UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES

¨EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL TRANSPORTE PÚBLICO DE BUSES Y TAXIS BAJO ESCENARIOS DEL COVID-19 PARA EL DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE MOVILIDAD SOSTENIBLE EN IBARRA”

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO/A EN ENERGÍAS RENOVABLES

AUTORES:

MÓNICA MELISSA LESCANO PINTO

JORDY FERNANDO PEÑAFIEL OLMEDO

DIRECTOR:

JUAN CARLOS GARCÍA MONTOYA PhD.

IBARRA-ECUADOR

2023

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ibarra, 24 de marzo de 2023

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL TRANSPORTE PÚBLICO DE BUSES Y TAXIS BAJO ESCENARIOS DEL COVID-19 PARA EL DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE MOVILIDAD SOSTENIBLE EN IBARRA " , de autoría de la señorita Lescano Pinto Mónica Melissa y del señor Peñafiel Olmedo Jordy Fernando estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES,** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que el/la autor/a o autores ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente

TRIBUNAL TUTOR	**FIRMA**
Juan Carlos García Montoya PhD **DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN**	.....
MSc. Juan Guamán **MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**	.....
MSc. Jorge Granja **MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**	.....

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003979562		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Mónica Melissa Lescano Pinto		
DIRECCIÓN:	Colinas del Sur, 2 de Agosto y 8 de Marzo		
EMAIL:	mmlescanop@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		**TELÉFONO MÓVIL:**	0978809173

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1726571969		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Peñafiel Olmedo Jordy Fernando		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Pedro Moncayo y Rafael Carvajal 3-70		
EMAIL:	jfpenafielo@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		**TELÉFONO MÓVIL:**	0987635469

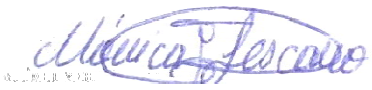
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL TRANSPORTE PÚBLICO DE BUSES Y TAXIS BAJO ESCENARIOS DEL COVID-19 PARA EL DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE MOVILIDAD SOSTENIBLE EN IBARRA
AUTOR (ES):	Lescano Pinto Mónica Melissa Peñafiel Olmedo Jordy Fernando
FECHA: DD/MM/AAAA	30 de marzo del 2023
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
PROGRAMA:	■ **PREGRADO** □ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Energías Renovables
ASESOR /DIRECTOR:	**Ing. Juan Carlos Garcia PhD.**

2. CONSTANCIAS

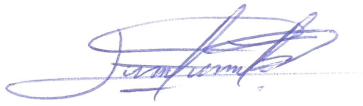
El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 30 días del mes de marzo de 2023.

LOS AUTORES:



Mónica Melissa Lescano Pinto
1003979562
0978809173



Jordy Fernando Peñafiel Olmedo
1726571969
0987635469

AGRADECIMIENTOS

Gracias Dios, gracias por estar en mis comienzos y en mis finales. Gracias por estar en cada proceso perfeccionándome, porque a pesar de la tormenta tu eres mi calma. Gracias porque eres el único al cual no le asustan mis fracasos. Tú no me esperas al final del camino, tu tomas mi mano, me sacas del lodo y caminamos juntos hacia un nuevo destino. Ahí has estado Dios en cada etapa de mi vida, el creador del universo tiene un destino solo para mí.

Agradezco a mi madre Mónica Pinto por acompañarme en esta etapa universitaria con su amor, a mi padre Geovanny Lescano por ser mi mejor amigo y motivarme a culminar mis estudios, a mi hermana por ser mi compañera y mi mejor amiga, a mi familia por demostrarme su amor y enseñarme el valor de la unión.

Gracias, amigos por ser parte de mi vida, son un regalo de Dios para mí.

Gracias a mi compañero de tesis Jordy Peñafiel.

Un agradecimiento especial a mi director de trabajo de titulación el, Dr. Juan Carlos García por compartirnos sus conocimientos. De igual manera a mis asesores MsC. Jorge Granja y MsC. Juan Guamán por acompañarnos en este camino de la elaboración de nuestro trabajo de titulación.

Melissa Lescano

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mis queridos padres; Mónica Pinto y Geovanny Lescano por su apoyo, amor incondicional y por siempre motivarme a cumplir mis metas, lo que me han dado ha sido perfecto. Mami, gracias porque me has enseñado a ser fuerte como tú, a no rendirme. Papá, gracias por despertarte todos los días e ir a tu trabajo, gracias por no rendirte por mi hermana y por mí. ¿Cómo te puedo pagar? Todo lo que haces por mí.

A mi hermana Doménica Lescano por ser el motor de mi vida, la persona que más admiro y me inspira a ser mejor cada día. Eres el regalo más bonito que Dios me pudo haber dado y es un placer compartir esta vida contigo. Te amo

A mi familia por siempre estar presentes en mi vida y demostrarme su amor cuando más lo eh necesitado.

A mis abuelitos, Jorge Lescano y María Vargas por darme la hermosa familia que tengo.

A mi tía que es como mi segunda madre Carmen Ochoa.

A mis primas Karina Montoya y Nicole Dalgo por ser más que mis primas son mis confidentes, mis hermanas.

A mis mejores amigas Soledad, Maribel y Liliana por enseñarme lo hermosa que es la vida con su compañía.

Dedicado a la memoria de Barbie por ser mi fiel compañera por 10 años.

A Princesa.

Melissa Lescano

AGRADECIMIENTOS

Primero agradezco a Dios, por permitirme siempre seguir avanzando y nunca rendirme, por brindarme fuerza y valor día tras día durante todas las etapas de mi vida.

Agradezco también infinitamente a mi madre Consuelo Olmedo y a mi padre Giovanny Peñafiel por darme la oportunidad de alcanzar esta meta, ya que gracias a sus consejos, enseñanzas y apoyo incondicional me han permitido formarme y alcanzar mis metas.

A mis hermanos Thalía y Alex que han sido un ejemplo de esfuerzo y constancia, que con su apoyo siempre me han motivado a esforzarme cada día más.

Un agradecimiento especial a mi director de trabajo de titulación PhD. Juan Carlos García, por compartir sus valiosos conocimientos, por el tiempo de acompañamiento y su preocupación con el fin de culminar este trabajo. Así también a mis asesores MsC. Juan Guamán, y MsC. Jorge Granja que con paciencia compartieron su conocimiento y experiencia durante la realización de este trabajo de titulación.

A Melissa Lescano mi compañera de titulación que a pesar de las diferencias me acompaño en el desarrollo de esta investigación.

A mis docentes y compañeros quienes a pesar del tiempo me han brindado su amistad y compañía, enseñanzas, consejos y demás, por lo cual estaré infinitamente agradecido por compartir conmigo tantos inolvidables momentos.

Agradezco también a Puntonet y con especial énfasis al personal de la sucursal Ibarra por abrirme las puertas en el mundo laboral y brindarme la oportunidad de culminar mi trabajo de titulación.

Jordy Peñafiel

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mis amados padres Giovanny Peñafiel y Consuelo Olmedo, que durante mi tiempo en este mundo con su infinito amor, paciencia, valores y valiosas enseñanzas me han permitido llegar hasta aquí, a mis queridos hermanos Thalía y Alex por también acompañarme durante cada etapa de mi vida brindándome apoyo y su gran ejemplo.

A Alejandra Pinto por estar a mi lado en cada momento, por su cariño desinteresado y gran compañía, y también a su Familia y por brindarme apoyo incondicional durante gran parte de mi carrera universitaria.

A Elizabeth Saransig por apoyarme incondicionalmente durante tanto tiempo con su amistad y consejos. También a mis grandes amigos Diego, Johnny, Joseph, Geovany y demás que durante todos estos años me han acompañado en gratos

momentos y brindado su gran amistad.

Jordy Peñafiel

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN XIV

ABSTRACT XV

Capítulo I 1

Introducción 1

1.1. Antecedentes 1

1.2. Definición del Problema 3

1.3. Justificación 4

1.4. Pregunta Directriz 5

1.5. Objetivos 5

1.5.1. Objetivo General 5

1.5.2. Objetivos Específicos 5

1.6. Hipótesis 5

Capítulo II 6

Revisión de Literatura 6

2.1. Energía 6

2.1.1. Tipos de Energías 6

2.2. Transporte 6

2.3. Combustibles 7

2.3.1. Tipos de combustibles 7

2.4. Consumo de Combustible 8

2.5. COVID-19 8

2.5.1. Confinamiento por COVID-19 8

2.5.2. Consecuencias del confinamiento por COVID-19 8

2.5.3. Semaforización 8

2.6. Análisis Estadístico 9

2.6.1. InfoStat 9

2.6.2. Prueba de Shapiro-Wilk 9
2.7. Modelo Predictivo 9
2.7.1. Modelo gaussiano 9
2.8. Matlab 9
2.8.1. Curve Fitting Toolbox 10
2.9. Plan de Mejora de Movilidad Sostenible 10
2.9.1. Plan de Movilidad Urbanas Sostenibles (PMUS/SUMP) 10
2.9.2. Iniciativa MobiliseYourCity (MYC) 10
2.9.3. Movilidad Urbana 10
2.9.4. Eficiencia Energética 11
2.9.5. Sostenibilidad 11
2.9.6. Movilidad Sostenible 11
2.9.7. Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) 11
2.10. Marco Legal 12
2.10.1. Constitución del Ecuador 12
2.10.2. Reglamento a la Ley de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial 12
2.10.3. Reglamento al Código Orgánico Ambiental (RCOA) 12
Capítulo III 14
Metodología 14
3.1. Área de Estudio 14
3.2 Tamaño de la Muestra 15
3.3 Generación de Estratos 15
3.4. Criterios de Selección 16
3.4.1. Criterios de Inclusión 16
3.4.2. Criterios de Exclusión 16
3.5. Método de Recolección de Información 16
3.5.1. Encuesta…….. 16

3.6. Métodos de Procesamiento y Análisis de Datos 17
3.6.1. *Procesamiento de la Información* 17
3.6.2. Análisis Estadístico 17
3.7. Generación del modelo 17
3.7. Estadística de Ajustes de Bondad 18
3.7.1. Algoritmo Matemático a partir del Modelo Gaussiano 19
3.8. Método de Comparación 20
3.8.1. Simetría y asimetría 20
3.9. Plan de Mejora 20
3.9.1. Matriz Multicriterio 20
3.9.2. Plan de Movilidad Urbana Sostenible 21
Capitulo IV 22
Resultados y Discusión 22
4.1. Diseño de modelo predictivo del consumo de combustible 22
4.1.1. Población 22
4.2. Muestra 22
4.3. Datos de Consumo 23
4.4. Análisis estadísticos 23
4.4.1. Análisis estadísticos buses 23
4.4.2. Análisis estadísticos taxis 24
4.5. Datos COVID-19 24
4.6. Validación del modelo 25
4.6.1. Parámetros de validación del modelo de buses 25
4.6.2. Curva de modelamiento de consumo de combustibles en buses 25
4.6.3. Curva de predicción de buses 25
4.6.4. Parámetros de validación en taxis 26
4.6.5. Curva de modelamiento de consumo de combustibles en taxis 26

4.6.6. Curva de predicción de taxis....27
4.8. Comparación de Escenarios de Consumo de Combustible....27
4.8.1. Estadístico de Escenarios del Consumo de Gasolina Extra....28
4.8.2. Estadístico de Escenarios del Consumo de Diesel....29
4.9. Planteamiento de Propuestas para la Movilidad Sostenible....29
4.9.1. Propuestas de medidas de seguridad ante una problemática de salud publica....31
4.9.2. Propuestas de mejora hacia la baja calidad del servicio de transporte....34
Capítulo V....45
Conclusiones y Recomendaciones....45
5.1 Conclusiones....45
5.2 Recomendaciones....46
BIBLIOGRAFÍA....47
ANEXOS....53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Generación de números aleatorios para la selección de los estratos a estudiar* 16
Tabla 2 *Análisis de normalidad de la data recolectada.* 17
Tabla 3 *Parámetros para la elaboración del modelo predictivo* 18
Tabla 4 *Parámetros estadísticos de validación del curve fitting tool* 18
Tabla 5 *Parámetros de validación del modelo gaussiano predictivo de taxis y buses* 19
Tabla 6 *Porcentaje de flota vehicular de trasporte urbano de la ciudad de Ibarra año 2020.* 22
Tabla 7 *Definición de estratos y muestras.* 22
Tabla 8 *Datos de consumo.* 23
Tabla 9 *Contagios y decesos mensuales Ibarra 2020.* 24
Tabla 10 *Parámetros de validación del modelo gaussiano predictivo de buses* 25
Tabla 11 *Parámetros de validación del modelo gaussiano predictivo de taxis* 26
Tabla 12 *Comparación escenarios* 28
Tabla 13 *Estadística de comparación de escenarios consumo combustible taxis* 28
Tabla 14 *Prueba Tukey de validación escenarios de taxis* 28
Tabla 15 *Estadística de comparación de escenarios consumo combustible buses* 29
Tabla 16 *Prueba Tukey de validación escenarios de buses* 29
Tabla 17 *Matriz multicriterio de problemas identificados* 30
Tabla 18 *Presupuesto Plan de Movilidad Sostenible* 43
Tabla 19 *Reorganización de rutas* 58
Tabla 20 *Implementación de un porcentaje de las unidades de transporte de buses por vehículos menos contaminantes.* 59
Tabla 21 *Implementar un porcentaje de las unidades de transporte de taxis por vehículos menos contaminantes.* 60
Tabla 22 *Implementación del uso del 2% de biodiesel en una mezcla de Diesel para el uso de combustible de los buses.* 61
Tabla 23 *Implementación de asfalto fotocatalítico en puntos estratégicos de la ciudad de Ibarra.* 62
Tabla 24 *Implementación de un filtro para capturar los gases emitidos por los buses* 63
Tabla 25 *Aumentar las horas de servicio de los buses en la ciudad de Ibarra* 64
Tabla 26 *Establecer un sueldo a los choferes de los buses urbanos de la ciudad de Ibarra* .65

Tabla 27 *Restructuración del sistema actual del transporte público urbano de la ciudad de Ibarra.* 66
Tabla 28 *Implementación del Sistema Inteligente de Transporte (SIT) priorizando la salud pública*.....67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Mapa base del cantón Ibarra.* 14
Figura 2. *Método seleccionado para la recolección de información* 17
Figura 3. *Ingreso de datos y ajuste de modelo en curve fitting toolbox* 18
Figura 4. *Estructura del Plan de Movilidad Urbana Sostenible* 21
Figura 5. *Q-Q plot de normalidad por residuales del consumo de combustible de buses* 23
Figura 6. *Q-Q plot de normalidad por residuales del consumo de combustible de taxis*.....24
Figura 7. *Curva modelo gaussiano diésel vs contagio* 25
Figura 8. *Curva de predicción consumo de diésel*.....26
Figura 9. *Curva modelado consumo gasolina extra vs contagios* 27
Figura 10. *Curva de predicción consumo de gasolina extra* 27

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES

EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL TRANSPORTE PÚBLICO DE BUSES Y TAXIS BAJO ESCENARIOS DEL COVID-19 PARA EL DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE MOVILIDAD SOSTENIBLE EN IBARRA

Autores: Lescano Pinto Mónica Melissa

Peñafiel Olmedo Jordy Fernando

Correos: mmlescanop@utn.edu.ec

jfpeñafielo@utn.edu.ec

RESUMEN

El principal objetivo de la presente investigación evaluó el consumo de combustible del transporte de buses y taxis bajo escenarios del COVID-19, para el desarrollo de estrategias de movilidad sostenible en la ciudad de Ibarra. Los estratos fueron elegidos a partir de la generación de números aleatorios, elaborados en el programa Matlab, se obtuvieron un total de 139 buses divididos en 2 estratos y 225 taxis divididos en 49 estratos, considerados para el estudio. Se analizó estadísticamente los datos obteniendo normalidad con los residuales lo que arroja un modelo paramétrico. A continuación se procesó la data en la herramienta *Curve Fitting Toolbox*, se generó un modelo de regresión con la metodología de Gauss, aplicando estadística de ajustes de bondad y se alcanzó el modelo más eficiente posible con valores para los coeficientes de determinación y su ajuste sobre el 90%, adicional la herramienta proyectó ecuaciones para describir el comportamiento de la curva del consumo de combustible del año 2020, con el código generado, se realizaron las curvas de predicción del consumo de combustible de buses y taxis para el año 2021. A continuación, se comparó los diferentes escenarios de movilización aplicados por el COVID-19, el transporte de taxis sufrió un nivel de afectación mayor en comparación al transporte de buses durante el tiempo de estudio. A partir de estos resultados se generó una serie de propuestas con el fin de alcanzar una movilidad sostenible priorizando la salud pública. Garantizando el bienestar social tanto en ámbitos de salud y económicos, con el fin de proponer soluciones a corto, mediano y largo plazo para un nuevo modelo de sostenible de movilidad dentro de la ciudad.

Palabras clave: energía, combustible, modelo matemático, movilidad sostenible, eficiencia energética.

EVALUATION OF FUEL CONSUMPTION OF PUBLIC BUS AND CAB TRANSPORT UNDER COVID-19 SCENARIOS FOR THE DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE MOBILITY STRATEGIES IN IBARRA

ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the fuel consumption of bus and cab transport under COVID-19 scenarios, for the development of sustainable mobility strategies in the city of Ibarra. The strata were chosen from the generation of random numbers, elaborated in the Matlab program, where a total of 139 buses divided into 2 strata and 225 cabs divided into 49 strata, considered for the study, were obtained. Statistical analysis was performed, obtaining normality with the residuals of the data, which yielded a parametric model. Next, the data was processed by the *Curve Fitting Toolbox*, a regression model was generated with the Gaussian methodology, applying goodness-of-fit statistics and the most efficient model possible was reached with values for the determination coefficients and their adjustment over 90%, additionally the tool projected equations to describe the behavior of the fuel consumption curve for the year 2020, with the generated code, the prediction curves of fuel consumption of buses and cabs for the year 2021 were made. Then, the different mobilization scenarios applied by COVID-19 were compared, showing that cab transportation suffered a higher level of impact compared to bus transportation during the study period. Based on these results, a series of proposals were generated in order to achieve sustainable mobility prioritizing public health. Guaranteeing social welfare in both health and economic areas, to propose short-, medium- and long-term solutions for a new model of sustainable mobility within the city.

Key words: Energy**,** *fuel, mathematical model, sustainable mobility, energy efficiency.*

Capítulo I

Introducción

1.1. Antecedentes

El constante progreso de las civilizaciones depende principalmente del nivel de aprovechamiento de los recursos energéticos disponibles destinados a la generación de electricidad (Badii, 2016). A partir del siglo XX con la revolución industrial se ha tratado de mejorar el estilo de vida del hombre y de este modo se incrementó el consumo de combustibles fósiles con fines energéticos con un impacto ambiental devastador debido a la elevada explotación de recursos, la generación de residuos y emisiones de partículas contaminantes para el medio ambiente (Barragán, 2017; Correa, 2016).

Para el año 2019, se registró una demanda de energía primaria mundial de 583.9 Exajulios (EJ), el 88.6% corresponde a combustibles fósiles incluido la energía nuclear, con un 11.4% de energías renovables (BP, 2020). En el Ecuador la energía primaria representó el 93% entre el petróleo y gas natural y el 7% restante a energías renovables incluido la leña y productos de caña (BEN, 2017).

Durante el 2017 la producción de energía primaria en el Ecuador registró 216 millones de barriles equivalentes de petróleo (BEP) correspondiente al 92.2% representado por combustibles fósiles, generando una ampliación del consumo energético del país con un 42.2% en relación a los 66 millones de BEP del 2008 hasta llegar a los 94 millones de BEP alcanzados durante el 2018, el sector de medios de transporte es el mayor demandante de energía con un valor promedio de consumo de 36 millones de BEP semejante al 48.8% en los últimos once años (IIGE, 2018).

En el sector petrolero la producción total para enero-abril del año 2020 es de 55 millones de barriles, el sector público representa el 79% y el sector privado el 21% aproximadamente (Prado et al., 2020). A nivel país, Ecuador en el año 2017 tuvo la producción de crudo más baja desde el año 2013 con un valor de 193.9 millones de barriles con un promedio diario de producción 531.3 miles de barriles, esta reducción se debe al acuerdo firmado con la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) a reducir la producción y reducción de inversiones tanto de exploración y de explotación del crudo (BCE, 2018).

El 22 de abril del 2020 el precio del barril de petróleo en la OPEP bajó a niveles mínimos (12.22 USD/bbl), a diferencia del 3 de julio de 2008 llegó a sus niveles más altos (140.73 USD/bbl), estos precios son valores promedios producidos por los países miembros de la OPEP y se utiliza de referencia en los precios del petróleo (Sevilla, 2020). El mes de abril del 2020 presentó la capacidad operativa más baja en los últimos 10 años con 29.333,42 bbl/día, el máximo valor en julio 2017 con 173.612.68 bbl/día y la capacidad instalada total 175.000 bbl/día (ARCH, 2020).

La contaminación es una problemática ambiental con impactos devastadores en el mundo, principalmente es causada por las actividades humanas, afectando en gran medida los entornos urbanos y rurales (Eichhorst & Bongardt, 2017). Según la Organización de las Naciones Unidas, la quema de combustibles ocasionada por centrales térmicas, los desechos industriales y gases emitidos por vehículos automotores alcanzaron un aproximado del 80% de emisiones, provocando en gran medida el calentamiento global (PNUMA, 2020).

El sector transporte constituye el 21.3% del total de emisiones de gases contaminantes a la atmosfera (Castillo, 2012). En el 2016, a nivel de Latinoamérica y el Caribe los vehículos de transporte público y autotransporte fueron responsables del 36% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) con importantes porcentajes de gastos económicos dentro de las regiones en desarrollo (Martínez, 2018). Según el Ministerio del Ambiente, el sector energético emitió $37.59x10^6$ $TnCO_2$ /año, el 97.95% atribuido a la quema de hidrocarburos, de este total el sector transporte generó un 45.16% de las emisiones dentro del sector energético (MAE, 2016).

A nivel de América latina y el Caribe existió un aumento del 153% de motocicletas y un 45% de vehículos particulares entre el 2007 y el 2014, este aumento en las flotas motorizadas de transporte ha incrementado la dispersión urbana y una masiva utilización de los métodos viales (Rodríguez et al., 2015). En el Ecuador durante el año 2018 el número de automotores matriculados a nivel nacional tuvo una tasa de crecimiento anual del 7.4% respecto al 2017, con un total de 2.4 millones de vehículos motorizados matriculados (INEC, 2018)

A nivel nacional el 81.8% de la población se moviliza en medios de transporte, el 56.5% corresponde al sector del transporte urbano, el 10.7% en vehículos particulares, el 11.1% utiliza taxis, el 2.3% prefiere movilizarse caminando y el 1.2% lo hace a través de bicicletas y otros medios de movilización (Avilés, 2017).

1.2. Definición del Problema

La quema de combustibles fósiles es una de las principales causas de contaminación del aire, relacionada directamente con problemas de salud pública principalmente enfermedades respiratorias, y se espera que sea la principal causa de muerte en todo el mundo para el año 2050. Nueve de cada diez personas en el mundo respiran aire contaminado. Más del 90% de los niños del mundo viven en áreas con niveles excesivos de contaminación. Los niños, las mujeres embarazadas y los grupos de bajos ingresos tienen más probabilidades de sufrir neumonía, enfermedades pulmonares y cardiovasculares. Se estima alrededor de 100.000 muertes anuales por material particulado (PM) 2.5 en América Latina y el Caribe (OMS, 2018).

En Ecuador, alrededor de 1770 personas mueren cada año a causa de la contaminación del aire, afectando principalmente a los niños. En la ciudad de Quito, los niños son los más vulnerables ya que asisten a escuelas centralizadas y viven en zonas con mucho tráfico vehicular donde existe una mayor concentración de carboxihemoglobina y déficits neuroconductuales típicos de la exposición prolongada al monóxido de carbono. En las ciudades de Esmeraldas, Cuenca y la Región Amazónica la exposición a PM10 aumenta el riesgo de enfermedades respiratorias en personas concentradas en áreas densamente pobladas (Díaz Suárez & Páez Pérez, 2006)

Las principales fuentes de contaminación del aire provienen del tráfico vehicular y la combustión. Los buses de la ciudad de Ibarra se encuentran deteriorados por el paso del tiempo, falta de mantenimiento y el uso de combustibles de baja calidad, produciendo gases pesados de efecto invernadero.

El desarrollo de la urbe ha provocado un incremento significativo de la flota vehicular dentro de la ciudad, en consecuencia a ciertos periodos del día se presenta congestión vehicular, generando un aumento en el tiempo de movilidad humana que utiliza el servicio de buses y taxis, y a su vez un aumento en el consumo de recursos en estos medios de transporte (Jácome, 2020). Además, según el “Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra” (PDyOT-I) señala que 66.57% de vías están en buen estado, 20.90% son regulares y 12.54% se encuentran en mal estado, de manera que ocasiona un limitante en el desarrollo normal del servicio de transporte público (Jácome, 2020).

1.3. Justificación

El objetivo de esta investigación fue evaluar el consumo de combustible del transporte público de la ciudad de Ibarra en época de pandemia, de manera que ayudó a predecir y comparar los datos de consumo de combustible del año 2020 con respecto al 2021. En el auge de la pandemia, la contaminación mundial sufrió un decaimiento del 17% debido al confinamiento y la restricción vehicular, sin embargo, esto produjo pérdidas económicas en todos los sectores y presión social a la reactivación económica por esta razón se requieren estrategias eficientes y sostenibles para una reactivación económica segura (Le Quéré et al., 2020).

En el Ecuador el Gobierno Nacional diseñó una serie de estrategias de distanciamiento social para evitar el contagio comunitario, provocando la disminución en las actividades laborales de varios sectores, obligando a la ciudadanía a mantenerse en sus hogares, ocasionado una reducción en el uso del transporte público y privado del 52% y 91% respectivamente (Cazares, 2018). Durante la semaforización planteada por el Comité de Operaciones de Emergencias (COE), el sector de transporte tiene permitido circular de lunes a sábado con restricción del número de placa par o impar, manteniendo la restricción de circulación vehicular a partir de las 21:00 hasta las 05:00 en el escenario de semáforo amarillo (COE, 2020). Durante el mismo, la circulación del transporte de buses se activó con un aforo del 50 % de su capacidad, lo que ha llegado a afectar a los transportistas, generando una disminución en sus ingresos mensuales debido a la restricción de circulación peatonal (Rosales, 2020).

Esta investigación tiene un beneficio tanto social como ambiental, los principales beneficiarios son los ciudadanos ibarreños, los choferes, las asociaciones de transporte y el beneficio económico. Por ello desde hace varios años nace la idea de trasformación y mejora del sistema de transporte público a través de la introducción de proyectos de infraestructura puntuales posibilitando la generación de cambios significativos, regulación y dentro de las instituciones del sector. Para el caso de la ciudad de Ibarra se propone la aplicación de un plan ideal de movilidad y transporte urbano sostenible.

1.4. Pregunta Directriz

¿El uso y consumo de combustibles fósiles se ha visto reducido en la ciudad de Ibarra durante la pandemia?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Evaluar el consumo de combustible de buses y taxis bajo escenarios del covid-19 para el desarrollo de estrategias de movilidad sostenible en Ibarra.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Diseñar y validar un modelo predictivo del consumo de combustible en el transporte público de buses y taxis.
- Comparar los escenarios de consumo de combustibles del transporte público de buses y taxis en pandemia.
- Desarrollar un plan de mejora de movilidad sostenible para el transporte público de la ciudad de Ibarra.

1.6. Hipótesis

HO=El transporte público urbano de la cuidad de Ibarra ha sufrido impactos en el consumo de combustibles durante la pandemia en el 2020.

H1=El transporte público urbano de la cuidad de Ibarra no ha sufrido impactos en el consumo de combustibles durante la pandemia en el 2020.

Capítulo II

Revisión de Literatura

Este capítulo presenta la información obtenida para el avance de la investigación, se toma como referencia investigaciones, artículos científicos y estudios centrados en el consumo de combustible.

2.1. Energía

La energía se define como la "capacidad de realizar un trabajo", ya sean mecánicas, físicas, químicas o eléctricas. La energía es algo inmaterial y fundamental del universo. Se perciba o no, la energía es parte importante en la mayoría de los aspectos cotidianos; por ejemplo, la calidad de vida y su sostenibilidad dependen de su disponibilidad, de ahí que es importante tener una buena comprensión de las fuentes energéticas, la conversión de la energía de una forma a otra y las ramificaciones de estas conversiones (Cengel & Boles, 2011).

2.1.1. Tipos de Energías

Energías no Renovables. Son aquellas que existen en la naturaleza en una cantidad limitada, no se renuevan a corto plazo y por eso se agotan cuando se utilizan (Schallenberg, 2008). Suponen en entorno al 80% de la energía mundial y sobre ellas se ha construido el inseguro modelo energético actual (Vega de Kuyper & Ramírez, 2014).

Los restos de organismos vivos se convierten en combustibles fósiles cuando se compactan en la corteza terrestre durante miles de millones de años, está es la razón por la cual los combustibles fósiles son tan densos en energía, por lo tanto, queda una cantidad finita de combustibles fósiles en la subsuperficie de la Tierra y estas reservas eventualmente se agotarán (Eales, 2012).

Energías Renovables. Los recursos renovables son recursos naturales que pueden ser recuperados en un periodo corto de tiempo, la energía renovable es generada a partir de recursos naturales tales como; luz solar, viento, movimiento del agua, biomasa y calor geotérmico (Gorjian, 2017).

2.2. Transporte

El transporte surge con el desarrollo económico y social de la comunidad y consiste en el desplazamiento de bienes o personas de un sitio a otro con un fin.

Transporte urbano. Sistema de transporte que opera con rutas fijas y horarios predeterminados, es utilizado por cualquier persona a cambio del pago de una tarifa previamente establecida (Villa et al., 2018). El transporte público es más eficiente en términos del número de pasajeros transportados por unidad de espacio, es una herramienta fundamental para solucionar los problemas del transporte urbano y lograr ciudades eficientes y equitativas (Pardo, 2009). A diferencia de otros medios de transporte, como el automóvil, este es el que menos peso monetario recarga sobre los usuarios, convirtiéndose en el medio que más des mercantiliza la movilidad (Hernández, 2017).

2.3. Combustibles

Los combustibles son materiales que por sus propiedades tienden a arder con facilidad, al combustionar generan energía mecánica o térmica, los combustibles más usados a nivel mundial son la gasolina, gasóleo, carbón, madera y gas natural, siendo estos dos primeros los más usados en transporte. Al arder la gasolina de la cámara del motor la energía química se convierte en energía mecánica haciendo funcionar al vehículo. Los principales contaminantes ambientales debido al proceso de combustión son el Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos (HC), Óxidos de Nitrógeno (NOx), Hollín, Dióxido de carbono (CO_2) (Alarcón, 2009).

2.3.1. Tipos de combustibles

Los combustibles más usados en la industria automotriz son:

Diésel. Es un hidrocarburo líquido compuesto por parafinas, posee una densidad de 850 kg/m³, es utilizado dentro de la industria automotriz en los motores a diésel (Ortiz,2014). Usados mayormente en vehículos de trabajo pesado, los motores a diésel no necesitan de una fuente de calor para crear la combustión debido a que el ciclo termodinámico en el que se solventa difiere del ciclo de Otto (Asas, 2017).

Gasolina. La gasolina es una sustancia liquida obtenida por la combinación de varios hidrocarburos, es un producto derivado del petróleo que es utilizado en la combustión de vehículos de ciclo Otto (Lima & Gálvez, 2016).

GLP. GALP o conocido como gas licuado de petróleo forma parte de los combustibles más utilizados en los automotores, es una alternativa frente a la gasolina y el diésel debido a sus reducidas características contaminantes, posee un octanaje entre 95 y 110 Número de Octano de Investigación (RON) (Carranza, 2012).

2.4. Consumo de Combustible

El elevado consumo de combustibles fósiles en los últimos años ha generado una cantidad de impactos en el medio ambiente, incitando a las naciones a tomar medidas en cuanto a la reducción de emisiones de (GEI) vinculados de manera muy estrecha con el fenómeno del calentamiento global, este fenómeno se caracteriza por aumentar la temperatura del planeta (Aldair & Pupo, 2014). Estudios realizados manifiestan la relación a largo plazo entre las emisiones de CO_2, el consumo de energía y el producto interno bruto (PIB), por esto el crecimiento económico es un determinante del cambio climático a través de las emisiones de GEI (Campo & Olivares, 2013).

2.5. COVID-19

El SARS-CoV-2 es un virus que se trasmite de persona a persona, afecta principalmente al sistema respiratorio, produciendo una respuesta autoinmune anormal inflamatoria que agrava al paciente, causando cuadros clínicos leves, moderados y severos que pueden provocar fallos multiorgánicos, y su periodo de incubación es aproximado de entre 4 a 7 días (Maguiña, 2020).

2.5.1. Confinamiento por COVID-19

El confinamiento es un aislamiento social preventivo para evitar el contagio del virus de COVID-19, provocando un cambio en el estilo de vida en la población y una transición en el uso de transporte terrestre, generando nuevas medidas de movilización acorde a los semáforos determinados por el COE Nacional y COE Cantonal (OMS, 2020).

2.5.2. Consecuencias del confinamiento por COVID-19

Las actividades debido al confinamiento forzado por la pandemia de coronavirus se vieron reducidas en diferentes sectores, principalmente en el transporte, la aviación redujo a un 75%, el transporte terrestre un 50%, de igual forma, la industria y los sectores públicos en un 35% y 33% respectivamente (Le Quéré et al., 2020).

2.5.3. Semaforización

Es una medida de prevención contra contagios masivos de COVID-19 en el país propuesta por el (COE). Se consideraron varios parámetros para catalogar el nivel de riesgo de un cantón. El color verde significa que el riesgo es bajo con un aforo del 75%, color amarillo

indica un mediano riesgo con un 50% de aforo y el color rojo representa un nivel alto con un aforo del 30% (MSP, 2022)

2.6. Análisis Estadístico

2.6.1. InfoStat

Es un software para análisis estadístico y manejo de datos de aplicación general, realiza las funciones más básicas de estadística descriptiva y gráficos para realizar análisis exploratorios y a la vez métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado (Di Rienzo et al., 2010).

2.6.2. Prueba de Shapiro-Wilk

Es una prueba estadística de normalidad, el tamaño de la muestra debe ser igual o menor a 50 datos que contrasta la bondad de ajuste a una distribución normal. El método consiste en comenzar ordenando la muestra de menor a mayor valor obteniendo el nuevo vector muestral. Se rechaza la hipótesis nula de normalidad si el estadístico Shapiro-Wilk -W- es menor que el valor crítico proporcionado por la tabla elaborada por los autores para el tamaño de la muestra y el nivel de significancia dado (Tapia & Cevallos, 2021).

2.7. Modelo Predictivo

Consiste en la extracción de información existente y su utilización para predecir tendencias y patrones de comportamiento. Identificación entre variables en eventos pasados para luego explorar dichas relaciones y predecir posibles resultados en futuras situaciones (López & Herrero, 2006).

2.7.1. Modelo gaussiano

El modelo gaussiano se ajusta a los picos y viene dado por donde a es la amplitud, b es el centroide, c está relacionado con el ancho del pico, n es el número de picos que se ajustan y $1 \leq n \leq 8$. Los picos gaussianos se encuentran en muchas áreas de la ciencia y la ingeniería. Por ejemplo, los picos gaussianos pueden describir espectros de emisión lineal y ensayos de concentración química (MathWorks, 2023a).

2.8. Matlab

Es una herramienta de computación para ingeniería y computación científica, sirve para resolver cálculos matemáticos desde los más simples hasta los más complejos como la manipulación de matrices y gráficas, tiene una interfaz fácil de usar y lenguaje propio de

programación. Los gráficos integrados facilitan la visualización y la obtención de información a partir de los datos (MathWorks, 2023ab).

2.8.1. Curve Fitting Toolbox

Es una función que incorpora el programa Matlab para ajustar curvas y superficies a los datos, realiza diversas funciones como lo son el procesamiento de análisis de datos, compara modelos y elimina valores atípicos, interpolación y extrapolación de datos, estimación de intervalos de confianza, suavizado, calcula integrales y derivadas. Realiza análisis de regresión con modelos lineales y no lineales. (MathWorks, 2023a).

2.9. Plan de Mejora de Movilidad Sostenible

Son un conjunto de principios, pueden adaptarse a diferentes necesidades, con el objetivo de mejorar las áreas urbanas al brindar un transporte y movilidad de alta calidad en un área urbana en específico, teniendo como resultado una ciudad funcional e inminentemente una mejora en la calidad de vida de las personas.

2.9.1. Plan de Movilidad Urbanas Sostenibles (PMUS/SUMP)

Es un Plan cuyo objetivo principal es el satisfacer las necesidades de movilidad de las personas, las ciudades y los entornos con el fin de mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones.

2.9.2. Iniciativa MobiliseYourCity (MYC)

Es una iniciativa que apoya la planificación integral, diseño de comunidades y transportes urbanos sostenibles con el fin de mejorar la movilidad urbana al reducir los GEI en países en vías de desarrollo.

2.9.3. Movilidad Urbana

Se refiere a los desplazamientos por medio de redes de conexión urbana, esta movilidad se puede desarrollar por medio de transportes motorizados o no motorizados de carácter particular o público, a nivel social, la movilidad urbana ocupa un rol muy importante, de tal modo que permite que las diferentes poblaciones sean capaces de realizar sus actividades económicas, integrándose así en espacios y actividades que permiten el intercambio de bienes y servicios con el fin de mejorar su calidad de vida (Avilés, 2017).

2.9.4. Eficiencia Energética

La eficiencia energética (EE) se define como el cociente entre la energía requerida para desarrollar una actividad específica y la cantidad de energía primaria usada para el proceso y son una solución a dos temas críticos de la agenda del sector industrial actual: el consumo energético y la generación de gases de efecto invernadero (Sánchez, 2014).

2.9.5. Sostenibilidad

El concepto de sostenibilidad en la era moderna es aceptado a partir del Informe Brundtland menciona la estrategia de crecimiento económico sostenida en el tiempo, protegiendo simultáneamente los sistemas naturales del planeta y proveyendo una alta calidad de vida para las personas, la manipulación más importante del concepto es la teoría de las tres sostenibilidades; sostenibilidad económica, sostenibilidad ambiental y sostenibilidad social (Bermejo, 2001).

2.9.6. Movilidad Sostenible

La movilidad sostenible busca que los desplazamientos cotidianos tengan el menor impacto ambiental y territorial, la reducción del consumo de petróleo, carbón y gas, y así mismo, que las personas se movilicen de forma activa con el fin de mejorar la salud a través de la actividad física y espacios libres no contaminantes. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), un sistema de transporte sostenible es aquel que facilita el acceso para la satisfacción de necesidades poniendo como prioridad los limites ambientales y de salud pública a la vez tener un uso racional y eficiente de los recursos naturales (MSP, s. f.)

2.9.7. Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT)

Surge en la época de los 90s como alternativa sostenible ante la creciente demanda de movilidad especialmente en el sector urbano, combina la información, comunicaciones y tecnologías tanto de vehículos como de infraestructuras, apuesta a proveer eficiencia y seguridad a los usuarios. Hay gran variedad de dispositivos de automatización como limpiaparabrisas, encendido de luces automático, Optimización del tiempo del viaje, optimización de las rutas (Seguí & Martínez, 2004).

2.10. Marco Legal

El presente trabajo de investigación se desarrollará enmarcado en la normativa legal vigente y aplicable en el Ecuador referente al cuidado ambiental por medio de la movilidad urbana sostenible. A continuación, se explicará de forma jerárquica la aplicación de las normas, artículos y leyes.

2.10.1. Constitución del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador 2018 es una de las pocas constituciones en otorgar derechos a la naturaleza. En el artículo 14 sereconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamenteequilibrado, en donde se garantice la sostenibilidad y el buen vivir mediante la preservación del ambiente y la conservación de los ecosistemas, en el artículo 15 menciona que el estado incitará al sector público y privado al uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. El articulo 413 indica que el estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas.

2.10.2. Reglamento a la Ley de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial

En el artículo 26 menciona los planes y programas emitidos que se deberá incluir el contenido de movilidad sustentable, en el artículo 4 habla sobre la capacidad que tiene la Agencia Nacional de Tránsito para crear los medios y desarrollar las políticas generales emanadas del Ministerio del sector, garantizando un nivel óptimo de satisfacción de los usuarios, estableciendo y monitoreando el cumplimiento de metas, objetivos y estándares de calidad de servicio (LOTTTSV, 2008).

2.10.3. Reglamento al Código Orgánico Ambiental (RCOA)

Para la aplicabilidad de lo dispuesto en el Código Orgánico Ambiental, se expidió mediante Registro Oficial N.º 507 del 12 de junio de 2019 el Reglamento al Código Orgánico, en el artículo 668 menciona lineamientos para fomentar la eficiencia energética y el uso de energías renovables, de acuerdo con la política nacional en materia energética (RCOA, 2019).

2.10.4. Plan Nacional Toda una Vida

Se mencionan las directrices y lineamientos territoriales para la adhesión territorial con estrategias sustentables con el ambiente y la gestión de riesgos, donde el impulso de la movilidad urbana sea inclusiva, sostenible y alternativa para la eficiencia y calidad del

transporte público dentro del tema de inequidad social, así mismo los incentivos de transporte multimodal a nivel nacional prestando mayor atención en las zonas fronterizas para su integración (SENPLADES, 2017).

Capítulo III

Metodología

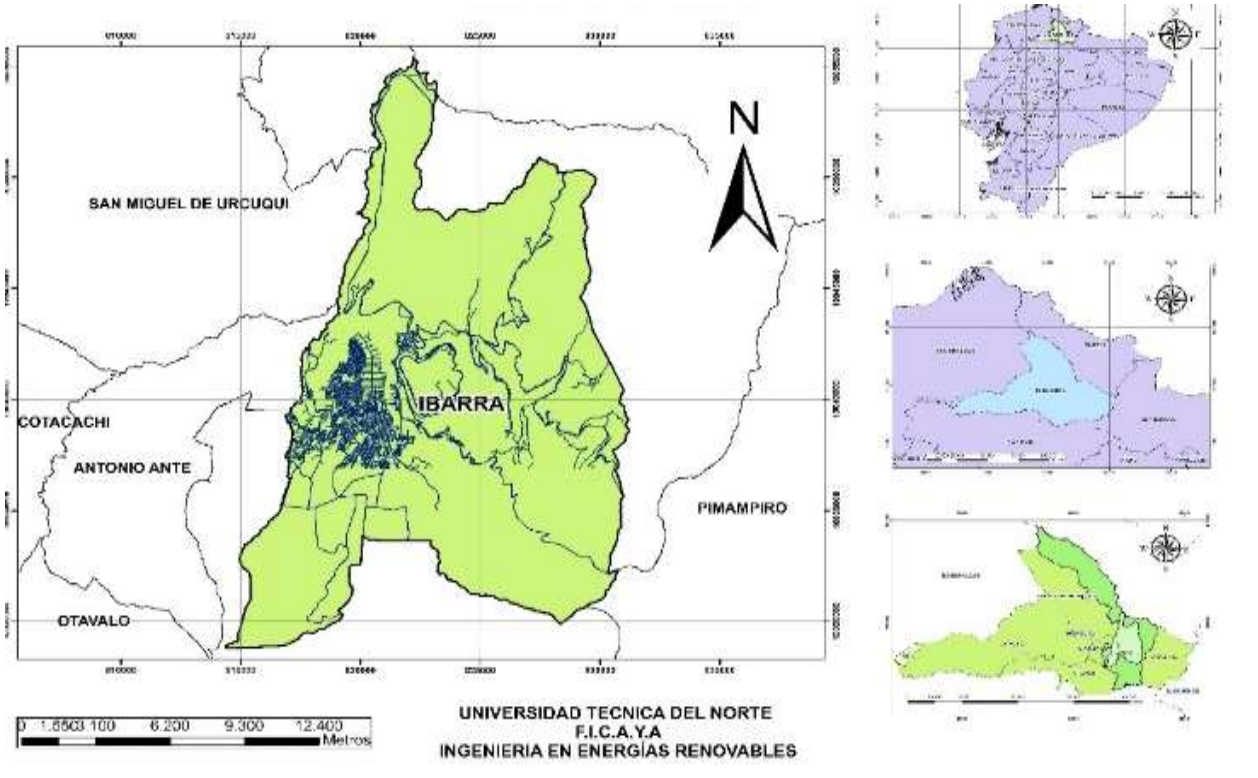
En esta sección se describen los métodos acordes con las características del tema de investigación, objetivos y la pregunta directriz, se seleccionaron los procesos y técnicas metodológicas que se describen a continuación.

3.1. Área de Estudio

El lugar de estudio es la ciudad de Ibarra la capital de la provincia de Imbabura, con una superficie total de 1162.22 km^2, se encuentra ubicada a una altura de 2225 msnm con una latitud de 0º 21' Norte y una longitud de 78º 07' Oeste, con una distancia de 125 km de la ciudad de Quito capital del Ecuador, esta ciudad cuenta con un clima seco templado y una temperatura promedio de 18°C (GAD Ibarra, 2015).

Figura 1

Mapa base del cantón Ibarra



Nota. La figura muestra el lugar de estudio, realizado en el programa ArcGIS.

3.2 Tamaño de la Muestra

El tamaño de la muestra ayudó a delimitar la cantidad de individuos a ser estudiados que resulte representativo con la población objeto. Se usó un nivel de confianza del 95% con un error del 6% que se visualiza en siguiente ecuación, asumiendo que la población piloto seleccionada para el estudio tiene distribución normal.

$$n = \frac{\frac{z^2 p(1-p)}{e^2}}{1 + (\frac{z^2 p(1-p)}{e^2 N})} \quad \text{Ec.1}$$

Donde

- N = Total de la población
- Z^2 = 1.96^2(si la seguridad es del 95%)
- p = proporción esperada (en este caso 6% = 0.06)
- e= margen de error (en este caso deseamos un 6%)

Entonces:

a) Calculamos el número de unidades de taxis que conformaran la muestra de estudio debido a que la población de taxis es de 1424 unidades distribuidas en 59 cooperativas y a su vez estas cuentan con un número variable de hasta 20 unidades. Se cálculo la muestra representativa de este grupo para la aplicación de estudio.

$$n = \frac{\frac{z^2 p(1-p)}{e^2}}{1 + (\frac{z^2 p(1-p)}{e^2 N})} = \frac{\left[\frac{(1.96^2)(0.5)(1-0.5)}{0.06^2}\right]}{1 + \left[\frac{(1.96^2)(0.5)(1-0.5)}{(0.06^2)(1424)}\right]} = 225\ unidades$$

b) Calculamos el número de unidades de buses que conformaran la muestra del estudio debido a que la población de taxis es de 285 buses distribuidos en 2 cooperativas. Se cálculo la muestra representativa de este grupo para la aplicación de estudio.

$$n = \frac{\frac{z^2 p(1-p)}{e^2}}{1 + (\frac{z^2 p(1-p)}{e^2 N})} = \frac{\left[\frac{(1.96^2)(0.5)(1-0.5)}{0.06^2}\right]}{1 + \left[\frac{(1.96^2)(0.5)(1-0.5)}{(0.06^2)(285)}\right]} = 139\ unidades$$

3.3 Generación de Estratos

Se determinó la existencia de 59 cooperativas de taxis con un total de 1424 unidades, mediante la generación de números aleatorios con el comando randi en el programa Matlab,

cada estrato o cooperativa de taxis de la cuidad tenía la misma oportunidad de ser seleccionada para la recolección de la data necesaria para la investigación. Donde (***n***) es de 49 determinando los estratos que formaron parte de la población de estudio.

A= randi ([1 59],7,7)'

Tabla 1

Generación de números aleatorios para la selección de los estratos a estudiar

Cooperativas de taxis seleccionadas						
1	9	17	25	35	44	52
2	10	18	28	36	45	53
3	11	19	29	37	46	55
4	12	20	30	38	47	56
6	13	21	31	41	48	57
7	14	22	33	42	49	58
8	16	23	34	43	51	59

3.4. Criterios de Selección

3.4.1. Criterios de Inclusión

-Unidades de transporte público urbano

-Unidades a diésel y gasolina

3.4.2. Criterios de Exclusión

-Unidades no seleccionadas

-Unidades sin participación

3.5.Método de Recolección de Información

3.5.1. Encuesta

El método seleccionado para la recolección de información es la encuesta, aplicada a los conductores de los buses y taxis de la ciudad de Ibarra con el fin de conocer el consumo de combustible que tienen las unidades de transporte urbano.

Figura 2.

Método seleccionado para la recolección de información

3.6. Métodos de Procesamiento y Análisis de Datos

3.6.1. *Procesamiento de la Información*

A partir de la aplicación de la encuesta, se realizó la tabulación de datos y la organización de estos, a través del programa Microsoft Excel y luego se analizó esta data de manera que se puedan presentar los resultados obtenidos mediante estadística descriptiva.

3.6.2. Análisis Estadístico

Se usó el programa InfoStat para realizar el análisis estadístico de los datos de consumo de combustible obtenidos, se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Al verificar que no hay normalidad se analizó los residuales de los datos. Obteniendo resultados normales.

Tabla 2

Análisis de normalidad de la data recolectada.

Variable	n	Media	D.E.	W*	P
Extra	12	13645.17	9994.44	0.76	0.0014
Diésel	12	50231.00	36352.66	0.85	0.0678

3.7. Generación del modelo

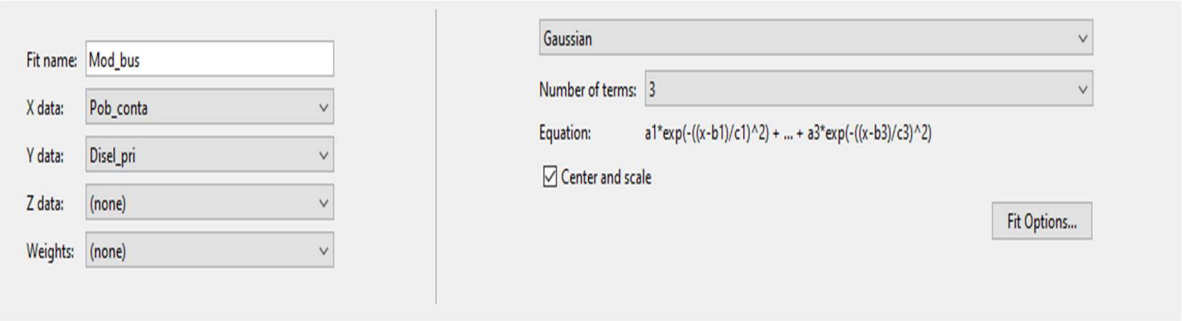
Los datos obtenidos previamente se incorporaron al software Matlab y fueron procesados a través de la herramienta Curve Fitting Toolbox, con el fin de generar un modelo de consumo de combustible a partir de la población existente y el número de decesos provocados por el COVID-19 dentro de la urbe ibarreña**.** El modelado se generó a partir de la metodología de series de Gauss; a través de la modificación de los parámetros de análisis hasta obtener un ajuste en la estadística de bondad que indique una mejor eficiencia.

El modelo de gauss se encuentra en muchos ámbitos de la ciencia e ingeniería, con la cual se describen espectros de emisión de líneas y ajuste de los picos dado por la ecuación siguiente:

$$y = \sum_{i=l}^{n} a_i e^{\left[-\left(\frac{x-b_i}{c_i}\right)^2\right]} \qquad \text{Ec.2}$$

Figura 3.

Ingreso de datos y ajuste de modelo en curve fitting toolbox



En la tabla 3 se muestra la interfaz inicial para el ingreso de variables y selección del tipo de modelado que será efectuado para el análisis de los datos.

Tabla 3

Parámetros para la elaboración del modelo predictivo

Variables	Comentario
Entrada	Población de Ibarra en periodo de COVID-19
Salida	Consumo de combustible (transporte público urbano de buses y taxis)
Tipo de modelo	Series de Gauss
Coeficientes	3

3.7.Estadística de Ajustes de Bondad

Los parámetros estadísticos para determinar la mejor eficiencia en el ajuste de la curva, obteniendo un error mínimo en modelado o en el caso de obtener una predicción de los datos analizados, y así obtener un análisis más apegado a la realidad.

Los parámetros considerados para selección del mejor modelo son:

Tabla 4

Parámetros estadísticos de validación del curve fitting tool

Parámetros	Significado
SSE	La suma de cuadrados debidos al error
R	Coeficiente de determinación
R ajustado	Ajuste del coeficiente de determinación
RMSE	Raíz del error cuadrático medio
Número coeficiente	Número de coeficientes

La validación del modelo gaussiano se hace posible a partir de la evaluación de parámetros estadísticos que la aplicación despliega en una pantalla como se muestran en la tabla 5.

Tabla 5

Parámetros de validación del modelo gaussiano predictivo de taxis y buses

Parámetros	Modelo de taxis	Modelo de buses
SSE	2.076e+05	7.865e+08
R	0.9878	0.9472
R ajustado	0.9552	0.8063
RMSE	263	1.619e+04
Número coeficiente	3	3

3.7.1. Algoritmo Matemático a partir del Modelo Gaussiano

- Ecuación matemática del modelado de consumo de combustible en taxis

$$f(x) = a1.e^{\left(-\frac{(x-b1)^2}{c1}\right)} + a2.e^{\left(-\frac{(x-b1)^2}{c1}\right)} + a3.e^{\left(-\frac{(x-b3)^2}{c3}\right)} \qquad \textbf{Ec.3}$$

- Rangos de valor de los términos

$f(x) = consumo\ de\ combustible$

a1 = 1.021e+13 (-4.712e+28, 4.712e+28)

b1 = 6576 (-4.199e+17, 4.199e+17)

c1 = 476.9 (-3.956e+16, 3.956e+16)

a2 = 4938 (-4.886e+04, 5.874e+04)

b2 = 3495 (-8556, 1.555e+04)

c2 = 1001 (-7244, 9245)

a3 = 3055 (1436, 4673)

b3 = 1225 (-737, 3188)

c3 = 1446 (-757.3, 3649)

- Ecuación matemática del modelado de consumo de combustible en buses

$$f(x) = a1.e^{\left(-\frac{(x-b1)^2}{c1}\right)} + a2.e^{\left(-\frac{(x-b1)^2}{c1}\right)} + a3.e^{\left(-\frac{(x-b\ )^2}{c3}\right)} \quad \textbf{Ec.4}$$

- Rangos de valor de los términos

$f(x) = consumo\ de\ combustible$

a1 = 1.085e+05 (-1.207e+06, 1.424e+06)

b1 = 2933 (-9224, 1.509e+04)

c1 = 535 (-9148, 1.022e+04)

a2 = 1.796e+05 (-1.391e+11, 1.391e+11)

b2 = 4057 (-8.975e+06, 8.983e+06)

c2 = 277.5 (-1.038e+08, 1.038e+08)

a3 = 6.416e+04 (1.476e+04, 1.136e+05)

b3 = 1365 (-663.3, 3394)

c3 = 951.5 (-948.1, 2851)

3.8. Método de Comparación

3.8.1. Simetría y asimetría

Nos permitió establecer un indicador del grado de simetría o asimetría de acuerdo con los diferentes escenarios de semaforización. Se ingresaron los datos obtenidos en el estudio en el programa InfoStat para determinar datos de media, desviación estándar y mediana en el consumo del año 2020 en sus diferentes escenarios para aceptar o rechazar la hipótesis nula.

3.9.Plan de Mejora

3.9.1. Matriz Multicriterio

En base a los criterios de la matriz multicriterio se sigue los siguientes pasos (Grajales-Quintero et al., 2013).

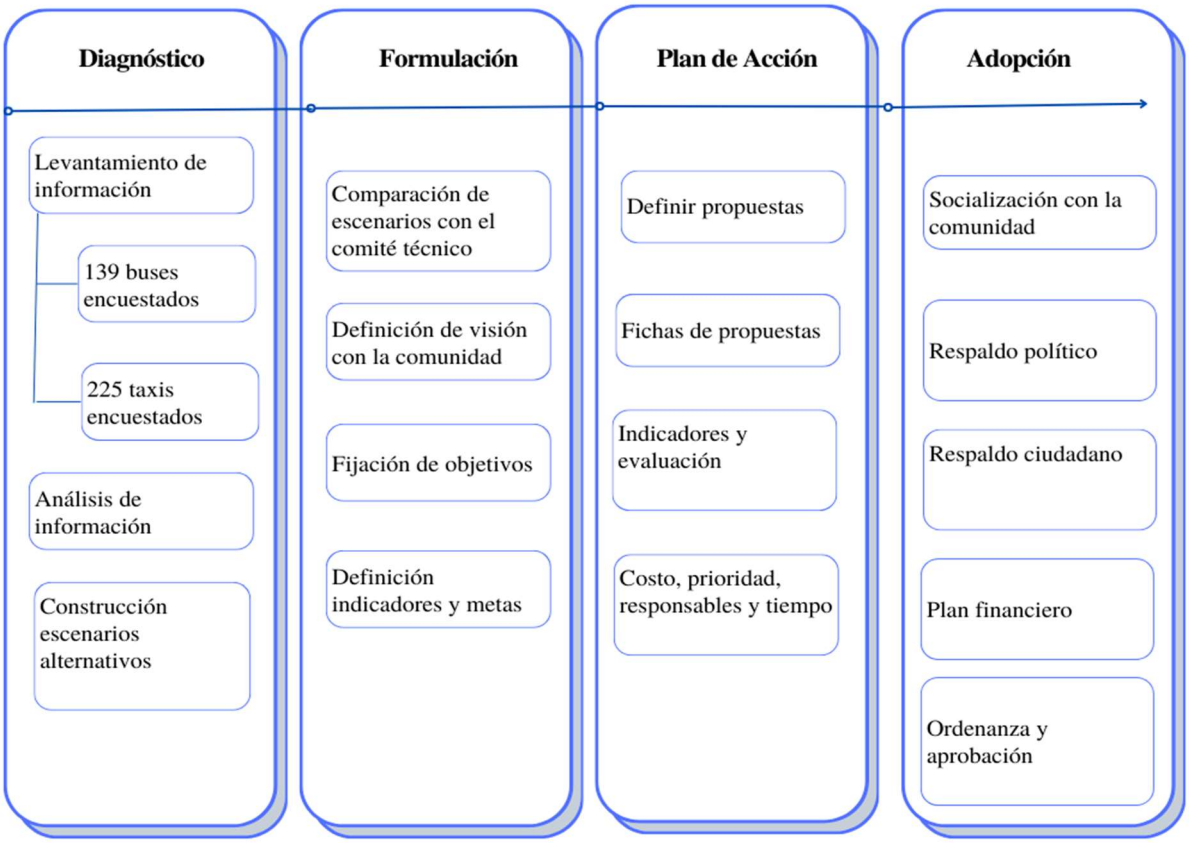
- Define el problema
- Coloca en la matriz los criterios seleccionados en columnas, y los problemas identificados en filas.
- Valora cada criterio utilizando la siguiente escala: 3 alto, 2 medio, 1 bajo o 0 nulo.
- Realizar sumatoria de puntos horizontalmente.
- Establecer un orden de prioridad

3.9.2. Plan de Movilidad Urbana Sostenible

En el marco del apoyo metodológico propuesto por MYC, es un método estructurado para realizar diagnósticos en base a las situaciones disponibles, formulación de planes o estrategias, selección de los planes de acción más viables y la correcta aplicación de estos.

Figura 4.

Estructura del Plan de Movilidad Urbana Sostenible



Capitulo IV

Resultados y Discusión

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la metodología utilizada en base a cada uno de los objetivos propuestos.

4.1. Diseño de modelo predictivo del consumo de combustible

Durante el diseño del modelo predictivo para el consumo de combustibles, se procesaron los datos recolectados en la encuesta aplicada a los conductores de buses y taxis de la ciudad y los resultados se presentan a continuación.

4.1.1. Población

La población seleccionada fueron los conductores de las líneas de buses y taxis de la urbe ibarreña, las mismas que fueron definidas en un total de 287 buses que conforman dos cooperativas, además de 1424 unidades de taxis distribuidos en 59 cooperativas.

Tabla 6

Porcentaje de flota vehicular de trasporte urbano de la ciudad de Ibarra año 2020.

Población Estudiada	Población	Porcentaje representativo
Transporte de Taxis	1424	24.40 %
Transporte de Buses	285	4.88 %

4.2. Muestra

Los estratos fueron elegidos a través de la generación de números aleatorios elaborados en el programa Matlab, en donde se obtuvieron un total de 139 buses divididos en 2 estratos y 225 taxis divididos en 49 estratos, considerados para la aplicación de las encuestas.

Tabla 7

Definición de estratos y muestras.

Tipo	Unidades	Cooperativas	Estratos	Muestra
Bus	285	2	2	139
Taxi	1424	59	49	225

4.3. Datos de Consumo

La aplicación de encuestas y el procesamiento de la información recolectada dio a conocer el consumo de combustible del 2020. La tabla 8 presenta datos obtenidos de los informes estadísticos anuales y los datos obtenidos durante la etapa de semaforización por COVID-19, además los resultados del análisis estadístico de pruebas de normalidad de los residuales del consumo de combustible en buses.

Tabla 8

Datos de consumo.

Gasolina Extra		Diesel	
Consumo Muestras (gal/mes)	**Consumo INEC (gal /mes)**	**Consumo Muestras (gal /mes)**	**Consumo INEC (gal /mes)**
4023	21950	68152	24291
4082	21459	69580	22280
4137	14432	0	15732
4027	6794	0	9332
10223	10114	0	13496
10307	15508	51062	18183
10320	17362	50336	20102
10314	18130	50732	20605
22952	19083	50424	22125
27332	21272	50050	24027
27897	19796	105336	22665
28128	21804	107100	24046

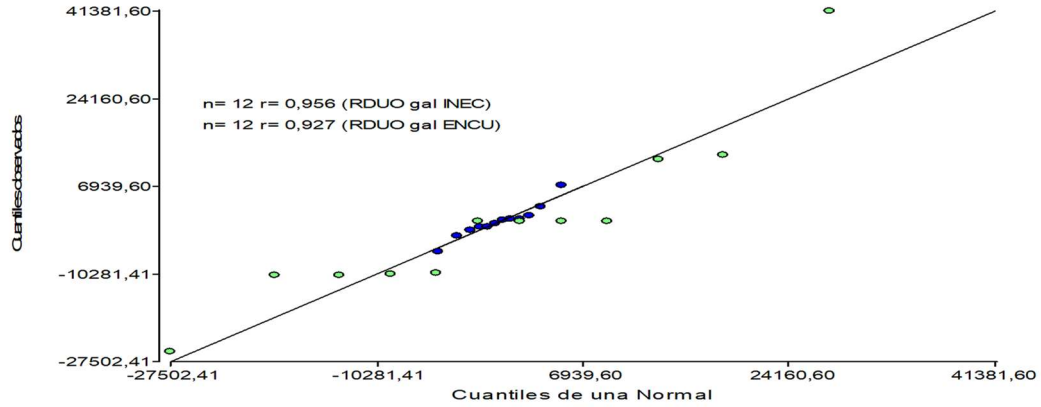
4.4. Análisis estadísticos

4.4.1. Análisis estadísticos buses

En la figura 5 se aprecia que el valor de **(*r*)** es mayor a 0.95 para las variables analizadas, demostrando que se tiene normalidad en los mismos.

Figura 5.

Q-Q plot de normalidad por residuales del consumo de combustible de buses

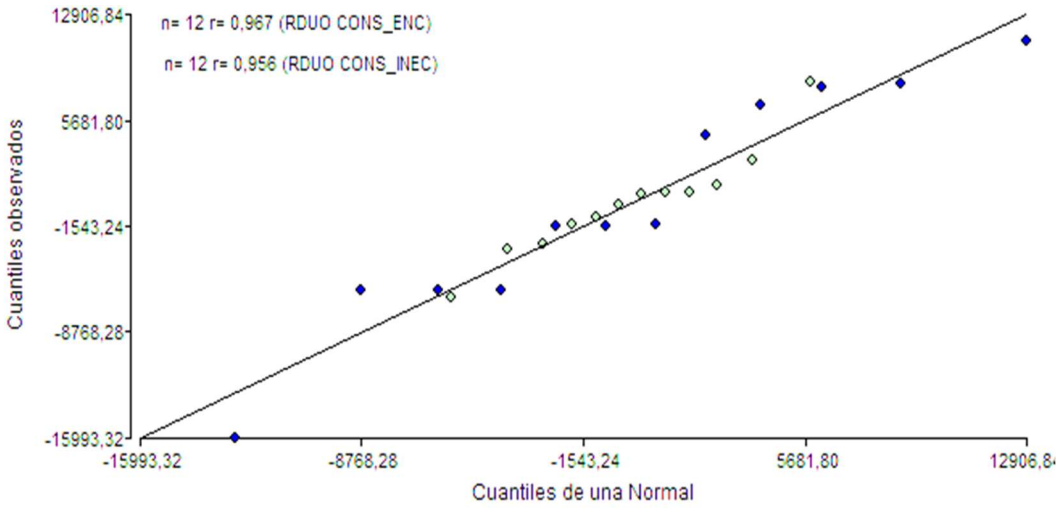


4.4.2. Análisis estadísticos taxis

En la figura 6 se aprecia que el valor de (***r***) es mayor a 0.95 para las variables analizadas, demostrando que los residuales de los datos tienen normalidad.

Figura 6.

Q-Q plot de normalidad por residuales del consumo de combustible de taxis



4.5. Datos COVID-19

La tabla 9 detalla los datos de contagios y decesos por COVID19 en el Cantón Ibarra durante el año 2020. Los datos fueron obtenidos de las infografías mensuales emitidas por el COE nacional durante el año 2020.

Tabla 9

Contagios y decesos mensuales Ibarra 2020.

Ibarra	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Contagios 2020 (Personas)	0	0	8	42	60	210	506	918	1039	1323	1434	1605
Contagios 2021 (Personas)	3744	4328	4828	5874	7123	7874	8464	8922	9047	9189	9279	9426
Contagios 2022 (Personas)	12677	15238	16434	16551	16612	16905	17830	18579	18768	18774	19985	20557

Nota. Datos obtenidos del COVID-19 por el COE

4.6. Validación del modelo

4.6.1. Parámetros de validación del modelo de buses

En la tabla 10 se detallan los parámetros estadísticos arrojados durante el análisis de las variables de los modelos de consumo de combustible de buses.

Tabla 10

Parámetros de validación del modelo gaussiano predictivo de buses

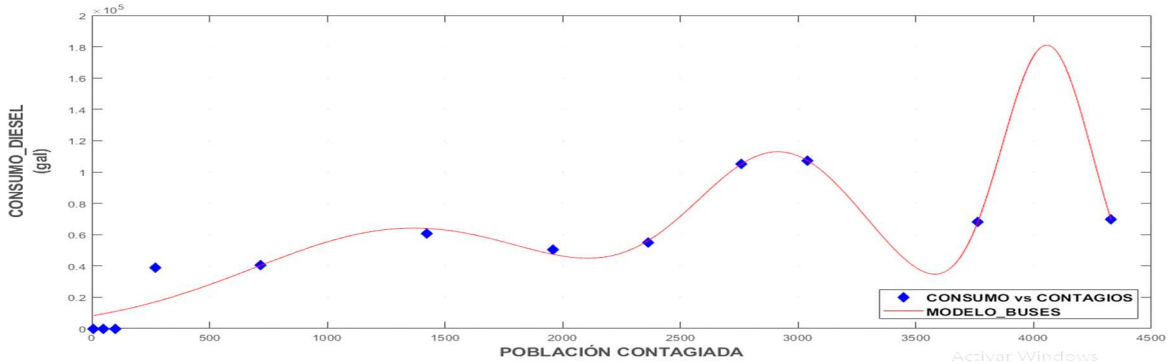
Parámetros	Modelo de buses
SSE	7.865e+08
R	0.9472
R Ajustado	0.8063
RMSE	1.619e+04

4.6.2. Curva de modelamiento de consumo de combustibles en buses

En la figura 7 se presenta la curva que describe la comparación de los datos de consumo de diésel en las unidades de trasporte público de buses en relación con el número de contagios existentes en el periodo de COVID-19 del año 2020.

Figura 7.

Curva modelo gaussiano diésel vs contagio



Nota: La curva generada de la comparación de variables de consumo de diésel vs contagios presenta un R-cuadrado: 0.9878

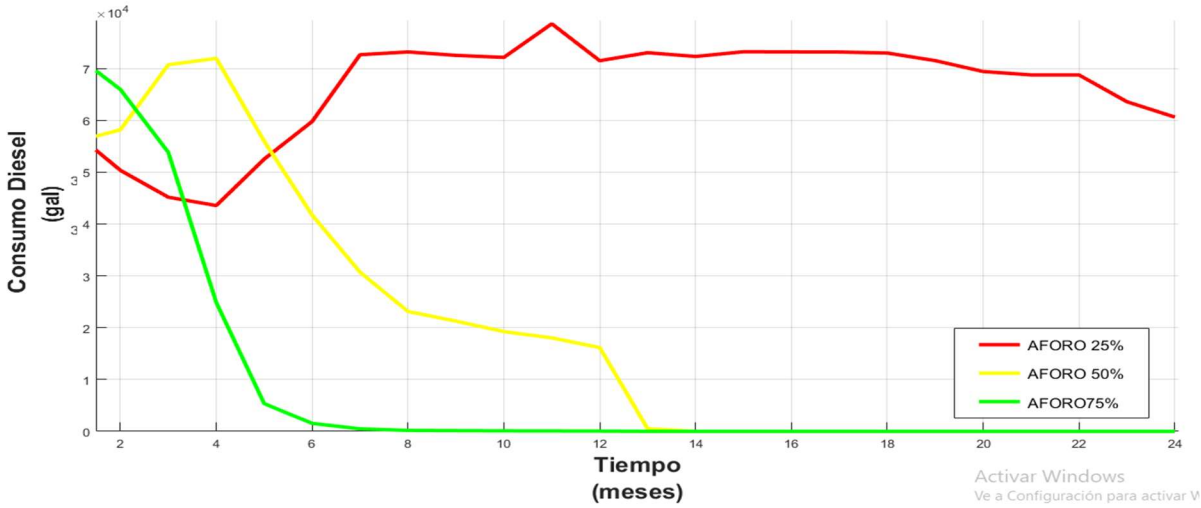
4.6.3. Curva de predicción de buses

La figura 8, muestra la predicción del consumo de combustibles de las unidades de transporte de buses con el paso del tiempo en los diferentes escenarios. Se aprecia que de

aumentar el aforo el consumo de combustible en la ciudad llegará a 0, mientras más individuos contagiados, existirá menos uso en las unidades de trasporte.

Figura 8.

Curva de predicción consumo de diésel



4.6.4. Parámetros de validación en taxis

En la tabla 11 se detallan los parámetros estadísticos arrojados durante el análisis de las variables de los modelos de consumo de combustible de taxis.

Tabla 11

Parámetros de validación del modelo gaussiano predictivo de taxis

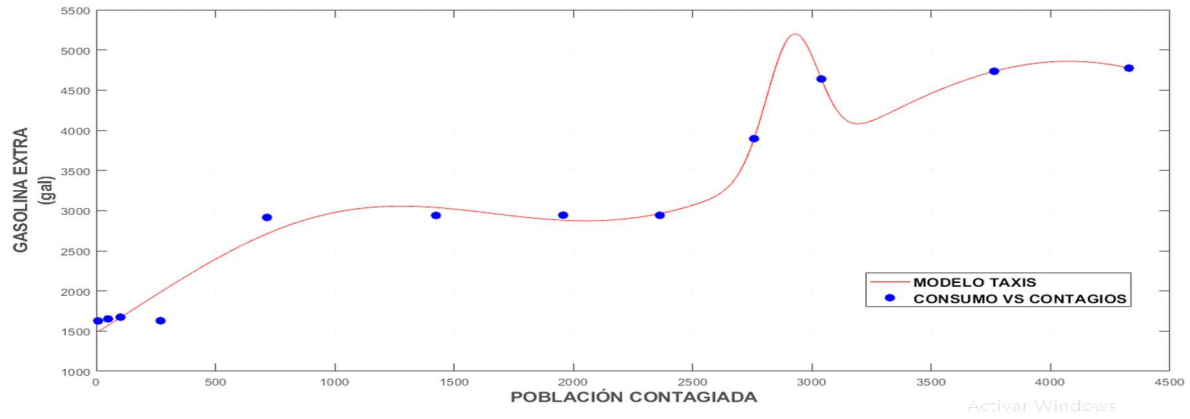
Parámetros	Modelo de taxis
SSE	2.216e+05
R	0.9878
R Ajustado	0.9552
RMSE	271.8

4.6.5. Curva de modelamiento de consumo de combustibles en taxis

En la figura 9 se observa la curva descrita de la comparación de los datos de consumo de combustible de las unidades de trasporte público de taxis en relación con el número de contagios existentes en el periodo de COVID-19 del año 2020, la cual se presenta a continuación.

Figura 9.

Curva modelado consumo gasolina extra vs contagios



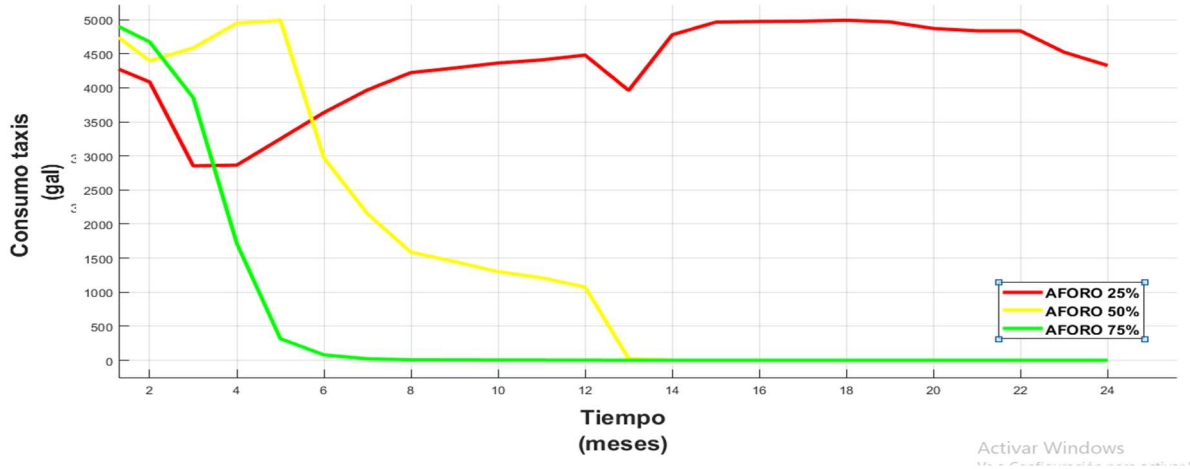
Nota: La curva generada de la comparación de variables de consumo de gasolina extra vs contagios presenta un R-cuadrado: 0.908

4.6.6. Curva de predicción de taxis

La figura 10, muestra la predicción del consumo de combustibles de las unidades de transporte de taxis con el paso del tiempo en los diferentes escenarios. Se aprecia que de aumentar el aforo el consumo de combustible en la ciudad se reduce, entonces, mientras más individuos contagiados, existirá menos uso en las unidades de trasporte.

Figura 10.

Curva de predicción consumo de gasolina extra



4.8. Comparación de Escenarios de Consumo de Combustible

Se procesaron los datos obtenidos de las encuestas realizadas en el año 2020, los cuales nos permitieron conocer si existe o no una afectación en el consumo de combustible de buses y taxis de la ciudad. Y se obtuvieron los resultados siguientes.

Tabla 12

Comparación escenarios

	Gasolina Extra		Diesel	
Escenarios	**Consumo Muestras (gal /mes)**	**Consumo INEC (gal /mes)**	**Consumo Muestras (gal /mes)**	**Consumo INEC (gal /mes)**
Verde	4023	21950	68152	24291
Verde	4082	21459	69580	22280
Rojo	4137	14432	0	15732
Rojo	4027	6794	0	9332
Rojo	10223	10114	0	13496
Rojo	10307	15508	51062	18183
Amarillo	10320	17362	50336	20102
Amarillo	10314	18130	50732	20605
Amarillo	22952	19083	50424	22125
Amarillo	27332	21272	50050	24027
Verde	27897	19796	105336	22665
Verde	28128	21804	107100	24046

4.8.1. Estadístico de Escenarios del Consumo de Gasolina Extra

La tabla 13 presenta la diferencia significativa en los escenarios del COVID-19 con un p-valor de 0.30, indicando ausencia de diferencias significativas durante los escenarios de semaforización por COVID-19. En la tabla 14 se valida también a través de una prueba Tukey la inexistencia de diferencias significativas entre escenarios002E

Tabla 13

Estadística de comparación de escenarios consumo combustible taxis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	257054434,67	2	128527217,33	1,37	0,30
Escenarios	257054434,67	2	128527217,33	1,37	0,30
Error	841721931,00	9	93524659,00		
Total	1098776365,67	11			

Tabla 14

Prueba Tukey de validación escenarios de taxis

Escenarios	Medias	n	E.E.	Diferencia significativa
Rojo	7173,50	4	4835,41	A
Verde	16032,50	4	4835,41	A
Amarillo	17729,50	4	4835,41	A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				

4.8.2. Estadístico de Escenarios del Consumo de Diesel

La tabla 14 indica la diferencia significativa en los escenarios del COVID-19 con un p-valor de 0.0014, indicando existencia de diferencias significativas durante los escenarios de semaforización por COVID-19. En la tabla 15 se valida también a través de un test Tukey la presencia de diferencias significativas entre escenarios.

Tabla 15

Estadística de comparación de escenarios consumo combustible buses

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11183193126,00	2	5591596563,00	15,01	0,0014
Escenarios	11183193126,00	2	5591596563,00	15,01	0,0014
Error	3353479782,00	9	372608864,67		
Total	14536672908,00	11			

Tabla 16

Prueba Tukey de validación escenarios de buses

Escenarios	Medias	n	E.E.	Diferencia significativa	
Rojo	12765,50	4	9651,54	A	
Amarillo	50385,50	4	9651,54	A	B
Verde	87542,00	4	9651,54		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

No existe información detallada sobre el consumo de combustible urbano

4.9. Planteamiento de Propuestas para la Movilidad Sostenible

A partir de la matriz multicriterio y la evaluación de esta se generan propuestas con el fin de iniciar con un cambio hacia la movilidad sostenible en el trasporte público urbano de la ciudad de Ibarra. Se obtuvo como problemas principales en la ciudad que no existe un Plan de Movilidad Sostenible, baja calidad del servicio de transporte y la falta de medidas de seguridad preestablecidas ante una problemática de salud pública. Además del uso de vehículos muy antiguos especialmente los buses, no existe información detallada sobre el consumo de combustible en el transporte urbano, la sobreoferta en segmentos de vías en el centro de la ciudad y rutas ineficientes que realizan los transportistas..

Tabla 17

Matriz multicriterio de problemas identificados

Problemas	Criterios						
	Población afectada	**Capacidad de éxito**	**Importancia para el sector**	**Impactos indirectos**	**Costos de postergación**	**Sumatoria**	**Prioridad**
No existe información detallada sobre el consumo de combustible urbano	2	3	3	3	1	12	7
Baja calidad del servicio de transporte	3	3	3	3	3	15	2
Sobreoferta en segmentos de vías en el centro de la ciudad	3	3	2	3	2	13	5
No existe un Plan de Movilidad Sostenible	3	3	3	3	3	15	1
Vehículos muy antiguos	2	2	2	3	3	12	6
Rutas ineficientes	3	2	3	3	3	14	4
No existen medidas de seguridad preestablecidas ante una problemática de salud pública	3	3	3	3	3	15	3

4.9.1. Propuestas de medidas de seguridad ante una problemática de salud publica

Propuesta 1

Implementación del Sistema Inteligente de Transporte (SIT) priorizando la salud pública.

A nivel mundial y especialmente en América Latina las nuevas tecnologías ofrecen numerosas ventajas como facilitar la movilidad, ofrecen seguridad a los usuarios, reducción de niveles de contaminación y contribuyen al cumplimiento de las expectativas de los gobiernos y sus actuales políticas ambientales de sostenibilidad (Villa et al., 2018). Por lo que esta propuesta está enfocada en implementar sistemas de transporte inteligentes priorizando la salud de la urbe ibarreña, aplicando tecnologías de la información y comunicaciones, en conjunto con estrategias de gestión de una manera integrada que mejoren la eficiencia, la sostenibilidad, la seguridad y la salud.

Objetivo General

Implementar del Sistema de Transporte Inteligente (ITS) priorizando la salud pública.

Objetivos Específicos

-Estudio del estado actual

-Análisis los beneficios

-Análisis de riesgos

-Analizar el método de contratación

Metas

Elegir un método de contratación optimo ya que de esto depende el éxito de un proyecto de implementación SIT, las autoridades de transporte deben considerar el uso de métodos de contratación innovadores, seleccionados para satisfacer las necesidades particulares de la entidad contratante con el fin de hacer de Ibarra una ciudad con un sistema de transporte inteligente, con un transporte público preparado para situaciones no cotidianas como una pandemia y que pueda tener medidas de seguridad ya preestablecidas.

Propuesta 2

Implementación del Contador IP 60° Gazelle IRC5706-NW en las unidades de transporte público.

El contador de personas de la serie IRC5706-NW Gazelle se basan en la tecnología infrarroja y detectan a una persona por la emisión de calor. Los sensores han sido diseñados para un montaje en el techo permitiendo el conteo de pasajeros según la semaforización controlando la cantidad de pasajeros permitidos. Por lo que esta propuesta está enfocada en implementar contadores IP 60° Gazelle IRC5706-NW en las unidades de transporte público tanto de buses como de taxis de la ciudad de Ibarra.

Objetivo General

Implementar un Contador IP 60° Gazelle IRC5706-NW en las unidades de transporte público.

Objetivos Específicos

-Analizar otras opciones de contadores

-Realizar un presupuesto

-Implementación

Metas

Controlar la cantidad de pasajeros en una unidad de transporte dependiendo el color del semáforo para así limitar posibles contagios mediante la automatización de los buses y taxis. El contador está instalado en la parte del techo mediante un sensor de calor cuanta el número de personas en una unidad de transporte, si el aforo es del 50% de pasajeros solo podrá haber esta cantidad de personas caso contrario se activa una alarma de exceso de pasajeros.

Propuesta 3

Implementación de un sensor de temperatura en los medios de transporte público para evitar posibles contagios.

El CMa11 es un sensor de temperatura y humedad interior M-Bus, tanto para ambientes interiores como exteriores. La línea de productos permite la medición simple y rentable, que permite un uso más eficaz de la energía y una mejor climatización. Por lo que esta propuesta esta enfocada en implementar un sensor de temperatura en la entrada de las unidades de transporte para medir la temperatura de los pasajeros, en caso de altas temperaturas esta persona deberá asistir al centro de salud más cercano.

Objetivo General

Implementar un sensor de temperatura en los medios de transporte público para evitar posibles contagios.

Objetivos Específicos

-Analizar otras opciones de sensores

-Realizar un presupuesto

-Implementación

Meta

En la entrada de las unidades de transporte se incorpora un sensor de temperatura para así conocer la temperatura de los pasajeros en caso de altas temperaturas se activa una alarma para que el pasajero acuda al centro de salud más cercano.

4.9.2. Propuestas de mejora hacia la baja calidad del servicio de transporte

Propuesta 1

Reorganización de las rutas de los buses del transporte público para optimizar el uso de diésel en la ciudad de Ibarra.

Las rutas del servicio de transporte público intracantonal sobreponen sus recorridos en el hipocentro de la ciudad específicamente en los sectores de los mercados La Playa, Amazonas, Bahía y el terminal terrestre (PDOT,2020). Por lo que esta propuesta de reorganización de rutas de los buses urbanos de Ibarra permitirá principalmente optimizar el consumo de diésel, ahorro de costes, nivel de servicio optimo, clientes satisfechos, ahorro de tiempo y la optimización de rutas mejora la productividad general de la flota.

Objetivo General

Reorganizar las rutas de los buses del transporte público de la cuidad de Ibarra para mejorar el servicio y optimizar el uso de diésel.

Objetivos Específicos

-Analizar las rutas existentes

-Analizar la demanda que existe

-Identificar puntos de mayor congestión vehicular

-Analizar posibles rutas alternas

-Conectar las rutas con las zonas residenciales

-Diseñar rutas alternas

Meta

Mejorar la capacidad de movilidad de la ciudad reorganizando las rutas de los buses para que los ciudadanos usen el servicio de transporte urbano al 90% para realizar sus actividades diarias y así incentivar a la población a un menor uso de vehículos privados.

Propuesta 2

Implementación de un porcentaje de las unidades de transporte de buses y taxis por vehículos menos contaminantes.

Esta propuesta de implementación de un porcentaje de las unidades de transporte de buses por vehículos menos contaminantes en la ciudad de Ibarra permitirá luchar contra el cambio climático que es producido especialmente por el sector transporte el cual es uno de los más contaminantes, mediante la implementación de un porcentaje de las flotas de buses por vehículos de bajas emisiones, como el híbrido o eléctrico. Aunque la inversión inicial para los vehículos híbridos y eléctricos es mucho mayor que para los vehículos convencionales, los costos operativos bajan significativamente, lo que asegura que sea rentable. Plan de movilidad Piura

Objetivo General

Implementar un porcentaje de las unidades de transporte de buses por vehículos menos contaminantes.

Objetivos Específicos

-Capacitar a los transportistas acerca de las ventajas de la transición de vehículos a combustión interna a vehículo eléctricos o híbridos.

-Realizar un estudio de viabilidad según la oferta-demanda

-Analizar cuantas unidades serán adquiridas según la oferta-demanda

-Analizar opciones de buses eléctricos o híbridos.

-Realizar presupuesto

-Tramitar financiamiento en la CFN acogiéndose a su proyecto de Financiamiento de movilidad eléctrica.

-Presentar proyecto a la Empresa Pública de Movilidad (EPM) Ibarra.

-Implementar los buses eléctricos a la flota vehicular.

Metas

La pandemia por Covid-19 impulsa la construcción de ciudades más sostenibles y resilientes por lo que el principal objetivo de esta propuesta es que la ciudad de Ibarra se convierta en una ciudad sostenible que aproveche los recursos naturales que posee para producir su propia energía eléctrica de fuentes renovables.

Propuesta 3

Sustitución de un porcentaje de las unidades de transporte de taxis por vehículos menos contaminantes.

Esta propuesta de sustitución de un porcentaje de las unidades de transporte de taxis por vehículos menos contaminantes en la ciudad de Ibarra permitirá luchar contra el cambio climático que es producido especialmente por el sector transporte el cual es uno de los más contaminantes, mediante la renovación de un porcentaje de las flotas de taxis tanto convencionales como ejecutivos por vehículos de bajas emisiones, como el híbrido o eléctrico. Aunque la inversión inicial para los vehículos híbridos y eléctricos es mucho mayor que para los vehículos convencionales, los costos operativos bajan significativamente, lo que asegura que sea rentable. Plan de movilidad Piura

Objetivo General

Implementar un porcentaje de las unidades de transporte de taxis por vehículos menos contaminantes.

Objetivos Específicos

-Capacitar a los transportistas acerca de las ventajas de la transición de vehículos a combustión interna a vehículo eléctricos o híbridos.

-Realizar un estudio de viabilidad según la oferta-demanda

-Analizar modelos de vehículos eléctricos o híbridos.

-Realizar presupuesto

-Tramitar financiamiento en la CFN acogiéndose a su proyecto de Financiamiento de movilidad eléctrica.

-Presentar proyecto a la Empresa Pública de Movilidad (EPM) Ibarra.

Metas

La pandemia por Covid-19 impulsa la construcción de ciudades más sostenibles y resilientes por lo que el principal objetivo de esta propuesta es que la ciudad de Ibarra se convierta en una ciudad sostenible que aproveche los recursos naturales que posee para producir su propia energía eléctrica de fuentes renovables.

Propuesta 4

Implementación del uso del B20 de biodiesel en una mezcla de Diesel para el uso de combustible de los buses.

Esta propuesta de implementar el B20 de biodiesel a una mezcla de Diesel en los buses de transporte público de las cooperativas San Miguel y 28 de septiembre de la ciudad de Ibarra, permitirá reducir el consumo netamente de Diesel el cual es un derivado de combustibles fósiles los cuales son muy contaminantes. El uso de biodiesel trata de mitigar los gases de efectivo invernadero, además garantiza el consumo interno de la materia prima.

Objetivo General

Implementar el uso del B20 de biodiesel en una mezcla de Diesel para el uso de combustible de los buses.

Objetivos Específicos

-Analizar la materia prima óptima para la elaboración del biodiesel.

-Diseñar una fábrica de producción de biodiesel para uso del transporte público en la ciudad de Ibarra.

-Analizar la cantidad exacta de biodiesel que se colocará en los buses.

-Capacitar a los transportistas de las ventajas del uso del biodiesel.

Metas

Usar con el tiempo cada vez menos Diesel ya que este es muy contaminante y además muy costoso, el biodiesel es amigable con el medio ambiente, la materia prima a utilizarse es la ciudad o sus alrededores lo que promueve el consumo interno de materia prima.

Propuesta 5

Implementación de pavimento fotocatalíticos en puntos estratégicos de la ciudad de Ibarra.

Esta propuesta de implementar pavimento fotocatalíticos en lugares estratégicos de la ciudad permitirá descontaminar el aire en donde estén colocados con el fin de hacerle frente a los altos niveles de contaminación que se producen a diario. Este pavimento posee un material fotocatalítico que elimina el óxido de nitrógeno y lo convierte en nitratos reduciendo la contaminación y mejorando así la calidad del aire en entornos urbanos. El dióxido de titanio (TiO2), es un químico activo que en su mayoría es usado como fotocatalizador ya que es una sustancia capaz de absorber compuestos químicos tóxicos, los pavimentos fotocatalíticos aportan un valor añadido a la sociedad por su carácter innovador (Amagua, 2021)

Objetivo General

Implementar asfalto fotocatalítico en puntos estratégicos de la ciudad de Ibarra.

Objetivos Específicos

-Realizar un estudio sobre el asfalto fotocatalítico

-Analizar lugares estratégicos

-Realizar presupuesto

-Adquirir el asfalto fotocatalítico

-Implementar asfalto fotocatalítico en las calles de la ciudad

Metas

El principal objetivo es eliminar los contaminantes de NO2 en el aire por medio de la fotocatálisis un proceso idéntico a la fotosíntesis de las plantas limpiando la contaminación que produce la ciudad y más las zonas urbanas con alta concentración vehicular gracias a este nuevo invento que combina tecnología con innovación.

Propuesta 6

Implementación de un filtro para capturar los gases emitidos por los buses.

Esta propuesta de incorporar filtros a las unidades de transporte urbano de la ciudad de Ibarra permitirá reducir la expulsión de monóxido de carbono (CO), óxido de nitrógeno (NOx), y partículas de carbón (PM) en la atmosfera ya que el deterioro de la calidad del aire es un problema particularmente en ciudades

Los motores diésel son esenciales en el mundo comercial, pero emisiones contaminantes, especialmente partículas de carbón o hollín, son reconocidas como elementos dañinos para la salud. (Matthey, 2016)

Los catalizadores de oxidación de diésel (DOC) oxida hasta un 90% del CO y HC a CO2 y H2O, es la manera más económica y aprobada de reducción de PM aproximadamente de un 15-50% dependiendo del nivel de la fracción orgánica soluble de las partículas diésel emitido por el motor. Los DOC pueden ser usados en cualquier tipo de vehículo sin necesidad de evaluar las emisiones antes de la instalación.

Objetivo General

Implementar un filtro para capturar los gases emitidos por los buses.

Objetivos Específicos

-Analizar el tipo de filtro que se podrían incorporar en los buses

-Realizar un presupuesto

-Analizar el impacto ambiental

-Implementación

Meta

Disminuir la expulsión de partículas de carbón a la atmosfera para así reducir los gases de efecto invernadero en la ciudad y cuidar la salud pública de los habitantes ya que estos gases aumentan el riesgo de infecciones respiratorias.

Propuesta 7

Aumentar las horas de servicio de los buses en la ciudad de Ibarra

En esta propuesta de aumentar las horas de servicio de los buses en la ciudad de Ibarra permitirá un mejor servicio por parte de este medio de transporte hacia la población como se puede observar en el transporte público urbano de autobuses en la ciudad de Santiago de Chile que ellos operan en los días laborales entre las 7:00 hasta las 21:00 horas.

Objetivo General

Aumento de las horas de servicio de los buses en la ciudad de Ibarra.

Objetivos Específicos

-Planteamiento propuesta

-Adecuar horarios

-Socialización

Meta

Satisfacer la necesidad de movilización de los pasajeros a cualquier hora del día.

Propuesta 8

Establecer un sueldo a los choferes de los buses urbanos de la ciudad de Ibarra.

Esta propuesta de establecer un sueldo por parte de las cooperativas de buses urbanos de la ciudad de Ibarra permitirá a los conductores de los mismos trabajar sin importar las rutas establecidas ya que en unas rutas se recoge menos pasajeros que en otras de este modo habrá un trabajo igualitario para los conductores. El salario mínimo de un chofer de bus en el Ecuador es de $600 aproximadamente.

Objetivo General

Establecer un sueldo a los choferes de los buses urbanos de la ciudad de Ibarra.

Objetivos Específicos

-Socializar la propuesta

-Establecer el sueldo

Metas

Las unidades de buses tengan rutas por toda la ciudad y no afecte a su economía por lo que recibirán un sueldo para satisfacer sus necesidades.

Propuesta 9

Restructuración del sistema actual de transporte público urbano para priorizar su utilización por los ciudadanos de la ciudad de Ibarra tomando en cuenta todas las propuestas antes mencionadas.

En las ciudades de todo el mundo tienen el problema creciente del transporte urbano como la congestión, contaminación, dificultad de acceso por lo que esta propuesta de reestructurar el sistema actual del transporte público urbano tanto de taxis como de buses en Ibarra permitirá fomentar el uso del transporte público, la implementación de un sistema de transporte público que brinde un modo de movilización sostenible, seguro, eficiente y accesible para toda la ciudadanía, fomentando el desarrollo ordenado y sostenible de la ciudad reduciendo la congestión en las vías y las emisiones de gases de efecto invernadero. El mejoramiento del transporte público es la herramienta fundamental para el desarrollo económico de la ciudad (Pardo, 2009).

Objetivo General

Reestructurar el sistema actual del transporte público urbano para priorizar su uso por los ciudadanos de la ciudad de Ibarra.

Objetivos Específicos

-Analizar el sistema actual.

-Determinar cuáles son las falencias del servicio actual.

-Realizar encuestas sobre el interés de la ciudadanía por el transporte público.

-Proporcionar horarios y mapas de las líneas de autobús.

-Realizar estudios técnicos.

-Acercamiento tanto con la ciudadanía, transportistas y autoridades para que el nuevo sistema satisfaga necesidades conjuntas.

-Diseñar un proyecto de movilidad sostenible para la ciudad.

-Informar a la ciudadanía de la existencia de cobertura de transporte público

Metas

Aumentar el uso del transporte público masivo mediante la restructuración del servicio actual hacia un sistema integrado para que la ciudadanía se sienta cómoda usando este servicio y así se pueda tener un avance como una ciudad sostenible ya que la movilidad es un actor clave en el desarrollo.

Tabla 18

Presupuesto Plan de Movilidad Sostenible

NOMBRE DEL PROYECTO	Restructuración del sistema actual del transporte público urbano de la ciudad de Ibarra.		
ALCANCE	Sector urbano de la ciudad de Ibarra.		
PROPUESTAS	**INDICADORES**	**RESPONSABLES**	**PRESUPUESTO**
Reorganizar las rutas de los buses del transporte público de la cuidad de Ibarra para mejorar el servicio y optimizar el uso de diésel.	ANEXO 4.1	EPM Ibarra	112000.00
Implementar un porcentaje de las unidades de transporte de buses por vehículos menos contaminantes.	ANEXO 4.2	Cooperativas de transporte, Alcaldía	2018000.00
Implementar un porcentaje de las unidades de transporte de taxis por vehículos menos contaminantes.	ANEXO 4.3	Cooperativas de transporte, Alcaldía	779000.00
Implementación del uso del 2% de biodiesel en una mezcla de Diesel para el uso de combustible de los buses.	ANEXO 4.4	EPM Ibarra	82000.00
Implementación de asfalto fotocatalítico en puntos estratégicos de la ciudad de Ibarra.	ANEXO 4.5	Prefectura de Imbabura	5000000.00
Implementación de un filtro para capturar los gases emitidos por los buses	ANEXO 4.6	Cooperativas de trasporte	100000.00
Aumentar las horas de servicio de los buses en la ciudad de Ibarra	ANEXO 4.7	Cooperativas de transporte y EPM Ibarra	1282500.00
Establecer un sueldo a los choferes de los buses urbanos de la ciudad de Ibarra	ANEXO 4.8	Cooperativas de trasporte	153000.00
Implementación del Sistema Inteligente de Transporte (SIT) priorizando la salud pública.	ANEXO 4.9	EPM Ibarra y MSP	15035000

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

El transporte público urbano, durante la época del COVID-19 se vio afectado por el avance del COVID-19, los trasportistas urbanos suspendieron sus actividades parcialmente, debido al aumento de personas contagiadas durante las etapas de semaforización durante el año 2020.

La información analizada permitió conocer que los taxis representan el 24.40% con 1424 unidades y a su vez los buses representan el 4.88% con 285 unidades del total de la flota vehicular de alquiler de la ciudad de Ibarra.

A partir de los datos procesados se generó un modelo matemático, el cual predice el consumo de combustible de buses y taxis a partir del planteamiento de posibles escenarios de exposición al virus para el año 2021 y 2022 con un coeficiente de correlación R del 0.9552% para el modelo de taxis y un 0.8063% para el modelo de buses.

Según los resultados obtenidos en el modelo predictivo de consumo de combustible de buses y taxis se evidencio que mientras exista mayor porcentaje de personas expuestas al Virus, el consumo de combustible será menor.

La prueba ANOVA , determino, que el transporte de taxis con un p valor de 0.30, no tiene una diferencia significativa en el consumo de combustibles durante los escenarios de semaforización ,mientras que el transporte de buses por el contrario si expresa una diferencia significativa en el consumo de diésel durante las etapas del COVID-19 en el 2020 con un p valor de 0,0014, estos datos se validaron adicionalmente con una prueba de Tukey donde se evidencia lo expuesto.

Se determinó que la ciudad de Ibarra no cuenta con planes de movilidad que brinden soluciones en diferentes periodos de tiempo, por lo que es necesario mitigar el bajo nivel en la calidad del transporte, aportando soluciones sostenibles, tecnológicas y amigables ambientalmente con el fin de mejorar sistema de movilidad en la ciudad.

El transporte público se redujo evidentemente en época de pandemia ya que la gente prefería transportarse en vehículos particulares, bicicletas o caminando por su

seguridad ya que el transporte público es percibido de manera generalizada como un espacio peligroso, debido al posible contagio de COVID-19, por lo que se recomienda establecer medidas de seguridad estrictas para que la gente adquiera de nuevo este servicio.

A la hora de planear la implementación de un SIT es importante tener en cuenta todo el ciclo de vida del sistema y no únicamente su instalación y puesta en marcha. Independientemente de si solo se va a contratar la implementación, es importante tener presente la etapa de operación y mantenimiento. Gran parte de los costos y problemas asociados a los SIT se dan durante la etapa de operación y mantenimiento. Tener en cuenta estas etapas durante el proceso de contratación ayuda a mitigar.

5.2 Recomendaciones

En base a los datos recolectados y analizados es recomendable la generación de una base de datos histórica del comportamiento del transporte público urbano referente al consumo de combustible, sistemas mejorados de movilidad, propuestas de sistemas sostenibles, con el fin de brindar a la población un sistema de transporte de calidad.

A partir del modelo matemático generado en la investigación es recomendable aplicarlo de manera directa en el sector de transporte público de buses y taxis, para poder conocer el comportamiento del mismo en diferentes situaciones o escenarios que puedan afectar directamente el desarrollo de las actividades diarias en la urbe, sean estas provocadas por movilizaciones o manifestaciones, desarrollo de posibles pandemias o enfermedades, o por el desarrollo y aplicaciones de nuevos sistemas de mejora sostenibles en la movilidad urbana en Ibarra.

Es recomendable la implementación de un plan propuesto, abordando los problemas principales de mala calidad del servicio y la falta de medidas de seguridad preestablecidas ante una problemática de salud pública.

Reestructurar el sistema de transporte público urbano para así mejorar la calidad de este servicio y priorizarlo ante la necesidad de la ciudadanía de movilizarse de una manera segura y eficiente.

BIBLIOGRAFÍA

Aldair, Y., & Pupo, A. (2014). *Combustibles Fósiles Y Renovables: Avances Y Perspectivas*.

Archer, R. (2020). 20 – Geothermal Energy. In *Future Energy: Improved, Sustainable and Clean Options for Our Planet* (Third Edit). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102886-5.00020-7

Arias, J., Villasís, A., Keever, M., Guadalupe, M., & Novales, M. (2016). Metodología de la investigación. *Alergia México*, *63*, 201–206. www.nietoeditores.com.mx

Avilés, J. (2017). *Propuesta Política Pública: Movilidad Sostenible en Ecuador*.

Azán, S. (2018). *Esquemas de implantación de tecnologías inteligentes de transporte en América Latina: estudios de casos y recomendaciones*. 174–174. https://doi.org/10.30875/4d4f240c-es

Badii, M. H. (2016). Energías Renovables y Conservación de Energía. *Revista Daena (International Journal of Good Conscience)*, *11*(1), 141-155.

Barragán, A. (2017). The role of renewable energy in the promotion of circular urban metabolism. *Sustainability (Switzerland)*, *9*(12), 1-29. https://doi.org/10.3390/su9122341

Breeze, P. (2019). *Chapter 15 - Biomass-Based Power Generation* (P. B. T.-P. G. T. (Third E. Breeze (ed.); pp. 351–374). Newnes. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102631-1.00015-8

Camó, H. (2015). *Sistema domótico como aplicación a la eficiencia energética para gestionar el uso de la energía eléctrica en los hogares (Tesis de pregrado)*.

Casas, J., Repullo Labrador, J. R., & Donado Campos, J. (2010). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria*, *31*(8), 527–538. https://doi.org/10.1016/s0212-6567(03)70728-8

Castillo, C. (2012). *Comercio, transporte y cambio climático. ¿Existie una relación evidente?*

Cazares, E. (2018). *Universidad técnica del norte*.

Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2011). *Termodinámica*. McGRAW-HILL.

COE. (2020). *Peración_del_servicio_de_transporte_en_taxi_convencional_y_ejecutivo_durante_la_semaforización.pdf*.

Correa, G. (2012). Institucionalidad, comodalidad y servicios de transporte sostenibles. *Boletín FAL, Facilitación Del Transporte y El Comercio En América Latina y El Caribe2*, *316*(12).

Correa, P. (2016). Energías Renovables Y Medio Ambiente: Su Regulación Jurídica En Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, *8*(3), 179-183.

Cueva, G. (2019). *Análisis de factibilidad de implementación de buses 100% eléctricos para impulsar la movilidad sostenible en el sistema de transporte urbano del Distrito Metropolitano de Quito*. 5–19.

Delgado, E. (2013). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PROPUESTA DE MEJORA DE LOS PROCESOS ADMINISTRATIVOS Y COMERCIALES EN LA EMPRESA COOTRASARAVITA LTDA.*

Di Rienzo, J., Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F., Tablada, M., & Walter Robledo, C. (2010). *Infostat: Software para análisis estadístico*. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10346

Díaz Suárez, V., & Páez Pérez, C. (2006). Contaminación por material particulado en Quito y caracterización química de las muestras. *Acta Nova*, *3*(2), 308-322.

Eales, A. (2012). *Non-Renewable and renewable resources*.

Eichhorst, U., & Bongardt, D. (2017). *Monitoreo y presentación de informes de las emisiones de GEI*.

GAD Ibarra. (2015). Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Del Cantón Ibarra 2015-2023. *GAD Municipal de San Miguel de Ibarra*, 339.

García, A., & Suáres, H. (2016). *La movilidad urbana sostenible y el fomento del transporte público urbano*.

Gonzáles, R., & Salazar, F. (2008). Aspectos básicos del estudio de muestra y población para la elaboración de los proyectos de investigación. *Universidad De Oriente Núcleo De Sucre Escuela De Administración Curso Especial De Grado*, 95. http://recursos.salonesvirtuales.com/assets/bloques/Raisirys-González.pdf

Hernández, D. (2017). y desigualdad : cobertura y capacidad de pago en la ciudad de Montevideo. *Revista de La CEPAL N° 122 •*, *122*.

Holl, R. J., & DeMeo, E. A. (1990). *The Status of Solar Thermal Electric Technology*

BT - Advances in Solar Energy: An Annual Review of Research and Development (K. W. Böer (ed.); pp. 219–394). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-9948-3_2

IDAE, I. para la D. y A. de la E. (2012). *Guía para la Gestión del Combustible en las Flotas de Transporte*.

Gorjian, S. (2017). *Renewable Energy Technnologies*.

Grajales-Quintero, A., Serrano, E. D., & Von-H, C. M. H. (2013). *LOS MÉTODOS Y PROCESOS MULTICRITERIO PARA LA EVALUACIÓN*. *36*.

IIGE. (2018). *BAN*.

INEC, I. N. de E. y C.-. (2018). *Anuario de Estadísticas de Transporte 2018*.

Jácome, G. (2020). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón ibarra*.

Jaimurzina, A., Pérez Salas, G., & Sánchez, R. J. (2016). Políticas de logística y movilidad para el desarrollo sostenible y la integración regional : marco conceptual y experiencia regional. *Boletin FAL CEPAL - FACILITACIÓN DEL TRANSPORTE Y EL COMERCIO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE*, 1–9.

Kuyper, J. C. V. de, & Morales, S. R. (n.d.). *Fuentes de Energía Renovables y No Renovables Aplicaciones*. Alfaomega.

López, S. (2018). *"TRANSPORTE, MOVILIDAD, DESARROLLO URBANO Y MEDIO AMBIENTE: UNA NECESIDAD EN LA CIUDAD DE IBARRA*.

Lotsch, H. K. V, Goetzberger, A., U.Hoffmann, V., Rhodes, W. T., Asakura, T., Brenner, K.-H., Hänsch, T. W., Kamiya, T., Krausz, F., Monemar, B., Venghaus, H., Weber, H., & Weinfurter, H. (Eds.). (2005). *What Is Photovoltaics? BT - Photovoltaic Solar Energy Generation* (pp. 1–10). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-26628-3_1

Lima, B. A., & Gálvez, E. J. (2016). *Análisis de consumo de combustible de los vehículos de categoría M1 que circulan en el centro histórico de la ciudad de Cuenca en horas de Máxima demanda en función de ciclos de conducción*.

López, J. M. M., & Herrero, J. G. (2006). *TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS*.

Martínez, H. (2018). El desafío del sector transporte en el contexto del cumplimiento de las contribuciones determinadas a nivel nacional de América Latina. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*, 52.

MathWorks. (2023aa). *Documentación de la caja de herramientas de ajuste de curvas*. https://www.mathworks.com/help/curvefit/index.html?searchHighlight=Curve%20Fitting%20Toolbox&s_tid=srchtitle_Curve%20Fitting%20Toolbox_1

MathWorks. (2023ab). *DocumentaciónMATLAB*. https://www.mathworks.com/help/Matlab/index.html?searchHighlight=MATLAB&s_tid=srchtitle_MATLAB_1

MathWorks. (2023a). *Modelos gaussianos—MATLAB & Simulink*. https://www.mathworks.com/help/curvefit/gaussian.html

MSP. (s. f.). *Movilidad sostenible – Ministerio de Salud Pública*. Recuperado 19 de marzo de 2023, de https://www.salud.gob.ec/movilidad-sostenible/

MSP. (2022). *Ecuador activa semáforo de protección COVID-19 – Ministerio de Salud Pública*. https://www.salud.gob.ec/ecuador-activa-semaforo-de-proteccion-covid-19/

Mathew, S. (2006). *Basics of wind energy conversion BT - Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics* (S. Mathew (Ed.); pp. 11–43). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-30906-3_2

Möller, R. (2016). *transporte-urbano-y-desarrollo-sostenible-en-america-latina-el-ejemplo-de-by-rolf-moller_compress.pdf*.

ONU, M. A. (2020). Informe sobre la disparidad en las emisiones de 2019. Resumen. *El Trimestre Económico*, *87*(346), 567. https://doi.org/10.20430/ete.v87i346.1069

Paredes, L. (2020). Movilidad Eléctrica y Eficiencia Energética en el Sistema de Transporte Público del Ecuador un Mecanismo para Reducir Emisiones de CO2. *Revista Técnica "Energía,"* *16*(2), 91–99. https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v16.n2.2020.356

Pizarro, A. (2013). Políticas integradas y sostenibles de movilidad : revisión y propuesta de un marco conceptual. *Boletin FAL. CEPAL.*, *323 (7)*, 1–9.

PNUMA. (2020). Informe sobre la disparidad en las emisiones de 2019. Resumen. *El Trimestre Económico*, *87*(346), Article 346. https://doi.org/10.20430/ete.v87i346.1069

Posada, J. (2010). Metodología para estudio de demanda de transporte público de pasajeros en zonas rurales. *Revista Facultad de Ingenieria*, *53*, 106–118.

Posada, J. (2013). Fuel Consumption in Vehicles for Highway Transportation -

Predictive Models. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, *12*(23), 35–46. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242013000200004&lng=en&nrm=iso&tlng=es

Proaño, D., Soler, V., & Pérez, E. (2017). *PLAN DE MEJORA CONTINUA*. 50–56.

Reyes, J., Darwin, A., Renato, R., Luis, M., & Bladimir, T. (2017). *El modelo de transporte sostenible de Curitiba aplicado a la ciudad de Ambato The Curitiba ` s sustainable transport model applied at the Ambato city*. 13–17.

Rivas, M. E., Suárez, A., & Serebrisky, T. (2020). *DE TRANSPORTE*.

Röder, M., & Welfle, A. (2019). *12 - Bioenergy* (T. M. B. T.-M. G. W. Letcher (Ed.); pp. 379–398). Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814104-5.00012-0

Rodríguez, D. A., Santana, M., & Pardo, C. F. (2015). *La motocicleta en América Latina: Caracterización de su uso e impactos en la movilidad en cinco ciudades de la región*. CAF. https://cafscioteca.azurewebsites.net/handle/123456789/754

Schallenberg, J. C. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*.

Seguí, J., & Martínez, M. (2004). *Los sistemas inteligentes de transporte y sus efectos en la movilidad urbana e interurbana*. *VI*(170). https://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-170-60.htm

SENPLADES. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida*. 84.

Speight, J. G. (2019). 1 - History and use (J. G. B. T.-N. G. (Second E. Speight (Ed.); pp. 3–24). Gulf Professional Publishing. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809570-6.00001-1

Speight, J. G. (2020). Chapter 5 - Hydrocarbons from coal (J. G. B. T.-H. of I. H. P. (Second E. Speight (Ed.); pp. 193–242). Gulf Professional Publishing. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809923-0.00005-9

Speight, J. G., & El-Gendy, N. S. (2018). Chapter 1 - Petroleum Composition and Properties (J. G. Speight & N. S. B. T.-I. to P. B. El-Gendy (Eds.); pp. 1–39). Gulf Professional Publishing. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805151-1.00001-1

Tapia, C. E. F., & Cevallos, K. L. F. (2021). *PRUEBAS PARA COMPROBAR LA NORMALIDAD DE DATOS EN PROCESOS PRODUCTIVOS: ANDERSON-DARLING, RYAN-JOINER, SHAPIRO-WILK Y KOLMOGÓROV-SMIRNOV*.

Vega de Kuyper, J. C., & Ramírez Morales, S. (2014). *Fuentes de energía renovables y no renovables*. ALFAOMEGA. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602014000200011

Villa, R., Collaguazo, N., Cevallos, W., & Atiencia, E. (2018). Sistema de transporte terrestre. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, *mayo*. https://www.eumed.net/rev/oel/2018/05/caja-comun-transporte.html

Velásquez, C. (2015). *Espacio público y movilidad urbana*. 1–101.

ANEXOS

ANEXO 1: ENCUESTA

Anexo 1.1

Formato aplicado en las encuestas

Encuesta dirigida a los conductores del transporte urbano de la ciudad de Ibarra tanto de buses como de taxis

Introducción:

Estimados conductores del transporte urbano de la ciudad de Ibarra reciban un cordial saludo de quienes le saludan, estudiantes de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables de la Universidad Técnica del Norte los cuales estamos realizando la investigación acerca del consumo de combustible en el transporte urbano de la cuidad de Ibarra en el periodo de semaforización por Covid-19 por lo que sus respuestas serán una pieza fundamental en el estudio.

Fecha:

1 ¿Qué tipo de unidad de transporte publico usted conduce?

Bus Taxi convencional Taxi ejecutivo

2 ¿Cuál es el nombre de la operadora(cooperativa) a la que pertenece?

……..

3 ¿Cuál es la marca de su unidad de transporte?

……

4 ¿Cuál es el modelo de la marca de su unidad de transporte?

……

5 ¿De qué año es su unidad de transporte?

……

6 ¿Qué combustible usa en su unidad de transporte?

Diésel ☐ Gasolina ☐

7 ¿Cuál fue el consumo de combustible que tuvo en este mes en dólares (diario)?

……

8 ¿Cuántos días a la semana laboró?

……

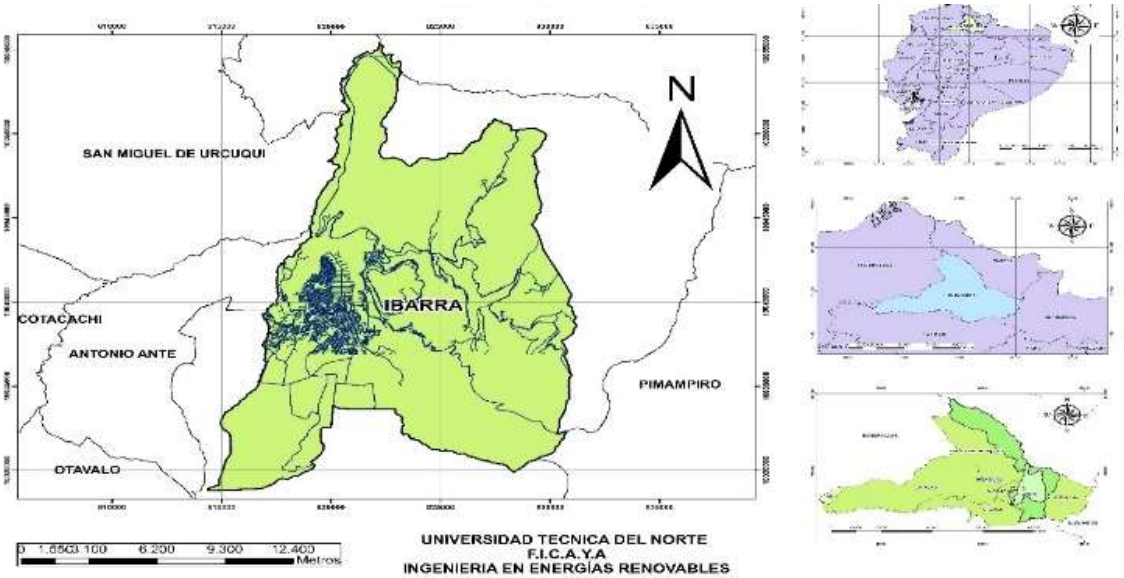
9 ¿Cuántas horas al día labora?

……

ANEXO 2: MAPAS

Anexo 2.1

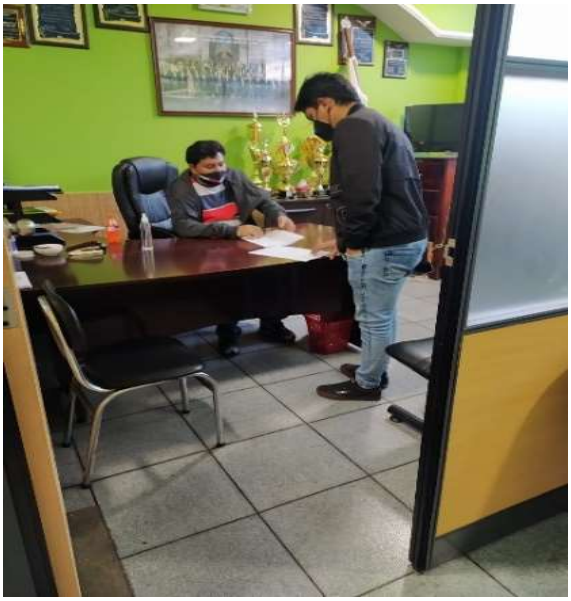
Mapa de ubicación de la zona urbana de la ciudad de Ibarra



Anexo 3: REGISTRO FOTOGRÁFICO

Anexo 3.1

Acercamiento con autoridades

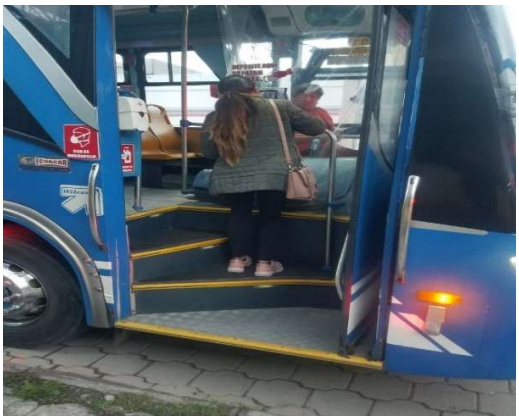


Anexo 3.2

Entrevista a los conductores de taxis convencionales y ejecutivos

Anexo 3.3

Entrevista a los conductores de buses



Anexo 3.4

Tabulación de datos

Anexo 4: Selección de estratos

N	COOPERATIVAS DE TAXIS IBARRA 2020
1	COOPERATIVA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS EN TAXIS 17 DE JULIO
2	COOPERATIVA DE TRANSPORTE EN TAXIS AJAVI
3	COOPERATIVA DE TRANSPORTES DE PASAJEROS EN TAXI ALPACHACA
4	COOPERATIVA DE TRANSPORTES DE PASAJEROS EN TAXIS 28 DE ABRIL
5	COOPERATIVA DE TAXIS 9 DE OCTUBRE
6	COMPAÑÍA AMIPEAPA
7	COOPERATIVA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS EN TAXIS ATAHUALPA DE IBARRA
8	COOPERATIVA TRANSPORTE DE PASAJEROS EN TAXI AV. PICHINCHA
9	COMPAÑÍA DE TRANSPORTES EN TAXIS AZAYA S.A.
10	COOPERATIVA CENTRO COLONIAL DE SERVICIO DE TRANSPORTE TERRESTRE COMERCIAL 41
11	COOPERATIVA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS EN TAXIS CIUDAD BLANCA
12	COOPERATIVA DE TRANSPORTES DE PASAJEROS EN TAXIS CRUZ VERDE
13	COMPAÑÍA DE TAXIS CUATRO ESQUINAS CIA LTDA
14	COMPAÑÍA DE TAXIS FLORITAX S.A.
15	COOPERATIVA DE TAXIS GERMAN GRIJALVA
16	COOPERATIVA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS EN TAXIS INTITAXI

17	COOPERATIVA DE TRANSPORTE DE PASJ. TAX. JESUS DEL GRAN PODER
18	COOPERATIVA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS EN TAXIS JOSE MIGUEL LEORO VASQUEZ
19	COOPERATIVA DE TAXIS LA VICTORIA
20	COOPERATIVA DE TRANSPORTES DE PASAJEROS DE TAXIS LOS CEIBOS
21	COOPERATIVA DE TRANSPORTE DE TAXIS MARIANO ACOSTA
22	COOPERATIVA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS EN TAXIS MERCADO NORTE DE IBARRA
23	COOPERATIVA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS EN TAXIS NORT PACIFICO
24	OASISTURIS S.A.
25	COOPERATIVA DE AUTOMOVILES PASQUEL MONGE
26	COOPERATIVA DE TRANSPORTE TERRESTRE COMERCIAL EN AUTOMOVILES MODALIDAD TAXI N 1
27	COMPAÑÍA DE TRANSPORTE EN TAXIS POSSO SALGADO POSSALG S.A.
28	COOPERATIVA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS EN TAXIS REGIONAL IBARRA
29	COOPERATIVA DE TAXIS SAN FRANCISCO DE IBARRA
30	COOPERATIVA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS EN TAXIS SAN VICENTE DE PAUL
31	SANTIAGO DEL REY COMPAÑÍA ANONIMA SANTIREY
32	COOPERATIVA DE TRANSPORTES DE TAXIS "SELVA ALEGRE"
33	COOPERATIVA DE TAXIS SIMON BOLIVAR
34	COOPERATIVA DE TAXIS SUCRE DE IBARRA
35	TRANSPORTES SUTAXI CA
36	COOPERATIVA DE TRASPORTES TAXIS LAGOS DE IBARRA
37	COOPERATIVA DE TRANSPORTES DE TAXIS TEODORO GOMEZ DE LA TORRE
38	COOPERATIVA DE TRANSPORTES IBARRA
39	TURISLAGO C A
40	COMPAÑA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS EN TAXIS UNIVERSIDAD CATOLICA UNICHATOLIC S.A.
41	COOPERATIVA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS EN TAXIS HOTEL TURISMO INTERNACIONAL
42	COOPERATIVA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS EN TAXIS PROAÑO MAYA
43	COOPERATIVA DE TRANSPORTE EN TAXIS MONSEÑOR LEONIDAS PROAÑO
44	TRANSPORTES ECOTRANS C.A.
45	COOPERATIVA DE SERVICIO DE TRANSPORTE TERRESTRE COMERCIAL DE TAXIS 25 DE DICIEMBRE
46	COOPERATIVA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS EN TAXIS YAHUARCOCHA
47	COMPAÑÍA DE TAXIS DE SERVICIO EJECUTIVO GALO PLAZA LAZO S.A.
48	SERVICIO DE TRANSPORTE EJECUTIVO IMBABURA TRANSSTERI S.A.
49	COMPAÑÍA DE TAXIS EJECUTIVOS TAXPIMAN S.A.
50	TAXIFOX S.A.
51	COMPAÑÍA DE TAXIS EJECUTIVOS VIRGEN DE LAS LAJAS CONTAXLASLAJAS S.A.
52	TAXI EJECUTIVO EJECUVIP S.A.
53	COMPAÑÍA DE SERVICIO COMERCIAL EJECUTIVO EL MAINAS S.A.
54	COMPAÑÍA DE TAXIS EJECUTIVOS ENZANOA S.A.
55	COMPAÑÍA DE TAXIS YURACRUCITO S.A.
56	IMBATAXI S.A.
57	ALPACHACAEXPRES COMPAÑÍA DE TRANSPORTE DE TAXIS EJECUTIVOS S.A.
58	TRANS EJECUTIVO BRISLAGTURIS S.A.
59	COMPAÑÍA DE TAXIS EJECUTIVOS IBARRAFULL S.A.

Anexo 5: presupuestos

Tabla 19

Reorganización de rutas

NOMBRE DEL PROYECTO	Reorganizar las rutas de los buses del transporte público de la cuidad de Ibarra para mejorar el servicio y optimizar el uso de diésel.
ALCANCE	Sector urbano de la ciudad de Ibarra.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	INDICADORES	RESPONSABLES	PRESUPUESTO
Analizar las rutas existentes	Recopilación de data de las actuales rutas. Análisis de rutas existentes	PDYOT actualizado		2000
Analizar puntos de mayor congestión vehicular	Determinar los puntos de la ciudad de mayor congestión vehicular	Cartografía de la ciudad actualizada		3000
Analizar posibles rutas alternas	Realizar un estudio de cuáles serían las rutas óptimas.	Mapas con las rutas de la ciudad actualizados	EPM Ibarra	2000
Realizar estudio de viabilidad	Realizar un estudio en el cual se obtenga una eficiencia alta.			
Socializar rutas alternas	Capacitación a la ciudadanía	Documento en el cual se detalle las nuevas rutas con sus respectivas paradas		5000
Diseñar rutas alternas	Diseño de las nuevas rutas de la ciudad			100000
Total				**112000**

Tabla 20

Implementación de un porcentaje de las unidades de transporte de buses por vehículos menos contaminantes.

NOMBRE DEL PROYECTO	Implementar un porcentaje de las unidades de transporte de buses por vehículos menos contaminantes.			
ALCANCE	Sector urbano de la ciudad de Ibarra.			
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	**ACTIVIDADES**	**INDICADORES**	**RESPONSABLES**	**PRESUPUESTO**
Realizar estudio	Recopilar información bibliográfica de autobuses eficientes	Contratos de trabajo para los conductores de los autobuses adquiridos	EPM Ibarra	2000
Capacitar a los transportistas	Acercamiento con las autoridades			3000
Realizar estudio de viabilidad	Realizar estudios técnicos			
Realizar presupuesto	Cotizar buses híbridos o eléctricos	Documentos de garantía		1000
Realizar el proyecto	Presentar el proyecto a las autoridades			10000
Tramitar financiamiento	Acercamiento con entidades de financiación	Pagos a la entidad financiera		2000
Realizar compra	Adquisición de autobuses eléctricos			2000000
Implementar	Implementación autobuses eléctricos o híbridos a la flota	Documentos de propiedad de los buses eléctricos adquiridos		
TOTAL				2018000

Tabla 21

Implementar un porcentaje de las unidades de transporte de taxis por vehículos menos contaminantes.

NOMBRE DEL PROYECTO	Implementar un porcentaje de las unidades de transporte de taxis por vehículos menos contaminantes.
ALCANCE	Sector urbano de la ciudad de Ibarra.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	INDICADORES	RESPONSABLES	PRESUPUESTO
Realizar estudio de viabilidad	Recopilación bibliográfica de vehículos eficientes	Contratos de trabajo para los conductores de los taxis adquiridos	EPM Ibarra	2000
Capacitar a los transportistas	Acercamiento con las autoridades			3000
Investigar que vehículo eléctrico o hibrido sería el óptimo para la ciudad	Realizar estudios técnicos			1000
Realizar presupuesto	Cotizar vehículos híbridos o eléctricos	Documentos de garantía		1000
Realizar proyecto	Presentar el proyecto a las autoridades			20000
Tramitar financiamiento	Acercamiento con entidades de financiación	Pagos a la entidad financiera		2000
Realizar compra	Adquisición de vehículos eléctricos	Documentos de propiedad de los taxis eléctricos adquiridos		750000
Implementar unidades	Implementación vehículos eléctricos o híbridos			
	TOTAL			779.000,00

Tabla 22

Implementación del uso del 2% de biodiesel en una mezcla de Diesel para el uso de combustible de los buses.

NOMBRE DEL PROYECTO	Implementación del uso del 2% de biodiesel en una mezcla de Diesel para el uso de combustible de los buses.			
ALCANCE	Sector urbano de la ciudad de Ibarra			
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	**ACTIVIDADES**	**INDICADORES**	**RESPONSABLES**	**PRESUPUESTO**
Capacitar a los transportistas de las ventajas del uso del biodiesel.	Acercamiento con las autoridades Plan de capacitación Revisión bibliográfica		EPM Ibarra	2000
Analizar la materia prima óptima para la elaboración del biodiesel	Análisis de materia prima ideal			5000
Diseñar una planta de producción de biodiesel para uso del transporte público en la ciudad de Ibarra	Cotización de máquinas y equipos necesarios	Documentos con los precios de maquinaria. Planos de la planta		70000
Analizar la cantidad exacta de biodiesel que se colocará en los buses	Esquematización y diseño de la planta	Infraestructura de la planta		5000
TOTAL				82.000,00

Tabla 23

Implementación de asfalto fotocatalítico en puntos estratégicos de la ciudad de Ibarra.

NOMBRE DEL PROYECTO	Implementación de asfalto fotocatalítico en puntos estratégicos de la ciudad de Ibarra.			
ALCANCE	Sector urbano de la ciudad de Ibarra.			
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	**ACTIVIDADES**	**INDICADORES**	**RESPONSABLES**	**PRESUPUESTO**
Realizar estudio sobre el asfalto fotocatalítico	Revisar información sobre las ventajas de los adoquines fotocatalíticos	Planos de la ciudad	EPM Ibarra	1000
Analizar lugares estratégicos	Indicar puntos estratégicos de la ciudad donde exista mayor contaminación	Documentos con los precios del asfalto		3000
Realizar presupuesto	Cotizar material	Mantenimiento		1000
Adquirir asfalto fotocatalítico	Comprar adoquines fotocatalíticos	Contrato de compra		4000000
Implementar	Colocar asfalto en las calles de la cuidad	Mano de obra		1000000
TOTAL				5.005.000

Tabla 24

Implementación de un filtro para capturar los gases emitidos por los buses.

NOMBRE DEL PROYECTO	Implementación de un filtro para capturar los gases emitidos por los buses			
ALCANCE	Sector urbano de la ciudad de Ibarra			
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	**ACTIVIDADES**	**INDICADORES**	**RESPONSABLES**	**PRESUPUESTO**
Analizar qué tipo de filtro podrían incorporar los buses	Revisión bibliográfica	Listado de filtros	EPM Ibarra	1000
Realizar un presupuesto	Investigar sobre los diferentes filtros que existen	Controles Mantenimiento		1000
Analizar el beneficio ambiental	Realizar la cotización de los filtros	Facturación de repuestos		3000
Adquirir filtros	Comprar filtros			
Implementar filtros	Implementar los filtros en los buses			5000
	TOTAL			10000

Tabla 25

Aumentar las horas de servicio de los buses en la ciudad de Ibarra

NOMBRE DEL PROYECTO	Aumentar las horas de servicio de los buses en la ciudad de Ibarra			
ALCANCE	Sector urbano de la ciudad de Ibarra.			
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	**ACTIVIDADES**	**INDICADORES**	**RESPONSABLES**	**PRESUPUESTO**
Capacitar a los transportistas de las ventajas de ampliar las horas de servicio	Revisión de literatura Realizar capacitaciones a los transportistas	Contratos de trabajo	EPM Ibarra	2000
Socializar a la ciudadanía	Realizar socialización a la ciudadanía	Registro de personal		5000
Realizar encuestas	Encuestar a la ciudadanía			
Realizar pruebas	Realizar pruebas algunos días para ver si hay respuesta de la ciudadanía	Sueldos a los conductores		5000
Implementar	Implementar nuevos horarios			2000
	TOTAL			14000

Tabla 26

Establecer un sueldo a los choferes de los buses urbanos de la ciudad de Ibarra

NOMBRE DEL PROYECTO	Establecer un sueldo a los choferes de los buses urbanos de la ciudad de Ibarra			
ALCANCE	Sector urbano de la ciudad de Ibarra			
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	**ACTIVIDADES**	**INDICADORES**	**RESPONSABLES**	**PRESUPUESTO**
Socializar la propuesta	Acercamiento con las autoridades Socializar propuesta	Registro Contratos de trabajo	EPM Ibarra	1000
Establecer el sueldo	Acordar con los transportistas el sueldo optimo	Presupuesto		2000
Cancelar sueldos	Cancelar los sueldos mes a mes	Facturación de sueldos		150000
	TOTAL			153.000,00

Tabla 27

Restructuración del sistema actual del transporte público urbano de la ciudad de Ibarra.

NOMBRE DEL PROYECTO	Restructuración del sistema actual del transporte público urbano de la ciudad de Ibarra.			
ALCANCE	Sector urbano de la ciudad de Ibarra.			
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	**ACTIVIDADES**	**INDICADORES**	**RESPONSABLES**	**PRESUPUESTO**
Analizar el sistema actual	Recopilación de data	PDYOT actualizado		2000
	Recopilación bibliográfica de otros países			
		Data actualizada		
Determinar las falencias del servicio actual	Estudio de falencias del sistema actual de transporte urbano			3000
		Informes		
Realizar estudios técnicos	Analizar en estado de las vías		EPM Ibarra	
	Analizar las rutas	Estudios técnicos actualizados de la ciudad		20000
Tomar en cuenta propuestas	Analizar la semaforización de la ciudad			
	Analizar las paradas			
Socialización	Acercamiento			2000
Diseñar proyecto de movilidad sostenible	Realizar un plan de movilidad sostenible	Plan de Movilidad Sostenible		8078000
	TOTAL			8087000

Tabla 28

Implementación del Sistema Inteligente de Transporte (SIT) priorizando la salud pública

NOMBRE DEL PROYECTO	Implementación del Sistema Inteligente de Transporte (SIT) priorizando la salud pública.			
ALCANCE	Sector urbano de la ciudad de Ibarra.			
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	**ACTIVIDADES**	**INDICADORES**	**RESPONSABLES**	**PRESUPUESTO**
Analizar el sistema actual	Recopilación de data Recopilación bibliográfica de otros países	PDYOT actualizado		10000
Determinar las falencias del servicio actual	Estudio de falencias del sistema actual de transporte urbano	Data actualizada Informes		5000
Diseñar un Sistema Inteligente de Transporte	Elegir comité promotor y equipo responsable Identificación de actores y potenciales usuarios Concreción de los objetivos del SIT y delimitaciones Identificación de la información a incluir en el SIT Definición de la estrategia tecnológica a seguir	Estudios técnicos actualizados de la ciudad	EPM Ibarra	10000
Socialización	Elaboración del plan de trabajo y cronograma de actividades Capacitación a los usuarios			10000
Implementación SIT	Construcción de la plataforma SIT	Plan de Movilidad Sostenible		15000000
	TOTAL			15035000