



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE
TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN, EN LAS RUTAS DE LA
RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES: CASO ALDEA EL PAJÓN,
SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

Camilo Barrios Urrutia

Asesorado por PhD. MSc. Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga

Guatemala, octubre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE
TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN, EN LAS RUTAS DE LA
RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES: CASO ALDEA EL PAJÓN,
SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CAMILO BARRIOS URRUTIA

ASESORADO POR PHD. MSC. ING. DENNIS SALVADOR ARGUETA
MAYORGA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga
EXAMINADOR	Ing. Darío Francisco Lucas Mazariegos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE
TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN, EN LAS RUTAS DE LA
RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES: CASO ALDEA EL PAJÓN,
SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 6 de noviembre de 2020.

Camilo Barrios Urrutia

Ref. EEPFI-1595-2020
Guatemala, 26 de noviembre de 2020

Director
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Escuela de Ingeniería Civil
Presente.

Estimado Ing. Aguilar:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN, EN LAS RUTAS DE LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES: CASO ALDEA EL PAJÓN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante **Camilo Barrios Urrutia** carné número **9713413**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Ingeniería para el Desarrollo Municipal.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,


Dennis Salvador Argueta Mayorga
INGENIERO CIVIL
MAESTRO EN INGENIERIA VIAL
MAESTRO EN INGENIERIA SANITARIA
DOCTOR EN CAMBIO CLIMÁTICO Y SOSTENIBILIDAD
COLEGIADO 8297

Dr. Dennis Salvador Argueta Mayorga
Asesor

"Id y Enseñad a Todos"


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA
DE GUATEMALA

Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador de Área
Desarrollo Socio-Ambiental y Energético


Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIC-018-2020

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN, EN LAS RUTAS DE LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES: CASO ALDEA EL PAJÓN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario Camilo Barrios Urrutia, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Mtro. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala, enero de 2021





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 - 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

DTG.599.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN, EN LAS RUTAS DE LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES: CASO ALDEA EL PAJÓN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Camilo Barrios Urrutia**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2021

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por darme la fuerza que me motiva, la mano que me sustenta, el amor que me alienta y la gracia que me protege. Gracias Dios mío, por estar conmigo siempre y bendecirme. Te amo Padre.

Mi madre

Marta Violeta Urrutia Solís, por ser el ejemplo diario de trabajo, responsabilidad, entrega, dedicación y por darme tu bondad, todos los días de tu vida. Siempre has sido mi inspiración. Te amo mami linda.

Mi esposa

Fannia Mariana Herrera Pérez, por su apoyo, amor, consejos, risas y paciencia, en esta meta conseguida. Cada día a su lado, soy un mejor hombre y es el aire que me da vida. Te amo con todo mi corazón.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme aprender todo lo que hoy ejerzo en mi vida profesional.
Facultad de Ingeniería	Por enseñarme que un ingeniero no ve al mundo, lo cambia.
Escuela de Estudios de Postgrado Facultad de Ingeniería	Por brindarme la oportunidad soñada.
Apoyo Becario Postgrado CG-SEP USAC	Por la ayuda económica recibida, muchas gracias.
Mi asesor	Doctor Dennis Argueta. Porque sus conocimientos me guiaron para conseguir mi meta. Muchas gracias doctor.
Ingeniero	Luis Sandoval, amigo, colega, guía.
Mi tío	Alberto Echeverría, el primer ingeniero en confiar en mi trabajo y profesionalidad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	15
7. MARCO TEÓRICO.....	17
7.1. Monografía del municipio de Santa Catarina Pinula.....	17
7.2. Localización geográfica	17
7.3. Colindancias	18
7.4. Idioma.....	18
7.5. Fiesta titular	18

7.6.	División territorial.....	18
7.7.	Características fisiográficas	19
7.8.	Aspectos climatológicos	19
7.9.	Residuos sólidos	20
7.9.1.	Clasificación física de los residuos sólidos orgánicos.....	21
7.9.2.	Clasificación física de los residuos sólidos inorgánicos	21
7.9.3.	Residuos residenciales o domésticos	21
7.9.4.	Comerciales	21
7.9.5.	Comerciales de alimentos	22
7.9.6.	Plazas de mercado.....	22
7.9.7.	Industriales	22
7.9.8.	Institucional	22
7.9.9.	Especiales.....	22
7.9.10.	Barrido de calles.....	23
7.9.11.	Lugares públicos	23
7.10.	Clasificación de acuerdo con el tipo de manejo para los residuos sólidos, residuo peligroso	23
7.11.	Clasificación de acuerdo con el tipo de manejo para los residuos sólidos, residuo inerte	23
7.12.	Situación actual de los residuos sólidos en el país	23
7.13.	Efectos generados por los residuos sólidos	24
7.13.1.	Los residuos sólidos presentan riesgos que van asociados a efectos directos a la salud.....	24
7.13.2.	Los residuos sólidos presentan riesgos que van asociados a efectos indirectos a la salud	25
7.14.	La basura genera dos tipos de gases	25
7.14.1.	Gases de efecto invernadero	25

7.14.2.	Degradadores de la capa de ozono.....	25
7.15.	El problema de la contaminación hídrica.....	26
7.15.1.	Contaminación edáfica.....	27
7.16.	Manejo integral de los residuos sólidos.....	27
7.16.1.	Generación.....	28
7.16.2.	Recolección, transporte y transferencia.....	28
7.16.3.	Tratamiento.....	29
7.16.4.	Disposición final.....	30
7.17.	La recolección como paso fundamental para la gestión integral de residuos sólidos.....	30
7.17.1.	Importancia.....	31
7.17.2.	Logística de recolección de residuos sólidos.....	31
7.17.3.	Tipos de recolección.....	31
7.17.3.1.	Recolección de residuos mezclados....	32
7.17.3.2.	Recolección de residuos separados en fuente.....	32
7.17.4.	Rutas de recolección.....	33
7.18.	TIC's.....	35
7.18.1.	Tipos de TIC's: redes.....	36
7.18.2.	Tipos de TIC's: terminales.....	36
7.18.3.	Tipos de TIC's: servicios en las TIC's.....	36
7.19.	Características principales de las TIC's.....	36
7.20.	Ventajas de las TIC's.....	37
7.20.1.	Permiten las comunicaciones.....	37
7.20.2.	Aumentan las respuestas innovadoras a los retos del futuro.....	38
7.20.3.	Eliminan las barreras de tiempo y espacio.....	38
7.20.4.	Permiten acceso igualitario a la información y al conocimiento.....	38

7.20.5.	Favorecen la cooperación y colaboración entre distintas entidades.....	38
7.20.6.	Potencialmente elevan la calidad de vida de los individuos	38
7.21.	¿Para qué sirven las TIC´s?.....	39
7.22.	¿Cómo mejoran la vida?	39
7.23.	Mejoran la comunicación interpersonal	39
7.24.	Papel de las TIC´s en las empresas	40
7.25.	Automatización de tareas y ahorro de costos empresariales ...	40
7.26.	Impacto de las TIC´s en la industria	41
7.27.	Las TIC´s y el medio ambiente.....	42
7.28.	Diseño de aplicación móvil.....	43
7.28.1.	Diseño de apps	43
7.28.2.	Optimización del diseño	44
7.28.3.	Diseño de apps vs. usabilidad.....	44
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	47
9.	METODOLOGÍA	51
9.1.	Diseño	51
9.2.	Tipo de estudio.....	52
9.2.1.	Variables mixtas (variables cualitativas y cuantitativas)	52
9.3.	Alcance	52
9.4.	Variables e indicadores.....	53
9.5.	Fases	55
9.5.1.	Fase I. Preparación	55
9.5.2.	Fase II. Diagnosticar	55
9.5.3.	Fase III. Planificar.....	55

9.5.4.	Fase IV. Controlar.....	55
9.6.	Resultados esperados.....	58
9.7.	Solución técnica ensayada.....	58
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	61
10.1.	Datos estadísticos.....	61
10.2.	Estadística descriptiva.....	61
10.3.	Alcance explicativo.....	61
11.	CRONOGRAMA.....	63
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	65
12.1.	Recursos humanos.....	65
12.2.	Recursos financieros (fuentes de financiamiento).....	65
12.3.	Recursos físicos.....	66
12.4.	Recursos tecnológicos.....	66
12.5.	Recursos de equipo.....	66
12.6.	Cuantificar inversiones (presupuesto preliminar).....	67
12.7.	Acceso a información.....	67
12.8.	Permisos.....	68
13.	REFERENCIAS.....	69
14.	APÉNDICES.....	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Residuos sólidos	20
2.	Contaminación hídrica río Motagua	27
3.	Recolección, transporte y transferencia	29
4.	Ruta de recolección de RSM de Santiago de Querétaro, México, a partir de datos suministrados por el municipio y en negritas datos de distancias y tiempos obtenidos con lecturas del GPS	35
5.	Metodología de las rutas de la recolección de los RSM, utilizando las TIC's	57
6.	Cronograma de actividades	63

TABLAS

I.	Color de identificación de residuos separados.....	33
II.	Resumen de variables y su operativización en el estudio 1	53
III.	Resumen de variables y su operativización en el estudio 2	54
IV.	Resumen de variables y su operativización en el estudio 3	54
V.	Presupuesto preliminar	67

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados centígrados
m ³	Metros cúbicos
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetros
%	Porcentaje
Ton	Tonelada

GLOSARIO

AMSA	Autoridad para el manejo sustentable de la cuenca del lago de Amatitlán.
App	Abreviatura voz inglesa <i>application</i> .
AutoCAD	Es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D.
CFC	Clorofluorocarbonos.
CG-SEP	Coordinadora General Sistema de Estudios de Postgrado.
Covid-19	Es la enfermedad causada por el nuevo coronavirus conocido como SARS-CoV-2.
DMP	Dirección municipal de planificación.
GPS	<i>Global positioning system</i> (sistema de posicionamiento global en español).
PMT	Policía municipal de tránsito.
RSM	Residuos sólidos municipales.

SCP	Santa Catarina Pinula.
TIC's	Tecnologías de información y comunicación.
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones.
UMNG	Universidad Militar Nueva Granada.

RESUMEN

En el mundo acelerado donde se vive, cada día la producción de insumos para el consumo humano crece a pasos acelerados y, por consiguiente, también los residuos sólidos. Guatemala no es la excepción, y en pocas municipalidades del país, cuentan con manejos integrales de los mismos.

La tecnología en la información y comunicaciones ha venido a servir en mucho al mundo entero, ya que usando las mismas, hemos podido ayudarnos a ahorrar tiempos y dinero, en la ejecución de varios temas, entre ellos, el de la basura.

El presente diseño de investigación pretende, con la ayuda de las TIC's, proveer un sistema por medio de una aplicación móvil, que sirva a todas las municipalidades, sobre todo a la de Santa Catarina Pinula, para poder conocer datos más efectivos y rápidos, de las rutas de recolección de residuos sólidos municipales. Todo esto con el fin de ayudar a tener un país con menos contaminación ambiental y más ecológico.

1. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos son todos los materiales que al ser utilizados han sido desechados, y su deficiente recolección, es uno de los problemas más grandes que enfrente nuestro país, ya que genera una degradación de nuestro medio ambiente, lo cual repercute en la salud de los ciudadanos y en el bienestar integral de los mismos.

Es por eso que, en la siguiente investigación, se presenta una propuesta de implementación de las TIC's, en la recolección de los residuos sólidos municipales, mediante el diseño de una aplicación móvil, que ayudará a mejorar la recolección de los mismos, haciendo énfasis en eficientar las rutas. Recurriendo a la innovación, podremos reducir dicha problemática, lo cual nos permitirá minimizar el efecto negativo en nuestro medio ambiente.

La factibilidad de la implementación de las TIC's, mediante la aplicación móvil, radica en la tecnología de punta que se utilizará para la recolección de residuos sólidos municipales, brindando datos actualizados, mediante la comunicación inmediata, lo cual ahorra tiempo y acerca a las personas, más allá de la distancia física, reduciendo así costos municipales que permitan automatizar tareas y una mayor coordinación grupal, lo cual resulta viable, para mejorar la eficiente recolección de residuos sólidos.

En el capítulo 1 se presenta la monografía de Santa Catarina Pinula, así como también el concepto básico de residuos sólidos, la definición de las TIC's, tipos, sus beneficios y el papel de estas en el ámbito empresarial. En dicho capítulo también encontraremos el diseño de la aplicación móvil propuesta para

la recolección de residuos sólidos. En el capítulo 2 se encuentra la metodología que describe la forma en que se realizará el trabajo del capítulo 1. En el capítulo 3 y 4, se encuentra la presentación de resultados y la discusión de estos.

2. ANTECEDENTES

Indica Segeplán (2010) el problema principal de la recolección de basura en Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala, es que las personas queman la basura, la tiran en cualquier lugar, la entierran o le dan otra disposición final, y debido a esto, se contamina altamente el medio ambiente.

Desde el punto de vista de Luch (2011) los principales problemas en el manejo de los residuos sólidos en Guatemala inician por la poca vigilancia y control en la disposición final de la basura que se convierte en grandes vertederos ilegales. La pobreza, directamente repercute desfavorablemente, debido a que los asentamientos ubicados en lugares inaccesibles dificultan la recolección y, por consiguiente, dan lugar a sitios inadecuados para la disposición final.

En la opinión de Ayala (2010) “La falta de manejo de los RSM en Guatemala puede definirse como uno de los principales indicadores de la contaminación creciente en el país, que ha generado un impacto significativo sobre los recursos naturales y los ecosistemas” (p. 15).

El problema es de tal magnitud, que las estimaciones indican que en la ciudad de Guatemala existen más de 1,000 botaderos ilegales de RSM, los cuales se lanzan en gran cantidad en las depresiones topográficas de la ciudad y un alto porcentaje de éstos, “Alcanzan los cursos de agua del río Motagua y el lago de Amatitlán, afectando los sistemas hídricos de las vertientes del Atlántico y del Pacífico del país” (Ayala, 2010, p. 15).

Menciona López (2010) la cabecera del municipio de Santiago Sacatepéquez, del departamento de Sacatepéquez, afronta en la actualidad serios problemas por contaminación de su ambiente, debido entre otras causas, a la proliferación de botaderos clandestinos y al manejo inapropiado de los dos botaderos que tradicionalmente han venido siendo utilizados por la población para la disposición de los residuos sólidos. En respuesta al problema planteado, se investigó documentalmente y se efectuaron visitas al municipio, con el objeto de proponer un procedimiento para desarrollar la gestión integral de los residuos sólidos municipales, que permita su aplicación de forma institucional en el nivel municipal y con la finalidad de facilitar la gestión como instrumento fortalecido en su base económica, legal y de recursos humanos.

Según Gálvez (2018), en la ciudad de Jutiapa:

La municipalidad no cuenta con el servicio de tren de aseo municipal, lo que ha ocasionado que se preste un servicio privado, quienes han realizado la recolección de los RSM en la misma. La municipalidad habilitó dos lugares de acopio, el primero se ubica en el mercado central, y el segundo de forma improvisada, sin ningún tipo de infraestructura formal, solamente con la colocación de uno o dos camiones de volteo, en el antiguo campo de la feria. (p. 20)

Dicho con palabras de Woc (2010) al igual que Jutiapa, uno de los problemas más grandes que enfrenta el municipio de Retalhuleu, del departamento de Retalhuleu, no es la generación de residuos, sino la forma como se eliminan, lo cual contribuye a la contaminación del medio ambiente. Ningún ciudadano, sin importar su condición socioeconómica, escapa del problema de los residuos sólidos, ya que están presentes en toda actividad diaria humana, ya sea en el hogar, oficina, mercado, escuela, centro de diversión o en los propios

cementerios. La contaminación por la acumulación de residuos sólidos cada vez es más evidente, debido al aumento desmedido de la población en municipios de rápido crecimiento como Retalhuleu. Los residuos que más se generan son la materia orgánica con un 50 %, es decir, los residuos de los hogares, los residuos de jardín que alcanzan el 28 %, mientras que los materiales reciclables y/o reutilizables presentan el 22 %.

Como señalan Grádiz y Raudales (2012) otro de los problemas principales de la recolección, es el crecimiento de áreas industriales y comerciales, trayendo como consecuencia, más habitantes, más actividades y, por ende, más basura. La comunidad ha experimentado en los últimos años un crecimiento urbano y comercial acelerado, trayendo consigo un aumento en la demanda de servicios públicos, entre ellos el de recolección de residuos sólidos. Como la mayor parte de los municipios del departamento de Guatemala, Santa Catarina Pinula dispone sus residuos en el botadero de la zona 3 de la ciudad de Guatemala, mientras que un mínimo porcentaje es tratado en el relleno sanitario de tecnología mejorada de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del lago de Amatitlán (AMSA).

Como menciona Morales (2012), el servicio de extracción de residuos sólidos municipales se debería ejecutar de puerta en puerta para cada vivienda, con personal a contratar para la recolección de las diferentes bolsas, quienes habrán separado la materia orgánica de la inorgánica, que posteriormente la llevarán al camión que las transportará hacia la planta de tratamiento de residuos sólidos municipales. Para los comercios o instituciones se aplicará el mismo concepto que el anterior para el servicio requerido, a esta fase se le llamará recolección. Habla de una separación de residuos, para posteriormente, se traten individualmente en los botaderos.

Como plantea Lantán (2015):

Lo común para la disposición final de los residuos sólidos, es el llamado botadero a cielo abierto, correspondiéndole el 66 % del total de lugares, mientras que el 29.5 % botan la basura con autorización de las municipalidades. Dicha problemática se percibe por la falta de eficiencia en la disposición final de los RSM, entendiendo como eficiencia el relacionamiento entre los recursos utilizados en proyecto para la disposición final y el logro conseguido con dicho proyecto. (p. 22)

Desde la posición de Cifuentes (2018), “Es evidente que la información sobre los antecedentes en TIC’s y educación ambiental no es muy amplia, ya que se encuentran más referentes de las TIC’s relacionadas hacia otros temas de las ciencias naturales” (p. 39).

Según Cifuentes (2018), “En cuanto a las TIC’s y el mejoramiento del aprendizaje, la información es bastante, a pesar de que algunos estudios consideran que su uso no aporta en los resultados académicos, otros, de manera fundamentada demuestran que sí” (p. 41).

Este trabajo se adhiere a esta última consideración, por lo que se piensa que es de suma importancia formar en los vecinos:

Valores culturales y hábitos de uso responsable y constructivo de las TIC’s, que permitan transformar su diario vivir y mejorar así su calidad de vida, enfatizando en la necesidad de construir una adecuada relación del hombre y el medio ambiente. (Cifuentes, 2018, p. 41)

A juicio de Quiñónez (2017):

La relación de las tecnologías de información y la comunicación (TIC's), como una estrategia de mediación en los procesos de enseñanza/aprendizaje, en este caso, para proporcionar elementos para un buen manejo de los residuos sólidos. Es un tema que presenta una novedad en la media; que se trata de utilizar recursos del medio para crear hábitos que contribuyan a la protección y conservación del medio ambiente. En este orden de ideas, resulta importante registrar a manera de huella, las investigaciones que se han realizado concernientes a la importancia de las TIC's, como mediación para orientar procesos de formación. (p. 94)

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Empleando las palabras de González (2019), cada persona en Guatemala produce un promedio de 2 libras de basura diaria. Desde plásticos, residuos orgánicos, papeles, cartón, vidrio o madera, se calcula que al vertedero de la zona 3, llegan a dar los residuos de un aproximado de 7 millones de personas. Esto significa, alrededor de 3 mil 200 toneladas diarias, que provienen de las 22 zonas capitalinas y de 14 municipios aledaños, según datos de la Municipalidad de Guatemala.

Si se traslada esta cantidad a un espacio real, una tonelada equivale a 4 metros cúbicos, en proporción, el estadio Doroteo Guamuch, que tiene un promedio de 427 mil m³, puede llenarse con esta cantidad en 31 días. La generación de residuos en la ciudad capital ha crecido proporcionalmente al aumento de la población y el consumo. El vertedero de la zona 3, se le considera un foco de contaminación, así como de gestión ineficiente que quedó atrapado en el centro de la ciudad y del que se carece de soluciones acertadas a largo plazo.

Como señala González (2019), también conocido como el relleno sanitario, tiene casi 80 años de existencia. Este era un barranco que dividía las zonas 3 y 7 y en ese entonces, se recolectaba la basura con carretas jaladas por mulas o con carretas de mano. Hoy día, ingresan 550 camiones diarios, cada uno con 6 ton de basura suelta. De estos camiones, 283 vienen de los municipios vecinos. Estos son los municipios con su respectiva carga de camiones: Chinautla (8), Fraijanes (10), Mixco (144), Palencia (5), San José Pinula (24), San Juan Sacatepéquez (12), San Lucas Sacatepéquez (6), San Miguel Petapa (6), San

Pedro Ayampuc (5), San Pedro Sacatepéquez (4), San Raymundo (4), Santa Catarina Pinula (20), Villa Canales (6), Villa Nueva (28).

Esto lleva a plantear la pregunta principal de este estudio: ¿de qué forma el diseño de un modelo de aplicación basado en las TIC's, ayudaría a eficientar las rutas de la recolección de los RSM? Para responder a esta interrogante, se deberán contestar las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Cómo poder fundamentar teóricamente, la aplicación de las TIC's en las rutas de la recolección de los RSM?
- ¿Cómo diseñar una aplicación móvil, para eficientar las rutas de la recolección de los RSM?
- ¿Cómo ayudaría la aplicación móvil, para analizar los sistemas de las rutas de la recolección de los RSM?

4. JUSTIFICACIÓN

Según Segeplán (2010) la siguiente investigación pertenece a la línea de servicios e infraestructura municipales y la sub línea de propuesta de mejoramiento de los servicios públicos municipales, de la maestría en ingeniería para el desarrollo municipal. La problemática en la recolección de la basura en el municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala, es un problema que afecta actualmente a 30 de cada 100 viviendas. Las personas están acostumbradas a tirar la basura a la calle, enterrarla o quemarla, ya que no poseen una conciencia ambiental, ni piensan en un futuro verde y próspero.

También indica Segeplán (2010) por este motivo, se ve la necesidad de crear una propuesta de implementación de las TIC's, en las rutas de recolección de RSM, diseñando una aplicación móvil, para eficientar la misma. El sistema de recolección planteado beneficiará a que las 20,612 personas que viven en la aldea El Pajón, y que representan el 24 % de la población actual del municipio de Santa Catarina Pinula (87,589). Con ello, se pretende obtener una aldea más limpia y que puedan aprovechar las TIC's, para reducir la tasa de viviendas no atendidas en la recolección de RSM, creando así, un futuro más sano para los habitantes de la aldea El Pajón, municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar un modelo de aplicación, basado en tecnologías de información y comunicación (TIC's), para las rutas de recolección de residuos sólidos municipales (RSM).

5.2. Específicos

- Fundamentar teóricamente la aplicación de las TIC's, para las rutas de recolección de los RSM.
- Diseñar una aplicación móvil, para eficientizar las rutas de recolección de los RSM.
- Establecer una metodología de análisis de sistemas de rutas de recolección de RSM, a través de la información recabada en la aplicación móvil.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

El municipio de Santa Catarina Pinula tiene un problema muy grande, ya que existe una gran cantidad de viviendas sin atender acerca de la recolección de residuos sólidos. La aldea El Pajón, no es la excepción, y actualmente, casi 32 de cada 100 viviendas, no tienen el servicio de recolección, y este es una situación que queremos revertir.

Además, existen muchos basureros clandestinos en la aldea, que hacen que proliferen enfermedades y dañan al medio ambiente, es por esto, que se propone una metodología de implementación de tecnologías de información y comunicación, en las rutas de la recolección de residuos sólidos municipales.

Para esta metodología, se establecerán los tipos de RSM que pueden existir, las condiciones y estados en los que se pueden encontrar. Se determinará su clasificación física y su clasificación por su manejo. También las formas como las TIC's pueden ayudar a las rutas de recolección.

Toda la información anterior nos ayudará a poder crear una App que servirá eficientar las mencionadas rutas, y así lograr un medio ambiente más sano y mejorar la calidad de vida de los vecinos.

Al crear una propuesta de implementación de las TIC's, en las rutas de recolección de RSM, diseñando una aplicación móvil, se pretende atender más viviendas de las que actualmente reciben el servicio, optimizando los recursos económicos, y estableciendo así, un mejor medio ambiente para los habitantes de la aldea El Pajón, municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Monografía del municipio de Santa Catarina Pinula

Como indica Segeplán (2010) no debe quedar duda alguna que su origen está en el ámbito geográfico donde se encuentra el municipio de Santa Catarina, en la Sierra de Canales. Debe agregarse también, por analogía semántica, que la Cuesta de Pinula está ampliamente señalada en muchos documentos históricos desde la Colonia. Años después, la Cuesta de Pinula fue reconocida por su importancia como el Camino Real de Pinula.

Esta información tiene coherencia histórica y geográfica, y desde luego de deducción lógica, si asociamos el Camino Real de Pinula, con la Calle Real de la Villa de Guadalupe, de la ciudad de Guatemala, hoy zona 10, que era el inicio de esa importante vía de comunicación hacia los pueblos de Oriente del país. Otro aspecto importante para el origen del municipio fue el acueducto de Pinula, que fue el primer proyecto hidráulico de la Ciudad de Guatemala. Desde 1,606 hubo un intento de población, en su mayoría por criollos y peninsulares, que quería aprovechar el recurso hídrico.

7.2. Localización geográfica

Como destaca Grajeda (2017) el municipio de Santa Catarina Pinula se encuentra ubicado en el extremo sureste del departamento de Guatemala, a 12.65 km de la urbe capitalina; los kilómetros cuadrados de extensión son aproximadamente 52 y se sitúa a 1,550 msnm.

7.3. Colindancias

Las colindancias del municipio de Santa Catarina Pinula son:

- Al norte con el municipio de Guatemala.
- Al sur con los municipios de Fraijanes y Villa Canales.
- Al este con los municipios de San José Pinula y Fraijanes.
- Al oeste con los municipios de Villa Canales y Guatemala.

7.4. Idioma

Menciona Grajeda (2017) el idioma que se habla actualmente en Santa Catarina Pinula es el español en un 100 % de la población.

7.5. Fiesta titular

Es el 25 de noviembre, en honor a Santa Catalina de Alejandría, una mártir cristiana vuelta santa.

7.6. División territorial

Como menciona Grajeda (2017), el municipio de Santa Catarina Pinula se encuentra distribuido en 10 zonas geográficas, conformadas además de la cabecera municipal, por 14 aldeas, siendo éstas las siguientes:

- El Carmen
- Cuchilla del Carmen
- El Pueblito
- Salvadora I

- Salvadora II
- Nueva Concepción
- Piedra Parada Cristo Rey
- Piedra Parada El Rosario
- San José Manzano
- Manzano La Libertad
- Don Justo
- El Pajón
- Puerta Parada
- El Canchón

7.7. Características fisiográficas

El municipio de Santa Catarina Pinula se encuentra ubicado dentro de un sector montañoso, conformado por cuencas que hacen accidentado su territorio, por lo cual su topografía es muy irregular y su clima es bastante húmedo.

7.8. Aspectos climatológicos

El municipio de Santa Catarina Pinula pertenece a la zona de vida del bosque húmedo montano bajo subtropical:

- Precipitación: la precipitación anual en el municipio de Santa Catarina Pinula va desde 1,057 a 1,588 mm.
- Temperatura: la temperatura oscila entre los 15°C y 23°C, con un 70 % de evapotranspiración, y el porcentaje de días claros al año es de 50 %.

- Vientos: se presentan vientos fuertes de 90 % a 10 %, con una dirección de NE a SO. La estación meteorológica más cercana al municipio de Santa Catarina Pinula está ubicada en la 7ª avenida 14-57 zona 13 de la ciudad capital, en la sede del Insivumeh.

7.9. Residuos sólidos

Mencionan Batres, Del Cid y Jayes (2003), los residuos sólidos son todos los materiales sobrantes que proceden de actividades humanas, de animales y la vegetación que son normalmente sólidos y que se desechan como inútiles o indeseados.

Figura 1. Residuos sólidos



Fuente: Sánchez. (2020). *Qué son los residuos sólidos y cómo se clasifican*. Consultado el 3 de mayo de 2020. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-residuos-solidos-y-como-se-clasifican-1537.html>.

7.9.1. Clasificación física de los residuos sólidos orgánicos

Indica López (2009), son los residuos sólidos provenientes de animales y plantas sujetos a la descomposición, transformación y en general, a cambios que se pueden presentar en la estructura química.

7.9.2. Clasificación física de los residuos sólidos inorgánicos

Según López (2009) son los residuos provenientes de fuentes minerales y los cuales no sufren descomposición ni cambios químicos. Esta clasificación se da por medio del tipo de sector que la genere.

7.9.3. Residuos residenciales o domésticos

Citando a López (2009) normalmente tienen alto contenido de materia orgánica. Son los que, por su cantidad, calidad, naturaleza, composición y volumen son generados por las actividades de la vivienda del hombre o en cualquier establecimiento asimilable a éstos.

7.9.4. Comerciales

Como menciona López (2009) son los generados en establecimientos comerciales y mercantiles, tales como almacenes y depósitos. Generalmente presentan altos contenidos de papel y cartón. Dentro de esta clasificación se encuentran también.

7.9.5. Comerciales de alimentos

Presentan altos contenidos de materia orgánica ya que son producidos por cafeterías, restaurantes y hoteles.

7.9.6. Plazas de mercado

Poseen alto volumen de materia orgánica, normalmente de tipo vegetal.

7.9.7. Industriales

Generadas por industrias como resultado de los procesos de producción, su composición depende del tipo de industria.

7.9.8. Institucional

Como comenta López (2009), Son las generadas en establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreos, terrestres, fluviales o marítimos y edificaciones destinadas a oficinas. Normalmente tienen altos contenidos de materia orgánica, papel y cartón.

7.9.9. Especiales

Son las producidas en espectáculos o lugares especiales como en ferias o en presentaciones deportivas. Generalmente tienen alto contenido de papel y cartón.

7.9.10. Barrido de calles

Son el producto del aseo de las calles y avenidas. Presentan alto contenido de material inerte y papel.

7.9.11. Lugares públicos

Son los recogidos en parques o zonas de recreación; generalmente tienen altos contenidos de papel y cartón.

7.10. Clasificación de acuerdo con el tipo de manejo para los residuos sólidos, residuo peligroso

Según López (2009), son residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer para la salud o el medio ambiente, causando muerte o enfermedad.

7.11. Clasificación de acuerdo con el tipo de manejo para los residuos sólidos, residuo inerte

También López (2009) residuos estables en el tiempo que no produce efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente.

7.12. Situación actual de los residuos sólidos en el país

Como dice Santiago (2016), Guatemala sufre de una debilidad institucional y poca voluntad política en cuanto al tema de manejo de residuos sólidos. Los residuos que se generan en las actividades domésticas e industriales constituyen un problema ambiental crítico en la sociedad.

Parafraseando a Santiago (2016), Guatemala, a nivel nacional, en el período de 2006-2010, tuvo una producción promedio de 116.6 millones de toneladas anuales de residuos, de las cuales 17.4 millones de toneladas fueron reutilizadas por la economía guatemalteca. Cabe recalcar que la recolección no necesariamente garantiza una buena disposición de los residuos sólidos.

En la mayoría de las municipalidades de Guatemala, se cuentan únicamente con botaderos a cielo abierto, como método de disposición final, en los cuales los camiones depositan lo recolectado sin brindarle algún tratamiento (Santiago, 2016).

7.13. Efectos generados por los residuos sólidos

Los residuos sólidos presentan características específicas que los diferencian de los efluentes líquidos y gaseosos. La característica principal es su visible permanencia en el medio ambiente circundante. Debido a que la mayoría de los residuos y residuos sólidos son transportados y almacenados cerca de zonas habitables, los residuos presentan un gran potencial para afectar de forma adversa la calidad del medio ambiente circundante donde vive la población. (Santiago, 2003, p. 7)

7.13.1. Los residuos sólidos presentan riesgos que van asociados a efectos directos a la salud

Citando a Mijangos (2002) estos se refieren al contacto ocasional directo con la basura, que algunas veces contienen excremento humano, de animales y restos de otros agentes que pueden ser fuente de transmisión de enfermedades de los cuales los recolectores y personas encargadas del servicio de recolección, son los más afectados.

7.13.2. Los residuos sólidos presentan riesgos que van asociados a efectos indirectos a la salud

Citando a Mijangos (2002) estos están vinculados a la proliferación de vectores de importancia sanitaria y de molestias públicas. Entre los principales vectores que se encuentran en los botaderos de residuos sólidos que se encuentran: moscas, mosquitos, ratas y cucarachas. Estos transmiten enfermedades que van desde fiebre amarillas, peste bubónica, Tifus murino, leptospirosis y rabia, entre otras.

7.14. La basura genera dos tipos de gases

Con base en Estrada (2014), en la atmósfera, la quema a cielo abierto de la basura municipal ocasiona la emisión de distintos contaminantes. La basura genera dos tipos de gases.

7.14.1. Gases de efecto invernadero

A estos gases corresponden el metano y el bióxido de carbono cuyas propiedades son retener calor generado por la radiación solar y elevar la temperatura de la atmosfera.

7.14.2. Degradadores de la capa de ozono

Ciertos productos debido a los agentes químicos utilizados en su elaboración generan ciertos gases que desintegran la capa de ozono. Estos gases se conocen como clorofluorocarbonos o CFC y se emplean principalmente en la fabricación de envases de unicel, como aerosoles, pintura y desodorantes.

Al disponer de los envases de estos productos, se convierten en fuentes de emisión de gases CFC.

7.15. El problema de la contaminación hídrica

Teniendo en cuenta a Mijangos (2002), la contaminación del agua por los residuos sólidos es el problema más grave que afecta el ambiente. La contaminación se da tanto en aguas superficiales como en las subterráneas, por el vertido directo de las basuras a los ríos y quebradas y por la mala disposición de líquido percolado (lixiviados) producto de los botaderos a cielo abierto.

Como comenta Mijangos (2002), en los ríos, estas descargas provocan el incremento de la carga orgánica y disminuye el oxígeno disuelto; aumentan los niveles de nutrientes y algas que dan lugar al fenómeno de eutrofización en los cuerpos bénticos de aguas. Esto conlleva la muerte de peces, generando malos olores, deteriorando el aspecto estético y causando la pérdida del recurso hídrico como fuente de abastecimiento a poblaciones.

Figura 2. **Contaminación hídrica río Motagua**



Fuente: El Heraldo. (2020). *Denuncian aumento de desechos sólidos en el río Motagua*. Consultado el 3 de mayo de 2021. Recuperado de <https://www.elheraldo.hn/pais/1411012-466/millonaria-inversion-guatemala-basura-rio-motagua-falla>

7.15.1. Contaminación edáfica

El abandono y la acumulación de residuos dispuestos en vertederos y lugares a cielo abierto son la causa del deterioro estético y desvalorización tanto del terreno propio, como de las áreas adyacentes. Esto es debido a la contaminación causada por distintas sustancias contenidas en los residuos y la falta de gestión y control. (Mijangos, 2002, p. 17)

7.16. Manejo integral de los residuos sólidos

Con base en Tchobanoglous, *et al.*, (1982), el manejo de los residuos sólidos está asociado con el control de la producción, almacenamiento, recolección, transferencia y transporte, procesado o tratamiento y disposición de residuos sólidos. De tal manera que esté de acuerdo con los mejores principios

de la salud pública, economía, ingeniería, conservación, estética y otras consideraciones ambientales, que requieren de las actitudes del público.

7.16.1. Generación

Los residuos sólidos pueden generarse a partir de la actividad de residuos de cualquier individuo particular o colectivo de personas. La cantidad de residuos sólidos generada varía según la estación climática, la posición geográfica y el tiempo de duración de las actividades. (Corbitt, 2003, p. 13)

También Corbitt (2003), la generación de residuos sólidos se divide principalmente en doméstica y no doméstica, esto dependiendo de su fuente de origen.

7.16.2. Recolección, transporte y transferencia

En el campo del manejo de residuos sólidos, el elemento funcional del transporte se refiere a los medios de instalaciones y accesorios utilizados para transferir los residuos de una ubicación a otra, por lo general a una más distante. Las operaciones de recolección y transporte también son utilizadas para transferir los residuos a instalaciones que recuperan materiales y vertedero. Las operaciones de transferencia y transporte se vuelven necesarias cuando las distancias a sitios disponibles de disposición o centros de procesamiento aumentan y cuando los sitios de disposición final están en lugares remotos y no se puede llegar directamente a ellos por carretera. (Prieto, 2003, p. 9)

Figura 3. **Recolección, transporte y transferencia**



Fuente: Residuos.USTA. (s.f.). *Manejo integral y Desarrollo Sustentable*. Consultado el 25 de mayo de 2021. Recuperado de <https://sites.google.com/site/residuosusta/manejo-integral-y-desarrollo-sustentable>.

7.16.3. Tratamiento

El tratamiento de residuos sólidos involucra la transformación física, química o biológica de los mismos. Las técnicas de transformación que se pueden aplicar a los residuos sólidos son utilizadas para mejorar la eficiencia del manejo de residuos, recuperar los materiales reciclables y reusables y conversión de productos (compostaje) y energía en forma de calor o biogás. La transformación de los residuos sólidos tiene como fin reducir la cantidad y el volumen de residuos que son depositados en vertederos. (Tchobanoglous, *et al.*, 1993, p. 84)

7.16.4. Disposición final

Como dice Santiago (2016) existen únicamente dos alternativas disponibles para el manejo de residuos sólidos a largo plazo; disposición en el manto de la tierra y disposición en el fondo del océano.

7.17. La recolección como paso fundamental para la gestión integral de residuos sólidos

La recolección de residuos involucra una adecuada selección de vehículos y su asignación a una ruta, a través de toda la comunidad, con el fin de conseguir una máxima eficacia en la retirada de los residuos sólidos generados por la población. Se deben de tomar las decisiones administrativas correspondientes para satisfacer los requisitos públicos y distribuir puntos de recogida específicos en la vía pública u otros puntos de almacenamiento.

La recolección de residuos debe de incluir el acarreo al lugar donde se vacía el contenido de los vehículos de recolección. El descargue del vehículo de recolección también es considerado como parte de la operación de recolección. Las actividades asociadas con el acarreo y el descargue son parecidas para casi todos los sistemas de recolección, la recogida o alzada de los residuos varía con las características de las instalaciones, actividades o lugares donde se producen los residuos. (Santiago, 2016, p. 19)

7.17.1. Importancia

Los efectos medioambientales principales de la recolección de residuos están directamente relacionados con el cuidado ejercido durante la retirada, de manera que se evite la caída de desperdicios de los recipientes y la retirada del material suelto. El abandono de los recipientes vacíos en la vía pública, una vez realizada la retirada de basura, puede originar problemas de estética y presentar un riesgo potencial para el tráfico dentro de la comunidad. (Corbitt, 2003, p. 22)

7.17.2. Logística de recolección de residuos sólidos

La recolección de residuos sólidos es una de las partes más complicadas ya que la realizan diariamente en sectores residenciales, comerciales e industriales, al igual que en las calles y parques. Del total de los recursos económicos utilizados para el manejo de los residuos sólidos, aproximadamente el 50 % a 70 % son utilizados en las actividades de recolección. (Tchobanoglous y Kreith, 2002, p. 36)

Por lo tanto, pequeños cambios destinados al mejoramiento de la recolección pueden significar ahorros significativos en el sistema (Tchobanoglous y Kreith, 2002).

7.17.3. Tipos de recolección

Como menciona Tchobanoglous, *et al.*, (1993), “La recolección de residuos sólidos varía con las características de las actividades, instalaciones donde los residuos son generados y métodos de almacenamiento en sitio entre

recolecciones. Los principales tipos de recolección son para residuos mezclados y residuos separados en fuente” (p. 31).



7.17.3.1. Recolección de residuos mezclados

Menciona Tchobanoglous, *et al.*, (1993), los residuos mezclados se originan principalmente en viviendas unifamiliares de bajo, medio y alto nivel, y de instalaciones industriales y comerciales.

7.17.3.2. Recolección de residuos separados en fuente

Los residuos que han sido separados en fuente deben ser recolectados o reunidos antes de que estos sean reciclados. Los métodos principales para la recolección de estos materiales incluyen; recolección en la acera por organizaciones dedicadas a la comercialización de materiales reciclables y entrega a centros de acopio por los pobladores generadores de residuos. (Tchobanoglous, *et al.*, 1993, p. 32)

Tabla I. **Color de identificación de residuos separados**

Tipo de residuo	Color de identificación	
Orgánicos	Verde	
Inorgánicos	Gris	
Papel	Amarillo	
Plástico	Azul	
Metal	Celeste	
Vidrio	Azul agua	
Madera	Café	
Tela	Rosa	
Manejo de residuos urbanos	Morado	
RPBI	Rojo	
Disposición final	Negro	

Fuente: SEMANRNAT. (2014). Los desechos como recurso. Consultado el 25 de mayo de 2021. Recuperado de <https://uapa.cuaieed.unam.mx/sites/default/files/minisite/static/42ec42cc-63b0-4593-ba83-064bbfcde11b/DesechoscomoRecurso/index.html>.

7.17.4. Rutas de recolección

Como lo menciona Tchobanoglous, *et al.*, (1993) en general, establecer las rutas requiere de una serie de pruebas, no hay reglas universales que se puedan aplicar a diferentes sistemas de recolección, “Ya que se deben de tomar en cuenta factores poblacionales, económicos, climatológicos, topografía de comunidades, relieve, etc.” (p. 14).

También menciona Tchobanoglous, *et al.*, (1993), existen directrices que se deben de tomar en consideración en el momento de establecer rutas de recolección

- Establecer políticas y regulaciones relacionadas al punto de recolección y frecuencia de recolección.

- Características como integrantes del equipo y tipo de vehículo deben ser coordinadas.
- Cuando sea posible, las rutas deben de establecerse de la manera de que estas empiecen y terminen en calles principales, utilizando barreras físicas y topográficas como límites de ruta.
- En áreas con pendientes, las rutas deben de empezar desde la parte más alta y proceder cuesta abajo conforme el vehículo es cargado.
- Las rutas deben de establecerse con base en el último contenedor que debe ser recogido o punto de recolección se encuentre lo más cerca posible al sitio de disposición.
- Los residuos generados en ubicaciones con tránsito vehicular pesado deben de ser recolectados lo más temprano posible durante el día.
- Ubicaciones que generan la mayor cantidad de residuos deben ser las primeras en recibir el servicio.
- Puntos de recogida dispersos (donde pequeñas cantidades de residuos son producidas) que reciben la misma frecuencia de recolección, deben ser servidas en un solo viaje o en el mismo día si es posible.

Figura 4. **Ruta de recolección de RSM de Santiago de Querétaro, México, a partir de datos suministrados por el municipio y en negritas datos de distancias y tiempos obtenidos con lecturas del GPS**

Factor	Unidades	Ruta 1 tercer turno	Datos obtenidos con GPS-1
Superficie	km ²	2.15	-
Población	hab	24892	-
Densidad de población	hab/km ²	11599	-
Factor de generación (Fg)	kg/hab/día	0.65	-
Fg. por kilómetro	ton/km	0.8	-
Longitud de recolección (camión)	km	29.2	-
Longitud de alcance manual	km	0	-
Longitud de recolección (apoyos)	km	0	-
Longitud total de recolección	km	29.2	32.20
Longitud de traslados internos	km	7.2	7.90
Longitud de traslados externos	km	35.8	106.50
Número de compactaciones	n	120	-
Tiempo de recolección	h	2.61	4.32
Tiempo de compactación	h	0.78	-
Tiempo de traslados internos	h	0.18	0.33
Tiempo de traslados externos	h	0.9	2.42
Tiempo de descarga en unidad de transferencia	h	0.5	-
Longitud total de ruta	km	72.2	146.60
Tiempo total de ruta	h	4.97	7.06
Tonelaje total de ruta	ton	16.2	-
Tipo de camión	Compactador 14.5 m ³ , carga trasera	-	-
Kilometraje mensual	km	1841	-
Kilometraje anual	km	22092	-
Horas de trabajo mensual	h	179	-
Horas de trabajo anual	h	2148	-
Horario de mantenimiento	h	6:00 a 14:00	-
Días laborables	días	306	-
Días dobles y festivos	días	59	-
Tripulación	1 operador y 3 intendentes	SI	-

Fuente: Betanzo. (2015). *Evaluación de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos con apoyo de dispositivos de rastreo satelital*. Consultado el 25 de mayo de 2021. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/305846357_Evaluacion_de_rutas_de_recoleccion_de_residuos_solidos_urbanos_con_apoyo_de_dispositivos_de_rastreo_satelital_Analisis_e_implicaciones.

7.18. TIC's

Se conoce como tecnología de la comunicación a todos aquellos recursos, herramientas y programas que se utilizan para procesar, administrar y compartir la información mediante diversos soportes tecnológicos. Por ello, la oferta formativa en este ámbito es cada vez más extensa. (IOE Bussiness School, 2018, p. 4)

7.18.1. Tipos de TIC's: redes

La Biblioteca Médica Nacional (2013), indica que la telefonía fija, la banda ancha, la telefonía móvil, las redes de televisión o las redes en el hogar son algunas de las redes de TIC's.

7.18.2. Tipos de TIC's: terminales

La Biblioteca Médica Nacional (2013) indica que existen varios dispositivos o terminales que forman parte de las TIC's. Estos son el ordenador, el navegador de Internet, los sistemas operativos para ordenadores, los teléfonos móviles, los televisores, los reproductores portátiles de audio y video o las consolas de juego.

7.18.3. Tipos de TIC's: servicios en las TIC's

Indica la Biblioteca Médica Nacional (2013), que las TIC's ofrecen varios servicios a los consumidores. Los más importantes son el correo electrónico, la búsqueda de información, la banca online, el audio y música, la televisión y el cine, el comercio electrónico, e-administración y e-gobierno, la e-sanidad, la educación, los videojuegos y los servicios móviles.

7.19. Características principales de las TIC's

- Comenta Morales (2019), la interconexión y la capacidad de que varias tecnologías puedan funcionar en conjunto para propiciar nuevas herramientas de comunicación. La interactividad como el intercambio de información entre usuarios por medio de dispositivos tecnológicos. Esto es posible una vez se han adaptado ciertos sistemas a las necesidades de

los usuarios. Por ejemplo, en la actualidad se realizan diversas actividades escolares por medio del uso de dispositivos móviles.

- Funcionan a gran velocidad, en especial si se cuenta con una excelente conexión a internet, lo que permite ahorrar tiempo y acercar a las personas más allá de la distancia física.
- También cita Morales (2019), que tienen un amplio alcance tanto individual como social, esto se debe a que están involucradas en las actividades económicas, educativas, culturales, científicas, en el sector industrial, entre otras áreas en las que se comparte y genera información de manera grupal.
- Indica Morales (2019), se encuentran en constante cambio e innovación debido a su desarrollo indetenible y la búsqueda de ofrecer mayor alcance comunicacional y de transmisión de la información.

7.20. Ventajas de las TIC's

Revela UMNG (s.f.), que muchas de las ventajas de las TIC's, hacen que sean una base principal en la organización de todas las tareas diarias en nuestro trabajo y áreas de estar. Entre las principales están.

7.20.1. Permiten las comunicaciones

A través de blogs, wikis, sitios como YouTube, redes sociales como Facebook, Twitter, entre otros.

7.20.2. Aumentan las respuestas innovadoras a los retos del futuro

Cuentan con grandes y variados recursos que permiten enfrentarse a los nuevos retos que imponen la sociedad y el mundo actual.

7.20.3. Eliminan las barreras de tiempo y espacio

Cualquier persona puede acceder a la información que necesite desde cualquier lugar.

7.20.4. Permiten acceso igualitario a la información y al conocimiento

Con solo disponer de un ordenador o un dispositivo digital es factible acceder a múltiples servicios interactivos.

7.20.5. Favorecen la cooperación y colaboración entre distintas entidades

Beneficia las ideas, colaboración e investigación a miles de kilómetros.

7.20.6. Potencialmente elevan la calidad de vida de los individuos

Facilita el acceso a la educación y a la cultura.

7.21. ¿Para qué sirven las TIC's?

En este mundo globalizado, las TIC's son una interesante salida laboral cada vez para más personas formadas en diferentes ámbitos. Tecnología y comunicación son actualmente, una pareja que van de la mano y en la que deben trabajar juntos distintos tipos de profesionales. Es necesario saber para qué sirven las TIC's, ya que cada vez las utilizamos más en nuestra vida cotidiana. (IOE Bussiness School, 2018, p. 3)

7.22. ¿Cómo mejoran la vida?

Permiten optimizar el manejo de la información y el desarrollo de la comunicación a diferentes niveles y en distintos ámbitos. Esto contribuye a la mejora del conocimiento y la difusión de la información. La inmediatez es un punto clave en las comunicaciones personales (IOE Bussiness School, 2018).

7.23. Mejoran la comunicación interpersonal

A través de todo tipo de dispositivos -fijos y móviles-, las posibilidades de comunicación interpersonal y las opciones de diversión y entretenimiento en el tiempo libre son enormes. Y a un bajo coste. Desde la comunicación privada entre dos personas al uso de las redes sociales, foros, chats y grupos de WhatsApp. Saber para qué sirven las TIC's en este ámbito te ayudará a mejorar tus comunicaciones. Y no solo en el ámbito personal y privado, también en lo que a comunicaciones empresariales se refiere. Desde los emails a las videoconferencias, la tecnología de la comunicación incluye multitud de posibilidades. La inmediatez y cercanía incluso que permiten a pesar de la distancia real es una gran ventaja para los negocios. (IOE Bussiness School, 2018, p. 4)

7.24. Papel de las TIC's en las empresas

Como menciona la UMNG (s.f.), las Tecnologías de la Información y la Comunicación – TIC's, han revolucionado las relaciones de la empresa con su entorno. Permiten integrar en espacios virtuales todas las actividades necesarias del día a día de la empresa. Nunca en la historia había sido tan fácil importar o exportar como lo es ahora, gracias a las TIC's.

Además, UMNG (s.f.), estas tecnologías pueden llegar a cualquier empresa sin importar su actividad o tamaño. La gerencia y los altos ejecutivos han de ser conscientes del impacto de las TIC's en la organización, ser capaces de conocer su rendimiento y estar preparados para comprender y gestionar los riesgos inherentes a su utilización. Aquellas organizaciones cuyos directivos no comprendan ni se preparen para los nuevos tiempos, estarán poniendo en peligro su capacidad de adaptación y, por consiguiente, estarán corriendo un riesgo de extinción muy elevado.

7.25. Automatización de tareas y ahorro de costos empresariales

IOE Bussiness School (2018) menciona que una de las cuestiones para que sirven las TIC's es la automatización de tareas en distintos ámbitos. Desde la industria gracias a la robótica a procesos ofimáticos que actualmente se pueden automatizar fácilmente. Esto supone un gran ahorro en costes empresariales.

Una empresa que cuente con gestores y directivos formados en este ámbito y que sepan implantar los procesos automatizados obtendrá un mejor rendimiento económico de sus recursos humanos y técnicos. Así podrá ser más competitiva en el mercado. Ofrecerá un mejor servicio y un precio más

atractivo sobre sus productos o servicios. Así podrá mantener o mejorar la retribución para sus empleados. (IOE Bussiness School, 2018, p.1)

7.26. Impacto de las TIC's en la industria

UMNG (s.f.), sostiene que las tecnologías de la información y de la comunicación, están impactando en la sociedad de tal forma que se están produciendo cambios trascendentes en las tendencias y formatos que se utilizan, en la manera de relacionarse tanto los individuos que la componen entre sí, como éstos con las empresas y organizaciones que existen en la misma.

Por lo tanto, esta popularización de tecnologías que antes estaban localizadas en centros de alta investigación o empresas de élite, ahora pueden ser utilizadas por la industria para lograr los objetivos fundamentales definidos en su visión y misión. La utilización de las TIC's por parte de la industria se hace una acción inevitable, y es así como la presencia de internet ya pasa a ser un trámite más obligatorio en el nacimiento de una empresa y a su vez esta revolución se convierte en una necesidad de integrarse a este fenómeno que llegó para quedarse.

La integración a Internet por parte de una industria o empresa implica la introducción de las TIC's en la operativa de la misma, por lo que la contratación de servicios de profesionales en el tema, se hace una inversión importante a los efectos de sacar el mayor provecho de estas. Las empresas deben estar preparadas para la aplicación de las TIC's de la mejor forma y así conseguir que los adelantos tecnológicos redunden en un fortalecimiento de la industria que los utiliza.

7.27. Las TIC´s y el medio ambiente

Expresa Valdiviezo (2011), que las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC´s) han probado tener un rol clave para asistir a la sociedad en la mitigación y la adaptación al cambio climático. Eso es lo que plantea la “Hoja de ruta del Cairo: TIC´s y sustentabilidad medioambiental”, documento preparado en el 5to Simposio “TIC´s, medio ambiente y cambio climático”, organizado por la Unión Internacional de Comunicaciones (UIT) en noviembre de 2010. La finalidad de esta hoja de ruta es llegar a los hacedores de políticas públicas y actores relevantes de los países y crear una mayor conciencia entre ellos sobre el rol positivo de las TIC´s en el cuidado del medio ambiente.

Según el informe, los gobiernos y empresas en el mundo han adoptado e implementado programas e iniciativas de TIC´s para el medio ambiente, destinadas a tratar con los desafíos medio ambientales, especialmente el calentamiento global. Sin embargo, según el reporte, los países, especialmente aquellos en vías de desarrollo, no han alcanzado aún un claro nivel de entendimiento de la amenaza que presenta el cambio climático, así como del potencial de las TIC´s para enfrentarse al mismo.

Por esa razón es que en octubre del 2010 la Conferencia Plenipotenciaria de la UIT adoptó una nueva resolución para el rol de las TIC´s y la protección del medio ambiente, que identifica la necesidad de asistir a los países en desarrollo para que puedan aprovechar estas tecnologías a favor de la lucha contra el cambio climático.

7.28. Diseño de aplicación móvil

La importancia de los diseños de las aplicaciones móviles abarca casi en su totalidad, el éxito de las tareas que necesitamos realizar. El uso de la tecnología y comunicación en los mismos se puede resumir así.

7.28.1. Diseño de apps

En el desarrollo de aplicaciones, además de la funcionalidad, la utilidad y el correcto funcionamiento nos topamos con otras dos características imprescindibles: el diseño de la app y la usabilidad. Una aplicación móvil debe de ser observado desde el punto de vista del tipo de usuario.

Es decir, que, aunque deba cumplir su función corporativa, también debemos tener en cuenta la opinión de nuestro cliente si queremos que tenga éxito. Para lograrlo, debemos prestar atención al diseño y a la usabilidad en el desarrollo de aplicaciones móviles.

Para llegar a un diseño de app y usabilidad óptimo, debemos tener en cuenta el tipo de dispositivo, el sistema operativo y la imagen corporativa de la empresa. En el desarrollo de aplicaciones es imprescindible tener estos parámetros en mente antes de empezar a crear apps. Si el desarrollador encargado del proyecto no tiene nociones de diseño y usabilidad deberá consultarle al responsable de esa parte del proyecto para programar en consecuencia. (Yeeply, 2018, p. 1)

7.28.2. Optimización del diseño

En las palabras de Yeeply (2018) También puede ser que “El desarrollo de aplicaciones haya terminado y tengamos que solucionar problemas de diseño y usabilidad en apps ya hechas y lanzadas al mercado. Si una aplicación es buena o ya tiene el grueso de su mercado utilizándose, funcionará sin problemas” (, p. 4).

Si por ejemplo la app de Google Maps, no se invirtiera en diseño, seguiría siendo utilizada por muchos usuarios porque es una herramienta conocida y que funciona bien. Sin embargo, un buen diseño de app ayudará a mejorar la experiencia del usuario, a captar nuevos clientes potenciales y sumará puntos a la buena funcionalidad. Para cambiar el diseño y la usabilidad siempre habrá que cambiar el desarrollo de aplicaciones móviles y tendremos que contar con un programador experto. (Yeeply, 2018, p. 5)

7.28.3. Diseño de apps vs. usabilidad

Pero se debe tener cuidado. Diseño y usabilidad son distintos, pero deben ir integrados. Es decir, la usabilidad no debe estar condicionada por el diseño, sino que debe primar, y el diseño ser construido sobre esa base de funcionamiento y buena usabilidad de la app. Ambas también van ligadas al desarrollo de aplicaciones, por lo que será imprescindible que el programador trabaje estrechamente con el diseñador. (Yeeply, 2018, p. 4)

Antes de realizar los wireframes en el desarrollo de aplicaciones, podremos definir primero el funcionamiento de la app sin ningún tipo de diseño nos permitirá establecer una navegación sencilla, funcional y detectar fácilmente los errores que pueda haber”. Corregir los errores del desarrollo de apps en esta etapa inicial

nos servirá para ahorrarnos las modificaciones posteriores también en el diseño. Una vez que la usabilidad y la funcionalidad estén cubiertas, podemos ponernos manos a la obra con el diseño de la app. En él, las tonalidades y colores de las apps corporativas siempre tendrán íntima relación con la marca en cuestión.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

- 1.1. Monografía del municipio de Santa Catarina Pinula
- 1.2. Localización geográfica
- 1.3. Colindancias
- 1.4. Idioma
- 1.5. Fiesta titular
- 1.6. División territorial
- 1.7. Características fisiográficas
- 1.8. Aspectos climatológicos
- 1.9. Residuos sólidos
 - 1.9.1. Clasificación física de los residuos sólidos orgánicos
 - 1.9.2. Clasificación física de los residuos sólidos inorgánicos
 - 1.9.3. Residenciales o domésticos
 - 1.9.4. Comerciales
 - 1.9.5. Comerciales de alimentos
 - 1.9.6. Plazas de mercado

- 1.9.7. Industriales
- 1.9.8. Institucional
- 1.9.9. Especiales
- 1.9.10. Barridos de calles
- 1.9.11. Lugares públicos
- 1.10. Clasificación de acuerdo con el tipo de manejo para los residuos sólidos, residuo peligroso
- 1.11. Clasificación de acuerdo con el tipo de manejo, para los residuos sólidos, residuo inerte
- 1.12. Situación actual de los residuos sólidos en el país
- 1.13. Efectos generados por los residuos sólidos
 - 1.13.1. Efectos directos
 - 1.13.2. Efectos indirectos
- 1.14. La basura genera dos tipos de gases
 - 1.14.1. Gases de efecto invernadero
 - 1.14.2. Degradadores de la capa de ozono
- 1.15. Contaminación hídrica
 - 1.15.1. Contaminación edáfica
- 1.16. Manejo integral de los residuos sólidos
 - 1.16.1. Generación
 - 1.16.2. Recolección, transporte y transferencia
 - 1.16.3. Tratamiento
 - 1.16.4. Disposición final
- 1.17. La recolección como paso fundamental para la gestión integral de residuos sólidos
 - 1.17.1. Importancia
 - 1.17.2. Logística de recolección de residuos sólidos
 - 1.17.3. Tipos de recolección
 - 1.17.3.1. Recolección de residuos mezclados

- 1.17.3.2. Recolección de residuos separados en fuente
 - 1.17.4. Rutas de recolección
- 1.18. TIC´s
 - 1.18.1. Tipos de TIC´s: redes
 - 1.18.2. Tipos de TIC´s: terminales
 - 1.18.3. Tipos de TIC´s: servicios en las TIC´s
- 1.19. Características principales de las TIC´s
- 1.20. Ventajas de las TIC´s
 - 1.20.1. Permiten las comunicaciones
 - 1.20.2. Aumentan las respuestas innovadoras a los retos del futuro
 - 1.20.3. Eliminan las barreras de tiempo y espacio
 - 1.20.4. Permiten acceso igualitario a la información y conocimiento
 - 1.20.5. Favorecen la cooperación y colaboración entre distintas entidades
 - 1.20.6. Potencialmente elevan la calidad de vida de los individuos
- 1.21. ¿Para qué sirven las TIC´s?
- 1.22. ¿Cómo mejoran nuestra vida?
- 1.23. Mejoran la comunicación interpersonal
- 1.24. Papel de las TIC´s en las empresas
- 1.25. Automatización de tareas y ahorro de costos empresariales
- 1.26. Impactos de las TIC´s en la industria
- 1.27. Las TIC´s y el medio ambiente
- 1.28. Diseño de aplicación móvil
 - 1.28.1. Diseño de apps
 - 1.28.2. Optimización del diseño

1.28.3. Diseño de apps vs usabilidad

2. METODOLOGÍA

2.1. Diseño

2.2. Tipo de estudio

2.2.1. Variables mixtas (variables cualitativas y cuantitativas)

2.3. Alcance

2.4. Variables e indicadores

2.5. Fases

2.5.1. Preparación

2.5.2. Diagnosticar

2.5.3. Planificar

2.5.4. Controlar

2.6. Resultados esperados

2.7. Solución técnica ensayada

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

9. METODOLOGÍA

Es el grupo de pasos a seguir, con la meta de alcanzar una información válida y con una alta precisión. En otras palabras, es la forma como llevaremos a cabo la investigación, para llegar a una conclusión real y verídica.

9.1. Diseño

Tomando en consideración, que el siguiente trabajo de investigación, está basado en el interés de generar una propuesta de la implementación de las TIC's, en las rutas de recolección de los RSM, se llegó a la conclusión que la metodología a seleccionar es no experimental y explicativa.

La investigación no experimental es la que se realiza sin manipular deliberadamente las variables; lo que se hace en este tipo de investigación es observar fenómenos tal y como se dan un contexto natural, para después analizarlos. La investigación explicativa es aquella conforme a la cual, la persona procede al estudio de un fenómeno, con el fin no solo de describirlo, sino, además, poder determinar las relaciones causales que envuelven el mismo y las distintas aristas que alrededor de este pueden formarse.

Uno de los puntos más importantes, es el análisis de la problemática ambiental y la educación, que son parte del campo de las relaciones sociales y de la dinámica que está presente entre los vecinos y el lugar donde viven. Como punto de partida, es necesario hacer un alto y observar el origen de los problemas sociales en el municipio de Santa Catarina Pinula, específicamente en la aldea

El Pajón, y comprender cómo esto afecta la vida de los vecinos y de la comunidad entera.

Por tal motivo, se busca a través de un cambio cultural, que los vecinos tengan un grado de conciencia ambiental por su municipio, que cuiden los recursos naturales y al mismo tiempo, sean pioneros de la utilización de TIC's, para la preservación de estos, mejorando su entorno y también la calidad de vida que poseen.

9.2. Tipo de estudio

La importancia del tipo de estudio determina los pasos a seguir en la metodología del trabajo de investigación.

9.2.1. Variables mixtas (variables cualitativas y cuantitativas)

La investigación mixta es un continuo en donde se mezclan los enfoques cuantitativo y cualitativo, centrándose más en uno de éstos, o dándoles el mismo peso.

9.3. Alcance

Esta investigación se enfocará en la propuesta de implementación de las TIC's, en las rutas de recolección de RSM, mediante el diseño de una aplicación móvil que beneficiará a los habitantes de la aldea El Pajón, municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.

Con dicha propuesta, se podrían tener reuniones trimestrales, para poder medir los progresos con las autoridades municipales, y así poder tener datos

exactos de los beneficios obtenidos, con dicha aplicación, en las rutas de recolección de los RSM. Esta aplicación móvil, podrá ser implementada en cualquier municipio del territorio de Guatemala, ya que su propósito es lograr un medio ambiente más limpio.

9.4. Variables e indicadores

En las tablas II, III y IV se presenta el resumen de cada estudio en las variables y su operativización.

Tabla II. **Resumen de variables y su operativización en el estudio 1**

Objetivo	Variables	Operativización
Fundamentar teóricamente la aplicación de las TIC's, para las rutas de recolección de los RSM	-Examinar el tema -Definir en forma clara, el problema de investigación -Orden de las ideas -Orden de los temas -Orden de los subtemas	-Revisión bibliográfica acerca del tema de estudio (TIC's y RSM) -Determinar cuáles contenidos son los más relevantes -Seleccionar los contenidos claves -Seleccionar los contenidos secundarios

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Resumen de variables y su operativización en el estudio 2**

Objetivo	Variabes	Operativización
Diseñar una aplicación móvil, para eficientizar las rutas de recolección de los RSM.	-Costo de hora programador -Acceso a datos de la App -Geo-posicionamiento digital -Complejidad de la aplicación -Gestor de contenido de la App -Pasarela de pago para la App -Registro de usuarios -Diseño gráfico -Accesibilidad de la App	-Reclutar y contratación de programador -Conectarse a servidores para búsquedas -Información dependiente de la localización -Aplicación sencilla desarrollada en pocas horas -Actualización de datos de forma dinámica -Será una app gratuita para las municipalidades de Guatemala -Base de datos en cuanto a tamaño y tipo de datos que acumule -Diseño sencillo con menú y pestañas -Para IOS y Android

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Resumen de variables y su operativización en el estudio 3**

Objetivo	Variabes	Operativización
Establecer una metodología de análisis de sistemas de rutas de recolección de RSM, a través de la información recabada en la aplicación móvil	-Pesaje de RSM -Toma de fotografía del saco y dirección -Aplicación de la geomática -Tiempo de ejecución de la recolección -Rutas actualizadas y rediseñadas	-Con una balanza y se iniciará la app en el celular y/o tableta -Se tomará fotografía del saco de recolección y del número de casa atendida -Se mandará a través de la fotografía un geo dato que pueda aportar un punto en un mapa e información especial -Eficientizar las rutas a través de la utilización de las TIC's

Fuente: elaboración propia.

9.5. Fases

Básicamente responde a la pregunta, ¿cómo se investigará el problema? En estas fases, implica decidir qué método se va a utilizar para resolver el problema y comprobar la hipótesis.

9.5.1. Fase I. Preparación

En dicha fase se establecerá cuáles son los tipos de TIC's existentes y sus características principales, todo esto con el fin de realizar la propuesta de la aplicación de las mismas, en la recolección de RSM.

9.5.2. Fase II. Diagnosticar

En esta fase determinaremos cómo la utilización de las TIC's, eficientiza las rutas de recolección de RSM, mediante la descripción de sus ventajas, para qué sirven, también determinaremos su papel en el ámbito empresarial y su impacto en la mejora de nuestra vida y el medio ambiente.

9.5.3. Fase III. Planificar

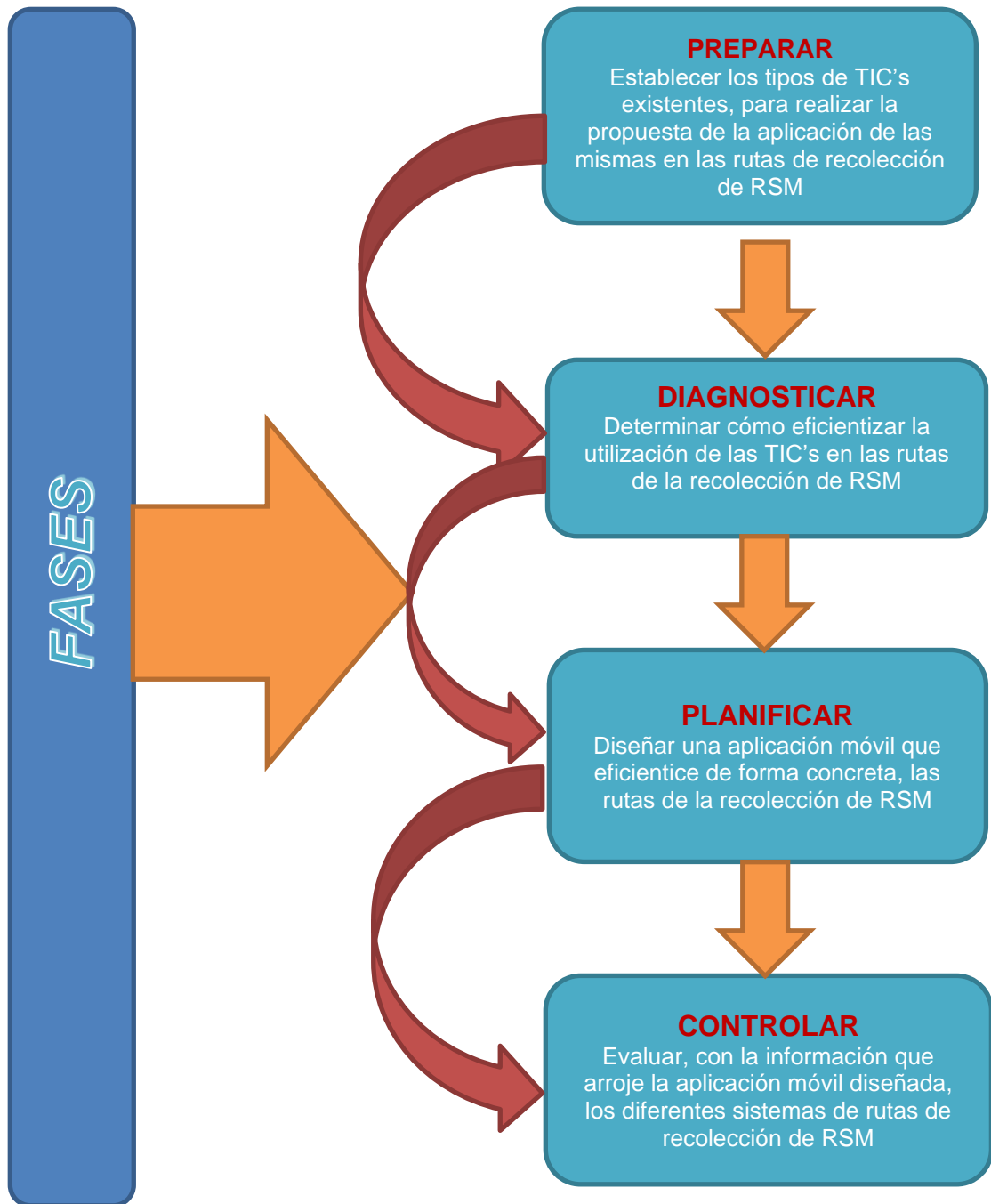
En la planificación vamos a diseñar una aplicación móvil que eficiente de forma concreta las rutas de recolección de los RSM.

9.5.4. Fase IV. Controlar

Gracias a la aplicación móvil diseñada, se podrán evaluar los diferentes sistemas de rutas de recolección de RSM, estableciendo una metodología de análisis de los mismos. Con ello, se logrará medir el impacto de la propuesta de

la utilización de las TIC´s en el medio ambiente y en la mejora de calidad de vida de los habitantes de la aldea El Pajón, en el municipio de Santa Catarina Pinula.

Figura 5. Metodología de las rutas de la recolección de los RSM, utilizando las TIC's



Fuente: elaboración propia.

9.6. Resultados esperados

Con los resultados esperados, podremos sacar conclusiones de los objetivos esperados al inicio del diseño de la investigación.

9.7. Solución técnica ensayada

La solución técnica ensayada, consiste en lo siguiente:

- Por motivos de la pandemia del covid-19, y estando en cuarentena permanente y no poder salir a tomar muestras, encuestas, pesajes, etc., nos vemos en la necesidad de buscar datos recabados anteriormente, para aprovechar la información que existe, y luego continuar nuestra investigación.
- La información que se utilizará en el trabajo de investigación será la: *Caracterización de los desechos sólidos domiciliarios de la aldea El Pajón, Santa Catarina Pinula*, de la ingeniera Sharon Ambrosio García, del año 2019.
- Al tener todos los datos tabulados, pesados, teniendo sus densidades, sus proporciones, sus pesos específicos y granulometría, procederemos a la aplicación de las TIC´s para realizar nuestro trabajo de investigación.
- Al llegar el recolector de basura a cada vivienda esperaremos lo siguiente:
 - Pesaje de saco de basura (llevar una balanza electrónica y pesar el saco).

- Toma fotográfica del saco de basura (que al mismo tiempo cumplirá dos funciones: el geoposicionamiento del saco, y la fecha exacta de su recolección).
- Toma fotográfica del número de casa de la recolección.
- La tarea más complicada, sería el dividir entre orgánica y no orgánica los residuos sólidos (esto sería una actividad deseada, más no obligatoria).
- Todos los datos tabulados electrónicamente, irían a una base de datos, en donde se procesarán para eficientar las rutas.
- Se crearía una aplicación móvil, que estaría en el teléfono o la Tablet de la persona que recoge los RSM, y lo que haría sería tomar fotos del peso, del número de la casa, se guardaría fecha y se crearía un geo dato. Toda esta información llegaría a la base de datos de la municipalidad y esto haría que nuestro trabajo de investigación ayude a que cada municipalidad pueda implementar las TIC's, como una ayuda rápida y clave en el proceso de un medio ambiente más limpio y perdurable.
- Después de tres meses haciendo la misma tarea, tendremos una sólida base de datos, pudiendo mejorar las rutas de la recolección, de los RSM y tener una mejora en el servicio.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

El análisis de información requiere técnicas de la estadística descriptiva o inferencial. Pueden tener un alcance solamente descriptivo, aunque no se excluyen alcances explicativos o correccionales.

10.1. Datos estadísticos

Todos estos datos serán extraídos de la tesis: “Caracterización de los desechos sólidos domiciliarios de la aldea El Pajón, Santa Catarina Pinula”, de la ingeniera Sharon Bartola Ambrocio García. Todo esto debido a la pandemia del covid-19, que no permite aglomeraciones, visitas y que restringe la movilidad para poder hacer las mediciones pertinentes y también porque se aprovecha una investigación previa y profesional.

10.2. Estadística descriptiva

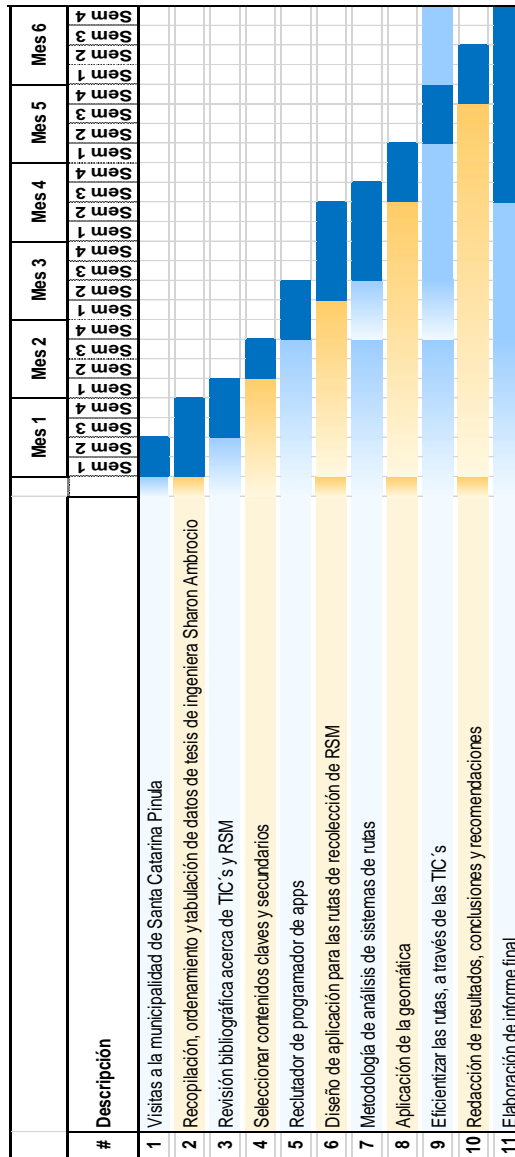
Definición a detalle de los diferentes temas acerca de los residuos sólidos municipales (RSM) y de las tecnologías de información y comunicación (TIC´s). También datos descriptivos del municipio como la monografía de este.

10.3. Alcance explicativo

Se proporcionan datos, como las ventajas, cómo influyen en el ámbito empresarial, la utilización de las TIC´s. Así mismo se explica también en nuestra investigación, lo que pasa en la actualidad con los residuos sólidos municipales.

11. CRONOGRAMA

Figura 6. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizará con los diferentes recursos disponibles por parte del estudiante de la maestría.

12.1. Recursos humanos

- Personal de la DMP (Dirección municipal de planificación), de la municipalidad de Santa Catarina Pinula, en el departamento de Guatemala.
- Personal de la Sección de Gestión Ambiental, de la municipalidad de Santa Catarina Pinula, en el departamento de Guatemala.
- Supervisor-asesor de la Maestría de Ingeniería para el desarrollo municipal, de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Coordinador de la Maestría de Ingeniería para el desarrollo municipal, de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

12.2. Recursos financieros (fuentes de financiamiento)

- El financiamiento para la realización de la puesta en marcha de las TIC's, en la recolección de residuos sólidos municipales (RSM), a través de un reglamento municipal, en el municipio de Santa Catarina Pinula,

departamento de Guatemala; se autofinanciará por el estudiante de la maestría.

12.3. Recursos físicos

- Equipo de fotografía y video.
- Equipo de computación.
- Material de consulta bibliográfica.
- Documentos existentes sobre recolección de residuos sólidos.
- Consultas a personal que labora en la municipalidad de Santa Catarina Pinula, en el departamento de Guatemala.

12.4. Recursos tecnológicos

- Sistema operativo Windows.
- Excel.
- Word.
- AutoCAD.
- Internet 4G.

12.5. Recursos de equipo

- Vehículo.
- Computadora portátil (laptop).
- Libros de apuntes.
- Calculadora científica

12.6. Cuantificar inversiones (presupuesto preliminar)

Por este medio, podremos saber cuánto gastaremos en la realización de este trabajo de investigación.

Tabla V. Presupuesto preliminar

Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Subtotal
Visitas a SCP	4.00	u	Q 250.00	Q 1,000.00
Diseño de proyecto	1.00	global	Q 2,500.00	Q 2,500.00
Impresiones y otras	1.00	global	Q 300.00	Q 300.00
Internet	1.00	global	Q 200.00	Q 200.00
Viáticos de alimentos	8.00	u	Q 75.00	Q 600.00
Viáticos de combustible	6.00	visitas	Q 150.00	Q 900.00
			Total:	Q 5,500.00

Fuente: elaboración propia.

12.7. Acceso a información

- Pública de la municipalidad de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.
- Tesis profesionales de maestrías varias de la facultad de ingeniería.
- Reglamentos municipales de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.
- Infraestructura.
- Municipalidad de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.
- Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Escuela de Postgrado, de la facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

12.8. Permisos

- PMT Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.
- Departamento de Ambiente y proyectos verdes, municipalidad de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.
- Sección de Gestión Ambiental, municipalidad de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.
- Escuela de Postgrado, de la facultad de ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

13. REFERENCIAS

1. Ambrosio, S. (2019). *Caracterización de los desechos sólidos domiciliarios de la aldea El Pajón, Santa Catarina Pinula*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/13751/1/Sharon%20Bartola%20Ambrocio%20Garc%C3%ADa.pdf>.
2. Ayala, G. (2010). *Manejo municipal y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios, de la ciudad de Chiquimula, departamento de Chiquimula*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://postgrado.fausac.gt/wp-content/uploads/2016/09/Godofredo-Ayala-Ruiz.pdf>.
3. Batres, J., Del Cid, G. y Jayes, P. (2003). *Estudio de factibilidad para el manejo de residuos sólidos domiciliarios en las colonias Tierra Nueva I y II de Chinautla, departamento de Guatemala*. (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_2637.pdf.
4. Bentanzo (agosto de 2015). Evaluación de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos con apoyo de dispositivos de rastreo satelital. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, Vol. 32(3), pp. 347-355. Recuperado de <https://www.researchgate.net/>

publication/305846357_Evaluacion_de_rutas_de_recoleccion_de_residuos_solidos_urbanos_con_apoyo_de_dispositivos_de_rastreo_satelital_Analisis_e_implicaciones.

5. Biblioteca Médica Nacional. (24 de julio, 2013). ¿Qué son las TIC's? [Mensaje de blog]. Recuperado de <http://www.bmns.sld.cu/que-son-las-tic>.
6. Cifuentes, J. (2018). *Mitigar la problemática ambiental a través de las TIC's: propuesta de enseñanza de educación ambiental en la institución educativa Luis Carlos Galán*. (Tesis de maestría). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/8907/1/CifuentesChaconJennyAlexandra2018.pdf>.
7. Corbitt, R.A. (2003). *Manual de Referencia de La Ingeniería Medioambiental*. España: McGraw-Hill Interamericana.
8. El Heraldó. (8 de octubre, 2020). *Denuncian aumento de desechos sólidos en el río Motagua*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.elheraldo.hn/pais/1411012-466/millonaria-inversion-guatemala-basura-rio-motagua-falla>.
9. Estrada, R. (febrero de 2014). Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios, urbano residencial. *Revista Opinión Pública*, 2(1), 17-24. Recuperado de <https://revistas.cun.edu.co/index.php/opinionpublica/article/view/56/53>.

10. Gálvez, H. (2018). *Manejo integral de residuos sólidos. Caso: Barrio la Democracia, ciudad de Jutiapa.* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_4989.pdf
11. González, A.L. (26 de mayo, 2019). Hacia una gestión de la basura más eficiente. elPeriódico. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://elperiodico.com.gt/domingo/2019/05/26/hacia-una-gestion-de-la-basura-mas-eficiente/>.
12. Grádiz, M. y Raudales, R. (2012). *Modelo de gestión integral de residuos sólidos en el área urbana del municipio de Santa Catarina Pinula.* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0415_MT.pdf.
13. Grajeda, C. (2017). *Diseño de un edificio escolar de dos niveles para la aldea el Carmen y una red de alcantarillado sanitario para el sector de Riíto de la aldea El Pajón, Santa Catarina Pinula, Guatemala.* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6119/1/Carlos%20Alberto%20Grajeda%20Fern%C3%A1ndez.pdf>.
14. IOE Bussiness School. (10 de Abril, 2018). ¿Para qué sirven las TIC´s? [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.grupoioe.es/para-que-sirven-las-tics/>.

15. Lantán, O. (2015). *Diseño de investigación de la planificación para la disposición final de los residuos sólidos del municipio de Morales, departamento Izabal*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3916_C.pdf.
16. López, N. (2009). *Propuesta para el programa para el manejo de los residuos sólidos en la plaza del mercado de Cerete – Córdoba*. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. Recuperado de <https://javeriana.edu.co/biblos/tesis/eambientales/tesis64.pdf>.
17. López, S. (2010). *Gestión de los residuos sólidos en la cabecera municipal de Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez*. (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1026/1/SERGIO%20ANTONIO%20LOPEZ%20RECINOS.pdf>
18. Luch, R. (2011). *Estudio de factibilidad para el manejo, disposición y tratamiento de los residuos sólidos, para el área urbana del municipio de San Miguel Petapa, Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2399_IN.pdf.
19. Mijangos, N. (2002). *Manejo integral de desechos sólidos del complejo de parques del Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala (IRTRA): Acuático Xocomil, Vacacional Tzapotitlán y Temático Xetulul ubicados en San Martín*

Tzapotitlán, Retalhuleu: Fase I: caracterización y ordenamiento del manejo de desechos sólidos. (Tesis de maestría). Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.

20. Morales, A. (25 de febrero, 2019). TIC (Tecnología de la información y comunicación. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.todamateria.com/tic-tecnologias-de-la-informacion-y-la-comunicacion/>.
21. Morales, E. (2012). *Estudio de factibilidad para el manejo de residuos sólidos en la cabecera municipal de Ipala, departamento de Chiquimula.* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2473_IN.pdf.
22. Prieto, C. (2003). *Basuras: manejo y transformación práctico-económico.* Bogotá, Colombia: Ecoe ediciones.
23. Quiñónez, A. (2017). *Estrategia didáctica mediada por las TIC's acerca del manejo de los residuos sólidos para los estudiantes del grado sexto de la institución educativa agropecuaria Brisas de Marilopez.* (Tesis de maestría). Fundación Universitaria los Libertadores, Colombia. Recuperado de <https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/1234/qui%C3%B1onezarely2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
24. Residuos.USTA. (s.f.). Manejo integral y Desarrollo Sustentable. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://sites.google.com/site/residuosusta/manejo-integral-y-desarrollo-sustentable>.

25. Sánchez, J. (8 de junio, 2020). Qué son los residuos sólidos y cómo se clasifican. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-residuos-solidos-y-como-se-clasifican-1537.html>.
26. Santiago, J. (2016). *Programa de recolección de residuos sólidos para el casco urbano de Purulhá, Baja Verapaz*. (Tesis de maestría). Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Recuperado de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2016/06/15/Santiago-Jose.pdf>.
27. SEMANRNAT (31 de octubre, 2014). Los desechos como recurso. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://uapa.cuaieed.unam.mx/sites/default/files/minisite/static/42ec42cc-63b0-4593-ba83-064bbfcde11b/DesechoscomoRecurso/index.html>.
28. Segeplán. (24 de junio, 2010). Plan de Desarrollo Santa Catarina Pinula, Guatemala 2011-2025. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/municipio-santa-catarina-pinula>.
29. Soto, L. (2003). *Sistema de recolección y disposición de residuos sólidos del municipio de Santa María de Jesús, departamento de Sacatepéquez*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2330_C.pdf.
30. Tchobanoglous, G. y Kreith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management*. New York, USA: McGraw-Hill.

31. Tchobanoglous, G., Theisen, H. y Eliassen, R. (1982). *Desechos Sólidos Principios de Ingeniería y Administración*. Argelia: Accelerating the world's research.
32. Tchobanoglous, G., Theisen, H. y Vigil, S.A. (1993). *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principle and Management Issue*. Nueva York, USA: McGraw-Hill.
33. Universidad Militar Nueva Granada. (s.f.). Las tecnologías de comunicación e información. [Mensaje de blog]. Recuperado de http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/odin/odin_desktop.php?path=Li4vb3Zhcy9pbmdlbmlcmlhX2luZHVzdHJpYWwvc2lzdGVtYXNfZGVfaW5mb3JtYWNPb25faW5kdXN0cmlhbC91bmlkYW RfMi8=#slide_1.
34. Valdiviezo, A. (4 de noviembre, 2011). TIC y medio ambiente. [Mensaje de blog]. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36920/1/elacnewsletter14_es.pdf.
35. Woc, H. (2010). *Propuesta para un programa para el manejo de los residuos sólidos generados en el área urbana del municipio de Retalhuleu, departamento de Retalhuleu*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2228_IN.pdf.

36. Zamora, J. (2013). *Plan de manejo ambiental de residuos sólidos del municipio de San Andrés Iztapa, Chimaltenango*. (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3688.pdf.

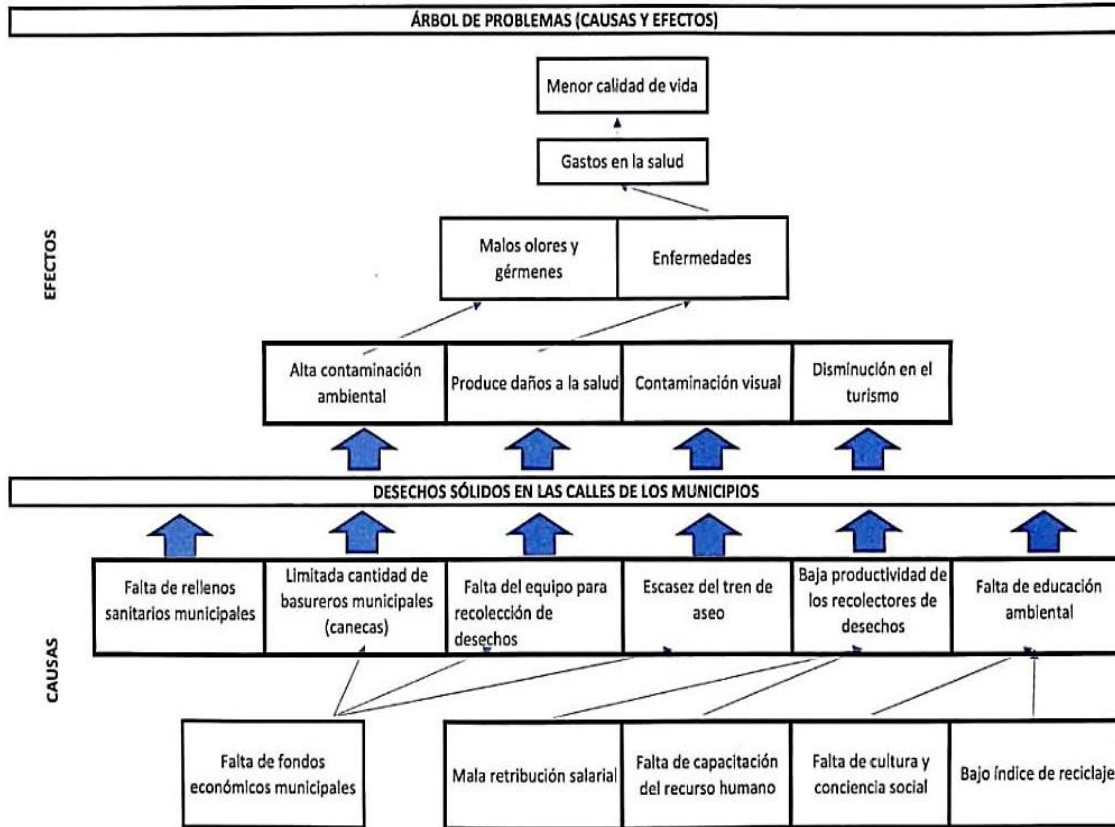
14. APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de coherencia

PROBLEMA PRÁCTICO	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	PLAN DE ACCIÓN (METODOLOGÍA)	BIBLIOGRAFÍA (ANTECEDENTES)
<p>Los Residuos Sólidos Municipales (RSM), son unos de los principales problemas en la aldea El Pajón, en el municipio de Santa Catarina Pinula; ya que las personas los tiran a la calle, tragantes, los entierran, queman y esto hace que el medio ambiente, el ornato, el entorno económico y la salud, se vean afectados. Las razones principales por las cuales las personas hacen esto, son la falta de educación ambiental, escasos recursos municipales y reglamentos incompletos.</p>	<p>Por lo anterior citado, se propone una implementación de tecnologías de información y comunicación, en las rutas de la recolección de residuos sólidos municipales, en la aldea El Pajón, municipio de Santa Catarina Pinula, con el propósito de mejorar las condiciones de ornato, salubridad y medio ambiente.</p>	<p><u>PREGUNTA CENTRAL</u> ¿De qué forma el diseño de un modelo de aplicación basado en las TIC's, ayudaría a eficientar las rutas de la recolección de los RSM?</p> <p><u>PREGUNTAS ESPECÍFICAS</u> ¿Cómo podemos fundamentar teóricamente, la aplicación de las TIC's en las rutas de la recolección de los RSM?</p> <p>¿Cómo diseñar una aplicación móvil, para eficientar las rutas de la recolección de los RSM?</p> <p>¿Cómo ayudaría la aplicación móvil, para analizar los sistemas de las rutas de la recolección de los RSM?</p>	<p><u>OBJETIVO GENERAL</u> Diseñar un modelo de aplicación, basado en tecnologías de información y comunicación (TIC's), para las rutas de recolección de residuos sólidos municipales (RSM).</p> <p><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u> Fundamentar teóricamente la aplicación de las TIC's, para las rutas de recolección de los RSM.</p> <p>Diseñar una aplicación móvil, para eficientar las rutas de recolección de los RSM.</p> <p>Establecer una metodología de análisis de sistemas de rutas de recolección de RSM, a través de la información recabada en la aplicación móvil.</p>	<p>Convocatoria para personal municipal y líderes comunitarios, para la capacitación de manejo de TIC's.</p> <p>Realización de talleres, capacitaciones e inducciones, a todo el personal municipal y comunitario.</p> <p>Obtener ayudas internacionales, para la donación de TIC's y capacitaciones, para el aprendizaje y desarrollo de estas tecnologías.</p> <p>Fomentar en la ciudadanía, el uso de TIC's, como parte de la cultura, para optimizar la mejora del medio ambiente.</p> <p>Establecer la creación de programas para la optimización de la recolección de los RSM, con el apoyo de los líderes comunitarios.</p>	<p><u>LISTADO DE BIBLIOGRAFÍAS RELACIONADAS</u> Lantán, O.M. (2015). <i>Diseño de investigación de la planificación para la disposición final de los residuos sólidos del municipio de Morales, departamento Izabal</i> [tesis para grado de ingeniero civil, USAC]. Repositorio Institucional USAC. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3916_C.pdf</p> <p>Morales, E.M. (2012). <i>Estudio de factibilidad para el manejo de residuos sólidos en la cabecera municipal de Ipala, departamento de Chiquimula</i> [tesis de graduación para el título de ingeniera industrial, USAC]. Repositorio Institucional USAC. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2473_IN.pdf</p> <p>Grádiz, M.O y Raudales, R.J. (2012). <i>Modelo de gestión integral de residuos sólidos en el área urbana del municipio de Santa Catarina Pinula</i> [tesis para maestría en ingeniería sanitaria, USAC]. Repositorio Institucional USAC. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0415_MT.pdf</p> <p>Soto, L.O. (2003). <i>Sistema de recolección y disposición de residuos sólidos del municipio de Santa María de Jesús, departamento de Sacatepéquez</i>. [tesis de graduación para ingeniero civil, USAC]. Repositorio Institucional USAC. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2330_C.pdf</p>

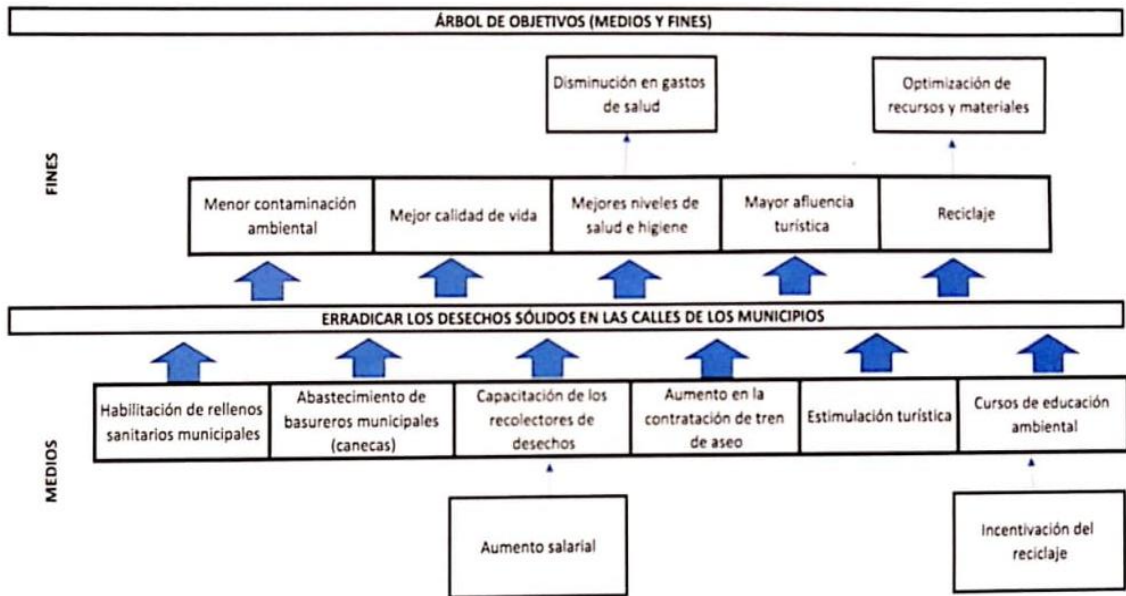
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Árbol de problemas (causas y efectos)



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Árbol de objetivos (medios y fines)**



Fuente: elaboración propia.

