Charlas acerca de la importancia del consumo responsable y el reciclaje.

- Talleres sobre cómo reciclar.
- Formaciones acerca del trabajo llevado a cabo en las plantas para aquellos que busquen trabajo, especialmente recicladores de base y mujeres.

El objetivo principal de las actividades propuestas es que, tanto niños como adultos, vean este proyecto como suyo.

Se realizarán las charlas en colegios durante una semana, los talleres durante la siguiente y la formación colaborativa con madres y abuelas la siguiente. Se estima que serán necesarias unas 6 personas para llevar a cabo la campaña, ya que se irá cada día a un colegio diferente a realizar las actividades propuestas.

5. ESTUDIO ECONÓMICO

5.1. SERVICIO DE RECOGIDA

Puntos limpios: Los contenedores tiene una vida útil de 4 años

- Contenedor 800L: 200€
- Contenedor 120L: 35€
- Número de contenedores $\begin{cases} 800L: 3 * 46 = 138 \\ 120L: 3 * 16 = 48 \end{cases}$

$$\text{Coste contenedores} = 138 * 200 + 48 * 35 = 29.280€ \quad \text{Ecuación 28}$$

$$\text{Amortización anual contenedores} = \frac{29.280}{4} = 7320 € \quad \text{Ecuación 29}$$

Camiones de recogida

Se contrataría un servicio externo. Actualmente el coste es de 6600€/mes, con un servicio de recolección de residuos para su disposición en el vertedero dos veces a la semana. Por lo tanto, se asume que, por cada día de recogida a la semana, el coste es de 3300€/mes. Además, se aplica un factor de proporcionalidad de 0,8, ya que el volumen de residuos recogido será menos que antes, cuando se concentraban todos los residuos en un único contenedor, resultando un coste de $3300 * 0,8 = 2640$ €/mes. Teniendo en cuenta la frecuencia de recogida establecida anteriormente, se obtiene:

- Residuos no reciclables: 1320 €/mes
- Envases: 2640 €/mes
- Residuos orgánicos: 3960 €/mes

$$\text{Coste recogida} = 1320 + 2640 + 3960 = 7.640€ \quad \text{Ecuación 30}$$

$$\Delta \text{Coste recogida} = 7640 - 6600 = 1.040€/mes \quad \text{Ecuación 31}$$

5.2. PLANTA DE RECUPERACIÓN DE MATERIAL

Instalación: Se estima un coste de 329.069€, con una vida útil de 25 años.

$$\text{Amortización anual instalación} = \frac{329.069}{25} = 13.162,76 \text{ €} \quad \text{Ecuación 32}$$

Máquinas: Las máquinas tienen una vida útil de 8 años.

- Prensa compactadora: 1400€
- Carretilla manual 150kg: 80€
- Carro de plataforma 150kg: 200€

$$\text{Coste máquinas: } 32 * 1400 + 16 * 200 + 25 * 80 = 50.000\text{€} \quad \text{Ecuación 33}$$

$$\text{Amortización anual maquinaria} = \frac{50.000}{8} = 6250 \text{ €} \quad \text{Ecuación 34}$$

Personal

Teniendo en cuenta que el salario medio en República Dominicana es de 301,51€/mes y el salario mínimo 129€/mes, se proponen los siguientes salarios:

- Encargado de planta: 320€/mes
- Encargados de fase: 280€/mes
- Seleccionadores, embaladores y transportistas: 250€/mes

$$\text{Coste personal} = 1 * 320 + 4 * 280 + 173 * 250 = 44.690 \text{ €/mes} \quad \text{Ecuación 35}$$

Ganancias

Se basan en la venta de los materiales reciclados. Para obtener las ganancias de la planta necesario conocer el precio de los distintos materiales, que se muestran en la Tabla 8.

Material	Precios
PET	0,064€/kg

LDPE	0,097€/kg
PP	0,161€/kg
Papel/Cartón	0,04€/kg
Aluminio	10€/kg
Acero	5€/kg

Tabla 8 Precio de venta de materiales reciclados.

Generación de material reciclado:

$$PET = 156000 * 0,5 * 0,06 * 0,9 * 0,4 = 1684,8 \text{ kg/mes} \quad \text{Ecuación 36}$$

$$LDPE = 156000 * 0,5 * 0,06 * 0,9 * 0,3 = 1263,6 \text{ kg/mes} \quad \text{Ecuación 37}$$

$$PP = 156000 * 0,5 * 0,06 * 0,9 * 0,3 = 1263,6 \text{ kg/mes} \quad \text{Ecuación 38}$$

$$\text{Papel/Cartón} = 156000 * 0,5 * 0,16 * 0,9 = 11232 \text{ kg/mes} \quad \text{Ecuación 39}$$

$$\text{Aluminio} = 156000 * 0,5 * 0,04 * 0,9 * 0,5 = 1404 \text{ kg/mes} \quad \text{Ecuación 40}$$

$$\text{Acero} = 156000 * 0,5 * 0,04 * 0,9 * 0,5 = 1404 \text{ kg/mes} \quad \text{Ecuación 41}$$

$$\begin{aligned} \text{Ganancias} &= 1684,8 * 0,064 + 1263,6 * 0,097 + 1263,6 * 0,161 \\ &\quad + 11232 * 0,04 + 1404 * 10 + 1404 * 5 \\ &= 21.943,12 \text{ €/mes} \end{aligned} \quad \text{Ecuación 42}$$

5.3. PLANTA DE COMPOSTAJE

Instalación: Se estima un coste de 1.237.295€ con una vida útil de 25 años.

$$\text{Amortización anual instalación} = \frac{1.237.295}{25} = 49.491,8 \text{ €} \quad \text{Ecuación 43}$$

Maquinaria [31]: Se estima una vida útil de 10 años

- Máquina trituradora: 6000€
- Máquina volteadora: 30.000€
- Máquina para descompactar: 1.200€
- Ensacadora: 18.117€

$$\text{Coste maquinaria} = 6000 + 30000 + 1200 + 18117 = 55.377 \text{ €} \quad \text{Ecuación 44}$$

$$\text{Amortización anual maquinaria} = \frac{55.377}{10} = 5.537,7 \text{ €} \quad \text{Ecuación 45}$$

Empleados

- Encargado de planta: 320€/mes
- Encargados de fase: 280€/mes
- Resto de empleados: 250€/mes

$$\text{Coste personal: } 320 * 1 + 280 * 3 + 250 * 16 = 5.160 \text{ €/mes} \quad \text{Ecuación 46}$$

Ganancias

El precio de venta del compost obtenido de la planta será de 0,07€/L. El volumen de compost generado al mes será la mitad del obtenido en la Ecuación 23, es decir 949.615 L/mes.

$$\text{Ganancias} = 949.615 * 0,07 = 66.473,05 \text{ €/mes} \quad \text{Ecuación 47}$$

5.4. CAMPAÑA DE SENSIBILIZACIÓN

Material didáctico: incluye carteles para los colegios y para el municipio, infografías para las charlas, etc. Se ha pedido presupuesto para 100 carteles y tendrían un coste de 95€, por lo que incluyendo carteles, infografías y algunos costes adicionales para los talleres se estima un coste total de 500€.

Personal: ya que no se trata de empleados fijos, se hará un único pago para cubrir toda la campaña. En este caso los empleados no serán hainienses sino personas externas con formación una que les permita educar a la población, así como llevar a cabo las actividades propuestas de manera eficiente. Como la duración total será de 6 semanas aproximadamente, a jornada parcial, se propone un sueldo de 400€. Por lo tanto, el coste total en personal será de 2400€.

Se propone hacer una campaña al año con el fin de realizar un trabajo de sensibilización eficiente a largo plazo, por lo que el coste de campaña será anual.

$$\text{Coste campaña} = 500 + 2400 = 2900\text{€}$$

Ecuación 48

5.5. RESULTADO

A continuación, se ha obtenido el resultado anual en la Ecuación 49. El detalle de los costes y beneficios anuales se muestra en la Tabla 9.

	Coste anual		Beneficio anual
Personal PRM	536.280 €	Materiales PRM	263.317,44 €
Maquinaria PRM	6.250 €	Compost	797.676,6 €
Instalación PRM	13.162,76 €		
Personal planta compostaje	61.920 €		
Maquinaria planta compostaje	5.537,7 €		
Instalación planta compostaje	49.491,8 €		
Contenedores	7.320 €		
Servicio de recogida	12.480 €		
Personal campaña	2.400 €		
Material campaña	500 €		
TOTAL	695.342 €	TOTAL	1.060.994,04 €

Tabla 9 Costes y beneficios anuales del proyecto

$$\text{Resultado anual} = 1.060.994,04 - 695.342 = 365.652,04 \text{ €}$$

Ecuación 49

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Según lo expuesto anteriormente, se espera que, gracias al sistema de reciclaje y la campaña de sensibilización, la cantidad de residuos que llegan al vertedero se reduzca al menos en un 50%. Esto permitirá desahogar la situación actual del vertedero y facilitará los trabajos que se están llevando a cabo por parte del gobierno para el cierre técnico del vertedero. Por otra parte, se ofertarán 198 puestos de trabajo fijo en las plantas, lo cual permitirá dar empleo seguro a la mayoría de los recicladores de base (actualmente son unos 200) y, suponiendo que no todos ellos quieran participar, a algunas mujeres del municipio.

En cuanto al resultado económico, aunque el proyecto requiere una gran inversión, gracias a la venta de los materiales recuperados en la PRM y el compost obtenido de la planta se ha observado en la Ecuación 49 que el resultado anual sería positivo, obteniendo un beneficio neto de 365.652,04 €. Por lo tanto, se trata de un proyecto rentable que podría aportar valor al municipio tanto en el aspecto económico como social y medioambiental.

7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

- La actual de gestión de residuos en Bajos de Haina es insostenible y tiene graves consecuencias tanto para la salud de los habitantes como para el medio ambiente.
- Se ha llevado a cabo una propuesta para la gestión integral de los residuos a través de una planta de reutilización de materiales (PRM) y una planta de compostaje. Para ello, se ha estudiado el volumen y la composición de residuos que genera Bajos de Haina, buscando una solución óptima y viable económicamente. A través de estas plantas se logrará:
 - Ofrecer una alternativa de trabajo formal, segura y estable para recicladores de base y mujeres que viven de la prostitución.
 - Un beneficio económico en torno a los 366.000€ anuales.
 - EL aprovechamiento del 50% de los residuos del municipio.
- Se ha propuesto una campaña de sensibilización de la población acerca de la importancia de cuidar el medio ambiente, realizar un consumo responsable y reciclar.
- Esta solución permite una mejora de la situación de manera viable teniendo en cuenta las circunstancias actuales de Bajos de Haina y República Dominicana. Sin embargo, en vistas a futuro, suponiendo que la población esté cada vez más concienciada, sería interesante llevar a cabo una ampliación de la planta que pudiera captar hasta el 80% de los residuos generados por el municipio.
- En un futuro podría intentar aprovecharse la energía de los residuos orgánicos a través de una planta de biogás.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] "Dominican Republic - Services | Britannica." <https://www.britannica.com/place/Dominican-Republic/Services#ref54441> (accessed Nov. 15, 2020).
- [2] E. Congreso Nacional, "Ley No. 176-07 del Distrito Nacional y 10s Municipios."
- [3] "Publicaciones de la CEPAL." Accessed: Nov. 18, 2020. [Online]. Available: www.cepal.org/apps.
- [4] N. Unidas, "La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe," 2030. Accessed: Dec. 03, 2020. [Online]. Available: www.cepal.org/es/suscripciones.
- [5] "Oficina Nacional de Estadística (ONE)." <https://www.one.gob.do/sociales/pobreza-asistencia-social-y-condiciones-de-vida> (accessed Nov. 19, 2020).
- [6] Cepal, "Estudio económico de Centroamérica y la República Dominicana en 2019 y perspectivas para 2020," 2019. Accessed: Nov. 15, 2020. [Online]. Available: www.cepal.org/apps.
- [7] Cepal, "Balance preliminar de las economías de Centroamérica y la República Dominicana en 2020 y perspectivas para 2021. Febrero de 2021," 2020. Accessed: May 28, 2021. [Online]. Available: www.cepal.org/apps.
- [8] "FRENTE A LA CRISIS EN EUROPA: REFLEXIONES PARA EL CASO DE REPÚBLICA DOMINICANA I. LA CRISIS DEL 2008 PARA AMÉRICA LATINA," 2009. Accessed: Nov. 19, 2020. [Online]. Available: <http://www.imf.org/external/np/sec/pr/2012/pr12445.htm>.
- [9] AMPA, "Memoria Institucional 2018," p. 15, 2018.
- [10] C. Meneses Falcón, "Valorando las necesidades de las mujeres en Haina .," 2018.
- [11] "Análisis del contexto municipal en Santo Domingo." <https://www.sismap.gob.do/Municipal/uploads/evidencias/636600889494673217-23-abril-2018-Analisis-del-Contexto-Municipal-ADN.pdf> (accessed Mar. 22, 2021).
- [12] "Los desechos sólidos en la República Dominicana: su proceso y destino final." <http://www.opd.org.do/index.php/analisis-gobiernolocal/1915-los-desechos->

- solidos-en-la-republica-dominicana-su-proceso-y-destino-final (accessed Apr. 08, 2021).
- [13] "WorstPolluted.org : Projects Reports."
https://www.worstpolluted.org/projects_reports/display/72 (accessed Feb. 22, 2021).
- [14] B. Wooding and R. Moseley-Williams, "Inmigrantes haitianos y dominicanos de ascendencia haitiana en la República Dominicana."
https://www.entreculturas.org/files/documentos/biblioteca/Inmigrantes_SJR_CID.pdf (accessed Apr. 08, 2021).
- [15] I. Tecnológico de Santo Domingo República Dominicana Peralta and D. Rosario, "Ciencia y Sociedad," Accessed: Nov. 19, 2020. [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87019757003>.
- [16] "Política para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales."
<https://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/12/Politica-Residuos-Solidos-Municipales.pdf> (accessed Mar. 11, 2021).
- [17] "Dominicana Limpia – Plan de Manejo Integral de los residuos sólidos a nivel nacional." <https://dominicanalimpia.gob.do/> (accessed Mar. 11, 2021).
- [18] "Dominicana Limpia: Ayuntamiento Municipal de Los Bajos de Haina."
<http://ayuntamientohaina.gob.do/dominicana-limpia/> (accessed Mar. 20, 2021).
- [19] "Situación Actual de Gestión de Residuos en República Dominicana."
<https://cambioclimatico.gob.do/phocadownload/Documentos/giz/Wolf, Judith - Informe Final, Estado GIRS Rep.Dom. Nov. 2018.pdf> (accessed Feb. 23, 2021).
- [20] "FORMULACIÓN ESTRATEGIA NACIONAL DE SANEAMIENTO REPÚBLICA DOMINICANA PROGRAMA INAPA-AECID DOM-014-B CONSULTORIA INICIAL-DIAGNÓSTICO RESIDUOS SÓLIDOS Y ESTRATEGIA NACIONAL."
- [21] E. Peralta, A. Del Rosario, and C. Vélez, "Diagnóstico socioeconómico y ambiental del manejo de residuos sólidos domésticos en el municipio de Haina," 2011.
- .
- [22] Ayuntamiento Municipal de Bajos de Haina, "Relación de compras MIPYMES de Enero a Junio 2020."
<https://www.sismap.gob.do/Municipal/uploads/evidencias/637324086936213363-LISTADO-DE-COMPRAS-MIPYMES-enero-junio-2020.pdf> (accessed Apr. 09, 2021).

- [23] “Contrato de responsabilidad conjunta para la prestación de servicios en la recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos en el municipio Bajos de Haina.” <http://ayuntamientohaina.gob.do/transparencia/wp-content/uploads/2018/08/CLEANING-CITY-GROUP-SRL.pdf> (accessed Feb. 22, 2021).
- [24] “Del caos a la industria: el Proyecto de Ley de Gestión de Residuos Sólidos, sus bondades y aspectos a mejorar.” <https://www.opd.org.do/index.php/analisis-gobiernolocal/2404-los-desafios-en-la-gestion-de-los-residuos-solidos-de-cara-a-dominicana-limpia-v2-2> (accessed Apr. 12, 2021).
- [25] M. de M. A. y R. N. MARENA, “Manual de Tratamiento Intermedio y Reciclaje,” 2017.
- [26] “ADN: Ayuntamiento del Distrito Nacional.” http://adn.gob.do/index.php?option=com_content&view=article&id=217&Itemid=695 (accessed May 31, 2021).
- [27] “Tipos de plásticos. ¿Cuales son reciclables? | Ecoembes.” <https://ecoembesdudasreciclaje.es/tipos-de-plasticos/> (accessed Jun. 14, 2021).
- [28] “Prensa de tamaño grande Mil-tek 50SD.” <https://www.miltek.es/product/prensa-de-tamano-grande-mil-tek-50sd> (accessed Jun. 08, 2021).
- [29] “Sistemas de compostaje – Compostando Ciencia.” <http://www.compostandociencia.com/2015/02/sistemas-de-compostaje/> (accessed Jun. 10, 2021).
- [30] “Horario de recogida de desechos sólidos.” <http://ayuntamientohaina.gob.do/wp-content/uploads/2017/11/RECOGIDA-DE-DESECHO-SOLIDO.png> (accessed Jun. 23, 2021).
- [31] “4. EQUIPOS Y MAQUINARIA PARA EL COMPOSTAJE DE ALPEORUJOS.”

ANEXO I: ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

OBJETIVO 3: SALUD Y BIENESTAR



La situación medioambiental de Bajos de Haina tiene graves efectos en la salud de su población. Actualmente, la disposición de residuos sólidos en vertederos a cielo abierto da lugar a la emisión de gases tóxicos como el metano. Además, es habitual la quema de residuos, lo que provoca aún más gases perjudiciales para la salud, así como el riesgo que implican estos incendios descontrolados. Por último, los lixiviados del vertedero se filtran en el suelo contaminando las fuentes de agua del municipio, lo que da lugar a enfermedades dermatológicas y gástricas.

Con este proyecto se pretende ofrecer soluciones a estos problemas, con alternativas a la gestión de residuos actual que mejoren la calidad de vida de los munícipes, así como asegurarles una vida más sana.

OBJETIVO 8: TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO



Actualmente, la gestión de residuos es llevada a cabo, en gran medida, por personas que trabajan de manera informal, los denominados recicladores de base. Trabajan en condiciones perjudiciales para su salud, especialmente debido a los incendios del vertedero. Además, como se ha mencionado, la prostitución es muy habitual entre las mujeres de Bajos de Haina ya que es la única manera que encuentran de mantener a sus familias. Con este proyecto, se pretende dar trabajo en las plantas de reciclaje y compostaje

tanto a los recicladores de base como a las mujeres, ofreciéndoles una alternativa de trabajo digno.

OBJETIVO 12: PRODUCCIÓN Y CONSUMO SOSTENIBLES



El crecimiento económico y de la industria en Bajos de Haina está provocando un aumento exponencial de la generación de residuos sólidos por parte de sus habitantes. Esto, unido a la inadecuada gestión de los residuos, da lugar a una situación insostenible. Esto se debe en gran medida a la falta de conciencia ciudadana acerca de las consecuencias que trae mantener esta situación.

Así, uno de los objetivos de este proyecto es sensibilizar a los habitantes de Bajos de Haina de la importancia que tiene una adecuada gestión de residuos y llevar a cabo un consumo responsable.

OBJETIVO 13: ACCIÓN POR EL CLIMA



Como se ha mencionado anteriormente, la disposición de residuos sólidos en vertederos a cielo abierto, así como los incendios provocados en ellos, dan lugar a la emisión de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático.

Mediante la propuesta de mejora de la gestión de residuos sólidos se busca plantear alternativas que permitan acabar con esta situación, reduciendo así la emisión de gases contaminantes.

ANEXO II: MATERIAL CAMPAÑA DE SENSIBILIZACIÓN

INFOGRAFÍAS



RESIDUOS EN BAJOS DE HAINA



Cada mes se genera en Bajos de Haina una cantidad de residuos suficiente para cubrir por completo el estadio más grande de República Dominicana.



Los buzos trabajan en condiciones peligrosas y perjudiciales para su salud.

MEDIO AMBIENTE

Los residuos contaminan el agua, el suelo y el aire, perjudicando gravemente al entorno en el que vive la población.



SALUD



La disposición de residuos en el vertedero y los incendios que se provocan provocan enfermedades respiratorias, dérmicas y cardíacas.

RECICLAJE



TRABAJO

Las plantas proporcionarían trabajo formal a 198 personas

\$25M

Gracias al aprovechamiento de los residuos se podría obtener un beneficio anual de \$25M.

VIDA

Calidad de vida gracias a mejores condiciones de salud, entorno más limpio y municipio más rico.

CARTELES



¿Qué hago con mi basura?

1.Reduce

Evita comprar plásticos u otros materiales de un solo uso. Cámbiate a materiales reutilizables y compra con consciencia.

2.Reutiliza

Aprovecha lo que tengas para darle un segundo uso, no tires nada que puedas reutilizar o aprovechar.

3. Recicla

Separa tu basura en papel y cartón, envases y materia orgánica. Llévala a los contenedores adecuados más cercanos.



**Ayuda a tu municipio.
Se responsable.**