



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

“MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA”

Realizado por:

EMILIO JOSÉ BENALCÁZAR BOSMEDIANO

Director del proyecto:

MSc. Mónica Delgado, PhD.(a)

Como requisito para la obtención del título de:

MAGÍSTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL MENCIÓN EFICIENCIA ENERGÉTICA

Quito, Agosto 2020

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, EMILIO JOSÉ BENALCÁZAR BOSMEDIANO, con cédula de identidad # 1718475575, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en éste documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



FIRMA
171847557-5

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN
LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS
EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA”**

Realizado por:

EMILIO JOSÉ BENALCÁZAR

Como Requisito para la Obtención del Título de:

**MAGÍSTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL MENCIÓN EFICIENCIA
ENERGÉTICA**

Ha sido dirigido por la profesora

MSc. Mónica Delgado, PhD.(a)

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor



MSc. Mónica Delgado, PhD.(a)

FIRMA

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

MSc. JEFFERSON RUBIO

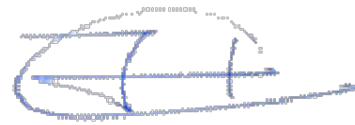
MSc. JESÚS LOPEZ VILLANDA

Después de revisar el trabajo presentado, lo han calificado como apto para su defensa

oral ante el tribunal examinador.



FIRMA



FIRMA

Quito, Agosto 2020

DEDICATORIA

A mi familia que confía fielmente en mí, a todas las personas de este mundo que creen que el cambio circunstancial del planeta está en manos de quienes piensan de manera global, pero actúan de forma local.

A la vida que ha puesto a las personas correctas en el tiempo y en el lugar adecuado.

AGRADECIMIENTO

A Mónica Delgado, Directora de mi proyecto de grado, por todo el apoyo brindado para culminar exitosamente el trabajo propuesto.

A mis compañeros de Maestría, por el empuje académico y moral brindado a lo largo de la Maestría.

A Mis Padres, por el sustento incondicional en cada etapa de mi vida.

Al GAD-MEJIA por permitir la realización de este estudio.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 GENERALIDADES.....	9
1.2 OBJETIVOS E HIPÓTESIS	14
<i>Objetivo General:</i>	14
<i>Objetivos específicos:</i>	14
1.3 HIPÓTESIS	14
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
2.1 LÍNEA BASE DE CONSUMO ENERGÉTICO, UTILIZANDO LOS PARÁMETROS ESTABLECIDOS EN LA NORMA ISO: 50001.	14
2.2 APLICAR METODOLOGÍAS PRBADAS PARA MODELAR SERVICIOS ENERGÉTICOS DE TRANSPORTE, PARA DETERMINAR ECUACIÓN APLICABLE AL ÁREA DE ESTUDIO.	16
2.3 A PARTIR DEL MODELO CREADO, ESTABLECER ACCIONES PARA LAS RUTAS DE RECOLECCIÓN, TIEMPO, Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE, CUANTIFICANDO AHORROS ENERGÉTICOS.....	19
3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	21
3.1 LÍNEA BASE DE CONSUMO ENERGÉTICO, ZONA DE ESTUDIO.....	21
3.2 CÁLCULO DE TIEMPOS.....	22
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN DIFERENCIADA DE DESECHOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI.....	23

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

3.2.1	<i>Tiempo de recolección de basura actual, distancia recorrida</i>	23
3.2.2	<i>Tiempo en la recolección de basura propuesto</i>	26
3.3	DESARROLLO DEL MODELO DE CALIDAD DE IDA URBANA CVU	26
3.3.1	SERVICIOS URBANOS Y EQUIPAMIENTO	26
	EQUIPAMIENTO VEHÍCULO DE RECOLECCIÓN	26
3.4	SERVICIOS DE SANEAMIENTO E INFRAESTRUCTURA SANITARIA PARA LA RECOLECCIÓN DE BASURA	27
	<i>RUTAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS Y CONSUMO ENERGÉTICO</i>	27
3.5	SERVICIOS DE COMUNICACIÓN PARA EL SERVICIO DE RECOLECCIÓN	29
3.6	COBERTURA DEL SERVICIO (Fc) Y CALIFICACIÓN (CALs)	29
3.7	OPINIÓN (FOP), Y SERVICIOS SOCIALES	30
3.8	ASPECTO URBANO AMBIENTALES	31
3.8.1	<i>Aspectos Urbanos</i>	31
	CÁLCULO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE	31
3.8.2	<i>Aspectos Ambientales</i>	36
3.9	A PARTIR DEL MODELO CREADO, ESTABLECER ACCIONES PARA LAS RUTAS DE RECOLECCIÓN, TIEMPO, Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE, CUANTIFICANDO AHORROS ENERGÉTICOS, TRADUCIDOS EN COSTOS ENERGÉTICOS	37
	<i>ÍNDICE DE CONSUMO</i>	40
	MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL TRANSPORTE DE DSM	42
4.	DISCUSIÓN	43
A.	CONCLUSIONES	48
	BIBLIOGRAFÍA	49
	ANEXOS	57

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. TABLA DE ABREVIATURAS.....	6
TABLA 2. Ruta de recolección de DSM en tiempo y distancia	24
TABLA 3. Ruta, tipo de desechos y distancia recorrida para la recolección de desechos sólidos.....	25
TABLA 4. Rutas de recolección de Desechos Sólidos en la Parroquia de Machachi. ...	28
TABLA 5. Distribución de la superficie del cantón Mejía por parroquia	29
TABLA 6. Consumo de combustible en la recolección y transporte semanal de desechos sólidos.....	31
TABLA 7. Consumo de combustible en la recolección y transporte mensual de desechos sólidos.....	31
TABLA 8. Costo mensual de la recolección y transporte de desechos sólidos.	32
TABLA 9. Detalle del costo mensual de combustible para la recolección de desechos sólidos.....	33
TABLA 10. Toneladas recolectadas por día y ruta en el sector Centro-Oriental de Machachi.	34
TABLA 11. Toneladas recolectadas por mes.	35
TABLA 12. Costos operativos relacionados a la recolección y transporte de desechos (Dirección de servicios público).....	37
TABLA 13. Consumo de energía para la recolección de desechos sólidos.....	39
TABLA 14. Índice de consumo de energía de recolección de desechos sólidos en (kwh/Ton).....	41
TABLA 15. Modelo de consumo de energía recolección de desechos sólidos	47

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 1. Ubicación geográfica de la parroquia de Machachi.	21
MAPA 2. División de Pichincha por cantones.....	22
MAPA 3. Mapa político administrativo del cantón Mejía.....	30
MAPA 4. Consumo energético en base al consumo de combustible para el cantón Mejía	39
MAPA 5. Propuesta de ruta para la reducción de consumo energético en la recolección de desechos sólidos en el sector Centro-Oriental de la parroquia de Machachi.....	43

ÍNDICE DE GRÁFICOS

FIGURA 1. Consumo de energía por sectores en Ecuador según la OLADE (Noboa, 2016). ..	11
FIGURA 2. Planificación energética modificado de Correa Soto 2014 (Correa Soto et al., 2014)	15
FIGURA 3. Modelo de calidad de vida urbana (CVU) (C. Discoli et al., 2010; C. A. Discoli et al., 2006).....	18
FIGURA 4. Modelo ISO 50001 modificado de (Acoltzi & Pérez, 2011; Jovanović & Filipović, 2016)	19
FIGURA 5. Modelo de sistema de gestión de la energía (Guía de Implementación SGE basado en ISO 50001)	20
FIGURA 6. División del cantón Mejía por parroquias.	22
FIGURA 7. Diagrama del proceso de recolección de desechos sólidos (Dirección de Servicios Públicos).....	23
FIGURA 8. Distancia recorrida en la zona Centro-Oriental de Machachi (Km/días).....	25

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

FIGURA 9. Tiempo de recolección diferenciada de desechos sólidos en el sector Centro-Oriental de Machachi.	26
FIGURA 10. Camión recolector de desechos sólidos.	27
FIGURA 11. Ruta actual de recolección diferenciada (CarSync Fleet).....	29
FIGURA 12. Costo de la recolección anual (Dirección de Servicios Públicos Mejía).	33
FIGURA 13. Toneladas recolectadas por tipo de desechos en la zona Centro-Oriental del cantón Mejía.	35
FIGURA 14. Costos operativos asociados al transporte y recolección de desechos sólidos.	38
FIGURA 15. Línea base del consumo de energía	40
FIGURA 16. Índice de consumo mensual.....	41
FIGURA 17. Índice de consumo por las toneladas transportadas.....	42
FIGURA 18. Modelo de distancia recorrida y distancia propuesta.....	43
FIGURA 19. Ahorro distancia para la recolección de desechos.	44
FIGURA 20. Ahorro en el consumo de combustible para la recolección de desechos.	45
FIGURA 21. Ahorro en el costo de la recolección de desechos sólidos.	46
FIGURA 22. Modelo de ahorro en el índice de consumo energético.	46

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

TABLA1. TABLA DE ABREVIATURAS

AII	Área de Influencia Indirecta.
AIS	Área de Influencia Social.
ANT	Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador.
COOTAD	Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización.
GADs	Gobiernos Autónomos Descentralizados.
GEI	Gas de Efecto Invernadero.
IGM	Instituto Geográfico Militar.
INAMHI	Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología.
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
PMST	Plan de Movilidad Sustentable, Transporte y Tránsito.
TTC	Transporte Terrestre de Carga
DSM	Desechos Sólidos Municipales

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

RESUMEN.

Este estudio presenta un modelo de consumo energético para el transporte de desechos sólidos municipales (DSM), en el cantón Mejía, en la ruta de recolección del sector centro-oriental de la parroquia de Machachi, se elaboró una línea base de consumo energético, utilizando los parámetros establecidos en la norma ISO 50001, para cuantificar la cantidad de energía demandada en esta actividad, por lo que se planteó una propuesta de cambio de rutas. Mediante esta propuesta y la creación de un modelo estadístico, se cuantifica el ahorro energético, teniendo un ahorro del 19,59% para la ruta en km, ahorrando un 19,6% en el consumo de combustible, lo que corresponde a una reducción del 20% en el costo de recolección. Además energéticamente se obtiene un ahorro de 1301,35 kwh/año, lo que corresponde a un ahorro anual del 14,7%. Con este modelo se pudo cuantificar e identificar el consumo energético en toneladas de combustible y con la densidad del mismo, se identificó el índice de consumo energético en kwh y llevándolo a kwh/año, pudimos cuantificar el ahorro anual, todo esto manteniendo el principio de eficiencia energética que no compromete el confort de los clientes, que en este caso son los hogares que se benefician del servicio de recolección. Mediante el análisis de la ruta de recolección diferenciada de los desechos sólidos en la parroquia de Machachi, se dará cumplimiento a los parámetros establecidos en la norma ISO 50001, cuantificando la cantidad de energía demandada en esta actividad y generando la propuesta de cambio de ruta y ahorro energético.

Palabras clave: línea base de consumo energético, ahorro energético, desechos sólidos municipales, eficiencia energética.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

ABSTRACT

This study presents a model of energy consumption for the transport of municipal solid waste (DSM), in the Mejia canton, on the collection route of the central-eastern sector of the Machachi parish, an energy consumption baseline was prepared, using the parameters established in the ISO 50001 standard, to quantify the amount of energy demanded in this activity, so a proposal was made to change routes. Through this proposal and the creation of a statistical model, energy savings are quantified, saving 19.59% for the route in km, saving 19.6% in fuel consumption, which corresponds to a reduction in 20% in the cost of collection. In addition, energy savings of 1301.35 kWh / year are obtained, which corresponds to an annual saving of 14.7%. With this model it was possible to quantify and identify the energy consumption in tons of fuel and with its density, the energy consumption index in kWh was identified and bringing it to kWh / year, we were able to quantify the annual savings, all this while maintaining the principle of energy efficiency that does not compromise the comfort of customers, which in this case are the households that benefit from the collection service. Through the analysis of the differentiated solid waste collection route in the Machachi parish, the parameters established in the ISO 50001 standard will be complied with, quantifying the amount of energy demanded in this activity and generating the proposed route change and energy saving.

Keywords: baseline of energy consumption, energy saving, municipal solid waste, energy efficiency

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

La energía es fundamental para el desarrollo social, económico e industrial a nivel mundial (Reyes, 2009), y su obtención y consumo contribuye a la contaminación ambiental, el ruido, el agotamiento de recursos naturales y el cambio climático (Ferrer, 2002; Hernández, 2006). El ahorro energético, permite mitigar impactos negativos en servicios energéticos, lo que quiere decir que se puede obtener el mismo nivel de consumo de energía, reduciendo la contaminación (Llamas, 2009).

Los servicios energéticos tienen como objetivo reunir acciones que permitan a las empresas, comunidades, u otras agrupaciones sociales, mejorar su economía y la seguridad del suministro energético (C. Discoli et al., 2008), sin la necesidad de sacrificar el bienestar ni la calidad del producto, logrando así ahorros en el consumo energético, lo que deriva una óptima gestión de la eficiencia energética (Poveda, 2007).

La norma ISO: 50001 indica los requisitos que debe tener un Sistema de Gestión Energética (SGE) en una empresa que permitirá mejorar su servicio, siendo eficiente energéticamente y reduciendo los impactos ambientales, aumentando su competitividad sin sacrificar la productividad y confort del usuario para obtener ahorros energéticos, económicos y ser sostenible en el tiempo (Fiallos, de Laire, & Aguilera, 2017)

Según la guía ISO 50001 (Fiallos, de Laire, & Aguilera, 2017) es importante conceptualizar el “desempeño energético” para la comprensión del SGE (Sistemas de Gestión Energética) debido a que se definen acciones como el uso de la energía, eficiencia y consumo energéticos. De esta forma podremos cuantificar el desempeño energético de las empresas, para mejorar en el tiempo (Correa Soto, Borroto Nordelo, González

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

Álvarez, Curbelo Martínez, & Díaz Rodríguez, 2014; Nordelo & Caminos, 2013; Peña & Sánchez, 2012; Sepúlveda, 2008).

La implementación de la norma ISO 50001, mejora el desempeño energético, reduce los costos de producción, teniendo un desarrollo sustentable, que aumenta su eficiencia energética y mitiga los gases de efecto invernadero (Guayanlema, Fernández, & Arias, 2018; Osorio, 2015).

A igual que otras normas de sistemas de gestión ISO, se enmarca en el ciclo de mejora continua: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (Mesquida, Mas, Amengual, & Cabestrero, 2010), estableciendo requisitos para cada etapa. Planificar: se centra en conocer el comportamiento energético de la organización para establecer los objetivos que permitan mejorar el desempeño energético; Hacer: busca implementar procesos que mejoren el desempeño energético; Verificar: monitorea y mide procesos y productos en base a los objetivos y Actuar: es la toma de acciones para la mejora continua en base a los resultados (Fiallos, de Laire, & Aguilera, 2017).

El desarrollo tradicional económico de las organizaciones se basa prácticamente en la movilidad de sus habitantes y su mercadería. Sin embargo, mientras la economía aumenta la demanda energética también lo hará, esto ocasiona grandes retos para la gestión energética mundial (Kreuzer & Wilmsmeier, 2014).

El transporte incrementa en base a la demanda y desarrollo de la economía, que es una gran fuente de consumo energético, y uno de los problemas es que el combustible usado de manera general es derivado del petróleo, que tiene restringidas mejoras de eficiencia en combustible, provocando impactos ambientales y de salud (Escuela Politécnica Nacional; Quito et al., 2018).

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

Los derivados del petróleo son los principales combustibles usados, debido a su densidad energética, competitividad económica en relación a otras alternativas energéticas y principalmente al subsidio por parte de los gobiernos, lo que impide el impulso de nuevas tecnologías de consumo energético en el transporte (Kreuzer & Wilmsmeier, 2014).

Según la OLADE (Noboa, 2016) el consumo de energía por sectores indica que en el Ecuador, se consume 28,457 kBEP o 1,993 miles galones. De los cuales el 69% equivale a transporte, el 24% a industrias y tan solo el 7% a comerciales de servicios públicos. Del total de consumo de energía por transporte se divide en 87% transporte terrestre, 7% transporte marino y 6% aéreo. Del transporte terrestre el 44% corresponde a transporte de carga pesada, por tal motivo es de gran importancia la implementación de sistemas de gestión energética para esta sección, especialmente para el transporte de desechos sólidos municipales.

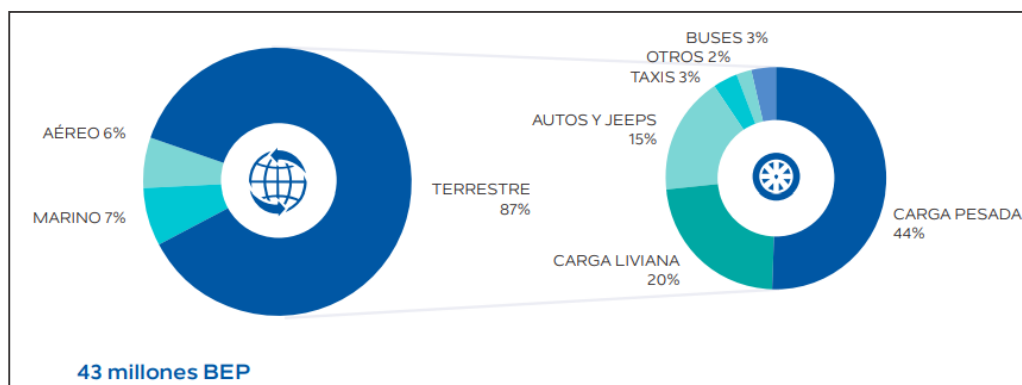


FIGURA 1. Consumo de energía por sectores en Ecuador según la OLADE (Noboa, 2016).

El principal problema del crecimiento de la población, la concentración en las áreas urbanas, nuevos hábitos de consumo, desarrollo industrial, mejor nivel de vida y presencia de materiales de un solo uso, es la generación en gran cantidad de desechos sólidos, lo que provoca contaminación en el medio ambiente, pero sobre todo una gran

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

demanda de energía para recolectar y trasladar estos desechos (Institucional, Integral, & Nacional, 2017).

La Secretaría de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en un estudio técnico estimó que en el año 2014 el sector transporte generó alrededor de 5,8 GtCO₂ a nivel mundial, generando un total de 14% de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y un 23% de emisiones relacionadas a las pérdidas en energía. El 73% de las emisiones se da por el transporte de personas y vehículos de carga por calles, carreteras y caminos de segundo orden. El petróleo es la fuente principal de energía para el sector. El 95% de la energía proviene del sector hidrocarburífero, consumiendo el 58% a nivel mundial del recurso (Hubenthal, 2010).

La recolección y transporte de desechos sólidos se realiza en vehículos automotores considerados como transportes terrestres de carga (TTC), según Villalobos el sector transporte es una oportunidad de mejora y aprovechamiento en la matriz de consumo energético a nivel global, este análisis ha hecho que el transporte se convierta en un impulso potencial para cambiar las realidades de los países desarrollados y en vías de desarrollo. El transporte de carga tiene un alto potencial de eficiencia energética y ambiental, que puede promover un cambio a nivel industrial y una motivación para el sector de recolección y transporte de desechos sólidos urbanos (Villalobos, 2010).

La importancia de la Eficiencia Energética y la sustentabilidad en el transporte terrestre de carga, se refiere al uso óptimo de la energía para transportar los desechos sólidos, para lo cual se requiere tomar acciones como: cambios en las rutas, análisis del factor de rodamiento en las unidades de transporte, uso de vehículos eficientes, mejora en la gestión de las flotas de transporte, análisis de las características del combustible y cambio de tecnología para el uso de energías renovables (Villalobos, 2010).

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

Para determinar la eficiencia energética en el sector de TTC se realiza el enfoque: Evitar- Cambiar - Mejorar, que según Kreuzer & Wilmsmeier, 2014 nos indica que:

- *Evitar*: Permite que los usuarios eviten viajes motorizados innecesarios (Rutas de recolección), aumentando la eficiencia energética del sistema de recolección.
- *Cambiar*: Realizar cambios en la movilidad actual en busca de rutas de transporte más eficiente, aumentando la eficiencia energética vehicular.
- *Mejorar*: Mejorar eficiencia en el uso del combustible y factor de rodamiento, aumentando la eficiencia vehicular.

El parque vehicular de Mejía según datos del 2011 de la matriculación, es de: El 84% del parque automotor que circula en el cantón Mejía son vehículos livianos (automóviles, camionetas). Estos datos han ido creciendo en los años 2012-2013, se tiene datos de la cantidad de vehículos livianos matriculados hasta el año 2013, con lo cual se ha realizado la estimación hasta el año 2025 (Titulación et al., 2018).

Para obtener una línea base del consumo energético (LBE) según los parámetros establecidos en la normativa ISO 50001 se debe realizar una referencia cuantitativa que proporcione una comparación del desempeño energético en un período específico. La línea base puede utilizar variables que afectan al uso-consumo de la energía para calcular los ahorros energéticos realizando una referencia del antes y el después de implementar acciones de mejora de desempeño energético (Alminate, 2011).

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

1.2 OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo General:

Modelar servicio energético de transporte de desechos sólidos en el sector centro oriental de Machachi-Mejía, para determinar su eficiencia energética mediante metodología de calidad de vida urbana CVU (2008) y norma ISO 50001.

Objetivos específicos:

- Realizar una línea base de consumo energético, utilizando los parámetros establecidos en la norma ISO: 50001
- Aplicar metodologías probadas para modelar servicios energéticos de transporte, para determinar ecuación aplicable al área de estudio.
- A partir del modelo creado, establecer acciones para las rutas de recolección, tiempo, y consumo de combustible, cuantificando ahorros energéticos.

1.3 Hipótesis

Es posible realizar una modelación de la ruta de recolección diferenciada de los desechos sólidos en la parroquia de Machachi, mediante metodologías probadas de modelación para dar cumplimiento a los parámetros establecidos en la norma ISO 50001, cuantificando la cantidad de energía demandada en esta actividad y generando la propuesta de cambio de ruta y ahorro energético.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Línea base de consumo energético, utilizando los parámetros establecidos en la norma ISO: 50001.

En la figura 3 se observa la metodología realizada para establecer la línea base de consumo energético, iniciando con un sistema de gestión energética planteado, donde se ha organizado la planificación energética haciendo un levantamiento en campo de las fuentes y el consumo de energía, para luego identificar las áreas de consumo significativas, y establecer oportunidades de mejora.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

(Correa Soto et al., 2014) usados en el modelo CVU, de calidad de vida, se considera el proceso completo del servicio de recolección diferenciada.

Se trabaja con datos históricos, para establecer comparaciones.

Se trabaja con las estrategias de desarrollo de la empresa de recolección de residuos de Machachi, vinculando este trabajo a los objetivos y políticas institucionales.

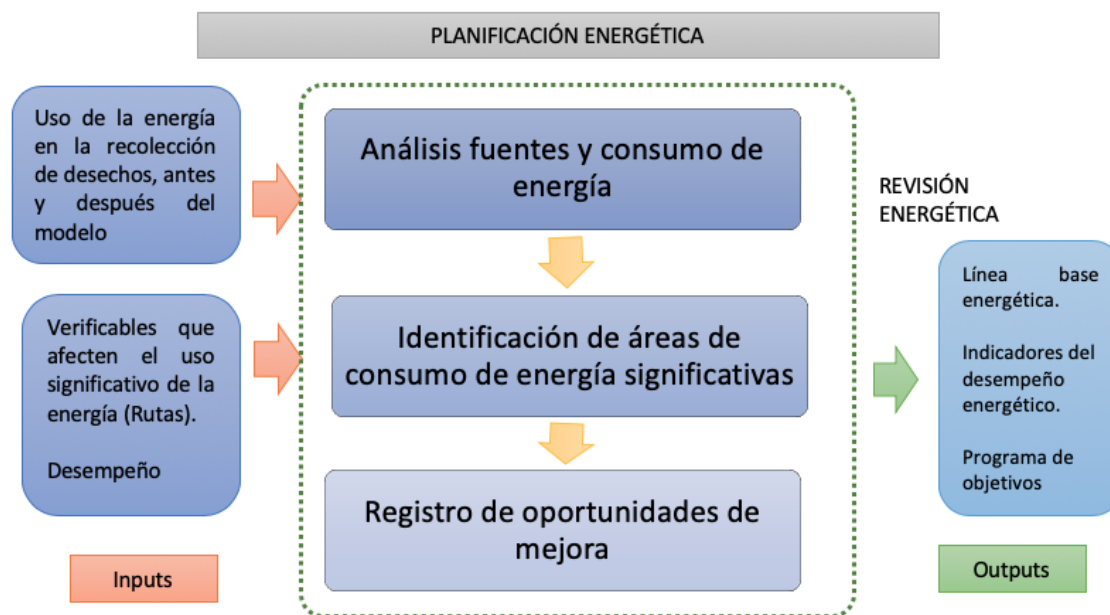


FIGURA 2. Planificación energética modificado de Correa Soto 2014 (Correa Soto et al., 2014)

En la planificación energética se tienen entradas y salidas de energía, teniendo como entradas a nuestro sistema el uso de la energía que se utiliza para la recolección de desechos sólidos, podemos verificar que al consumo de energía lo afecta la ruta de transporte de la unidad recolectora, debido a que la ruta influye de manera directa con el consumo de combustible, la distancia recorrida, el tiempo empleado y el costo del combustible para el proceso.

Para realizar el análisis en la fuente de consumo de energía, se toma una unidad recolectora, aquí obtenemos los datos emitidos por el GPS, en el sistema “CarSync Fleet” manejado por la Dirección de Servicios Públicos del GAD-Mejía, donde obtenemos datos de la distancia recorrida, el tiempo empleado y las paradas realizadas.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

Identificamos que el área de consumo significativo de energía es la ruta, teniendo pérdidas significativas al realizar varios recorridos por una misma ruta, ingresar a callejones de una sola dirección, realizar el recorrido en la mañana en hora de concurrencia vehicular y realizar paradas innecesarias.

Después de identificar el consumo energético para este servicio podemos establecer un registro de oportunidades de mejora.

Se establecen indicadores de desempeño energético, mismos que serán evaluados para su ecuación en el modelo CVU.

2.2 Aplicar metodologías probadas para modelar servicios energéticos de transporte, para determinar ecuación aplicable al área de estudio.

La teoría de modelos y simulación (Fullana Belda & Urquía Grande, 2009; Tarifa, 2001) es una herramienta que dentro de sus técnicas, se encuentra la teoría de la demostración (Cassini, 2016; González-Busto Múgica, 1999; Kofman, 2000), que consiste en demostrar modelos ya probados o la mixtura de los mismos, para desarrollar un modelo propio de una región atípica, de ubicación geográfica de interés o de difícil planteamiento por condiciones específicas que no pueden considerarse universales, modelización muy utilizada en empresas para mejorar procesos (González-Busto Múgica, 1999; Zapata-Ros, 2015).

Para el presente estudio se busca un modelo heurístico basado en las explicaciones sobre las causas o mecanismos naturales que dan lugar al fenómeno estudiado, que ya se haya generado con énfasis en el transporte, y sus implicaciones socio-económicas (Mancinas-Chávez et al.; Palloni, 2001; Zamorano, 2012)

En muchos casos la construcción o creación de modelos matemáticos útiles (de la Fuente Martínez, 2009) donde se determina el problema o la situación a ser simulada, se elige el tiempo de modelo que pueda contener la mayor parte de los factores de estudio, y se

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

verifica los recursos disponibles y la mayor cantidad de datos para su uso, sean variables dependientes o independientes que representan al fenómeno de estudio (Bladé et al., 2014), por último se compara los resultados de las predicciones con hechos observados para validar el modelo propuesto (Soler, Bladé, & Sánchez-Juny, 2012).

Es importante mencionar que la inmensa mayoría de los modelos no son exactos y tienen un alto grado de idealización y simplificación (de la Fuente Martínez, 2009; Vasrsavsky, 1971).

La metodología usada está basada en el modelo de calidad de vida urbana (CVU), propuesto por IIDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat (2008), y el modelo matemático de tráfico urbano de Cortínez y Domínguez del año 2013 (Cortínez & Domínguez, 2013), donde el rediseño de la red existente, resulta del empleo de modelos matemáticos para predecir los efectos de las modificaciones que se pretende implementar.

El modelo determina el flujo vehicular y los tiempos de viaje en cada tramo de la red a partir del conocimiento de las características de la misma y de la demanda (Cortínez & Domínguez, 2013), trabajado con el sistema **RAPIDMINE** para uso de los datos.

En la figura 3 se observa el modelo de calidad de vida urbana (CVU), propuesto por IIDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat (2008), en tanto que en la figura 4 se observa la representación de los flujos vehiculares en la red considerado en el sistema computacional a fin de definir la ecuación, los tiempos de viaje entre cualquier origen y el correspondiente destino en la recolección de basura urbana.

El tiempo de recorrido puede ser escrito en la forma:

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

$$t_a = -l_a \left(\frac{\partial u}{\partial x} \cos \gamma + \frac{\partial u}{\partial y} \operatorname{sen} \gamma \right)$$

(Cortínez & Domínguez, 2013) (1)

Ecuación que se combina con el modelo de calidad de vida urbana IDEHAB, el mismo que se ha modificado para el análisis del servicio de recolección de basura, en el área de estudio.

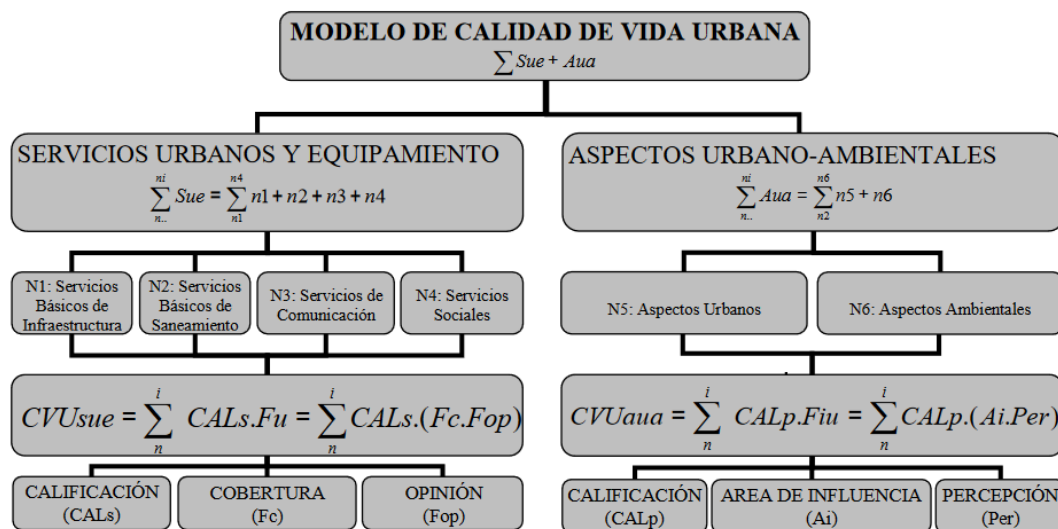


FIGURA 3. Modelo de calidad de vida urbana (CVU) (C. Discoli et al., 2010; C. A. Discoli et al., 2006)

Donde el índice de representatividad territorial porcentual es el peso territorial del servicio prestado, por la totalidad del área en porcentaje.

El índice de representatividad territorial corresponde al área urbana afectada en relación con el área total en porcentaje.

Y el índice de representatividad poblacional corresponde al porcentaje de población servida, siendo el índice de representatividad específica la población servida con relación al área urbana de estudio (C. Discoli et al., 2008).

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

2.3 A partir del modelo creado, establecer acciones para las rutas de recolección, tiempo y consumo de combustible, cuantificando ahorros energéticos.

Para desarrollar un sistema de implementación del SGE, es indispensable tener un plan de implementación en base al cuál se puedan llevar a cabo actividades y procesos, levantando información acerca de la organización. Esta recopilación debe tomar en cuenta fundamentos energéticos, su actual referente en la gestión de la energía y por otra parte contar con información energética documentada. En la figura 4 se puede observar cómo en base a la optimización de ruta generada se ha implementado el sistema de gestión de energía.

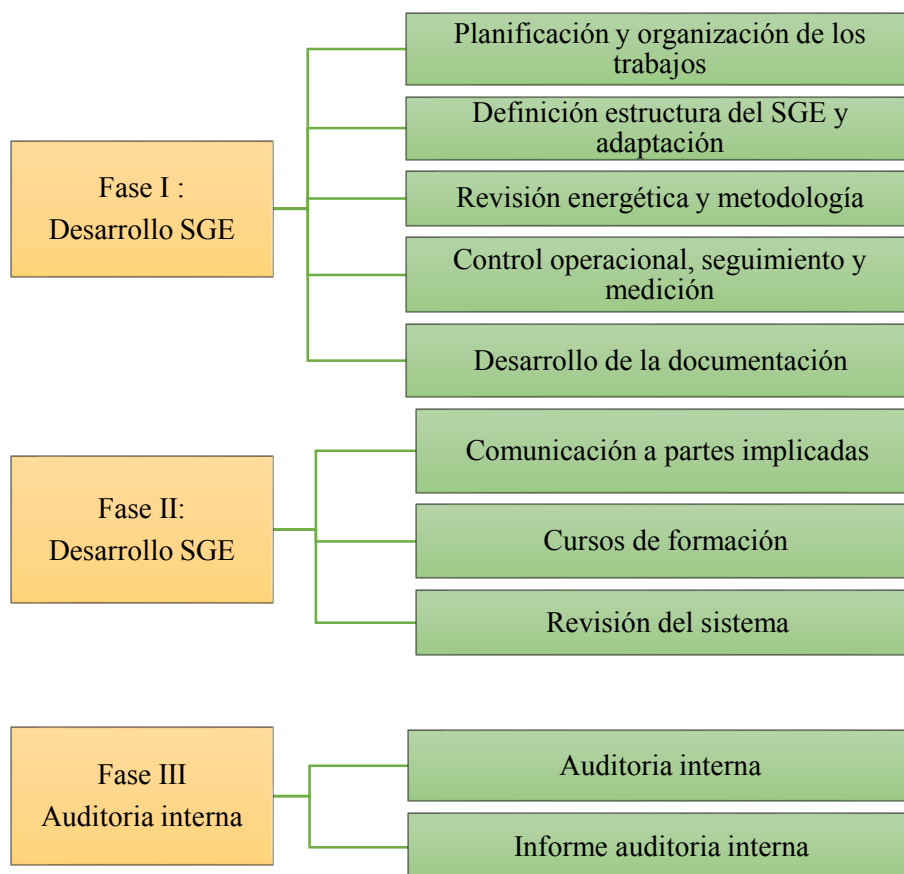


FIGURA 4. Modelo ISO 50001 modificado de (Acoltzi & Pérez, 2011; Jovanović & Filipović, 2016)

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

Este flujo de trabajo se basa en el modelo de sistema de gestión de energía descrito en la figura que se puede visualizar a continuación. La normativa en su metodología presenta el siguiente modelo de sistema de gestión de la energía (Fiallos, de Laire, & Aguilera, 2017), para identificar oportunidades de ahorro, indicadores de desempeño energético que corroboren el trabajo realizado, donde se usa el enfoque Evitar- Cambiar - Mejorar, que según Kreuzer & Wilmsmeier, 2014

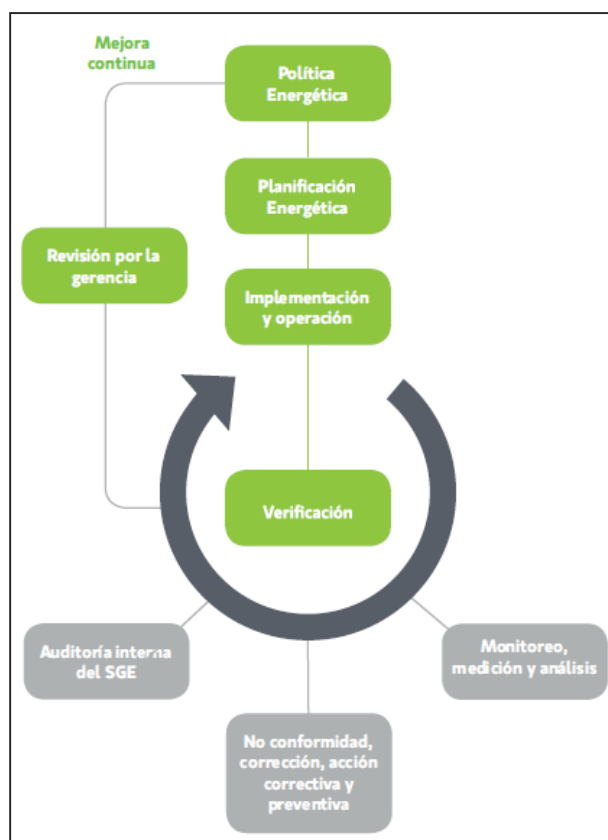


FIGURA 5. Modelo de sistema de gestión de la energía (Guía de Implementación SGE basado en ISO 50001)

- *Evitar:* Permite que los usuarios eviten viajes motorizados innecesarios (Rutas de recolección), aumentando la eficiencia energética del sistema de recolección.
- *Cambiar:* Realizar cambios en la movilidad actual en busca de rutas de transporte más eficiente, aumentando la eficiencia energética vehicular.

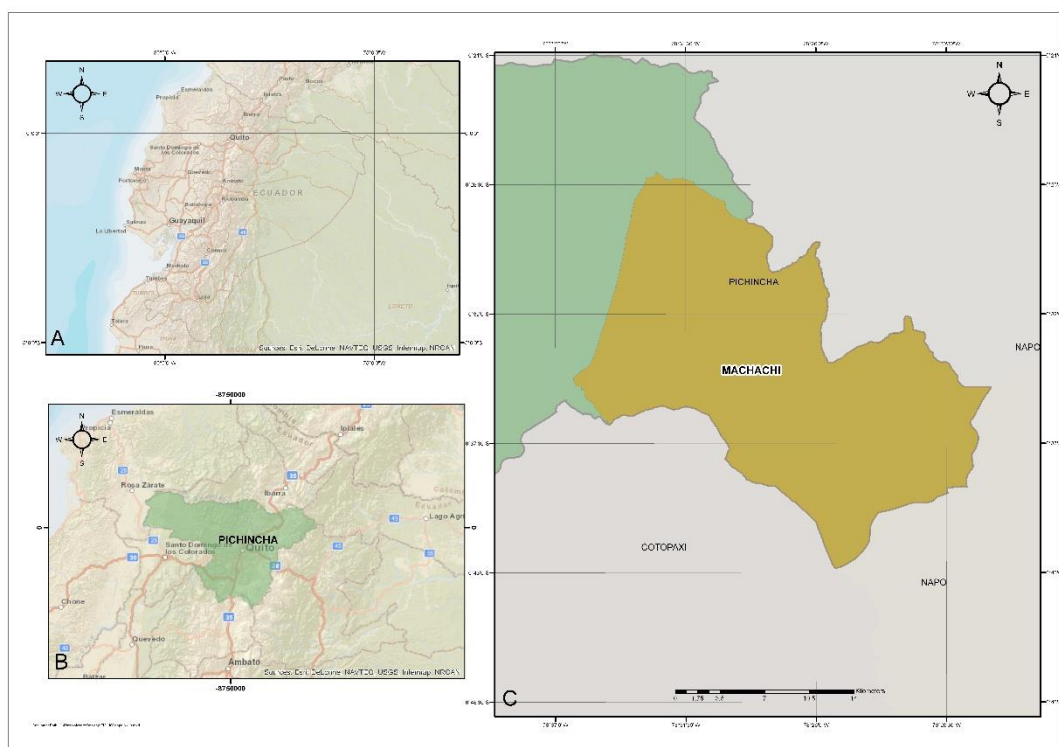
MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

- *Mejorar*: Mejorar eficiencia en el uso del combustible y factor de rodamiento, aumentando la eficiencia vehicular.

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Línea base de consumo energético, zona de estudio

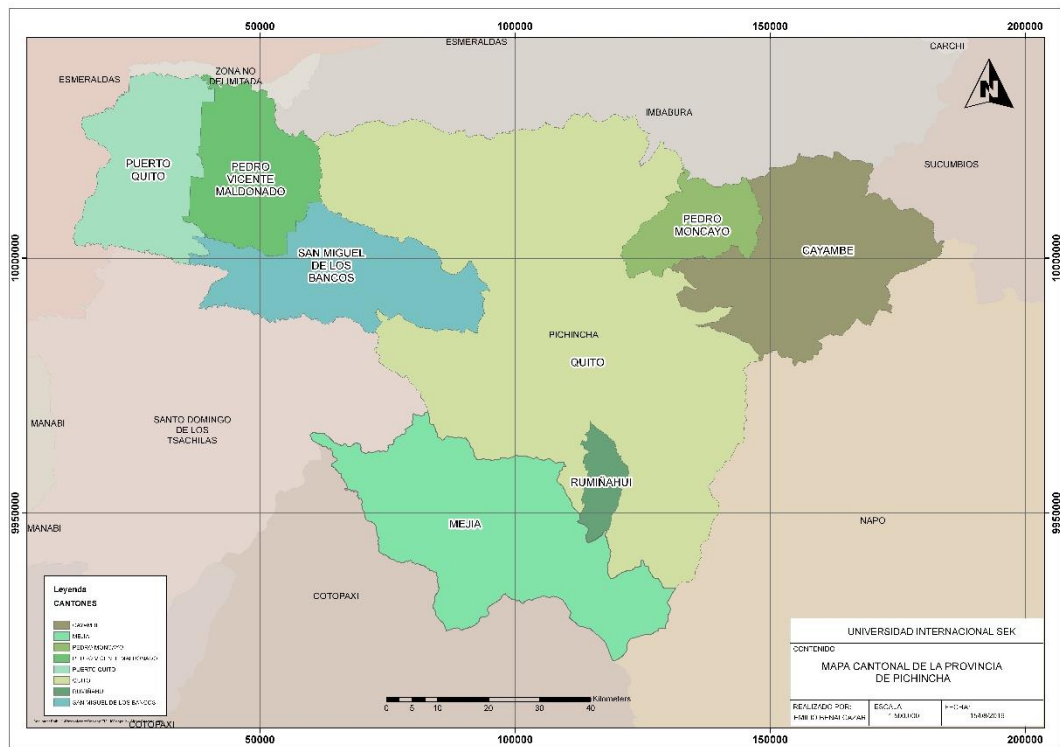
El cantón Mejía está ubicado al sur-oriente de la Provincia de Pichincha en la República del Ecuador, en la zona de planificación 2 según la SENPLADES. El cantón Mejía tiene una superficie de 1.410,82 km².



MAPA 1. Ubicación geográfica de la parroquia de Machachi.

En la Provincia de Pichincha el cantón Mejía se encuentra al norte con el cantón Rumiñahui y cantón Quito, al sur con la provincia de Cotopaxi, al este con la provincia de Santo domingo de los Tsáchilas y al oeste con el cantón Quito, como se observa en el Mapa 2.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA



MAPA 2. División de Pichincha por cantones.

La distribución territorial entre sus parroquias incluyendo la cabecera cantonal se lo observa en la figura 6:

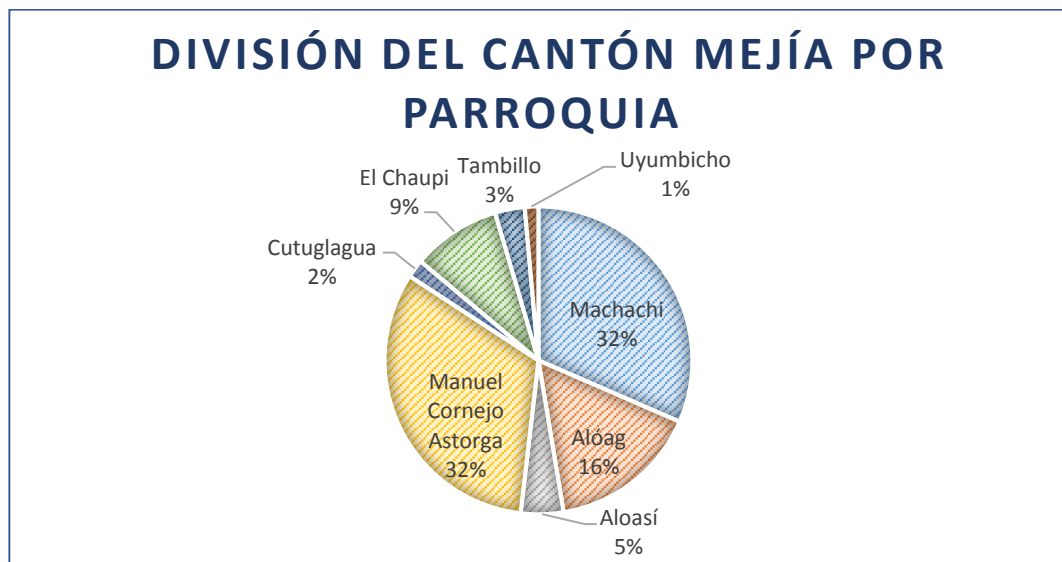


FIGURA 6. División del cantón Mejía por parroquias.

3.2 Cálculo de tiempos

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN DIFERENCIADA DE DESECHOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI.

Salida: Las unidades recolectoras se encuentran en el Canchón Municipal (Mecánica, parqueadero y bodega) del GAD de Mejía ubicado en la calle Barriga y Pasaje S/N y para la ruta de recolección centro oriente, la unidad inicia el recorrido a las 7H00, con el chofer custodio de la Unidad y tres obradores que recolectan a pie los desechos.

Recolección: La recolección se la realiza de manera directa y diferenciada, los días lunes, miércoles y viernes se realiza la recolección de desechos inorgánicos y los días martes y jueves se recolectan los desechos orgánicos. La unidad de recolección realiza un recorrido promedio de 60 km asistiendo a 815 puntos en el sector centro oriental.

Transporte: Una vez terminado el recorrido de recolección, la unidad cargada con un promedio de 9,8 Ton. se dirige al centro de acopio y tratamiento de desechos ubicado en Romerillos en la parroquia de Machachi, donde la unidad de recolección es pesada y vaciada.

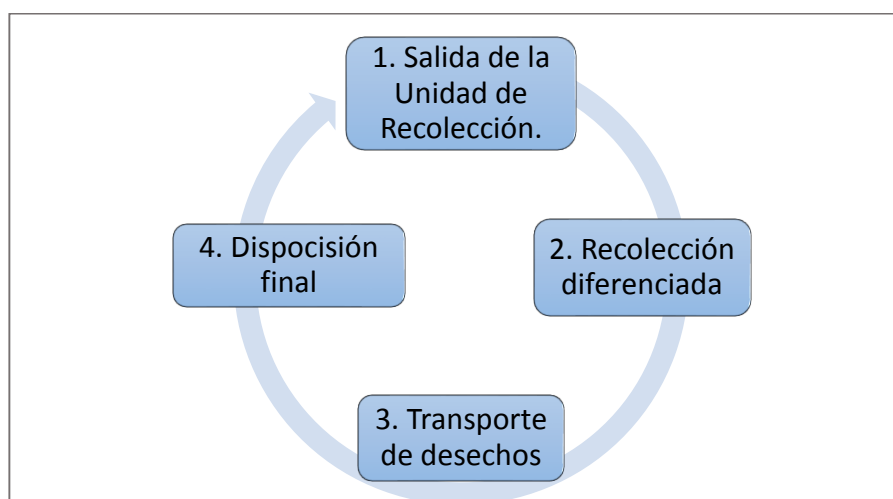


FIGURA 7. Diagrama del proceso de recolección de desechos sólidos (Dirección de Servicios Públicos).

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

3.2.1 Tiempo de recolección de basura actual, distancia recorrida

La ruta de recolección de desechos sólidos para el sector centro-oriental de Machachi-cantón Mejía previamente establecidas por la Dirección de Servicios Públicos del GAD Municipal de Mejía se organiza en la **Tabla 2** que presenta la distancia recorrida y el tiempo empleado en recolectar los desechos sólidos municipales.

TABLA 2. Ruta de recolección de DSM en tiempo y distancia

Ruta	DÍAS/SEMANA	Tipo de desechos	Distancia recorrida en Km	Tiempo total
Centro-oriental de Machachi-cantón Mejía	Lunes	Desechos comunes	71	6H00
	Martes	Desechos orgánicos	61	6H54
	Miércoles	Desechos comunes	72,5	6H00
	Jueves	Desechos orgánicos	60	6H54
	Viernes	Desechos comunes	70	6H00
TOTAL			334,5	31H48

Teniendo una distancia total recorrida en una semana de 334,5 Km en la recolección de desechos orgánicos e inorgánicos, en un tiempo total de 31 horas y 48 minutos, llevando a unidades de horas un total de 31,8 h. Aquí podemos observar que en promedio los días miércoles se tiene mayor recorrido con 72,5 km, los días lunes se recorren 71 km, los viernes 70 km, los martes 61 km y los jueves en promedio se recorre 60 km. Como se muestra en la figura 8.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

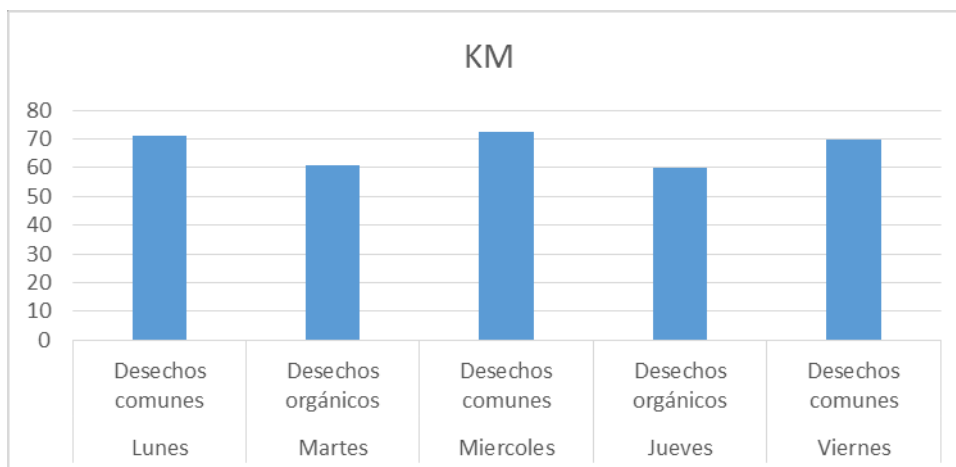


FIGURA 8. Distancia recorrida en la zona centro-oriental de Machachi (Km/días).

Al sumar la recolección total de desechos por tipo y el tiempo total tenemos que el tiempo es de 31H 48, (31,8H) para la recolección de desechos y un recorrido total de 334 km como muestra la tabla 3:

TABLA 3. Ruta, tipo de desechos y distancia recorrida para la recolección de desechos sólidos.

Ruta	DÍAS/SEMANA	Tipo De Desechos	Distancia Recorrida en Km	Tiempo Total	Tiempo En Horas
Centro oriental de Machachi-cantón Mejía	Lunes	Desechos comunes	71	6H00	6
	Martes	Desechos orgánicos	61	6H54	6,9
	Miércoles	Desechos comunes	72,5	6H00	6
	Jueves	Desechos orgánicos	60	6H54	6,9
	Viernes	Desechos comunes	70	6H00	6
TOTAL			334,5		31,8

La recolección diferenciada de desechos sólidos total a la semana es de 31,8 h, siendo los martes y jueves los días que más tarda la unidad de recolección con un promedio de 6H54 y los días lunes, miércoles y viernes con un promedio de 6H00 en la recolección, como se muestra en la figura 9.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

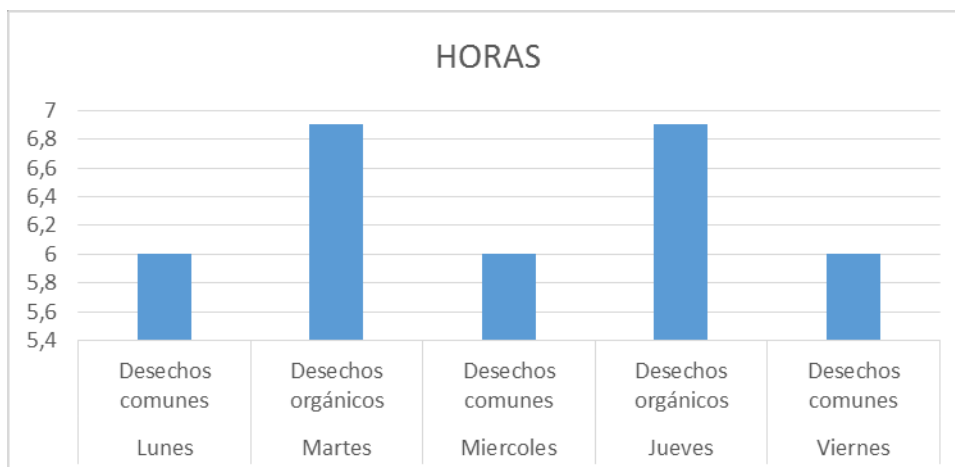


FIGURA 9. Tiempo de recolección diferenciada de desechos sólidos en el sector centro-oriental de Machachi.

3.2.2 Tiempo en la recolección de basura propuesto

El sistema propuesto ofrece una mejora del 12.33 % en tiempo y un aumento de distancia recorrida del 20%, mediante una optimización de las rutas.

3.3 Desarrollo del modelo de Calidad de ida Urbana CVU

3.3.1 Servicios urbanos y equipamiento

EQUIPAMIENTO VEHÍCULOS DE RECOLECCIÓN

Las unidades de recolección diferenciadas son camiones de transporte de Carga Hino Serie 500 GH 1726. El Hino, correspondiente a la Serie 500 es según el detalle de su ficha técnica la empresa **MAVESA** en Ecuador presenta al Hino GH 1726 como el camión ideal para el transporte de carga general tanto en la ciudad como en largas distancias. Tiene capacidad de carga de 12.120 kilos y un largo carrozable de 7.200 mm en su versión 4x2. El GH 1726 en su versión 6x2 (Opcional) tiene una capacidad de carga de 12.000 kilos y un largo carrozable de 7.900 mm. Ambos poseen un potente motor Common Rail Euro 4 con compensador de altura de 260 HP y una cilindrada de 7.684 cc Sistema de combustible electrónico riel común - EURO III, con autodiagnóstico check engine, mayor potencia de motor con menor consumo de combustible (MAVESA, 2020).

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

Las unidades de transporte de desechos cuentan con un GPS que reporta la ubicación en tiempo real, ruta y las paradas que realiza en colector, mediante el uso de un software en línea llamado “CarSync Fleet”, esta información se canaliza al centro de monitoreo, en la dirección de Servicios Públicos del GAD Municipal de Mejía

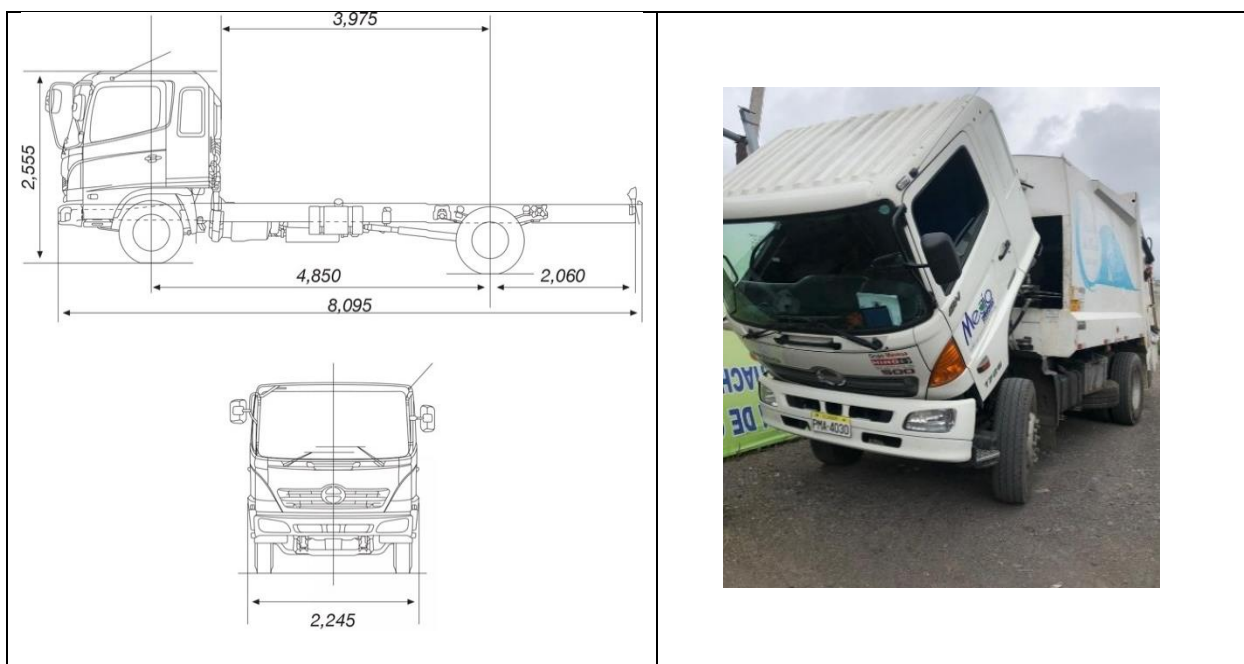


FIGURA 10. Camión recolector de desechos sólidos.

3.4 Servicios de Saneamiento e infraestructura sanitaria para la recolección de basura.

RUTAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS Y CONSUMO ENERGÉTICO

La recolección diferenciada de desechos se la realiza en los recorridos establecidos por la dirección de Servicios Públicos como se muestra en la **Tabla 4**.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

TABLA 4. Rutas de recolección de Desechos Sólidos en la Parroquia de Machachi.

DÍAS	ZONA DE MACHACHI	RECORRIDO
Lunes, miércoles y viernes	Centro oriental de Machachi	Calle Colón, Bolívar, Nueva España, Sucre, Venezuela, Rumiñahui, El Hogar, Atahualpa, Colombia, Pérez Pareja, José Mejía, García Moreno, 10 de Agosto, Panzaleo, Caras, Barriga, Av. Pablo Guarderas, Barrio la Bomba, Complejo Deportivo, Urb. San Antonio, Sindicato de Trabajadores Municipales, Av. Fernández Salvador.
Martes y jueves		Calle Colón, Bolívar, Nueva España, Sucre, Venezuela, Rumiñahui, El Hogar, Atahualpa, Colombia, Pérez Pareja, José Mejía, García Moreno, 10 de Agosto, Panzaleo, Caras, Barriga, Av. Pablo Guarderas, la Bomba, Ciudadela el Campo, Complejo Deportivo, Urb. San Antonio, Sindicato de Trabajadores Municipales, Av. Fernández Salvador.
Lunes, miércoles y viernes	Centro occidental de Machachi	Calle Barriga, los Ilinizas, el Chan, Nuevo Terminal, calle González Suárez, parque Central, calle Manuel Germán, Pérez Pareja, Antonio Benítez, Rafael Arroba, ciudadela Hno. Miguel, el Timbo, Av. Amazonas, Av. Kennedy, Av. Amazonas, 11 de Noviembre, calle Colombia, Luis Cordero, Pérez Pareja, Luis Cordero, ciudadela Los Álamos, José Mejía, Colombia, Cristóbal Colón, 10 de Agosto y Antonio Benítez, Cooperativa Mariana de Jesús, Hospital de Machachi. Cada 15 días el Pedregal.
Martes y jueves		Los Ilinizas, calle Barriga, el Chan, Nuevo terminal, calle González Suárez, parque Central, Av. Amazonas, calle Manuel Germán, Pérez Pareja, Antonio Benítez, Rafael Arroba, ciudadela Hno. Miguel, el Timbo, Av. Amazonas, Av. Kennedy, calle sin nombre, Av. Amazonas, 11 de Noviembre, calle Colombia, Luis Cordero, Pérez Pareja, González Suárez, Luis Cordero, José Mejía, Colombia, Cristóbal Colón, 10 de Agosto y Antonio Benítez, Hospital de Machachi. Cada martes a Tandapi.

La frecuencia y las rutas de recolección de desechos se han planificado en función del proceso de expansión del territorio, factor importante para la variación del consumo energético en el transporte de desechos sólidos debido al aumento de puntos de recolección y al tonelaje de los contenedores (Mejía, 2017).

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

Para la ruta de recolección del sector Centro-Oriental de la parroquia de Machachi se tiene la siguiente ruta de recolección (Figura 11.), que es la que se propone cambiar debido a que la ruta realiza consumo energético innecesario al pasar varias veces por el mismo punto e ingresar a callejones y pasajes.

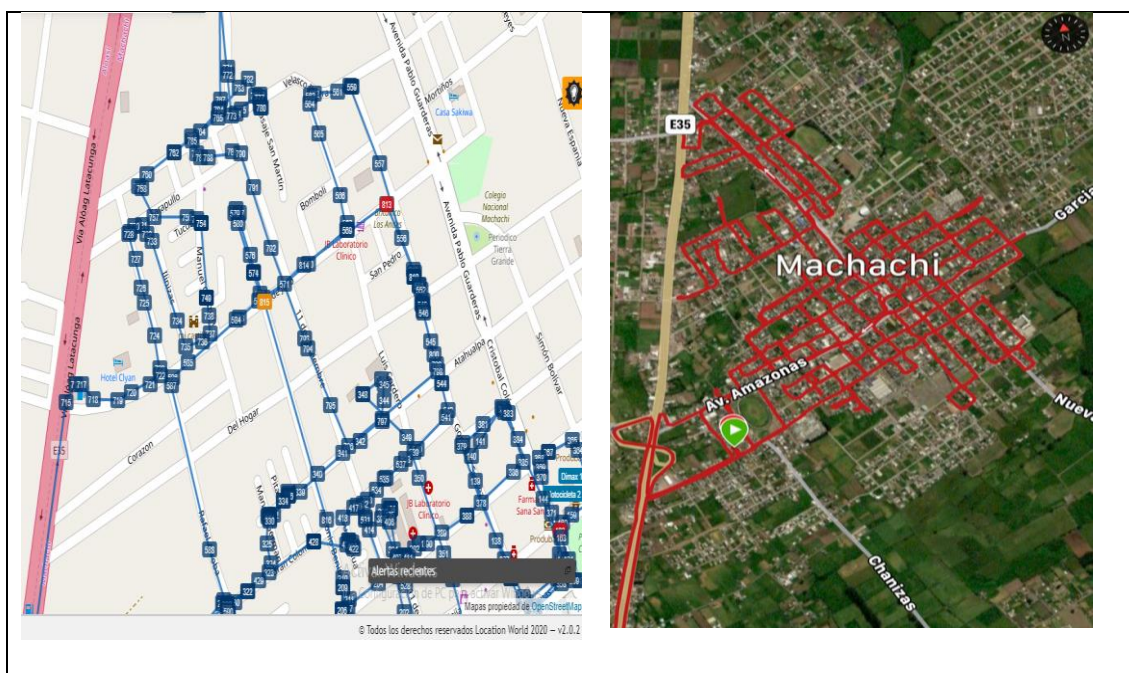


FIGURA 11. Ruta actual de recolección diferenciada (CarSync Fleet)

3.5 Servicios de comunicación para el servicio de recolección

Actualmente los trabajadores cuentan con teléfono celular, adicionalmente se tiene computadora que registra en Excel las rutas y los tiempos

3.6 Cobertura del servicio (Fc) y calificación (CALs)

Con una distribución en Km2 por cada parroquia de:

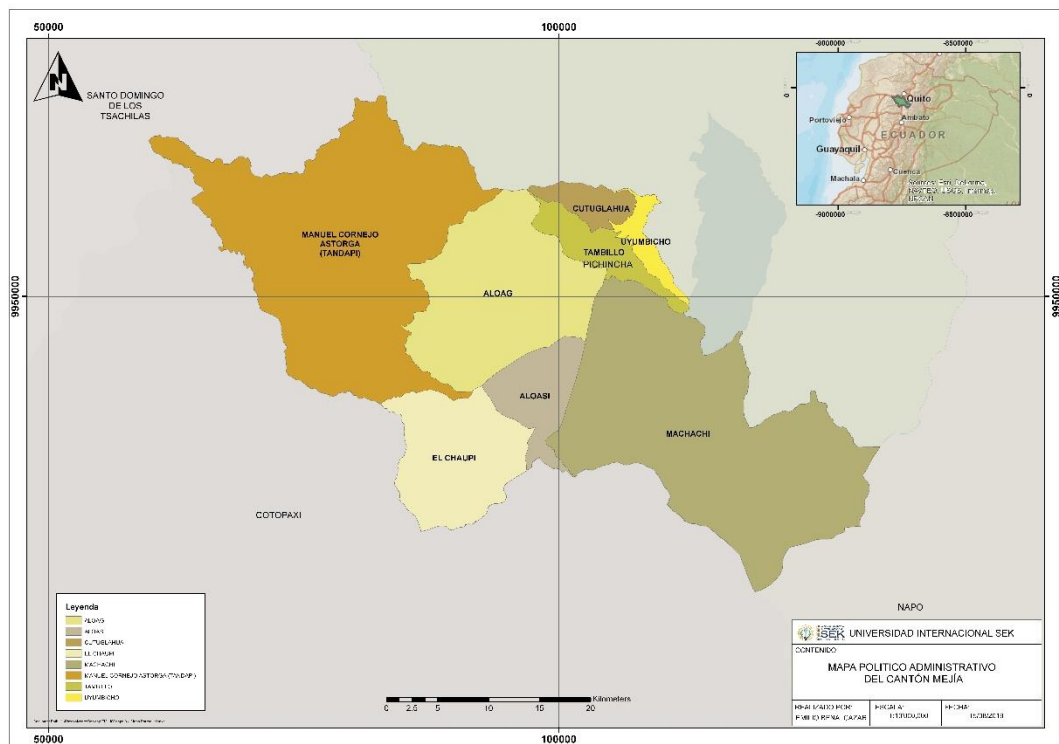
TABLA 5. Distribución de la superficie del cantón Mejía por parroquia

PARROQUIA	EXTENSIÓN km ²
Machachi	467,99
Alóag	235,47
Aloasí	66,34
Manuel Cornejo Astorga	480,6

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

Cutuglagua	28,36
El Chaupi	138,3
Tambillo	46,32
Uyumbicho	21,19

En el año 2001 Mejía contaba con 62.888 habitantes, según el censo realizado por el INEC en 2010 existen 81.335 habitantes, es decir la población se ha incrementado en 18.447 personas en aproximadamente 9 años, con una tasa de crecimiento poblacional de 2,9. La tasa anual de crecimiento es del 1.29%, el cual es un índice bastante manejable y refleja un moderado crecimiento y expansión.



MAPA 3. Mapa político administrativo del cantón Mejía

3.7 Opinión (Fop), y servicios sociales

La comunidad refleja una aceptación con el servicio entregado, así como a la recolección diferenciada del mismo (Guillén Garcés & Achina Quilo, 2016; Tapia Campaña, 2003)

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

3.8 ASPECTO URBANO AMBIENTALES

3.8.1 Aspectos Urbanos

CÁLCULO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Los choferes custodios de las unidades de recolección de desechos sólidos del cantón Mejía, reciben una orden de combustible por 35 galones cada 3 días para un recorrido aproximado de 300 km o 11,67 galones / día. Se toma en cuenta a frecuencia de recolección por semana de desechos orgánicos los días martes y jueves, la recolección de desechos comunes los días lunes, miércoles y viernes, teniendo así dos días por semana en la recolección de desechos orgánicos y tres días por semana en la recolección de desechos comunes, como se muestra en la **Tabla 6**.

TABLA 6. Consumo de combustible en la recolección y transporte semanal de desechos sólidos.

RUTA	DÍAS/SEMANA	TIPO DE DESECHOS	FRECUENCIA SEMANAL	DÍAS/MES	GAL/DÍA	GAL/MES
CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI -CANTÓN MEJÍA	Lunes-Miércoles-Viernes	Desechos comunes	3	12	11,67	140,00
	Martes-Jueves	Desechos orgánicos	2	8	11,67	93,33
Total			5	20	23,33	233,33

En la Dirección de servicios Públicos del GAD Mejía se presentan los datos de consumo de combustible por mes, obteniendo así los valores para el año 2019 por mes, como se muestra en la tabla 7 generando así un consumo total anual de 2800 gal.

TABLA 7. Consumo de combustible en la recolección y transporte mensual de desechos sólidos.

**CONSUMO DE GALONES
DIESEL AL MES**

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

MES	DIESEL (Gal)
ENERO	235,00
FEBRERO	231,00
MARZO	235,00
ABRIL	228,40
MAYO	227,80
JUNIO	229,90
JULIO	230,70
AGOSTO	236,90
SEPTIEMBRE	233,33
OCTUBRE	234,70
NOVIEMBRE	238,40
DICIEMBRE	238,40
TOTAL	2800,00

Según la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH, 2020) para febrero del año 2019 el precio del diésel es de 1,037 USD / Galón. Teniendo así un consumo promedio de 233,3 galones de diésel por mes y un costo total de 243,70 USD. La tabla 8 nos indica de manera específica el consumo de combustible de acuerdo al tipo de desechos recolectado, teniendo así un costo promedio mensual de 144,24 dólares mensuales para transportar los desechos comunes y un promedio mensual de 96,16 dólares mensuales para transportar los desechos orgánicos.

TABLA 8. Costo mensual de la recolección y transporte de desechos sólidos.

Tipo de desechos	Distancia recorrida en km	Consumo de combustible gal/día	Consumo de combustible gal/mes	Precio del diésel	Costo de la recolección mensual \$
Desechos orgánicos	488,56	11,67	93,36	1,04	96,16
Desechos comunes	873,6	11,67	140,04	1,04	144,24
Total	1456	23,34	233,4	2,06	243,70

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

Obteniendo los consumos históricos de la Dirección de Servicios Públicos del GAD Mejía, obtenemos el costo del combustible por mes como se muestra en la Tabla 8, que nos indica el consumo mensual y con el precio del combustible, podemos calcular el costo mensual y total. En este sentido para el año 2019 de 2903,60 USD.

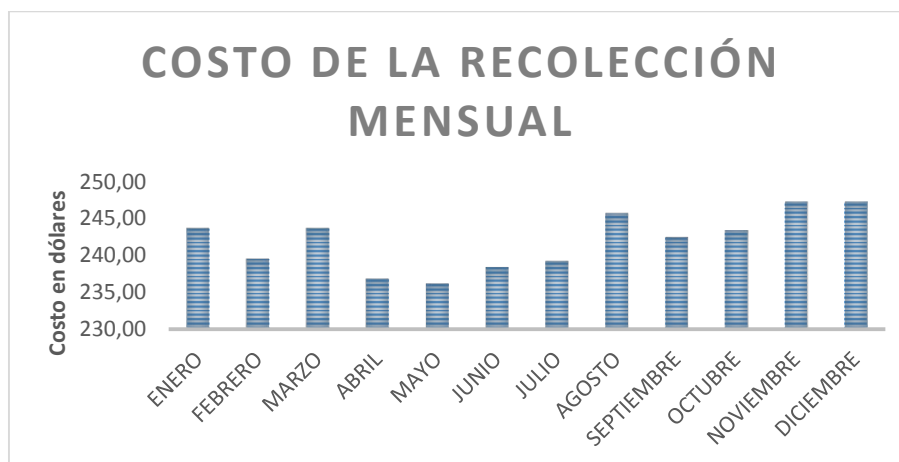


FIGURA 12. Costo de la recolección anual (Dirección de Servicios Públicos Mejía).

La presente tabla nos muestra el detalle del costo mensual de combustible en la recolección de desechos sólidos municipales.

TABLA 9. Detalle del costo mensual de combustible para la recolección de desechos sólidos.

DETALLE DEL COSTO MENSUAL DE COMBUSTIBLE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS			
MES	DIESEL (Gal)	COSTO DEL COMBUSTIBLE	COSTO MENSUAL
ENERO	235,00	1,04	243,70
FEBRERO	231,00	1,04	239,55
MARZO	235,00	1,04	243,70
ABRIL	228,40	1,04	236,85
MAYO	227,80	1,04	236,23
JUNIO	229,90	1,04	238,41
JULIO	230,70	1,04	239,24
AGOSTO	236,90	1,04	245,67
SEPTIEMBRE	233,80	1,04	242,45
OCTUBRE	234,70	1,04	243,38
NOVIEMBRE	238,40	1,04	247,22
DICIEMBRE	238,40	1,04	247,22
TOTAL	2800,00	12,44	2903,60

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

La ruta de recolección de desechos sólidos municipales es diferenciada, y se realiza los días: lunes, miércoles y viernes para desechos comunes y los días: martes y jueves para desechos orgánicos. Teniendo un total de 49 toneladas promedio semanales, siendo los días martes los de mayor tonelaje con un promedio de 12 Ton. de desechos orgánicos. Los días jueves se recolectan un promedio de 10 toneladas y los días: lunes, miércoles y viernes se recolectan un promedio de 9 toneladas, como se muestra en la tabla 10.

TABLA 10. Toneladas recolectadas por día y ruta en el sector Centro-Oriental de Machachi.

RUTA	DÍAS/SEMANA	TIPO DE DESECHOS	TON
Centro oriental de Machachi- cantón Mejía	Lunes	Desechos comunes	9
	Martes	Desechos orgánicos	12
	Miércoles	Desechos comunes	9
	Jueves	Desechos orgánicos	10
	Viernes	Desechos comunes	9
TOTAL			49

En el sector centro-oriental de Machachi semanalmente se recolecta de manera diferenciada los desechos sólidos, semanalmente se recolectan un promedio de 49 toneladas entre desechos comunes y orgánicos, como se muestra en la figura 13, teniendo un 55% de desechos comunes correspondientes a 22 toneladas y 45% de desechos orgánicos que corresponden a 27 toneladas.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA



FIGURA 13. Toneladas recolectadas por tipo de desechos en la zona centro-oriental del cantón Mejía.

Mediante los datos de consumos históricos de la Dirección de Servicios Públicos del GAD Mejía, obtenemos las toneladas de desechos recolectadas por mes como se muestra en la Tabla, que nos indica que al año se recolectan un total de 2347 toneladas, entre desechos comunes y orgánicos.

TABLA 11. Toneladas recolectadas por mes.

TONELADAS RECOLECTADAS POR MES	
MES	PRODUCCIÓN (Ton)
ENERO	193,00
FEBRERO	194,00
MARZO	196,60
ABRIL	196,70
MAYO	196,60
JUNIO	196,60
JULIO	196,60
AGOSTO	196,60
SEPTIEMBRE	190,50
OCTUBRE	196,60
NOVIEMBRE	196,60
DICIEMBRE	196,60
TOTAL	2347,00

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

3.8.2 Aspectos Ambientales

Según datos de la estación Machachi, la precipitación media anual es de 950,0 mm, los meses más secos son junio, julio y agosto con precipitaciones promedio de 30 a 37 mm, mientras que el mes más lluvioso es abril con 117 mm. La estación Machachi reporta que la temperatura anual promedio es de 12,7° C. La humedad relativa promedio es de 83%, los meses con menor humedad son de junio a septiembre.

Las poblaciones de Machachi y Aloasí se encuentran en un valle interandino de topografía relativamente plana, con una pendiente promedio del 1,65% que se desarrolla en el sentido sur - norte, elevándose hacia las montañas que las circundan.

Calificación (CALp)

Área de Influencia (Ai)

En la actualidad, el cantón Mejía está conformado por 8 parroquias; 1 urbana y 7 rurales; urbana: Machachi, y rurales: Alóag, Aloasí, Manuel Cornejo Astorga (Tandapi), Cutuglagua, El Chaupi, Tambillo y Uyumbicho. Los límites se encuentran legalizados de acuerdo a la Ordenanza Municipal de delimitación de las Zonas Urbanas y Rurales del cantón Mejía.

La cabecera cantonal del cantón Mejía es la parroquia de Machachi que tiene los siguientes límites:

- NORTE: Parroquia de Tambillo y cantón Rumiñahui.
- ESTE: Provincia de Napo.
- SUR: Provincia de Cotopaxi.
- OESTE: Parroquia de Aloasí.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

El cantón tiene una superficie de 1.484,57 Km², lo que representa el 12,9% del área total de la provincia.

3.9 A partir del modelo creado, establecer acciones para las rutas de recolección, tiempo y consumo de combustible, cuantificando ahorros energéticos, traducidos en costos energéticos.

Los costos operativos se relacionen de manera directa e indirecta a la recolección de desechos sólidos e incluyen barrido, recolección de desechos y disposición final y es el valor que el GAD de Mejía debe destinar al servicio de recolección, La tabla 12 nos indica el costo operativo y los rubros que deberá pagar el GAD-Mejía

TABLA 12. Costos operativos relacionados a la recolección y transporte de desechos (Dirección de servicios público).

Costos operativos		
Rubros	TOTAL	Coefficiente
Salario-Operadores	272.519,52	28,6710237
Mantenimiento	300.000	31,5621689
Repuestos	233.503,30	24,5662353
Combustible	58.800	6,18618511
EPP's	65.843,80	6,92724379
Otros	19.838,40	2,08714311
Total	950.505,02	100

Presentados los datos de manera porcentual obtenemos la siguiente

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

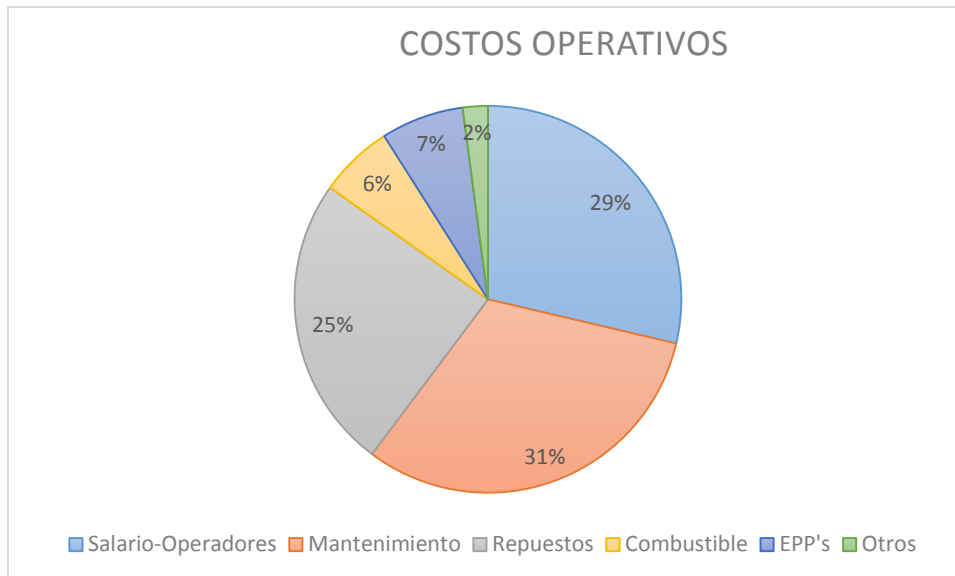
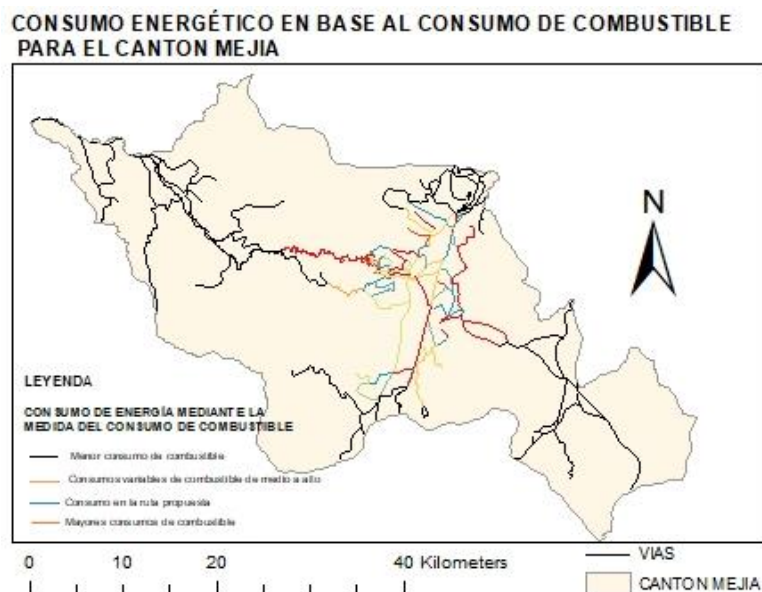


FIGURA 14. Costos operativos asociados al transporte y recolección de desechos sólidos.

La representación nos indica que anualmente los costos operativos más importantes son los de mantenimiento y maquinaria con un 31%, seguido del salario de operadores con un 29% , repuestos 25%, equipos de protección personal y herramientas en un 7%, consumo de combustible 6% y otros gastos correspondientes al 2%

Pala el cálculo de la línea base según la norma ISO 50001 se debe tomar en cuenta un periodo adecuado y requisitos, reglamentos o variables que afecten al uso y consumo de la energía. Esta es una herramienta que mantiene registros energéticos que nos indica cuál es la producción, en este caso las toneladas transportadas y el consumo de combustible. El mapa 4 nos muestra el consumo energético en base al combustible.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA



MAPA 4. Consumo energético en base al consumo de combustible para el cantón Mejía

En la Tabla se detalla el consumo en galones de diésel para transportar los desechos sólidos, y utilizando el texto de BALANCE ENERGÉTICO DE LA COMUNIDAD DE MADRID (Madrid, 2016), con la densidad del diésel (3,1494 kg/gal) podemos calcular las toneladas de combustible. Utilizando el factor de conversión presentada en el texto de la COMUNIDAD DE MADRID podemos calcular las toneladas equivalentes de petróleo (TEP) con el factor de conversión: Gasóleos o diésel igual a 1,035 TEP/Ton.

TABLA 13. Consumo de energía para la recolección de desechos sólidos

DETALLE DE CONSUMO DE ENERGÍA PARA LA RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO-ORIENTAL DE MACHACHI						
MES	DIESEL (Gal)	PRODUCCIÓN-TON TRANSPORTADAS	DIESEL (T)	TEP	Mwh	Kwh
ENERO	235,00	197,40	0,74	0,77	8,91	8907,30
FEBRERO	231,00	194,04	0,73	0,75	8,76	8755,69
MARZO	235,00	197,40	0,74	0,77	8,91	8907,30
ABRIL	228,40	191,86	0,72	0,74	8,66	8657,14
MAYO	227,80	191,35	0,72	0,74	8,63	8634,40
JUNIO	229,90	193,12	0,72	0,75	8,71	8714,00
JULIO	230,70	193,79	0,73	0,75	8,74	8744,32
AGOSTO	236,90	199,00	0,75	0,77	8,98	8979,32

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

SEPTIEMBRE	233,80	196,39	0,74	0,76	8,86	8861,82
OCTUBRE	234,70	197,15	0,74	0,77	8,90	8895,93
NOVIEMBRE	238,40	200,26	0,75	0,78	9,04	9036,18
DICIEMBRE	238,40	200,26	0,75	0,78	9,04	9036,18
PROMEDIO	233,33	196,00	0,73	0,76	8,84	8844,13

Una vez calculadas las TEP mediante el factor de conversión de la electricidad, podemos obtener el consumo de energía en Mwh, sabiendo que la electricidad es igual 0,086 TEP/Mwh. Con estos valores podríamos graficar la línea base de consumo energético como muestra la figura 15.

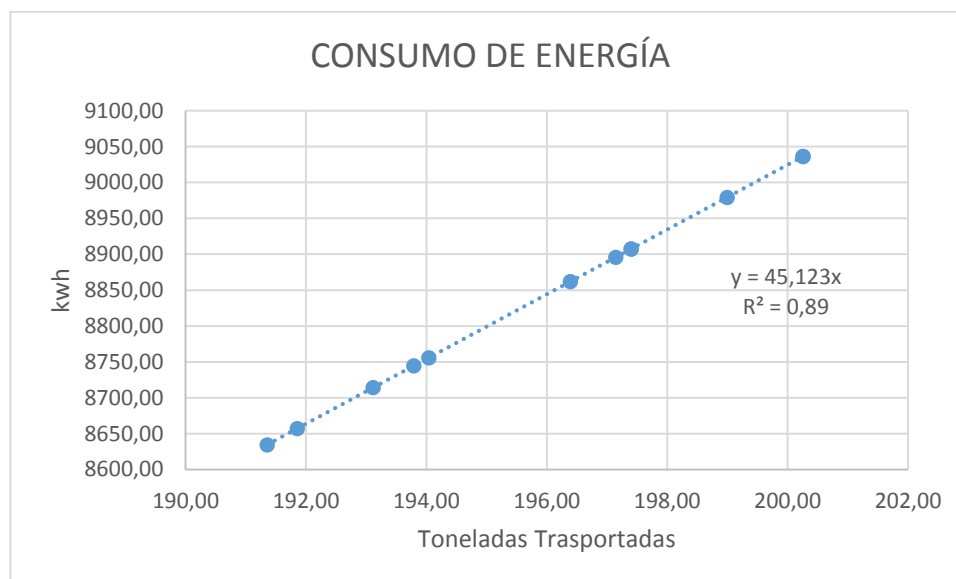


FIGURA 15. Línea base del consumo de energía

ÍNDICE DE CONSUMO

En la norma ISO 50001 se presentan los indicadores de desempeño energético como un cociente o un modelo de energía, en unidad de tiempo. Para nuestro estudio analizamos el índice de consumo de energía llevando a unidades de kwh/Ton. Obteniendo así un índice promedio de consumo de 1193,14 kwh/Ton. Como se muestra en la Tabla 14.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

TABLA 14. Índice de consumo de energía de recolección de desechos sólidos en (kwh/Ton).

INDICE DE CONSUMO DE ENERGÍA RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS (kwh/Ton)				
MES	DIESEL (Gal)	Kwh	PRODUCCIÓN (Ton)	kwh/Ton
ENERO	235,00	235000,00	193,00	1217,62
FEBRERO	231,00	231000,00	194,00	1190,72
MARZO	235,00	235000,00	196,60	1195,32
ABRIL	228,40	228400,00	196,70	1161,16
MAYO	227,80	227800,00	196,60	1158,70
JUNIO	229,90	229900,00	196,60	1169,38
JULIO	230,70	230700,00	196,60	1173,45
AGOSTO	236,90	236900,00	196,60	1204,98
SEPTIEMBRE	233,80	233800,00	190,50	1227,30
OCTUBRE	234,70	234700,00	196,60	1193,79
NOVIEMBRE	238,40	238400,00	196,60	1212,61
DICIEMBRE	238,40	238400,00	196,60	1212,61
PROMEDIO	233,33	233333,33	195,58	1193,14

La gráfica 16 nos muestra el consumo mensual en kwh por un período de tiempo anual. Este es el consumo por la producción, en nuestro caso la producción es el tonelaje de desechos sólidos recolectados.

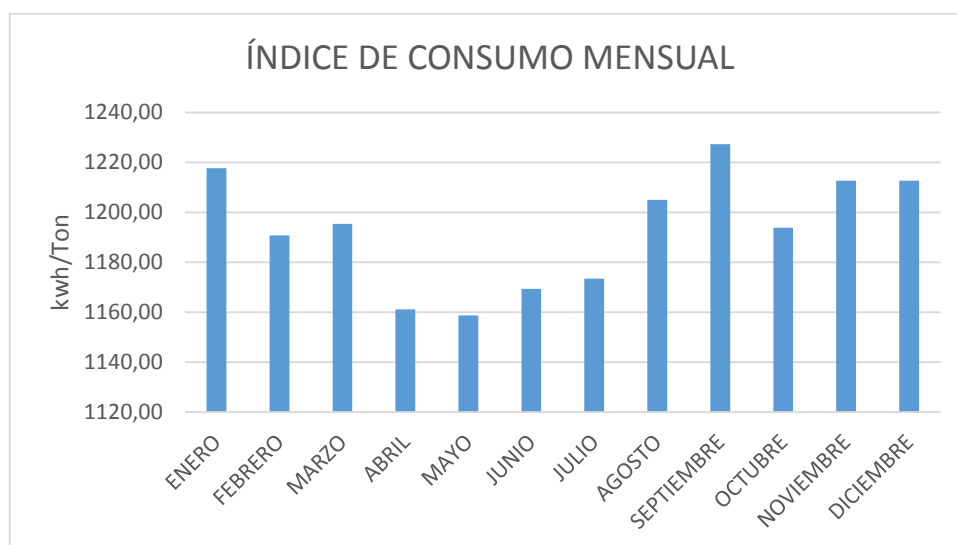


FIGURA 16. Índice de consumo mensual.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

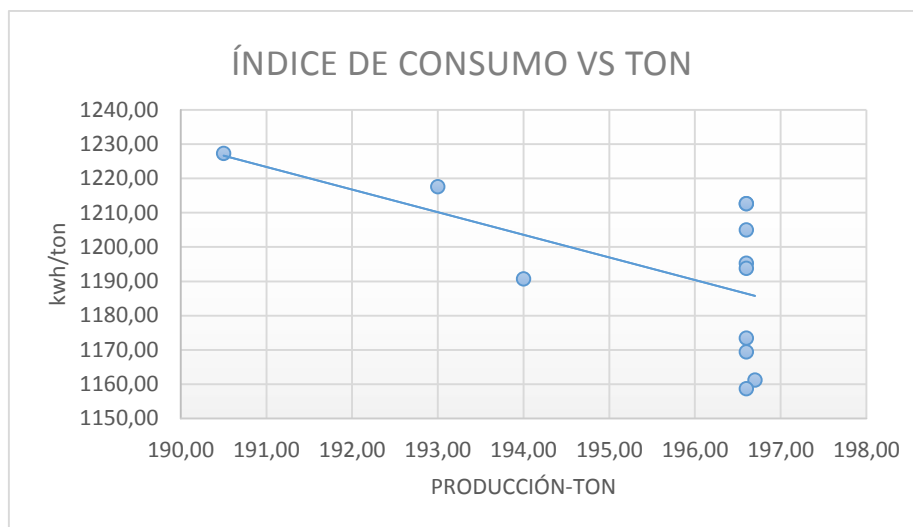


FIGURA 17. Índice de consumo por las toneladas transportadas.

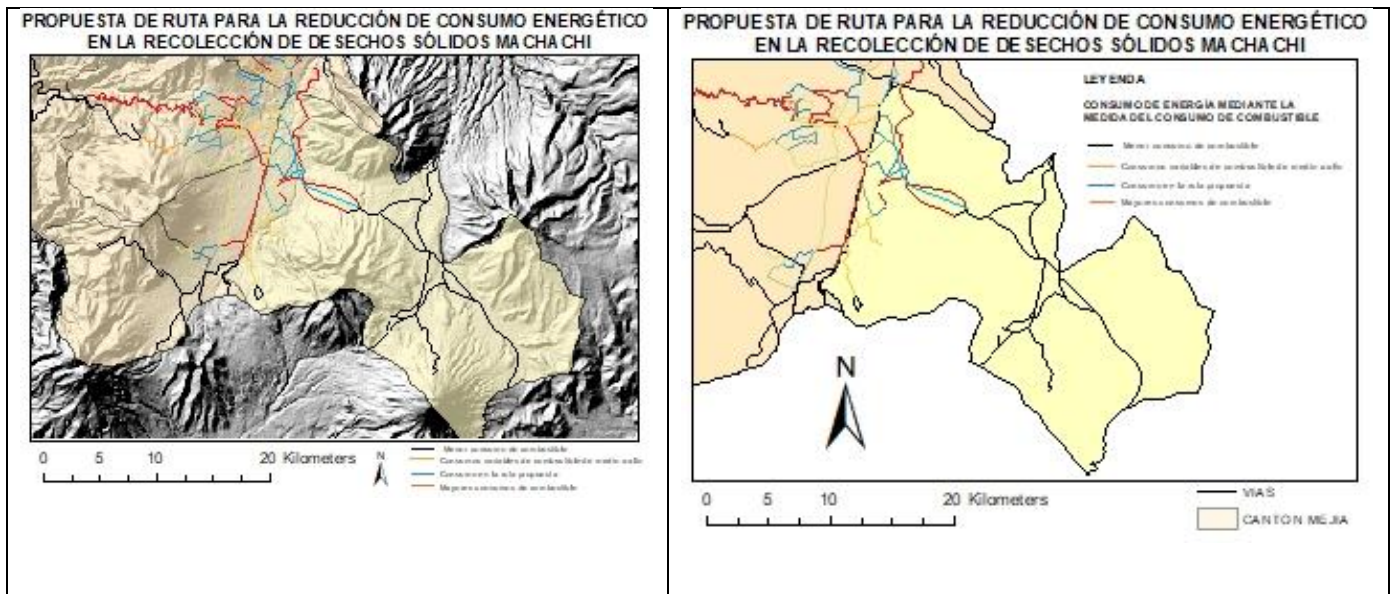
MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL TRANSPORTE DE DSM

Una vez identificada la línea base de consumo energético en la recolección de desechos sólidos municipales para el sector centro-oriental de la parroquia de Machachi, podemos considerar las pérdidas energéticas. Analizando los indicadores de energía para optimizar el proceso de recolección, sin comprometer el confort y realizando el servicio de recolección, de manera que se pueda asistir a todas las viviendas que requieren de este servicio municipal, podemos realizar un cambio en la ruta, de tal forma que se eviten las pérdidas energéticas, al pasar varias veces por un mismo punto y evitando ingresar a los callejones de un solo sentido de circulación.

Si realizamos éstas acciones, podremos obtener un ahorro energético en el consumo de combustible, lo que deriva un ahorro económico y se puede realizar la recolección en un tiempo menor. El tema de la producción no varía que en este caso es el transporte en toneladas de desechos.

Podemos entonces analizar el consumo energético en el transporte de desechos sólidos, teniendo así la ruta propuesta, donde se puede identificar la línea trazada de celeste, con un consumo energético reducido tal y como nos muestra el modelo descrito.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA



MAPA 5. Propuesta de ruta para la reducción de consumo energético en la recolección de desechos sólidos en el sector centro-oriental de la parroquia de Machachi.

La figura nos muestra cual es la distancia que se recorre actualmente en el período de tiempo anual, y si aplicamos el modelo con el cambio de ruta de recolección podemos observar una disminución en el recorrido. Las dos distancias recorridas deberán asistir a un total de 815 puntos de recolección, esto quiere decir que el servicio no se ve afectado.

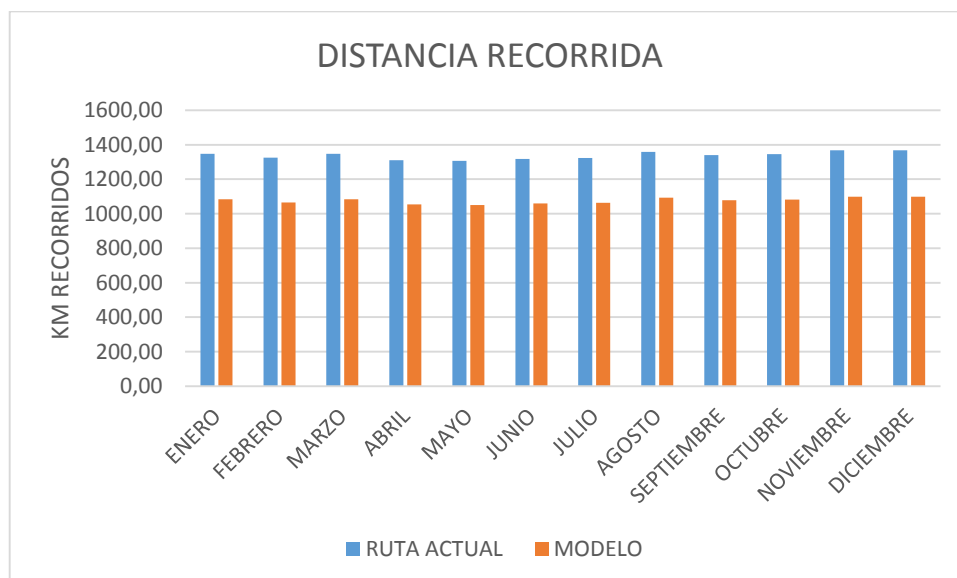


FIGURA 18. Modelo de distancia recorrida y distancia propuesta.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

Mediante el modelo podemos identificar el ahorro en las rutas de recolección anuales, teniendo un total de 16056 km recorridos al año y con el cambio de ruta tendríamos 12912 km recorridos anualmente con un ahorro total de 3144 km.

Aplicando la ecuación para el cálculo del ahorro en la distancia recorrida para la recolección de desechos sólidos (Figura 19.) tenemos:

$$\text{Ahorro} = \text{Ruta actual} - \text{Modelo (1)}$$

$$\text{Ahorro} = 16056,00 \text{ km} - 12912 \text{ km}$$

$$\text{Ahorro} = 3144,00 \text{ km}$$

$$\text{Porcentaje de Ahorro} = \frac{\text{Ahorro}}{\text{Ruta actual}} \times 100\% \text{ (2)}$$

$$\text{Porcentaje de Ahorro} = \frac{3144,00}{16056,00} \times 100\%$$

$$\text{Porcentaje de Ahorro} = 19,58 \%$$

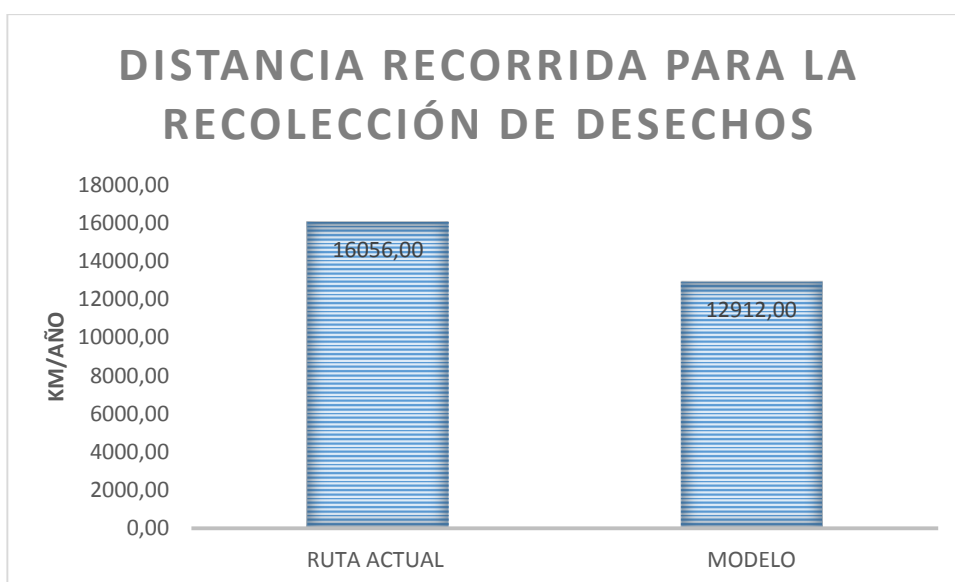


FIGURA 19. Ahorro distancia para la recolección de desechos.

Aplicando la ecuación para el cálculo del ahorro en el consumo de combustible para la recolección de desechos sólidos (Figura 20.) tenemos:

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

$$\text{Ahorro} = \text{Consumo actual} - \text{Modelo (1)}$$

$$\text{Ahorro} = 2800 \text{ gal} - 2251,69 \text{ gal}$$

$$\text{Ahorro} = 548,31 \text{ gal}$$

$$\text{Porcentaje de Ahorro} = \frac{\text{Ahorro}}{\text{consumo actual}} \times 100\% \text{ (2)}$$

$$\text{Porcentaje de Ahorro} = \frac{548,31}{2800} \times 100\%$$

$$\text{Porcentaje de Ahorro} = 19,6 \%$$

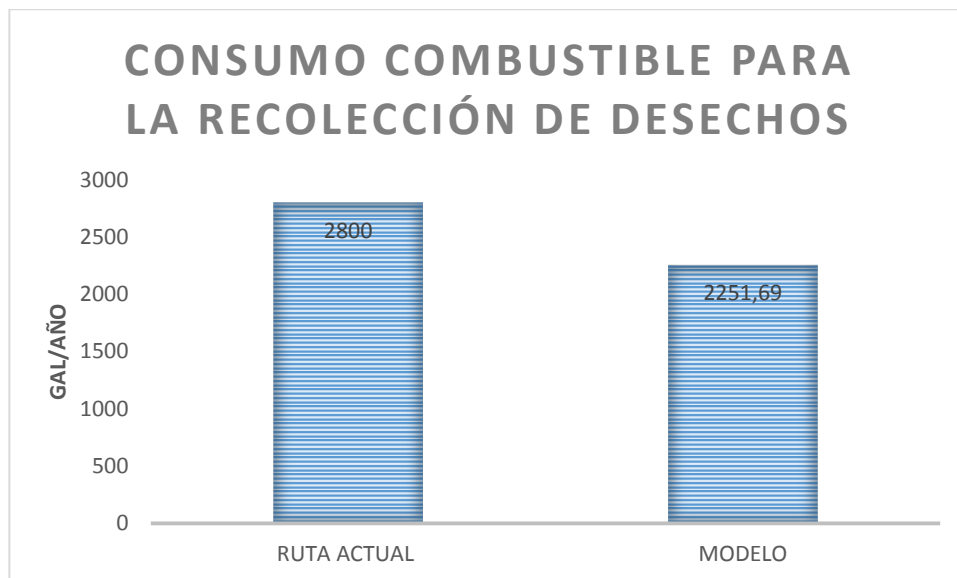


FIGURA 20. Ahorro en el consumo de combustible para la recolección de desechos.

Aplicando la ecuación para el cálculo del ahorro en el costo del transporte de los desechos sólidos (Figura. 22) tenemos:

$$\text{Ahorro} = \text{Consumo actual} - \text{Modelo (1)}$$

$$\text{Ahorro} = 2903,60 \text{ USD} - 2335 \text{ USD}$$

$$\text{Ahorro} = 568,60 \text{ USD}$$

$$\text{Porcentaje de Ahorro} = \frac{\text{Ahorro}}{\text{consumo actual}} \times 100\% \text{ (2)}$$

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

$$\text{Porcentaje de Ahorro} = \frac{568,60}{2903,60} \times 100\%$$

$$\text{Porcentaje de Ahorro} = 20 \%$$

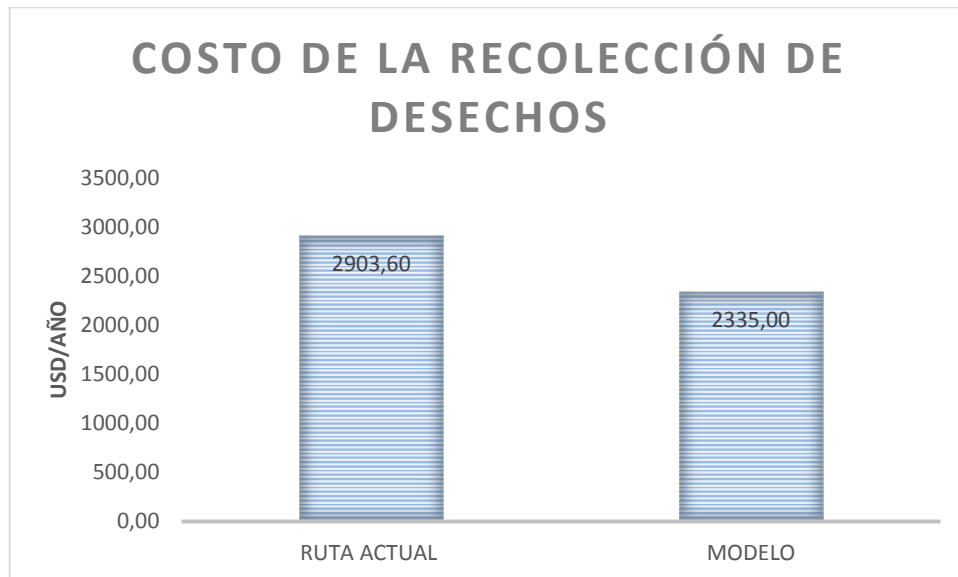


FIGURA 21. Ahorro en el costo de la recolección de desechos sólidos.

Si aplicamos el modelo propuesto tenemos un ahorro en kwh de 1301,35 kvh/año, lo que corresponde a un ahorro anual del 14,7% como se muestra en la gráfica 22.

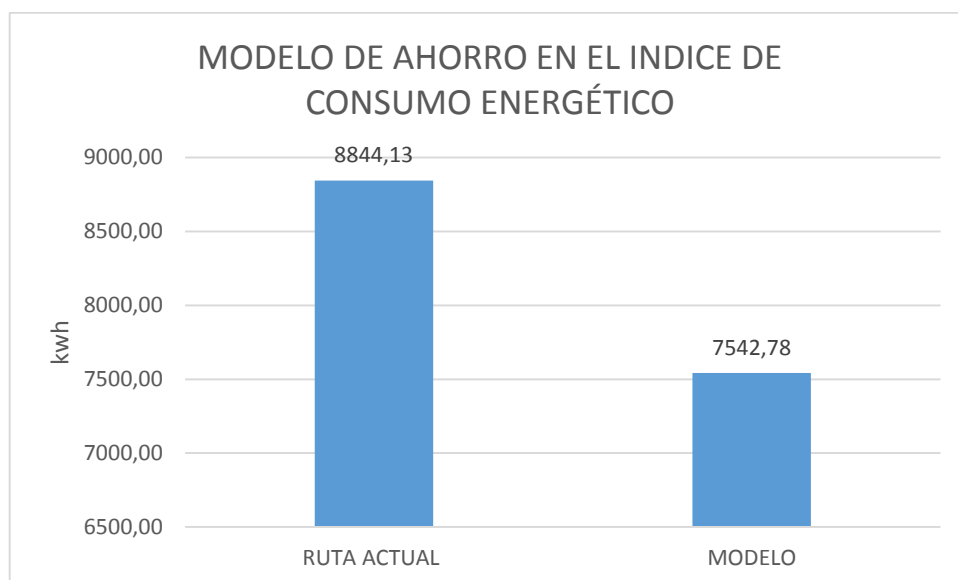


FIGURA 22. Modelo de ahorro en el índice de consumo energético.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

En la tabla 15 podemos observar el modelo total del consumo de energía en la recolección de desechos sólidos municipales.

TABLA 15. Modelo De Consumo De Energía Recolección De Desechos Sólidos

MODELO DE CONSUMO DE ENERGÍA RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS						
MES	DIÉSEL (Gal)	PRODUCCIÓN- TON TRANSPORTADAS	DIÉSEL (T)	TEP	Mwh	Kwh
ENERO	200,42	168,35	0,63	0,65	7,60	7596,66
FEBRERO	197,01	165,49	0,62	0,64	7,47	7467,35
MARZO	200,42	168,35	0,63	0,65	7,60	7596,66
ABRIL	194,79	163,63	0,61	0,63	7,38	7383,31
MAYO	194,28	163,20	0,61	0,63	7,36	7363,91
JUNIO	196,07	164,70	0,62	0,64	7,43	7431,79
JULIO	196,75	165,27	0,62	0,64	7,46	7457,66
AGOSTO	202,04	169,72	0,64	0,66	7,66	7658,08
SEPTIEMBRE	199,40	167,49	0,63	0,65	7,56	7557,87
OCTUBRE	200,17	168,14	0,63	0,65	7,59	7586,96
NOVIEMBRE	203,32	170,79	0,64	0,66	7,71	7706,57
DICIEMBRE	203,32	170,79	0,64	0,66	7,71	7706,57
Promedio	199,00	167,16	0,63	0,65	7,54	7542,78

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

CONCLUSIONES

- Se realizó la línea base de consumo energético, utilizando los parámetros establecidos en la norma ISO: 50001, identificando las variables de consumo energético y la producción, que en este caso es la recolección diferenciada de desechos sólidos municipales.
- Mediante el planteo del cambio de ruta y la creación de un modelo estadístico, se pudo cuantificar el ahorro energético, teniendo un ahorro del 19,59% para la ruta en km, ahorrando, un 19,6% de ahorro en el consumo de combustible, lo que corresponde a una reducción del 20% en el costo de recolección. Además energéticamente se obtiene un ahorro de 1301,35 kvh/año, lo que corresponde a un ahorro anual del 14,7%.
- Mediante el modelo se pudo cuantificar e identificar el consumo energético en toneladas de combustible y con la densidad del mismo, se identificó el índice de consumo energético en kwh y llevándolo a kwh/año, pudimos cuantificar el ahorro anual, todo esto manteniendo el principio de eficiencia energética que no compromete el confort de los clientes, que en este caso son los hogares que se benefician del servicio de recolección.
- Si se cambian los horarios de recolección se puede tener un mejor servicio en recolección, debido a que la recolección en el horario de 7H00 aturde el tránsito y puede ocasionar accidentes laborales a los recolectores de a pie.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

BIBLIOGRAFÍA

- ARCH. (febrero de 2020). *Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero*. Obtenido de <https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/precios-combustibles/>
- MAVESA. (Febrero de 2020). *grupomavesa*. Obtenido de <https://grupomavesa.com.ec/marcas-pesados-hino/>
- Noboa, I. D. (2016). *Balance Energético Nacional 2016*. Quito: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos.
- Mejía, A. y. (2017). *Dirección Avalúos y Catastro del Cantón Mejía*. Machachi-Ecuador: GAD MEJIA.
- Fiallos, Y., de Laire, M., & Aguilera, A. (2017). *Guía Implementación de Sistemas de Gestión de la Energía Basada en ISO 50001*. Chile: Agencia Chilena de Eficiencia Energetica. Cuarta Edición .
- Alminate, M. (2011). *Sistema de Gestión de la Energía NTE INEN- ISO 50001*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN.
- Madrid, C. d. (2016). *Balance Energético de la Comunidad de Madrid*. Madrid: Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.
- Escuela Politécnica Nacional (Quito, E., Carrasco, M., Padilla, P., Garcés-Sánchez, E., Córdova-Suárez, M., Carrasco, M., ... Garcés-Sánchez, E. (2018). *Politécnica. Revista Politécnica*, 41(1), 39–44. Retrieved from http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292018000200039
- Hubenthal, A. (2010). Evaluación del sector transporte en Ecuador con miras a

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

- plantear medidas de mitigación al Cambio Climático. *United Nations Development Programme*, 1–24. Retrieved from [http://www.undpcc.org/docs/National_issues_papers/Transport_\(mitigation\)/06_Ecuador_NIP_transport_mitigation.pdf](http://www.undpcc.org/docs/National_issues_papers/Transport_(mitigation)/06_Ecuador_NIP_transport_mitigation.pdf)
- Institucional, C., Integral, M., & Nacional, N. (2017). *Manual de Recolección y Transporte de los Residuos Sólidos Mayo 2017*.
 - Kreuzer, F. M., & Wilmsmeier, G. (2014). *Energy efficiency and mobility: A roadmap towards a greener economy in Latin America and the Caribbean*. Retrieved from <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/37148>
 - Llamas, P. L. (2009). *Eficiencia energética y medio ambiente*. 75–92.
 - Poveda, M. (2007). Eficiencia Energética: Recurso no aprovechado. *Latin American Energy Organization*, 25.
 - Titulación, T. D. E., La, P. A., Del, O., Ingeniera, T. D. E., Del, G. Y., Ambiente, M., ... Óptimas, D. E. R. (2018). *TEMA : PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS*.
 - Villalobos, J. (2010). Eficiencia energética en el transporte de carga por carretera. *Cepal*, (1), 1–8. Retrieved from https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36126/FAL-281-WEB_es.pdf?sequence=1
 - Ministerio del Ambiente Ecuador. (2010). *Desechos Solidos Urbanos*. Ecuador: MAE.
 - Ruiz, A. G. (2007). Lipopolysaccharide-binding protein plasma levels and liver TNF-alpha gene expression in obese patients: evidence for the potential role of

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

- endotoxin in the pathogenesis of non-alcoholic steatohepatitis. . Obesity: SURGERY.
- Amell Arrieta, A. C. (2006). Análisis de los parámetros para el diseño y optimización de un tubo radiante. . Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia.
 - Velásquez, L. &. (2009). Biosorption and bioaccumulation of heavy metals on dead and living biomass of *Bacillus sphaericus*. , . Journal of hazardous materials.
 - Rifkin, J. (2014). La sociedad de coste marginal cero. El Internet de todas las cosas, el procomún colaborativo y el eclipse del capitalismo. . Barcelona, Espasa.
 - ASAMBLEA, D. E. (2009). Plan Nacional del buen Vivir. Quito, Ecuador: SENPLADES.
 - Riofrío, A. V. (2014). Análisis del consumo energético en procesos de cocción eficiente para el sector residencial. . In Memorias del Congreso latinoamericano de ingeniería mecánica Colim.
 - Méndez, J. &. (2007). Energía solar fotovoltaica. Fundación Confemetal. Madrid., ESPAÑA.
 - Discoli, C., Martini, I., San Juan, G., Rosenfeld, E., Dicroce, L., & Ferreyro, C. (2008). Modelo de calidad de vida urbana. Contrastes urbanos a partir de los niveles de calidad de los servicios energéticos principales y de los aspectos ambientales. *ASADES (Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente.)*, 12, 0.1-37.
 - Ferrer, J. d. I. C. (2002). Principios de regulación económica de la Unión Europea. *Madrid: Instituto de Estudios Económicos.*

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

- Guayanlema, V., Fernández, L., & Arias, K. (2018). Análisis de indicadores de desempeño energético en Ecuador. *ENERLAC. Revista de energía de Latinoamérica y el Caribe*, 1(2), 122-139.
- Hernández, M. (2006). La competitividad sistémica: Elemento fundamental de desarrollo regional y local. *Ciencia y mar*, 39-46.
- Mesquida, A. L., Mas, A., Amengual, E., & Cabestrero, I. (2010). Sistema de Gestión Integrado según las normas ISO 9001, ISO/IEC 20000 e ISO/IEC 27001. *REICIS. Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software*, 6(3), 25-34.
- Nordelo, A. B., & Caminos, C. (2013). Recomendaciones Metodológicas para la Implementación de Sistemas de Gestión de la Energía según la Norma ISO 50001. *Editorial Universo Sur ISBN*, 978-959.
- Osorio, J. D. C. (2015). Modelo de normalización de indicadores de desempeño energético en Sistemas de Gestión de Energía. *Energética*(46), 65-71.
- Peña, A. C., & Sánchez, J. M. G. (2012). *Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora*: AENOR.
- Reyes, G. (2009). Teorías de desarrollo económico y social: articulación con el planteamiento de desarrollo humano. *Tendencias*, 10(1), 117-142.
- Sepúlveda, R. (2008). Aplicación metodológica para la determinación del desempeño energético en hospitales de la región metropolitana. *Santiago de Chile: Universidad de Chile*.
- Acoltzi, H., & Pérez, H. (2011). ISO 50001, Gestión de energía. *Boletín IIE*, 114.
- Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., . . . Coll, A. (2014). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

- Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 30(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rimni.2012.07.004>
- Cassini, A. (2016). Modelos científicos. *Diccionario interdisciplinar Austral*. Buenos Aires: Universidad Austral. Recuperado de: http://dia.austral.edu.ar/Modelos_cient%C3%ADficos.
 - Correa Soto, J., Borroto Nordelo, A. E., González Álvarez, R., Curbelo Martínez, M., & Díaz Rodríguez, A. M. (2014). Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001: 2011. *Ingeniería Energética*, 35(1), 38-47.
 - Cortínez, V. H., & Domínguez, P. N. (2013). Un modelo de difusión anisótropa para el estudio del tráfico urbano. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 29(1), 1-11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rimni.2011.10.005>
 - de la Fuente Martínez, C. (2009). Modelos matemáticos, resolución de problemas y proceso de creación y descubrimiento en matemáticas. Conexiones y aprovechamiento didáctico en secundaria. *Construcción de modelos matemáticos y resolución de problemas*, 123-154.
 - Discoli, C., Martini, I., San Juan, G., Rosenfeld, E., Dicroce, L., & Ferreyro, C. (2008). Modelo de calidad de vida urbana. Contrastes urbanos a partir de los niveles de calidad de los servicios energéticos principales y de los aspectos ambientales. *ASADES (Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente)*, 12, 0.1-37.
 - Discoli, C., San Juan, G., Martini, I., Ferreyro, C., Dicroce, L., Barbero, D., & Esparza, J. (2010). Metodología para la evaluación de la calidad de vida urbana. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 17(2), 95-112.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

- Discoli, C. A., Dicroce, L., Barbero, D. A., Amiel, J. O., San Juan, G. A., & Rosenfeld, E. (2006). Modelo de calidad de vida urbana. Formulación de un sistema de valoración de los servicios urbanos básicos de infraestructura aplicando lógica borrosa. *Avances en energías renovables y medio ambiente*, 10.
- Ferrer, J. d. I. C. (2002). Principios de regulación económica de la Unión Europea. *Madrid: Instituto de Estudios Económicos*.
- Fullana Belda, C., & Urquía Grande, E. (2009). Los modelos de simulación: una herramienta multidisciplinar de investigación. *Encuentros multidisciplinares*.
- González-Busto Múgica, B. (1999). La dinámica de los sistemas como metodología para la elaboración de modelos de simulación. *Documentos de trabajo (Universidad de Oviedo. Facultad de Ciencias Económicas)*.
- Guayanlema, V., Fernández, L., & Arias, K. (2018). Análisis de indicadores de desempeño energético en Ecuador. *ENERLAC. Revista de energía de Latinoamérica y el Caribe*, 1(2), 122-139.
- Guillén Garcés, J. A., & Achina Quilo, B. R. (2016). *Plan estratégico de procesamiento de desechos sólidos y orgánicos de la Parroquia De Machachi Cantón Mejía*. Quito: UCE,
- Hernández, M. (2006). La competitividad sistémica: Elemento fundamental de desarrollo regional y local. *Ciencia y mar*, 39-46.
- Jovanović, B., & Filipović, J. (2016). ISO 50001 standard-based energy management maturity model—proposal and validation in industry. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2744-2755.
- Kofman, H. (2000). Modelos y simulaciones computacionales en la enseñanza de la Física. *Revista educación en física*, 6, 13-22.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

- Mancinas-Chávez, R., López, D. M., Domínguez, V. S., Reigl, R., Eguizábal, F. A. L., Casanova, J. A. M., . . . Recio, F. M. *Arterias de la sociedad del siglo XXI. Las TIC como herramienta multidisciplinar. Estudios de caso*: Lulu. com.
- Mesquida, A. L., Mas, A., Amengual, E., & Cabestrero, I. (2010). Sistema de Gestión Integrado según las normas ISO 9001, ISO/IEC 20000 e ISO/IEC 27001. *REICIS. Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software*, 6(3), 25-34.
- Nordelo, A. B., & Caminos, C. (2013). Recomendaciones Metodológicas para la Implementación de Sistemas de Gestión de la Energía según la Norma ISO 50001. *Editorial Universo Sur ISBN*, 978-959.
- Osorio, J. D. C. (2015). Modelo de normalización de indicadores de desempeño energético en Sistemas de Gestión de Energía. *Energética*(46), 65-71.
- Palloni, A. (2001). Análisis demográfico: nuevas teorías, nuevos modelos y nuevos datos. *Notas de Población*.
- Peña, A. C., & Sánchez, J. M. G. (2012). *Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora*: AENOR.
- Reyes, G. (2009). Teorías de desarrollo económico y social: articulación con el planteamiento de desarrollo humano. *Tendencias*, 10(1), 117-142.
- Sepúlveda, R. (2008). Aplicación metodológica para la determinación del desempeño energético en hospitales de la región metropolitana. *Santiago de Chile: Universidad de Chile*.
- Soler, J., Bladé, E., & Sánchez-Juny, M. (2012). Ensayo comparativo entre modelos unidimensionales y bidimensionales en la modelización de la rotura de una balsa de materiales sueltos erosionables. *Revista Internacional de Métodos*

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

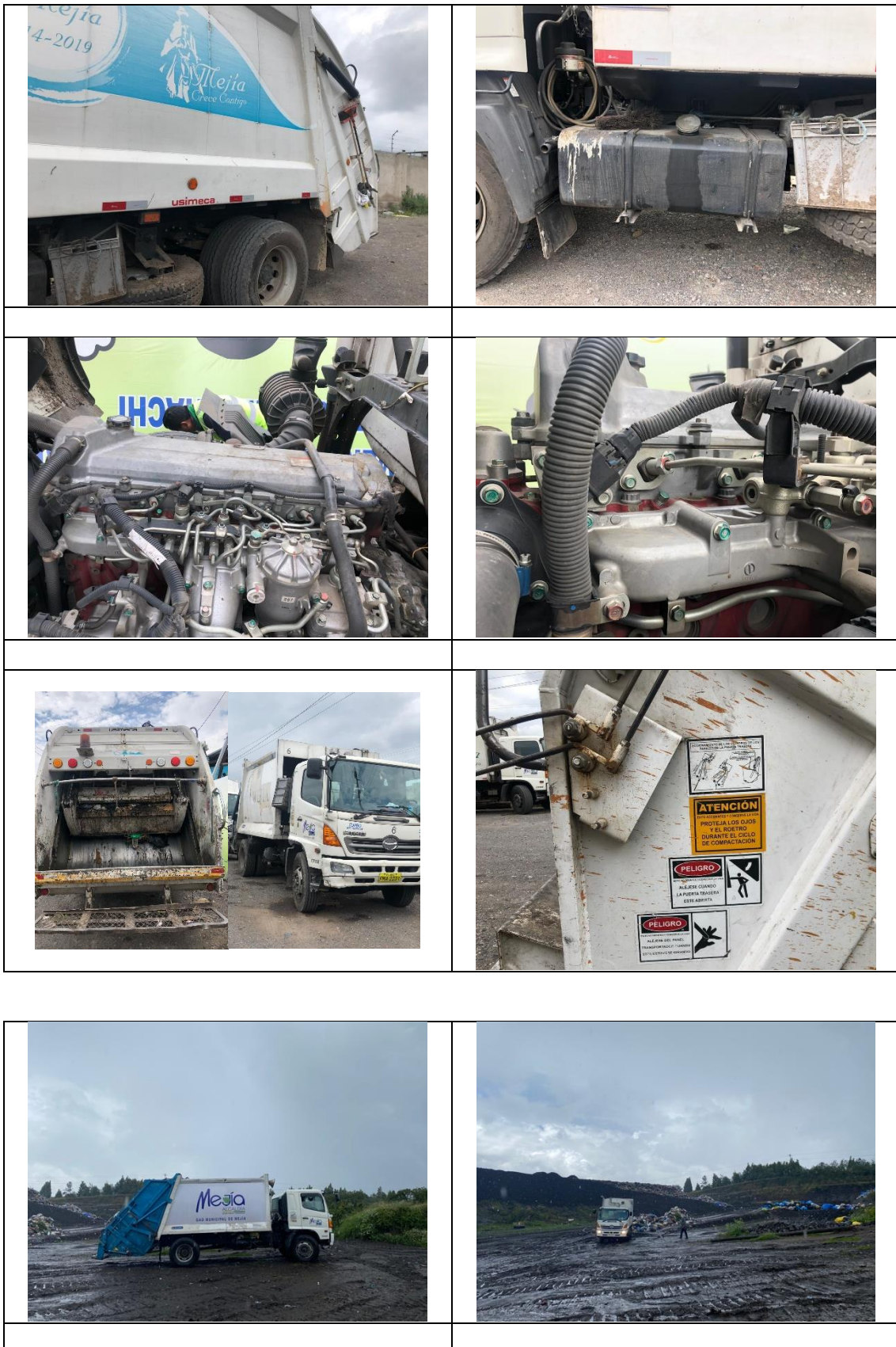
Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, 28(2), 103-111.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.rimni.2012.03.002>

- Tapia Campaña, M. I. (2003). *Fortalecimiento de la gestión del servicio de aseo y disposición de desechos en el Municipio de Mejía/Machachi*. Quito: Universidad de las Américas, 2003,
- Tarifa, E. E. (2001). *Teoría de modelos y simulación. Facultad de Ingeniería, Universidad de Jujuy*.
- Vasrsavsky, O. (1971). *Modelos matemáticos y experimentación numérica*: IICA Biblioteca Venezuela.
- Zamorano, H. (2012). *La dinámica de sistemas y los modelos de simulación por computadora. Disponible online: <http://galleanoyzamorano.com.ar/sociocib.pdf>*.
- Zapata-Ros, M. (2015). *Teorías y modelos sobre el aprendizaje en entornos conectados y ubicuos. Bases para un nuevo modelo teórico a partir de una visión crítica del “conectivismo”*. *Education in the Knowledge Society*, 16(1), 69-102.

MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

ANEXOS



MODELO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LAS RUTAS DIFERENCIADAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR CENTRO ORIENTAL DE MACHACHI-CANTÓN MEJÍA

