

U N I V E R S I D A D D E L M A R
Campus Puerto Ángel



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN
PROGRAMA PILOTO DE SEPARACIÓN DE
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA
LOCALIDAD DE SANTA MARÍA HUATULCO,
OAXACA.

TESIS

Que para obtener el título profesional de
INGENIERO AMBIENTAL

Presenta

Jonathan Ariel Matus Silva

Director de tesis

M. C. Luis Antonio López García

Puerto Ángel, Oaxaca, Agosto de 2019

DEDICATORIA

A MIS PADRES,

Que sin ellos no hubiera logrado una meta más en mi vida profesional.

Mamá, gracias por estar a mi lado durante esta etapa de mis estudios, tu apoyo moral y entusiasmo que me brindaste para seguir adelante y cumplir mis objetivos.

Papá, por el tiempo que me brindaste, compartiéndome experiencias, conocimientos y consejos.

A MIS HERMANOS,

Gracias por su apoyo, cariño y por estar en los momentos más importantes de mi vida. Este logro también es de ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a la Universidad del Mar por haberme aceptado, ser parte de ella y abrir sus puertas para poder estudiar mi carrera.

Agradezco a mi asesor de Tesis el M. C. Luis Antonio López García por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad, conocimientos y experiencias. Así como también haberme tenido toda la paciencia necesaria para guiarme durante todo el desarrollo de esta Tesis.

Agradezco al área de Promoción al Desarrollo de la Universidad del Mar por las facilidades otorgadas para realizar este trabajo dentro del proyecto: “*Programa para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos del Municipio de Santa María Huatulco, Oax*”, el cual fue desarrollado mediante el convenio de colaboración entre el H. Ayuntamiento Constitucional de Santa María Huatulco y la Universidad del Mar.

Agradezco los revisores de Tesis: M.C. María del Rocío Gutiérrez Ortiz, M.C. Cervando Sánchez Muñoz, M.A.I.A. Eduardo Juventino Ramírez Chávez, M.C. Edgar Valencia Rojas, por el tiempo dedicado, observaciones y comentarios realizados para mejorar el presente documento.

Agradezco a las pasantes de I.A Tania Leyva Fernández y Daniela López Toral por el apoyo en campo para la generación de datos del proyecto.

A mis maestros, por el tiempo y esfuerzo que dedicaron a compartir sus conocimientos, sin su instrucción profesional no habría llegado a este nivel. Quienes brindaron dedicación al impartir su catedra de tal forma que lo aprendido sea utilizado en la vida real, por el apoyo brindado, Gracias.

Para finalizar, también agradezco a mis amistades y compañeros de clase por los momentos de diversión, apoyo y esfuerzo durante los cinco años de universidad.

ÍNDICE

Resumen.....	1
1. Introducción.....	2
2. Marco teórico.....	4
2.1 Contexto normativo de referencia.	4
2.2 Competencias.....	6
2.2.1 Facultades de la Federación.	6
2.2.2 Facultades de las Entidades Federativas.	6
2.2.3 Facultades de los municipios:.....	7
2.3 Marco legal y normatividad.	8
2.4 Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos.....	10
2.4.1 Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos.....	10
2.5 Recolección de RSU.....	11
2.5.1 Métodos de recolección.....	11
2.5.2 Rutas de recolección.....	12
3. Antecedentes	15
4. Justificación.....	18
5. Objetivos	20
5.1 Objetivo general	20
5.2 Objetivos particulares	20
6. Metodología.....	21
6.1 Área de estudio.....	21
6.2 Estudio de generación y caracterización de RSU.....	23
6.2.1 Norma Mexicana NMX-AA-061-1985 – Determinación de la generación.....	24
6.2.2 Norma Mexicana NMX-AA-015-1985 - Método de cuarteo.	29
6.2.3 Norma Mexicana NMX-AA-022-1985 - Selección y cuantificación de subproductos. .	30
6.2.4 Norma Mexicana NMX-AA-019-1985 - Peso volumétrico.	32

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA PILOTO DE SEPARACIÓN DE
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA LOCALIDAD DE SANTA MARÍA HUATULCO, OAX.**

6.2.5 Proyección de la población y estimación de la generación.	33
6.3 Generación de Residuos de Manejo Especial (RME).	35
6.4 Generación total de residuos (RSU y RME).	36
6.5 Diagnóstico del sistema de limpia.	36
6.5.1 Infraestructura y equipo.	37
6.5.2 Análisis del personal involucrado en el manejo de residuos sólidos.	37
6.6 Diseño e implementación del Programa Piloto de Separación de Residuos Sólidos Urbanos (PROPSERSU).	37
6.6.1 Diseño del PROPSERSU.	37
6.6.2 Campaña de difusión.	38
6.6.3 Implementación y monitoreo.	38
6.6.4 Proyección de la separación.	39
7. Resultados y discusión.	40
7.1 Estudio de generación y caracterización de RSU.	40
7.1.1 Análisis de las observaciones sospechosas.	40
7.1.2 Verificación del tamaño real de la muestra.	41
7.1.3 Índice de Generación Per-cápita (IGP).	42
7.1.4 Generación total de RSU.	42
7.1.5 Composición de los RSU.	43
7.1.6 Peso volumétrico.	45
7.1.7 Proyección de la generación de RSU.	45
7.2 Generación de RME.	46
7.3 Generación total de residuos (RSU y RME).	47
7.4 Diagnóstico del sistema de limpia.	47
7.4.1 Estructura organizacional y recursos humanos del sistema de limpia.	47
7.4.2 Infraestructura de la recolección de los RSU.	48
7.4.3 Infraestructura del barrido manual.	52

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA PILOTO DE SEPARACIÓN DE
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA LOCALIDAD DE SANTA MARÍA HUATULCO, OAX.**

7.4.4 Infraestructura adicional.	53
7.5 Diseño del PROPSERSU.....	54
7.5.1 Diseño del Programa.....	54
7.5.2 Campaña de difusión.....	57
7.5.3 Implementación y monitoreo del PROPSERSU	59
7.5.4 Proyección de la separación.....	62
8. Conclusiones y recomendaciones	66
8.1 Conclusiones	66
8.2 Recomendaciones	67
9. Bibliografía	70
10. Anexos	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología general.....	21
Figura 2. Localidad de Santa María Huatulco.....	23
Figura 3. Estratos socioeconómicos presentes en la Localidad de Santa María Huatulco.	25
Figura 4. Ruta de muestreo del estudio de generación de RSU.	27
Figura 5. Recolección y pesaje de muestras.	28
Figura 6. Método de Cuarteo.....	29
Figura 7. Separación y pesaje de subproductos.....	31
Figura 8. Determinación del peso volumétrico.....	33
Figura 9. Estimación de población.....	35
Figura 10. Diseño general del PROPSERSU.....	37
Figura 11. Clasificación de productos de los RSU.	44
Figura 12. Estructura Organizacional del Sistema de Limpia.....	47
Figura 13. Vehículos recolectores de RSU del H. Ayuntamiento de Santa María Huatulco.	49
Figura 14. Rutas de recolección del vehículo V-034.....	51
Figura 15. Rutas de recolección del vehículo V-029.....	52
Figura 16. Barrido manual.....	53
Figura 17. Molino para plásticos.....	54
Figura 18. Fracciones de separación del PROPSERSU.....	56
Figura 19. Difusión del PROPSERSU.	58
Figura 20. Volante de difusión del PROPSERSU.	59
Figura 21. Monitoreo del PROPSERSU.....	60
Figura 22. Monitoreo del PROPSERSU.....	61
Figura 23. Monitoreo del PROPSERSU.....	61
Figura 24. Monitoreo del PROPSERSU.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Selección del riesgo.....	25
Tabla 2. Niveles de estratificación, INEGI.....	25
Tabla 3. Cédula de clasificación de subproductos.	30
Tabla 4. Población de Santa María Huatulco.....	34
Tabla 5. Unidades Económicas de la localidad de Santa María Huatulco.....	35
Tabla 6. Clasificación de subproductos de los RSU.	43
Tabla 7. Peso volumétrico de los RSU.	45
Tabla 8. Proyección de la generación de RSU.	46
Tabla 9. Personal del H. Ayuntamiento de Santa María Huatulco para el manejo de los RSU. .	48
Tabla 10. Características de los vehículos recolectores de RSU.....	48
Tabla 11. Rutas de recolección de residuos del vehículo V-034.....	50
Tabla 12. Rutas de recolección de residuos del vehículo V-029.....	50
Tabla 13. Rutas del barrido manual de RSU.	53
Tabla 14. Especificaciones del molino para plásticos.	53
Tabla 15. Pesaje de la fracción reciclable.....	60
Tabla 16. Subproductos de los RSU con potencial de acopio y comercialización.....	63
Tabla 17. Cantidad de RSU que llegarían al SDF en un día tomando tres posibles escenarios de porcentaje de separación.	63
Tabla 18. Cantidad de RSU que llegarían al SDF en 30 días, tomando los tres posibles escenarios de porcentajes de separación.....	64
Tabla 19. Precio por Kg de subproducto.....	64
Tabla 20. Comercialización a granel de subproductos.....	65
Tabla 21. Comercialización por pacas de subproductos.....	65

RESUMEN

En el presente trabajo se describe como se realizó el diseño, implementación y monitoreo de un Programa Piloto de Separación de Residuos Sólidos Urbanos (PROPSERSU) en la Localidad de Santa María Huatulco, Oax. Las etapas con las que cuenta el programa de separación comprenden: estudio de generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y estimación de los Residuos de Manejo Especial (RME) de la localidad; análisis de datos obtenidos; diagnóstico del sistema de limpia de la localidad; diseño del PROPSERSU; implementación y, por último, el monitoreo de éste.

Como resultado del estudio de generación de RSU se obtuvo un IGP de $0.270 \text{ kg.hab}^{-1}\text{día}^{-1}$ y una generación total de RSU de $2473.74 \text{ kg día}^{-1}$. Los subproductos que más se generan en la localidad en porcentaje en peso son: residuos inorgánicos con valorización térmica (24.10%), residuos orgánicos (21.09%) y plásticos reciclables (17.64%). Para el caso de la estimación de los RME, se obtuvo un valor de $8349.44 \text{ kg día}^{-1}$ de RME. La generación total de residuos sólidos (RSU + RME) resultó de 10.81 t día^{-1} para el 2018.

El diagnóstico del sistema de limpia permitió determinar que el PROPSERSU se implementara en las rutas que son cubiertas por el vehículo identificado como V-034, ya que es el único vehículo que se encarga de recolectar los residuos en la localidad de Santa María Huatulco toda la semana laboral.

En el diseño del PROPSERSU se consideraron dos fracciones a separar; "Fracción reciclable", la cual representa un 7.94% en peso del total de la generación de RSU, y la fracción "Todo lo demás", la cual representa el 92.06% en peso. Con este diseño se pretende que la fracción reciclable no llegue al Sitio de Disposición Final (SDF) y sea comercializada. La respuesta de los usuarios de la ruta en que se implementó fue confusa en un principio, por lo que se reforzó la difusión del PROPSERSU. Llegando a tener un peso máximo de 33.3 kg de la Fracción reciclable.