

**Proyección de las rutas de recolección de basura
necesarias para cubrir el crecimiento urbanístico de
Envigado**

Luis Santiago Pérez Echeverry

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Industrial de la EIA**

Ph.D. Aquiles Ocampo González



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
ENVIGADO**

2013

A mis padres.

No se es, sin la voluntad inquebrantable de la madre; no se es más sin la magistral guía del padre.

Agradecimientos

Es bastante difícil escribir a todas las personas que han puesto de su parte, directa o indirectamente, para que sea hoy la persona que soy; no considero justo agradecer solo a quienes me han formado intelectualmente pues creo que esa dimensión del ser es incapaz de describir a una persona en su totalidad.

Quiero agradecer a mis maestros, especialmente porque he llegado a considerarlos como amigos y así mismo quiero agradecer a mis amigos, pues también son unos excelentes maestros.

Quiero agradecer, muy especialmente, al grupo de maestros de Ingeniería Industrial; a Jorge Sierra, director de dicha disciplina, quien a lo largo de estos años me ha brindado una ayuda inmensa y sin su ayuda muchos inconvenientes pudieron haber frustrado el logro de innumerables objetivos. De igual manera quiero hacer extensivo mi agradecimiento al personal del departamento de planeación de la Ciudad de Envigado, gracias a ellos fue posible realizar este trabajo.

A la Escuela de Ingeniería de Antioquia, pues el espíritu que irradian sus pasillos y aulas de clase me ha inspirado a lo largo de los semestres.

A mis compañeros de clase, quienes han sembrado en mi muchos de las semillas que recogeré en el futuro.

A mi compañera, amiga, maestra, cómplice; muchas gracias por siempre tenderme una mano durante estos años y por ser quien eres y la persona quien eres.

Pero hay un grupo de personas a quien no agradecer sería un delito, a mi familia. Gracias a ellos soy absolutamente todo lo que soy y no importa si se escriben más páginas de agradecimiento a ellos que las que hay en esta tesis o en cualquiera de ellas, es imposible describir con palabras lo que ellos han hecho por mí y es sencillamente imposible expresarles mis profundos agradecimientos.

A mi Padre y Madre gracias infinitas; por los esfuerzos, por los días y las noches de trabajo y todo el sacrificio

Contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Preliminares.....	12
Problema.....	12
Contexto y caracterización del problema	12
Formulación del problema	13
Antecedentes.....	13
Justificación	15
Objetivos del proyecto	16
Objetivo General:.....	16
Resultados y productos esperados del proyecto.....	16
Marco de referencia.....	16
Técnicas de pronóstico:	18
Procedimiento o Diseño metodológico	19
Desarrollo del proyecto	20
Variables en cambio:.....	20
Tablas y cálculos.....	24
Análisis simultáneos	38
Análisis de regresión	38
Análisis de correlaciones.....	40
Pronóstico paralelo.....	43
Muestreo piloto y modelo de simulación	45
Resultados de prueba piloto.....	45
Propuestas de ruteo para la ciudad según pronósticos.....	52
Propuesta 1.....	53

Propuesta 2.....	54
Conclusiones y consideraciones finales	56
Bibliografía.....	59
Enlaces relacionados	60
Anexos.....	61
Anexo 1: regresión	61
Anexo 2 descriptivas	64
Anexo 3 propuesta anterior	65
Anexo 5 numeración piloto	67

Lista de Tablas

	pág.
tabla 1.Datos básicos Envigado	23
tabla 2.Cálculo Kg-día habitante	25
tabla 3.Proyección inicial de población	26
tabla 4.Criterio #1 asignación % de participación	30
tabla 5.Criterio #2 asignación % de participación	31
tabla 6.Pronóstico basuras por barrio	31
tabla 7.Datos para regresión	37
tabla 8.Estadísticas de la regresión	37
tabla 9.Correlación habitantes-índice de pesos por barrio	38
tabla 10. Correlación habitantes-Kg.día por habitante.....	39
tabla 11. Correlación densidad de población-Kg.día por habitante	40
tabla 12.Pronóstico paralelo.....	42
tabla 13. Muestreo prueba piloto.....	43
tabla 14.Muestreo por nodos.....	43
tabla 15. Datos de entrada al modelo de simulación	44
tabla 16.Módulo lunes-jueves.....	50
tabla 17.Módulo martes-viernes.....	51
tabla 18.Módulo miércoles-sábado	51
tabla 19.Resumen necesidades de capacidad 1	54
tabla 20. Módulo lunes-jueves 2.....	54
tabla 21. Módulo martes-viernes 2.....	55
tabla 22. Módulo miércoles-sábado 2	56
tabla 23. Resumen necesidades de capacidad 2	56
tabla 24. Capacidad instalada 1	58
tabla 25. Capacidad instalada 2.....	59

Lista de Gráficas

gráfica 1.Población hasta 2012	27
gráfica 2.Incremento población hasta 2012	27
gráfica 3.Población proyectada 2013-2020.....	28
gráfica 4. Incremento población proyectada 2013-2020.....	28
gráfica 5.Delta de incremento	29

Lista de Anexos

anexo 1.Regresión	54
anexo 2.Descriptivas	56
anexo 3.Propuesta anterior	57
anexo 5. Numeración piloto.....	61
anexo 4. Imagen muestreo de nodos.....	30

Lista de Imágenes

Imagen 1.Cambios en la clasificación del suelo	32
Imagen 2.Clasificación del suelo.....	33
Imagen 3.Densidad de suelo en expansión	34
Imagen 4.Densidades urbanas	35
Imagen 5.Barrios de Envigado	36

Resumen

En un mundo en constante crecimiento se hace necesario, desde cualquier perspectiva, estar preparado para afrontar una gran variedad de dificultades derivadas del mismo cambio que he expresado, de igual manera dicho crecimiento puede traer nuevas oportunidades y presentar nuevos retos tanto a personas como organizaciones y estados.

Usualmente, como en la naturaleza, quien sobrevive es quien se adapta más rápido y mejor al entorno variante en el que se desenvuelve y esto aplica, indistintamente, a cualquier tipo de organización e individuo. Particularmente quiero traer a colación el caso de las empresas que prestan servicios a usuarios, es decir, empresas cuyo fin es servir a una comunidad en especial y que normalmente se encuentran estrechamente relacionadas con la administración pública, dichas organizaciones ¿A qué tipo de cambio se enfrentan?. En nuestro país normalmente las empresas estatales e incluso las de configuración mixtas tienen poca competencia en sus respectivos ramos, debido en gran parte a las condiciones del mercado, lo que favorece su normal desarrollo pero a la vez hace que sobre ellas recaiga una grandísima responsabilidad: abastecer a toda costa a la población, sea cual fuere su producto o servicio.

Dichas compañías se enfrentan a lo que considero es el núcleo...el génesis mismo del cambio y es al aumento de la demanda provocado por un aumento en la población. Se hace entonces totalmente necesario para dichas empresas poseer un sistema de operaciones supremamente maduro, desarrollado, que opere en condiciones muy eficientes buscando siempre optimizar su operatividad para así poder garantizar el cumplimiento del servicio a la totalidad de sus demandantes.

Es posible notar que dichas empresas prestadoras de servicios en la región (de carácter público) son bastante masivas dado que los motivos antes mencionados les permiten serlo, pero dicha situación representa para ellas un reto de enormes proporciones y es el de monitorear poblaciones enteras, rara vez menores al millar de individuos; dicha demanda tan masiva hace necesario tener sistemas de información, operación, administración, estratégicos y de análisis muy tecnificados y a su vez es necesario contar con información precisa, oportunamente, para poder gestionar, afrontar y superar los retos que se presentan gracias a los cambios que ocurren normalmente en lapsos de tiempos bastante cortos.

En este orden de ideas este trabajo presenta una propuesta, no solo de mejora, sino de actualización a un tipo específico de modelo de gestión operativa con el fin de adelantarse de la mejor manera posible a los próximos retos que se encontrarán al momento de satisfacer una demanda representada buscando en la medida de lo posible recopilar la información de mejor calidad para así poder presentar un resultado lo más cercano al óptimo del proceso permitido por las condiciones de los sistemas envueltos en los procesos asociados a la recolección de basuras en la ciudad de Envigado.

Palabras clave: pronóstico, demanda, cambio, población, operación, actualización, basuras.

Abstract

In a world of constant growth it is necessary, from any perspective, to be prepared to face different issues arising from the same change that I mentioned, likewise growth can bring new opportunities and offer new challenges for individuals, organizations and states.

Usually, as in nature law, survivors are the ones who are able to adapt themselves faster and better to their own changing environment and this situation is also relevant for any kind of organization and human being. I would like to emphasize especially, on services sector companies' case, companies oriented to community service and usually related to public administration. What kind of changes are they facing? Due to the market conditions, in our country, frequently state-owned and mixed public and private firms have a low competency level within their respective areas. This situation allows their normal development but at the same time oblige them to assume a big responsibility: provide at any cost all kind of products and services to the people.

Those companies are facing what I call the core... the genesis of change and that is the demand increase due to population growth. It becomes absolutely essential for them to count on a fully mature developed operation system, acting in very efficient conditions always looking for operatively optimization in order to achieve service to customer objectives.

These regional public sector service providers are large enough that the reasons given above allow them to be, but this situation is for them a tremendous challenge consisting in monitoring entire populations, usually bigger than a thousand individuals. Information systems, operation, management, strategic and very technically advanced analysis are needed by such a massive demand and also to count on accurate information, in order to manage and overcome challenges based on changes that happened during short period of times.

This project presents a proposal, not only to improve, but also to update a specific type of operational management model in order to get ahead, in the best possible way, to the next challenges to be faced at the time to satisfy a represented demand looking for the information collection in order to present a result as close as possible to the best process allowed by the systems involved in the processes associated with waste recollection in the city of Envigado.

Keywords: forecasting, demand, change, population, operation, update, waste.

Introducción

Este trabajo de grado tiene la finalidad de actualizar, para los próximos 5 años, lo que podría llamarse un modelo de gestión ya existente desarrollado por la Escuela de Ingeniería de Antioquia para una empresa pública cuya función es la de gestionar la recolección de residuos sólidos en la ciudad de Envigado, Antioquia.

Para llevar a cabo dicha actualización fue necesario realizar un pronóstico del incremento en la población en cada uno de los barrios de dicha ciudad para luego presentar una propuesta de rutas de recolección basada en la solución que anteriormente se había presentado; lo anterior se hizo pensando en la congruencia y consistencia de ambos resultados (nuevo y anterior) así como de la metodología usada en el primer caso. Considero importante llevar un desarrollo similar en los trabajos puesto que la idea central del presente trabajo es actualizar dicho resultado y no modificarlo en su estructura más básica.

Si bien el presente trabajo es de un carácter bastante técnico, los datos con los que se efectuaron las aproximaciones son la recopilación de una serie de entrevistas y asesorías con personas extremadamente experimentadas y con una trayectoria considerablemente larga en la ciudad de Envigado, dichas personas conocen bastante bien los comportamientos que tiene y ha tenido la ciudad por más de 20 años y considero que son las personas más indicadas para desarrollar un trabajo en el que se pueda tener una aproximación razonable a lo que sucederá en el futuro cercano en dicha ciudad; los nombres de las personas no serán referenciadas en este trabajo pero sí los documentos que han desarrollado estos en el normal transcurso de su labor, documentos que fueron la base principal para la elaboración del presente trabajo de grado.

Se intentará desarrollar el trabajo de la manera más amena posible para quien esté interesado en entender que fue lo que se realizó y cuál fue el procedimiento para lograrlo pueda asimilarlo en el menor tiempo posible; se utilizarán entonces una gran cantidad de gráficos y tablas para representar los resultados obtenidos con el fin de minimizar el texto pero sin perder las calidades y cualidades que un trabajo de rigor requiere.

El uso de Microsoft Excel fue extensivo a la hora de desarrollar este trabajo y por consiguiente se presentarán tablas y contenidos derivados de dicho software. Algunos análisis estadísticos bastante sencillos fueron desarrollados por algoritmos bastante conocidos implementados en el Excel como regresiones y correlaciones de datos. Finalmente se presentarán comparaciones entre las propuestas generadas en el primer informe a la empresa de recolección de residuos y las que se han obtenido en este informe y se dará a conocer el resultado obtenido por el algoritmo implementado en el trabajo del cual partió el presente trabajo con los datos que resultaron del pronóstico de los pesos de la basura para una muestra determinada de la ciudad de Envigado.

Preliminares

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Problema

Contexto y caracterización del problema

El continuo cambio en la tecnología, las costumbres sociales, la población y muchas otras variables obligan a las pequeñas medianas y grandes urbes además de las empresas a adaptarse en horizontes de tiempo mucho más angostos.

En un mundo continuamente creciente, la importancia de tener una cadena operativa con un óptimo desarrollo de gestión es más que fundamental; en Colombia solo en los últimos años los diferentes sectores productivos, que en el pasado no fueron muy masivos e influyentes pero no menos importantes, se han puesto en la tarea de mejorar sus procesos de operación. Dado que Colombia también hace parte de dicho “crecimiento mundial” muchas organizaciones han empezado a quedar rezagadas frente a las nuevas y crecientes necesidades de la población y/o frente al desarrollo de otras organizaciones.

Para nadie es un secreto que los problemas causados por el crecimiento desmedido de la población se están volviendo incontrolables e inmensurables, uno de estos problemas y tal vez uno de los que necesita una solución más rápida es el manejo de los residuos sólidos en las grandes, medianas y hasta pequeñas ciudades.

Algunas de las ciudades en Colombia cuentan con empresas dedicadas a gestionar el problema de los residuos sólidos que tanto preocupa a los gobernantes pero que todavía no tiene acogida suficiente entre la población, este factor contribuye a que las empresas locales de aseo se vean retadas a cumplir cada día su cometido.

Dado que el crecimiento demográfico tiene un comportamiento exponencial, se comienzan a desarrollar patrones de desarrollo urbanístico con las mismas características, dicho crecimiento urbanístico trae consigo un aumento proporcional en el volumen de desechos. Tal crecimiento acelerado impide que los modelos desarrollados para optimizar el ruteo de la operación empresarial se desactualicen hasta el punto de ser obsoletos.

Envigado es una comunidad social del Valle de Aburrá, asentada al sur-oriente de este ámbito geográfico a una altura de 1775 msnm (en la cabecera del municipio), tiene una población de alrededor de 200.000 habitantes y cada uno de ellos tiene un índice de producción de residuos sólidos de 0,72 Kg/día. El municipio de Envigado produce 52.061 toneladas de residuos sólidos ordinarios al año (recolectado y dispuesto en el CIS el Guacal) y unos residuos sólidos aprovechables de 1.307 toneladas anuales; esta situación ha generado un interés por investigar y desarrollar mejores soluciones de recolección de residuos sólidos en vista de que la población y la cantidad de hogares tienden a crecer a un ritmo acelerado (Municipio de Envigado)

Formulación del problema

Aunque se consideran modelos de optimización para las rutas de transporte para el Municipio de Envigado, estos modelos tienden a desactualizarse rápidamente y de esta manera quedan retrasados a la hora de ser aplicados (por decirlo de alguna manera) en un horizonte de tiempo muy cercano, produciendo ineficiencias operativas en el sistema.

El incremento actual en los centros urbanos representa un problema para muchos sectores industriales, en el caso de Envigado, la recolección de residuos genera un foco de trabajo muy amplio lo que representa un problema operativo de gran magnitud si no se gestionan continuamente los métodos empleados para la operación normal de la recolección de residuos del Municipio.

Antecedentes

Desde la primera formulación de Problemas de Ruteo de Vehículos una gran cantidad de métodos han sido propuestos para su resolución (Olivera, Heurística para Problemas de Ruteo de Vehículos, 2004). Desde hace más de cuarenta años se ha realizado un considerable esfuerzo por resolver este tipo de problemas, en 1959 (Dantzig y Ramser) formularon por primera vez el problema para una distribución de gasolina, algunos años después, Clarke y Wright propusieron el primer algoritmo que resultó efectivo para su resolución: el Algoritmo de Ahorros (Ibídem).

A grandes rasgos, un Problema de Ruteo de Vehículos consiste en, dado un conjunto de clientes y depósitos dispersos geográficamente y una flota de vehículos, determinar un conjunto de rutas de costo mínimo que comiencen y terminen en los depósitos, para que los vehículos visiten a los clientes. Las características de los clientes, depósitos y vehículos, así como diferentes restricciones operativas sobre las rutas, dan lugar a diferentes variantes del problema. (Olivera, Heurística para Problemas de Ruteo de Vehículos, 2004)

Luego de estos trabajos la investigación en el ruteo de vehículos ha incrementado exponencialmente; este crecimiento se ha expresado en modelos que intentan imitar mejor a la realidad y también en modelos que resuelvan los problemas de una manera más eficiente.

Creo que dichos modelos deben su éxito, en gran medida, al desarrollo progresivo de la informática y la computación; el poder de los medios anteriormente mencionados asociado con el costo cada vez más favorable para su consecución ha permitido acortar los tiempos de ejecución de los algoritmos.

Con el desarrollo de estos modelos se generaron ahorros significativos en la operación los cuales justifican el uso de la investigación operativa para facilitar la planeación (se estima que el costo de transporte es equivalente a un porcentaje entre el 10% y 20% del costo de los bienes) (Dantzig y Ramser).

En la actualidad, la atención se ha centrado más y más en el uso de métodos de optimización combinatoria, debido a la complejidad de estos problemas en la obtención de soluciones óptimas en tiempo polinomial. Estas técnicas se dividen en técnicas de optimización local convencional (heurísticas) y técnicas de optimización local inteligente (metaheurísticas). A diferencia de un enfoque algorítmico "exacto", un método de

optimización no tiene base matemática formal que lo sustente, es desarrollado más o menos por intuición (Julio Mario Daza, Jairo R. Montoya, Francesco Narducci, 2009).

Las cargas de gran tamaño y peso son usualmente transportadas adoptando un enfoque multimodal. Todo depende de los lugares en que las cargas son producidas y utilizadas. La ruta para transportar carga pesada es usualmente evaluada y diseñada individualmente. Por lo tanto es importante el desarrollo de un instrumento para hacer una evaluación objetiva de toda la ruta para transportar dicha carga (Petraška, 2012)

El desarrollo de los sistemas de información geográfica ha pasado de ser simplemente útil para convertirse en un factor muy importante para lograr una buena interacción de los modelos y algoritmos con quienes realizan la planificación de dichos modelos.

Los sistemas de información geográfica no sólo han de entenderse como herramientas de adquisición, almacenamiento, manipulación, y representación de datos espaciales, sino como parte integrante de una ciencia inmersa en una sociedad, en los manipuladores de esos instrumentos y, también, como la capacidad que tienen también para transformar el mundo en el que vivimos. (Morera, 1995)

El potencial de aplicaciones de los SIG se diversifica en: biología, energía e infraestructura, planeación urbana y regional, monitoreo ambiental y geografía física, transportación y logística (Luna, 2010).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) representan nuevas formas para realizar estudios de hábitat debido a la gran variedad de herramientas que contienen, las cuales permiten manipular, procesar, analizar y relacionar grandes volúmenes de datos dentro de un componente espacial asociado. Así mismo, permiten la aplicación de métodos y análisis estadísticos y matemáticos para tener una visión más aproximada a la realidad de las variables a considerar en diversos estudios (Vera).

Es totalmente relevante el estudio e integración de técnicas de pronóstico en el presente trabajo dado que el objetivo a alcanzar está ligado profundamente con la predicción de eventos en un horizonte de tiempo cercano. Existen muchos autores que han sintetizado su obra en libros y publicaciones pero en el presente documento se referenciará únicamente las bases o propósitos que se tienen, generalmente, con el desarrollo de los pronósticos.

Los pronósticos se establecen a fin de guiar las decisiones en una diversidad de campos. Para desarrollar una percepción de la inmensa diversidad que hay en las aplicaciones de los pronósticos mencionaremos algunas de sus aplicaciones: Planeación y control de operaciones, mercadotecnia, economía, especulación financiera, administración del riesgo financiero, planeación de la capacidad, presupuestos, demografía. (Nacional)

Los demógrafos pronostican de forma rutinaria y con detalle, las poblaciones de países y regiones en todo el mundo. Los pronósticos de poblaciones son fundamentales para planear gastos gubernamentales en cuidado de la salud, infraestructura, seguridad social, asistencia social, etc. (Nacional)

Justificación

El mundo se encuentra enfrascado en el destino, tal vez inevitable, de una problemática crónica de contaminación, cualquier aporte, por pequeño que fuere, es necesario para mitigar los efectos de dicha contaminación.

En nuestro país las buenas prácticas ambientales son actividades que no son ampliamente practicadas a lo largo del territorio, solamente en los grandes centros urbanos y en algunos de estos mismos, más pequeños, pero muy “juiciosos” existen iniciativas emprendedoras y a apasionadas por el desarrollo particular de esta temática lo que hace interesante que una compañía muestre especial interés en el tema y lo que a su vez hace del presente trabajo una motivación personal importante.

Actualmente la planificación de operaciones en este tipo de empresas es de un gran componente empírico e intuitivo lo que se presta para que exista una gran oportunidad para sistematizar y optimizar dichas operaciones.

Dado que la operación de recolección de residuos sólidos es netamente logística, desarrollos y mejoras en la cadena de servucción muy seguramente representen ahorros bastante significativos, los cuales pueden ser invertidos en desarrollo tecnológico regional (en materia de tecnología útil para la Ciudad) lo que se verá traducido en mejores prácticas y más eficientes de disposición de residuos sólidos y en mejor calidad de vida para las personas.

Como fue dicho anteriormente esos potenciales ahorros justifican en gran medida la utilización de técnicas de Investigación Operativa como facilitadoras de la planificación, dado que se estima que los costos del transporte representan entre el 10% y el 20% del costo final de los bienes.

La realización de éste proyecto da pie a que demás Municipios y empresas de recolección de residuos sólidos comiencen a tomar como suyas las buenas practicas operativas y a hacer de su servicio uno mucho más óptimo para así contribuir con pasos más firmes al desarrollo sostenible de nuestras urbes y al cuidado de la sostenibilidad en el futuro.

Desde el punto de vista personal, estoy convencido de que la realización del proyecto traerá para mi gran cantidad de beneficios; como convicción propia, siento una responsabilidad por aportar al desarrollo, pero haciendo de este uno sostenible y creo profundamente que el logro de los objetivos propuestos en el presente trabajo contribuirá, en alguna medida, a estabilizar las graves problemáticas actuales de manejo de residuos y por consiguiente de contaminación ambiental. He decidido realizar el proyecto sin compañía de algún compañero pues deseo probar mis habilidades investigativas para así poder identificar mis propias falencias y de esta manera poder tomar acciones al respecto para mejorar en el ámbito del ser (persona, estudiante, etc.)

El desarrollo de este proyecto podrá aportarme competencias técnicas que muy probablemente sean necesarias a lo largo de mi carrera profesional, y que además van alineadas con mi proyecto de vida; el ejercicio de la modelación y la simulación junto con el desarrollo de modelos de esta clase, serán una manera óptima de aprendizaje teórico-práctico que en cualquier sector de la industria serán de gran utilidad

Objetivos del proyecto

Objetivo General:

Actualizar un modelo para la proyección de las rutas de recolección de residuos sólidos en el Municipio de Envigado para un horizonte de cinco años.

Objetivos Específicos:

- Determinar los ajustes que deben hacerse al modelo actual cuando haya un aumento de los usuarios del servicio
- Identificar restricciones parciales del modelo y determinar cuáles tienen posible solución y cuáles de ellas definitivamente son inherentes al modelo
- Identificar la proyección requerida para la operación en los próximos cinco años
- Incluir los datos de las proyecciones en el modelo

Resultados y productos esperados del proyecto

Al finalizar el proyecto patentado en este documento, se tendrá un informe en el cual se especifiquen cuáles fueron, en última instancia, los ajustes que deben hacerse al modelo desarrollado cuando ocurra un aumento, o cambio, de los usuarios del servicio.

También se habrán identificado las restricciones del modelo (parciales) y se determinará a cuáles de ellas se les pudo dar solución y cuáles fueron imposibles de eliminar del modelo, se especificará además porqué dichas restricciones fueron de imposible solución.

De igual manera, se identificará cuál debe ser la proyección requerida para que la operación de recolección de residuos sólidos urbanos ordinarios en el Municipio de Envigado sea lo más eficiente posible en un horizonte de tiempo cercano (cinco años)

Al finalizar el proyecto se incluirán los datos de las proyecciones al modelo para actualizarlo, dichos datos se incluirán en el informe entregado como respaldo final del proyecto y se presentará el modelo respectivo y los datos arrojados por este.

Marco de referencia

Metodología de ruteo de vehículos enmarcada en:

El problema del agente viajero:

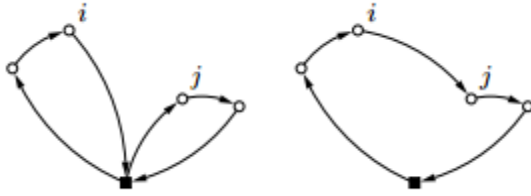
Éste problema puede considerarse como la base para el resto de formulaciones actuales, en el Problema del Agente Viajero (o TSP por Travelling Salesman Problem) se dispone de un solo vehículo que debe visitar a todos los clientes en una sola ruta y a costo mínimo. No suele haber un depósito (y si lo hubiera no se distingue de los clientes), no hay demanda asociada a los clientes y tampoco hay restricciones temporales. (Olivera)

Heurística Clásica para el problema de ruteo de vehículos:

El Algoritmo de Ahorros:

Uno de los algoritmos más difundidos para el PRV es el Algoritmo de Ahorros de Clarke y Wright. Si en una solución dos rutas diferentes $(0, \dots, i, 0)$ y $(0, j, \dots, 0)$ pueden ser combinadas formando una nueva ruta $(0, \dots, i, j, \dots, 0)$ como se muestra en la Figura, el ahorro (en distancia) obtenido por dicha unión es

$$s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij} \quad (2.1)$$



Pues en la nueva solución los arcos $(i, 0)$ y $(0, j)$ no serán utilizados y se agregará el arco (i, j) . En este algoritmo se parte de una solución inicial y se realizan las uniones que den mayores ahorros siempre que no violen las restricciones del *(Olivera)*

Modelación computacional:

Un modelo computacional es un modelo matemático en las ciencias de la computación que requiere extensos recursos computacionales para estudiar el comportamiento de un sistema complejo por medio de la simulación por computadora. El sistema bajo estudio es a menudo un sistema complejo no lineal para el cual las soluciones analíticas simples e intuitivas no están fácilmente disponibles. En lugar de derivar una solución analítica matemática para el problema, la experimentación es hecha con el modelo cambiando los parámetros del sistema en la computadora, y se estudian las diferencias en el resultado de los experimentos. Las teorías de la operación del modelo se pueden derivar/deducir de estos experimentos de computacionales. (José Ignacio Serrano Moreno, 2007)

Simulación Computacional:

Simulación es el desarrollo de un modelo lógico-matemático de un sistema, de tal forma que se obtiene una imitación de la operación de un proceso de la vida real o de un sistema a través del tiempo (Azarang & García Dunna, 1996).

El desarrollo del modelo incluye la construcción de ecuaciones lógicas representativas del sistema y la preparación de un programa computacional. Una vez que se ha validado el modelo del sistema, la segunda fase de un estudio de simulación entra en escena, experimentar con el modelo para determinar cómo responde el sistema a cambios en los niveles de algunas variables de entrada (Ibídem).

Una vez construido, el modelo puede ser modificado de manera rápida con el fin de analizar diferentes políticas o escenarios (Ibídem).

Métodos de solución de algoritmos de ruteo:

Métodos de solución Heurística: buscan explotar la estructura del problema para obtener soluciones en tiempos muy cortos. Entre estos métodos se cuentan el vecino más

cercano (Nearest Neighbor.), los métodos de Inserción y de Ahorros (Villegas Ramirez, 2007).

Métodos de búsqueda local: dado un tour inicial utilizan procedimientos simples que lo modifican ligeramente con el objetivo de disminuir la distancia total recorrida, entre estos los más conocidos son: 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt y Lin y Kernighan. (Villegas Ramirez, 2007)

Métodos de solución meta-heurísticos: son procesos iterativos que guían y modifican las operaciones de un procedimiento heurístico subordinado, para producir eficientemente soluciones de buena calidad. Un meta-heurístico puede manipular una solución completa (o incompleta) y una o varias soluciones en cada una de sus iteraciones. Entre los meta-heurísticos más conocidos se encuentran: recocido simulado, estrategias evolutivas y algoritmos genéticos., Búsqueda tabú, GRASP y Colonia de hormigas. (Villegas Ramirez, 2007)

Métodos Exactos basados en esquemas de enumeración implica junto con relajaciones del problema: Branch and Cut, Branch and Bound. (Villegas Ramirez, 2007)

Ruteo por arcos:

El Problema de Ruteo de Arcos Capacitados (CARP) es un problema de optimización combinatoria que consiste en satisfacer demandas de servicios/productos sobre determinadas calles de una red vial mediante una flota homogénea de vehículos, minimizando el costo total de recorrido involucrado. Ha sido aplicado a casos reales como recolección de residuos, mantenimiento de calles, lectura de medidores eléctricos, entre otros. CARP es un problema de optimización combinatoria de tipo NP-Hard. A tal efecto, en la literatura se han propuesto algoritmos exactos y heurísticas. Los primeros, basados en su mayoría en las técnicas Branch and Bound y Cutting Plane, obtienen soluciones óptimas sobre instancias de datos de tamaño reducido. Los segundos, en general, alcanzan soluciones cercanas a las óptimas y a bajo costo computacional (Martinez, 2011)

Técnicas de pronóstico:

Mínimos cuadrados ordinarios:

El principio del método en observaciones indirectas de mínimos cuadrados es que el sumatorio del cuadrado de los residuos sea mínimo. Al tener un sistema con infinitas soluciones, se busca aquella que haga mínimo $vTPv$ siendo $v = Ax - u$. Esto sucederá cuando un valor de x anule las derivadas parciales de $vTPv$, teniendo de esta manera, un mínimo relativo en dicho punto (Cruces Álvarez)

Máxima verosimilitud:

La idea del estimador máximo verosímil es sencilla de intuir. Un estimador MV de un parámetro desconocido es aquel valor que maximizaría la probabilidad de observar una determinada muestra obtenida suponiendo una serie de hipótesis de partida.

Heurística:

Técnica de la indagación y del descubrimiento. En algunas ciencias, manera de buscar la solución de un problema mediante métodos no rigurosos, como por tanteo, reglas empíricas, etc. (*Española, DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA - Vigésima segunda edición, 2012*)

Logística:

Conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, o de un servicio, especialmente de distribución (Real Academia Española, DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA - Vigésima segunda edición, 2012)

Es de suma relevancia tener en cuenta los conceptos anteriormente mencionados. Todos ellos son de vital conocimiento para desarrollar el presente documento con asertividad.

Optimizar:

Buscar la mejor manera de realizar una actividad (Real Academia Española, DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA - Vigésima segunda edición, 2012)

Programación Lineal Entera:

Mediante un problema de programación lineal entera se pueden modelar situaciones donde se debe minimizar una función lineal sujeta a un conjunto de restricciones, también lineales, donde algunas, o todas, las variables sólo pueden tomar valores enteros. (*Zabala, 2006*)

Procedimiento o Diseño metodológico

- Determinar los ajustes que deben hacerse al modelo actual cuando haya un aumento de los usuarios del servicio:

Se debe, primero, determinar cuándo hubo o habrá un cambio significativo en el aumento de los usuarios del servicio para que se cumpla el objetivo primario del proyecto; se debe determinar luego qué variables del modelo cambian con el incremento en el número de usuarios para luego acercar los valores de dichas variables a los nuevos y más precisos datos.

- Identificar las restricciones del modelo y determinar cuáles son de posible solución y cuáles de ellas definitivamente permanecen en el modelo:

Se debe validar, con el modelo realizado, cuál es el conjunto de restricciones generales asociadas a las variables del modelo, luego se debe analizar cada una de ellas para determinar a cuáles de ellas se les puede dar solución analítica o mediante simulación computacional, de esta forma se podrá hacer del modelo uno más preciso según los cambios del entorno y por consiguiente del número de usuarios.

- Identificar la proyección requerida para la operación en los próximos cinco años:

Se debe recoger información asertiva proveniente de fuentes seguras y verificables y de métodos probados, que resulte esencial, a través de diálogos con personas conocedoras del entorno empresarial de las compañías recolectoras de residuos sólidos, con el fin de determinar de manera precisa cuáles serán los lineamientos y resultados buscados por el trabajo. Se deben usar las técnicas de pronóstico más apropiadas para la obtención de datos del problema los cuales resulten ser precisos para acercar el modelo de una mejor manera a la realidad. Se debe tener en cuenta la información recogida por entidades públicas (Municipio de Envigado, DANE) sobre el crecimiento en el número de habitantes de Envigado durante una ventana de tiempo que permita hacer análisis más precisos.

- Incluir los datos de las proyecciones en el modelo:

Se debe ejecutar el modelo con los datos proyectados para un horizonte de cinco (5) años para que éste arroje, con una seguridad razonable, los datos de un posible marco operacional en el mismo horizonte de tiempo, de esta manera se podrán diseñar estrategias corporativas con más oportunidad y se podrán tomar acciones preventivas o correctivas si es el caso.

Desarrollo del proyecto

VARIABLES EN CAMBIO:

La variable más fuertemente correlacionada con el número de personas en la ciudad es el tonelaje (cantidad-peso) de los desechos producidos en Envigado; dicha variable crece conforme lo hace dicho número de personas.

La variable anteriormente mencionada puede explicar algunas otras que, como resultado del cambio en la población, también varían en el mismo sentido de dicho delta el cual ha sido positivo en todos los años observados en este trabajo. Las otras variables que cambian conforme lo hace la población son:

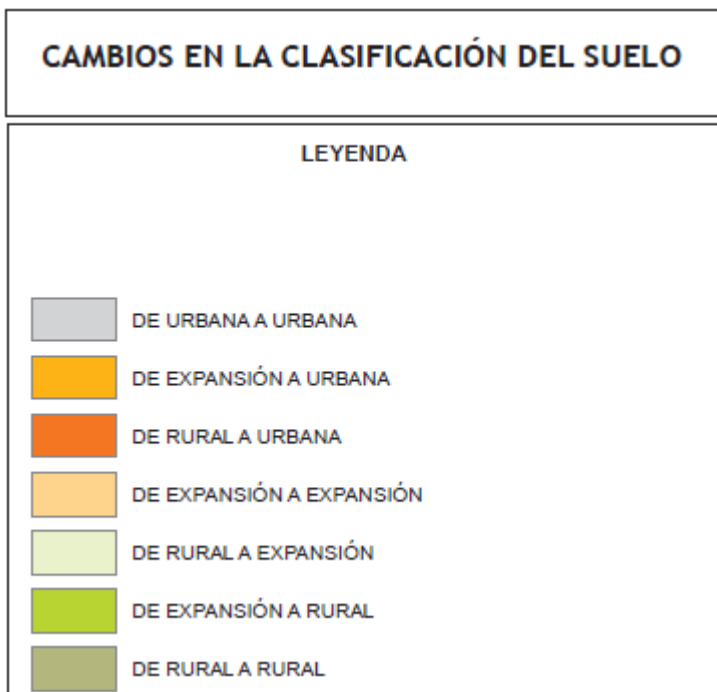
Número de camiones recolectores. Como se ha dicho antes, esta variable puede ser explicada por el incremento en la cantidad-peso de residuos; es importante tener en cuenta el número total de camiones que serán necesarios para poder ejecutar la recolección, de esta forma el modelo podrá ser programado con mayor precisión.

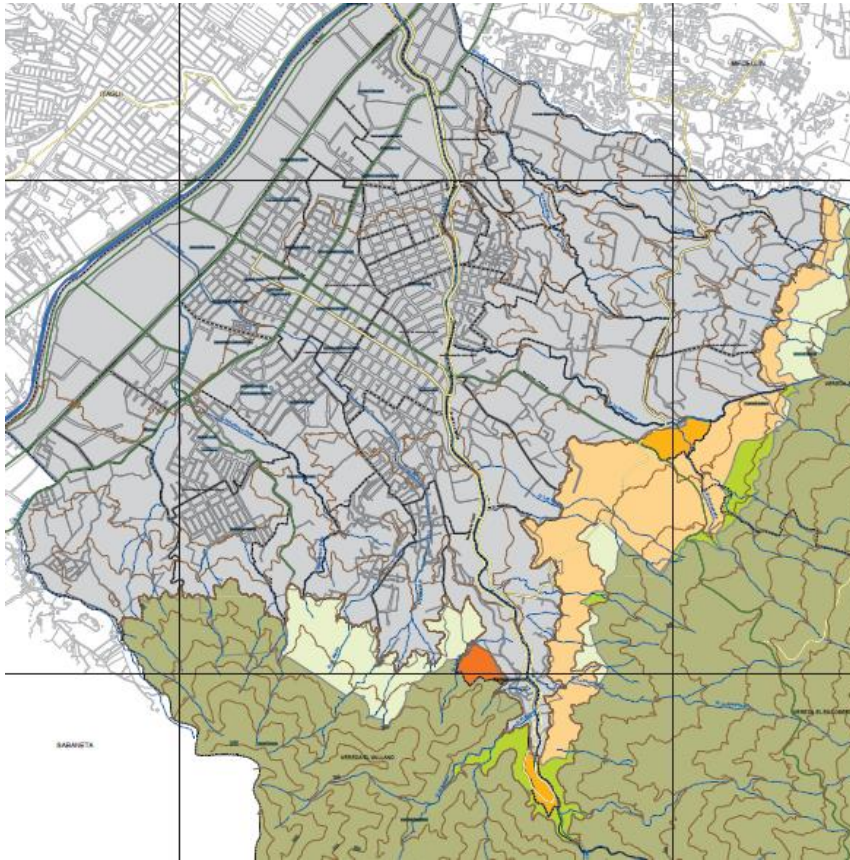
Construcción de vivienda y de locales comerciales. Conforme el aumento de la población cambia el número de viviendas (capacidad de albergar habitantes) aumenta y de igual manera se espera que el comercio tenga el mismo comportamiento, las dinámicas económicas de las ciudades se mueven conforme su población lo haga. Dichos resultados se traducen en una mayor cantidad de desechos sólidos y de esta forma nuestro modelo debe representar dichos cambios con la mayor precisión posible.

Número de puntos de recolección y/o incremento de los existentes. Se espera que el número de puntos de recolección existente se mantenga muy estable, pero es posible y probable que algunos otros puntos de recolección aparezcan conforme se van construyendo unidades residenciales; no es correcto pensar que por cada nueva unidad

aparecerá un nuevo punto de recolección, lo anteriormente dicho es posible pero lo que si es cierto es que al construirse una unidad, sino se crea un nuevo punto, uno ya existente se incrementará dado que lo que en la realidad sucede es que unidades aledañas comparten centros de depósito.







Número de zonas de recolección. Conforme las zonas en donde aún es posible construir desaparecen, nuevas zonas de construcción comienzan a aparecer en la zona urbana del municipio, dichas zonas son, por regla general, el territorio en donde se presentarán mayores incrementos en la construcción y por ende serán los territorios con mayor índice de migración hacia el municipio (desde otros municipios del Área Metropolitana). Los territorios en este tipo de transformación se muestran en la imagen siguiente.

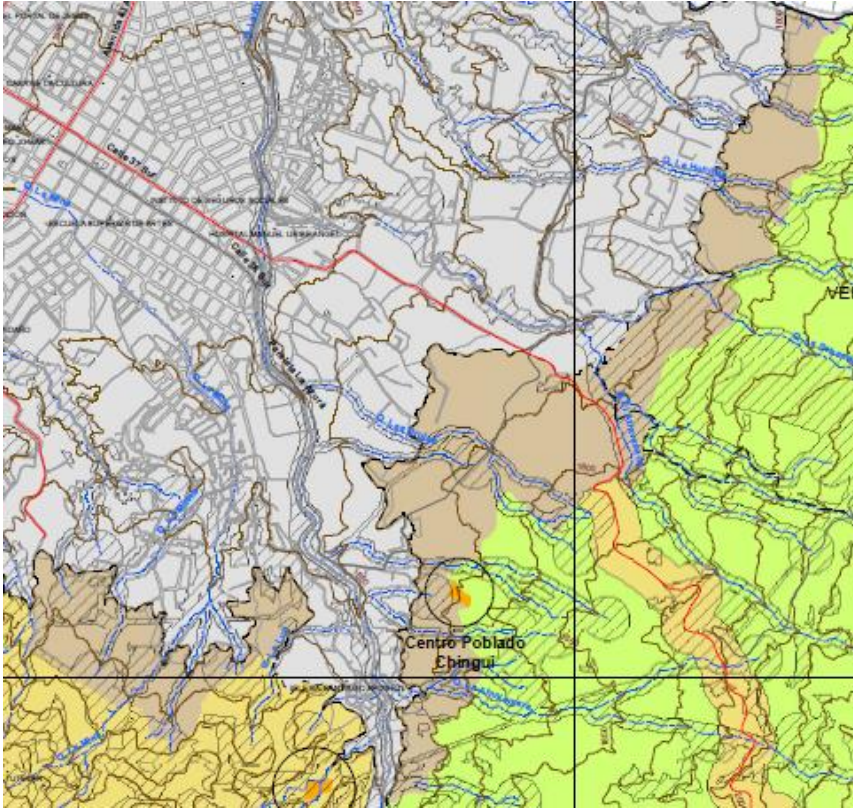




CLASIFICACIÓN DEL SUELO

LEYENDA

-  Suelo de Protección
-  Suelo Urbano
-  Suelo Expansión
-  Suelo Rural
-  Suelo Suburbano
-  Corredores Vial Suburbanos



Dirección de vías. Esta variable es importante tenerla en cuenta a la hora de programar el modelo de ruteo pues el sentido del vector de búsqueda de ruta necesita ser “alimentado”, pero es necesario relajar la exactitud de dicha variable pues las rutas seguidas en la realidad por los camiones recolectores tienen algunas contradicciones con las que le es más “fácil” seguir una ruta óptima a un camión verdadero que a un camión en el modelo.

Número de vías. Eventualmente será necesario abrir una nueva vía para darle acceso a una o varias unidades residenciales o para permitir el desarrollo normal de la ciudad, esta variable no tiene peso en la cantidad-peso de residuos producidos en la ciudad pero sí tiene valor en el modelo pues puede dar paso a soluciones diferentes de ruteo ya que eventualmente podría mejorar o desmejorar el óptimo encontrado.

Variables relajadas:

Peso por lluvia. Número de vías. Dirección de vías. Familias que no usan el sistema Cambio permanente de rutas. Daños en los camiones. Media de basuras constante para el horizonte de tiempo

Tablas y cálculos

La siguiente tabla es la base de partida del pronóstico de población que se quiere efectuar, en ella se pueden ver los datos para el año 2010 asociados con el tamaño de la población, el área total de suelo y el número de viviendas, cada dato se puede ver discriminado por barrio. Así mismo las últimas dos columnas de la tabla se obtuvieron mediante un sencillo cálculo y en estas puede observarse tanto la densidad poblacional como la llamada densidad de infraestructura, discriminadas para cada barrio; los datos presentados en estas columnas fueron calculados, sencillamente, como el número de habitantes dividido entre el área total y el número de viviendas dividido entre el área total.

La columna llamada número de predios (# predios) corresponde a la totalidad de espacios o parcelas registradas ante las curadurías y las notarías, nótese que para cada barrio el número de predios siempre es mayor al número de viviendas ya establecido, más adelante la comparación entre estos datos será un criterio complementario al pronóstico del incremento de la población que como veremos está estrechamente relacionado (correlacionado) con el incremento en el número de desechos sólidos, algo que es sencillo de entender.

Los datos que en particular resaltan son los que siguen:

El total de habitantes de la zona urbana de Envigado son aproximadamente 189000.

Existen aproximadamente 48767 viviendas en dicha zona de la ciudad.

Los barrios urbanos de Envigado tienen una densidad poblacional promedio de 205 habitantes por hectárea (10000 M²)

Datos básicos Envigado

Barrio	Hectareas	Habitantes	Viviendas	#predios	Viv/Hect	Habit/Hect
El chingui	34	2120	729	1415	21,44	62,35
El salado	34	4332	730	1151	21,47	127,41
La mina	31	6431	1332	1768	42,97	207,45
San Rafael	33	8103	1443	1774	43,73	245,55
Las antillas	24	979	396	543	16,50	40,79
El trianon	39	6531	1582	2363	40,56	167,46
Loma del Barro	70	10197	2832	4408	40,46	145,67
Las casitas	7	1045	136	184	19,43	149,29
las vegas	134	72	10	499	0,07	0,54
Primavera	23	1324	309	532	13,43	57,57
La paz	34	8135	2748	4302	80,82	239,26
Millan vallejuelos	31	9324	2230	3432	71,94	300,77
El dorado	50	15638	3886	5196	77,72	312,76
San José	37	11918	2713	3742	73,32	322,11
Loma de las brujas	28	1794	556	1216	19,86	64,07
La pradera	49	6003	1850	3442	37,76	122,51
El chocho	32	768	290	340	9,06	24,00
La inmaculada	49	2009	1137	2484	23,20	41,00
La sebastiana	14	6720	1083	1185	77,36	480,00
Los naranjos	16	5846	1002	1281	62,63	365,38
Mesa	26	9273	2181	3147	83,88	356,65
Zona centro	33	4431	1105	2228	33,48	134,27
Alcala	28	8743	1777	2551	63,46	312,25
El portal	17	4181	1329	3267	78,18	245,94
San marcos	16	4443	959	1328	59,94	277,69
Obrero	11	6070	1054	1248	95,82	551,82
Bucarest	5	2271	377	448	75,40	454,20
La magnolia	15	6134	1123	1436	74,87	408,93
Las flores	9	4572	1018	1580	113,11	508,00
Uribe ángel	22	6609	1650	3103	75,00	300,41
El esmeraldad	42	1054	659	1262	15,69	25,10
Loma del atravesado	52	1931	463	574	8,90	37,13
Zuñiga	77	4557	1964	4964	25,51	59,18
Alto de misael	14	2125	714	1464	51,00	151,79
La orquidea	19	4246	780	1391	41,05	223,47
Pontevedra	18	2562	884	2152	49,11	142,33
Jardines	13	1103	1005	2573	77,31	84,85
Villagrande	23	4411	1726	4287	75,04	191,78
Bosques de zuñiga	17	995	1005	2982	59,12	58,53
TOTAL/PROMEDIO	1226	189000	48767	83242	49,99	205,14

Fuente: Documento diagnóstico, POT Envigado

Tabla 1

Es importantísimo anotar que la anterior tabla fue obtenida mediante censos de población en la ciudad de Envigado para el año 2010 y es inicialmente publicado en el POT (plan de ordenamiento territorial) del municipio.

La siguiente tabla muestra datos bastante interesantes sobre el comportamiento y por decirlo de alguna manera, la estructura del sistema de recolección de basuras en los barrios de Envigado.

La cuarta columna “índice de peso de residuos por barrio” corresponde a los datos recogidos en la investigación realizada anteriormente por el grupo conformado por profesores de la Escuela de Ingeniería de Antioquia, estos datos no son más que las toneladas de residuos sólidos recogidos al día en cada barrio. Como se verá más adelante, al referirnos al tiempo en que este evento ocurre, es decir, la expresión “día” corresponde a uno de los dos días en que se recolectan los residuos sólidos en la programación por módulos asignada. Este dato es el punto de partida de la presente investigación y dará pie al pronóstico que se efectuó para un horizonte de cinco (5) años.

La primera columna de la tabla corresponde, como bien su nombre lo indica, al “porcentaje de participación” que cada barrio tiene en el total de desechos sólidos recolectados en un periodo de operación completo el cual equivale a una semana; las filas de dicha columna fueron calculadas dividiendo las toneladas totales recogidas en el periodo de operación entre el índice de peso de residuos por barrio.

La columna número dos “Kg-día habitante” corresponde al peso que según el índice marcado para cada barrio produce un habitante de cada uno de estos en específico; dado que uno de los objetivos propuestos de este trabajo es pronosticar con la mayor exactitud posible el incremento de los desperdicios en la ciudad de Envigado, es importante discriminar qué cantidad de desechos se producen por separado dado que por factores socio-económicos es factible que los barrios tengan una configuración o perfil diferente en cuanto a este tema se refiere.

La tercera columna corresponde a la dispersión que cada uno de los datos tiene con respecto a la media de la ciudad entera.

Se debe tener en cuenta que los datos recogidos correspondientes a la cantidad de basuras incluyen los desechos que se producen en locales comerciales, esta afirmación puede tomarse como cierta dado que en los índices de peso obtenidos se incluyen, sin distinción alguna, las basuras aledañas a residencias provenientes de locales comerciales.

El encabezado de la columna, en color verde, muestra simplemente el total de basuras recogidas en el ciclo de operaciones, el total de habitantes de la zona urbana de Envigado y el promedio de desechos producidos por un habitante de la ciudad al día; estos datos fueron calculados sumando los índices de peso por barrio, los habitantes por barrio, y dividiendo estos dos últimos datos respectivamente.

Cálculo Kg-día habitante

Total Kg basuras-día 321000			Total habitantes 189000	
Residuos por persona al día			1,698412698	
Barrio	PORCENTAJE PARTICIPACIÓN	Kg-día/habitante	Dispersión (error)	Índice de peso de residuos por barrio (recogidos al día)
El chingui	2,33644860%	3,537735849	1,839323151	7,5
El salado	2,05607477%	1,523545706	-0,174866992	6,6
La mina	4,04984424%	2,02145856	0,323045862	13
San Rafael	3,36448598%	1,332839689	-0,365573009	10,8
Las antillas	3,20872274%	10,52093973	8,822527036	10,3
El trianon	3,83177570%	1,883325678	0,184912979	12,3
Loma del Barro	4,39252336%	1,382759635	-0,315653063	14,1
Las casitas	2,11838006%	6,507177033	4,808764335	6,8
Primavera	1,80685358%	4,380664653	2,682251954	5,8
La paz	2,14953271%	0,848186847	-0,850225851	6,9
Millan vallejuelos	3,14641745%	1,083226083	-0,615186615	10,1
El dorado	6,60436137%	1,355672081	-0,342740618	21,2
San José	3,05295950%	0,822285618	-0,87612708	9,8
Loma de las brujas	1,18380062%	2,118171683	0,419758985	3,8
La pradera	1,58878505%	0,849575212	-0,848837486	5,1
El chocho	1,71339564%	7,161458333	5,463045635	5,5
La inmaculada	1,58878505%	2,538576406	0,840163708	5,1
La sebastiana	3,92523364%	1,875	0,176587302	12,6
Los naranjos	3,42679128%	1,881628464	0,183215765	11
Mesa	4,98442368%	1,725439448	0,027026749	16
Alcala	4,82866044%	1,772846849	0,07443415	15,5
El portal	2,33644860%	1,793829227	0,095416529	7,5
San marcos	3,42679128%	2,475804637	0,777391938	11
Obrero	2,27414330%	1,202635914	-0,495776784	7,3
Bucarest	1,15264798%	1,629238221	-0,069174477	3,7
La magnolia	3,55140187%	1,858493642	0,160080944	11,4
Las flores	1,21495327%	0,853018373	-0,845394326	3,9
Uribe ángel	1,83800623%	0,892722046	-0,805690653	5,9
El esmeraldal	1,93146417%	5,882352941	4,183940243	6,2
Loma del atravesado	1,71339564%	2,848265148	1,149852449	5,5
Zuñiga	3,42679128%	2,413868773	0,715456075	11
Alto de misael	2,64797508%	4	2,301587302	8,5
La orquidea	1,77570093%	1,342439943	-0,355972755	5,7
Pontevedra	1,93146417%	2,419984387	0,721571689	6,2
Jardines	1,30841121%	3,807796917	2,109384219	4,2
Villagrande	2,14953271%	1,56427114	-0,134141558	6,9
Bosques de zuñiga	1,96261682%	6,331658291	4,633245593	6,3

Fuente: elaboración propia

Tabla 2

La siguiente es la proyección de población que el DANE realizó para el municipio de Envigado hasta el año 2020, en ella se subraya en amarillo el año para el cual se espera ajustar el modelo, dicho dato permitirá desglosar que es lo que pasará en cada uno de los barrios de la ciudad, teniendo en cuenta algunos de los criterios antes mencionados y algunos otros que más adelante se traerán a colación.

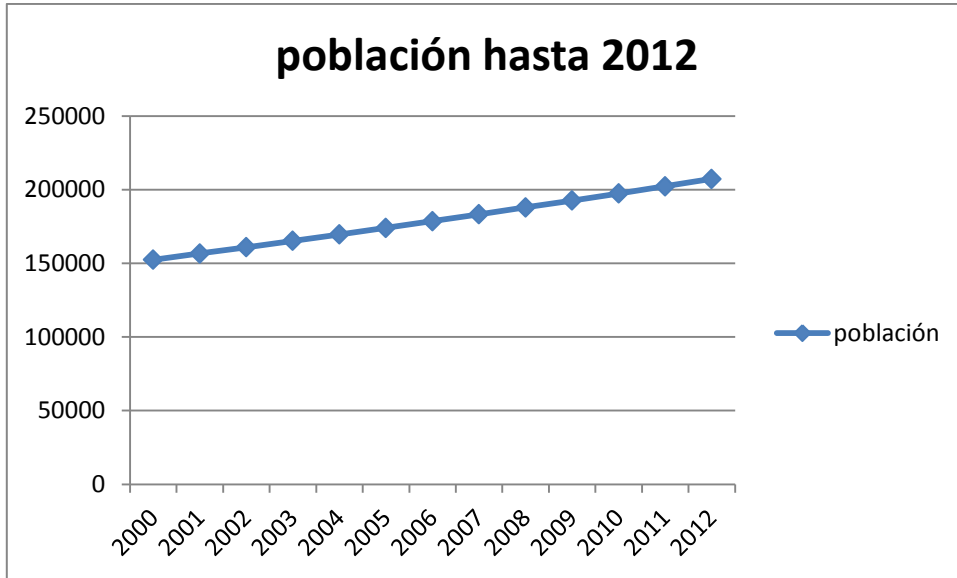
La tercera columna “incremento de población” se calculó simplemente como el diferencial entre cada año consecutivo del pronóstico, la cuarta columna “delta de incremento” fue calculada para, en un paso posterior, analizar la aleatoriedad de los datos intentando identificar si es probable que estos estén distribuidos normalmente.

Proyección inicial de población

proyecciones de población				cambio signos
año	población	incremento población	delta incremento	
2000	152475			
2001	156634	4159		
2002	160878	4244	85	+
2003	165206	4328	84	+
2004	169616	4410	82	
2005	174108	4492	82	+
2006	178641	4533	41	-
2007	183251	4610	77	+
2008	187921	4670	60	+
2009	192646	4725	55	-
2010	197440	4794	69	-
2011	202310	4870	76	+
2012	207245	4935	65	+
2013	212235	4990	55	-
2014	217296	5061	71	+
2015	222410	5114	53	-
2016	227599	5189	75	+
2017	232854	5255	66	+
2018	238173	5319	64	-
2019	243568	5395	76	+
2020	249009	5441	46	+

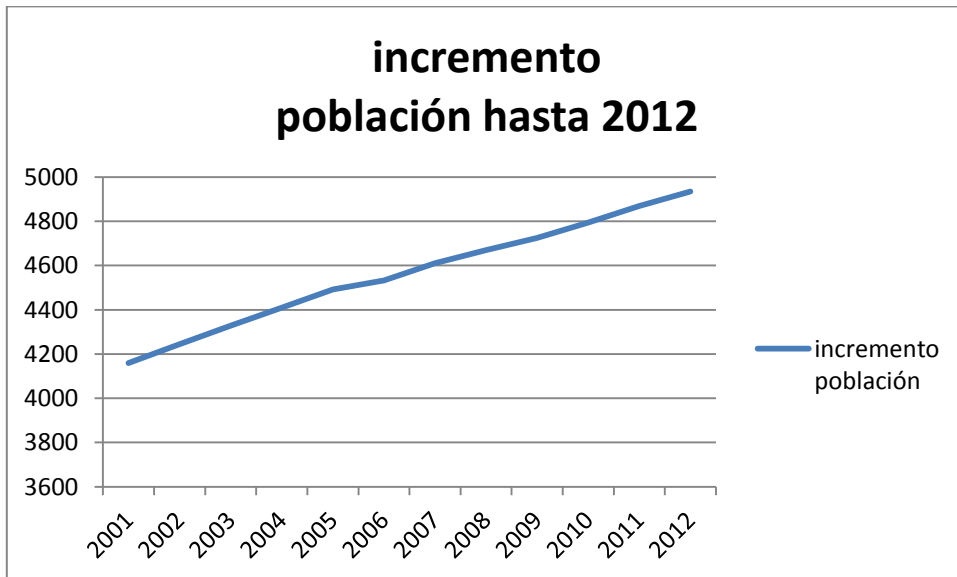
Fuente: DANE – Documento diagnóstico, POT Envigado

Tabla 3



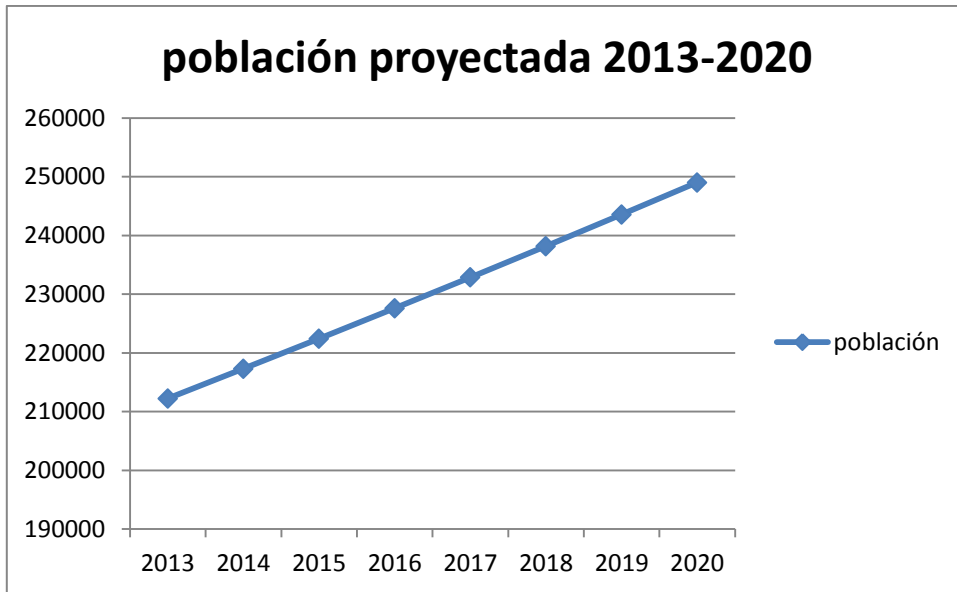
Fuente: elaboración propia

Grafico 1



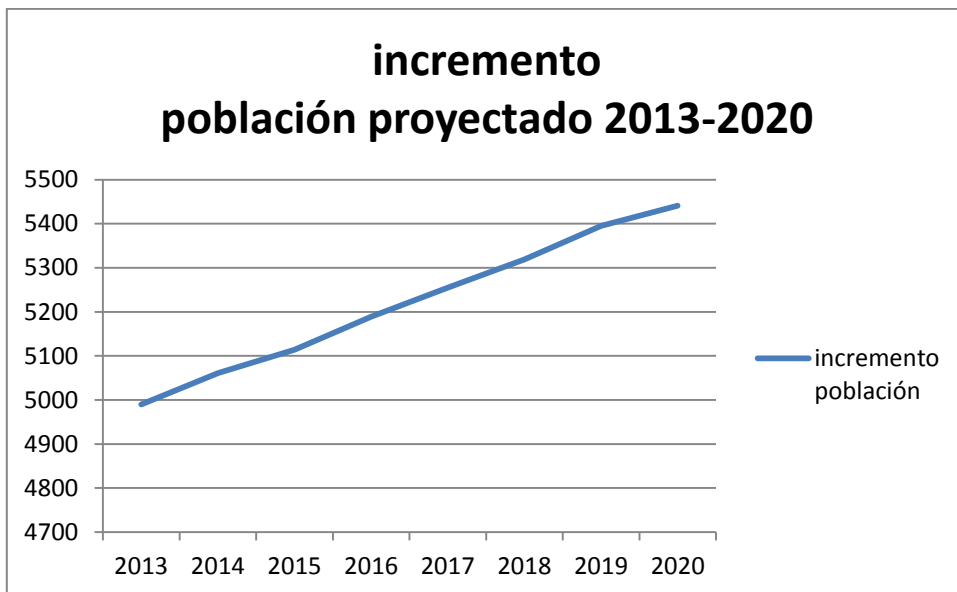
Fuente: elaboración propia

Grafico 2



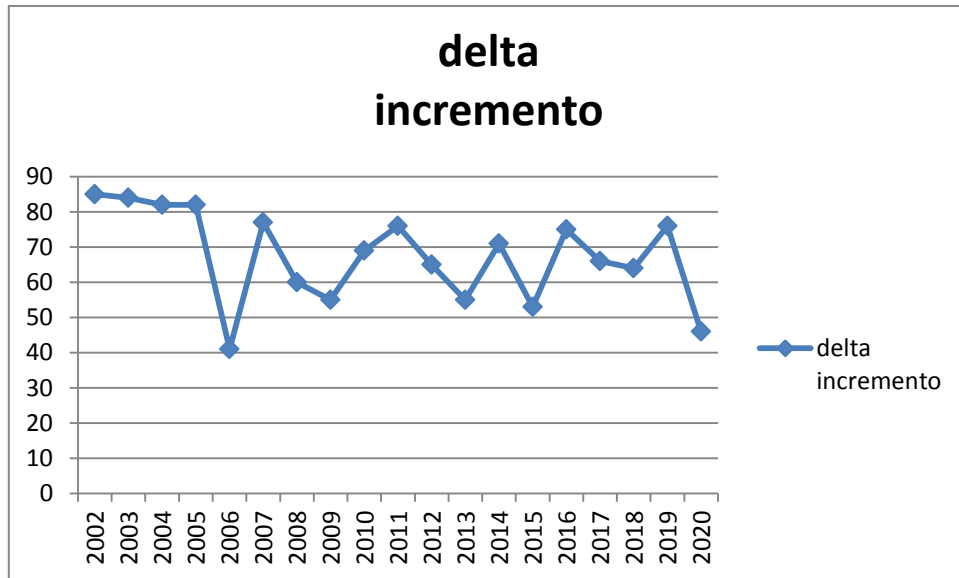
Fuente: elaboración propia

Grafico 3



Fuente: elaboración propia

Grafico 4



Fuente: elaboración propia

Grafico 5

Las tablas siguientes muestran un resultado bastante importante para el trabajo en desarrollo; se hicieron dos aproximaciones para el pronóstico, para el primero de ellos (tabla 6) se toman en cuenta factores tanto objetivos como subjetivos y al ser estos últimos consecuencia directa del conocimiento y experiencia del personal humano de las agencias administradoras de la ciudad de Envigado,

Para calcular las filas de la segunda columna “porcentaje de crecimiento” fue necesario desarrollar un procedimiento en el que se integraran distintos criterios además de involucrar diferentes componentes de la realidad del Municipio y de su entorno socio-económico así como su situación legislativa vigente.

En primer lugar se tomó como base para la asignación de porcentajes un patrón que se repite comúnmente en todas las ciudades en crecimiento, dicho patrón sugiere que las ciudades crecen en un altísimo porcentaje en las zonas más alejadas de los centros de población más densos, para el caso de Envigado este patrón se evidencia claramente si tomamos como punto focal el Río Medellín y nos vamos desplazando hacia el Este.

En las imágenes y tablas posteriores a podemos observar claramente el fenómeno que se presenta y su relación con el dinámico sistema poblacional. Mediante dichos métodos se puede ver más claramente cuáles fueron los criterios para construir la tabla en cuestión y entender mejor su sentido.

La siguiente tabla expresa los valores para los cuales, en definitiva, se van a basar las propuestas de mejora para el modelo.

Es evidente que se deben considerar, para hacer un mejor trabajo, no solo criterios técnicos expresados por instituciones como el DANE o por estudios demográficos efectuados en Envigado; se llevó entonces a cabo un análisis de cada barrio en específico teniendo en cuenta su ubicación, su perfil poblacional y sus perspectivas de crecimiento. Toda esta información se tabuló y se obtuvieron los siguientes resultados.

La segunda, tercera y cuarta columna de la tabla representan los criterios que se tomaron en cuenta para asignar un porcentaje de crecimiento a cada barrio, dicho porcentaje es usado para construir la sexta columna de la tabla “crecimiento respectivo por barrio” al ser multiplicado por el incremento en la población desde la actualidad hasta el año 2018 con el fin de pronosticar sobre un horizonte de cinco años. Cuando se conoce el incremento que cada barrio va a tener en su población es necesario luego encontrar que cantidad de basuras va a producir cada barrio y para esto multiplicamos cada fila de la sexta columna con su contraparte de la séptima, esta última corresponde a los mismos datos que fueron expuestos en la segunda tabla del presente trabajo (Kg-día habitante); el anterior procedimiento da como resultado el incremento de basuras por barrio y este es precisamente el dato que necesitamos para luego ser distribuido en los diferentes puntos (centroides) del modelo de simulación para obtener un resultado de ruteo para una zona piloto y de igual manera será tomado en cuenta para hacer una propuesta final de ruteo para cada barrio.

Las pequeñas tablas que se encuentran al comienzo de la anterior página encierran los criterios base para el cálculo de la tabla principal, en la primera de ellas está el criterio de “extremidad” asignado a cada barrio en donde 1 se le asigna a un barrio muy cercano al Río Medellín y 5 a un barrio muy lejano a este. La segunda tabla contiene los rangos en los que se piensa que cada tipo de barrio va a aportar al incremento de la población, es decir, los barrios con un crecimiento bajo no aportarán más del 10% del incremento en la población, los barrios con un crecimiento medio aportarán a dicho fenómeno entre un 11% y un 20% y luego los barrios con un crecimiento alto aportarán el resto del porcentaje del crecimiento total. Cabe anotar que la suma de todos los barrios deberá ser de 1 (uno).

Al final del análisis resultó que los barrios con un crecimiento bajo aportarían un 8% del total del crecimiento, los barrios con un crecimiento medio aportarán un 14% y los barrios con un crecimiento alto aportarán un 78% a dicho fenómeno tal y como lo resume la siguiente tabla.

Criterio #1 asignación % de participación

barrio	% participación	# de barrios
alto	78%	16
medio	14%	8
bajo	8%	15

Fuente: elaboración propia

Tabla 4

Extremidad		Criterio #2 asignación % de participación		
1	rio	Descripción crecimiento		Fuente: elaboración propia Tabas 5
2			rango de asignación	
3	céntrico	bajo	(0-10)	incremento habitantes
4		medio	(11-20)	proyección
5	muy extremo	alto	(20-100)	actual
				49173
				238173
				189000








Pronóstico basuras por barrio

Barrio	Extremidad	Estrato	Descripción crecimiento	Porcentaje crecimiento	Crecimiento respectivo por barrio	Índice basuras por barrio	Incremento basuras por barrio
El chingui	5	2	alto	0,0300	1475,190	3,538	5218,833
El salado	5	2	alto	0,0200	983,460	1,524	1498,346
La mina	5	2	alto	0,0300	1475,190	2,021	2982,035
San Rafael	4	3	alto	0,0700	3442,110	1,333	4587,781
Las antillas	3	4	alto	0,0300	1475,190	10,521	15520,385
El trianon	4	3	medio	0,0100	491,730	1,883	926,088
Loma del Barro	4	3	medio	0,0100	491,730	1,383	679,944
Las casitas.	2	2	bajo	0,0050	245,865	6,507	1599,887
las vegas	1	5	bajo	0,0010	49,173	2,661	130,825
Primavera.	2	3	bajo	0,0020	98,346	4,381	430,821
La paz	3	3	bajo	0,0050	245,865	0,848	208,539
Millan vallejuelos.	2	4	bajo	0,0050	245,865	1,083	266,327
El dorado	3	3	bajo	0,0080	393,384	1,356	533,300
San José	4	3	medio	0,0400	1966,920	0,822	1617,370
Loma de las brujas	5	5	alto	0,0600	2950,380	2,118	6249,411
La pradera	5	5	alto	0,0500	2458,650	0,850	2088,808
El chocho	4	5	alto	0,0900	4425,570	7,161	31693,535
La inmaculada	4	4	alto	0,0300	1475,190	2,539	3744,883
La sebastiana	4	2	alto	0,0500	2458,650	1,875	4609,969
Los naranjos	4	3	alto	0,0900	4425,570	1,882	8327,278
Mesa	4	3	medio	0,0100	491,730	1,725	848,450
Zona centro	3	4	bajo	0,0030	147,519	2,661	392,476
Alcala.	2	3	bajo	0,0070	344,211	1,773	610,233
El portal.	2	6	medio	0,0100	491,730	1,794	882,080
San marcos.	2	4	bajo	0,0040	196,692	2,476	486,971
Obrero	3	3	bajo	0,0020	98,346	1,203	118,274
Bucarest	3	4	bajo	0,0030	147,519	1,629	240,344
La magnolia	3	3	bajo	0,0050	245,865	1,858	456,939
Las flores	4	3	medio	0,0300	1475,190	0,853	1258,364
Uribe ángel	4	2	alto	0,0300	1475,190	0,893	1316,935
El esmeraldal	5	5	alto	0,0600	2950,380	5,882	17355,176
Loma del atravesado	5	5	alto	0,0600	2950,380	2,848	8403,465
Zuñiga	5	5	alto	0,0300	1475,190	2,414	3560,915
Alto de misael	4	2	medio	0,0200	983,460	4,000	3933,840
La orquidea	3	4	medio	0,0100	491,730	1,342	660,118
Pontevedra	3	5	bajo	0,0100	491,730	2,420	1189,979
Jardines.	2	4	bajo	0,0100	491,730	3,808	1872,408
Villagrande.	2	5	bajo	0,0100	491,730	1,564	769,199
Bosques de zuñiga.	2	6	alto	0,0500	2458,650	6,332	15567,332

Tabla 6

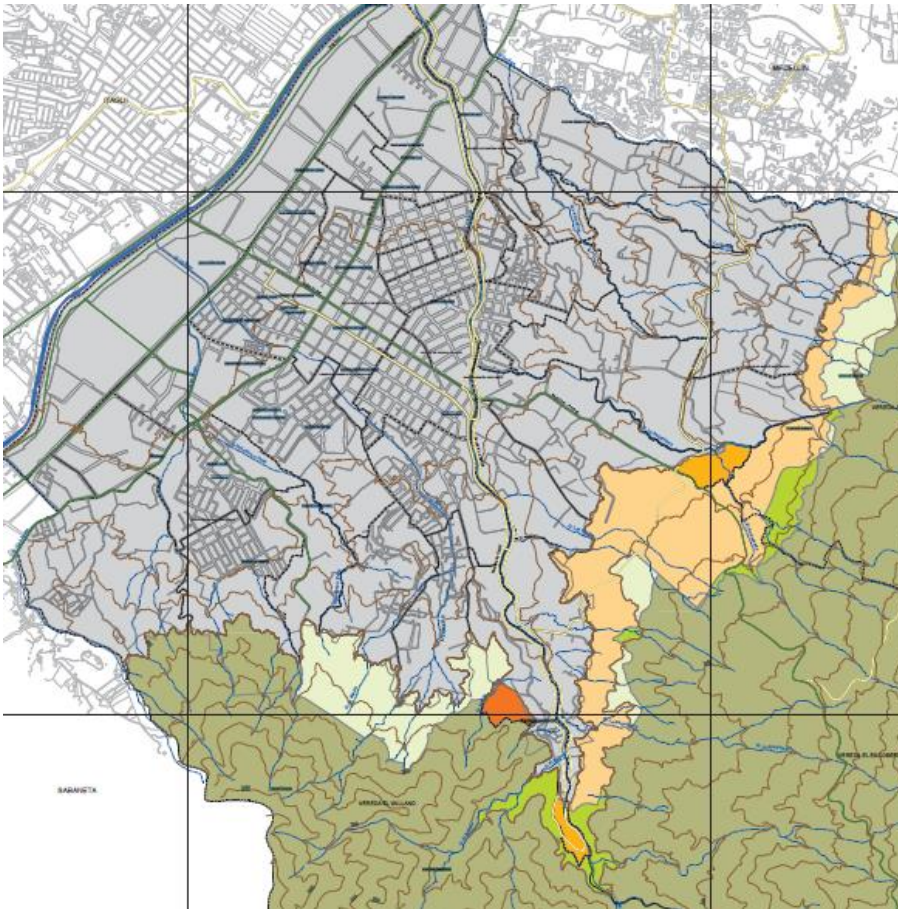
CAMBIOS EN LA CLASIFICACIÓN DEL SUELO

LEYENDA

	DE URBANA A URBANA
	DE EXPANSIÓN A URBANA
	DE RURAL A URBANA
	DE EXPANSIÓN A EXPANSIÓN
	DE RURAL A EXPANSIÓN
	DE EXPANSIÓN A RURAL
	DE RURAL A RURAL

Se puede ver que hay una gran porción del territorio de la ciudad que está comenzando a ser utilizada con fines urbanísticos, en algunos lugares es tan fuerte este cambio que en un cortísimo lapso de tiempo zonas con un uso netamente rural pasan a ser consideradas urbanas y/o urbanizables.

Es posible notar con facilidad que este fenómeno ocurre extensivamente en los extremos de la ya establecida zona urbana, que para este caso, se encuentra al Este geográfico del asentamiento urbano.






Fuente: POT, Envigado 2010

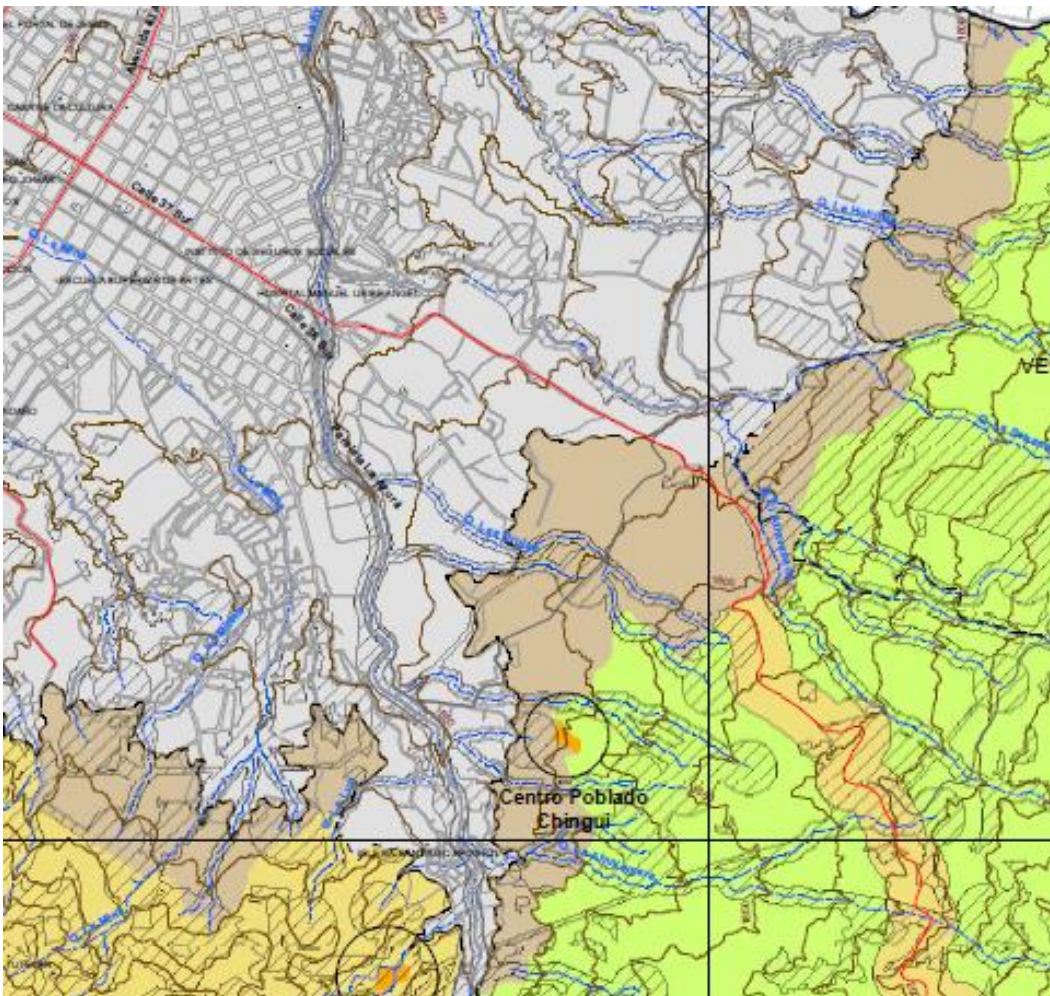
Imagen 1

En la siguiente imagen se puede apreciar otra capa de información similar a la que se nos presentaba anteriormente, ésta imagen es centrada justo en el fenómeno de expansión que se presenta en el municipio

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

LEYENDA

-  Suelo de Protección
-  Suelo Urbano
-  Suelo Expansión
-  Suelo Rural
-  Suelo Suburbano
-  Corredores Vial Suburbanos







Fuente: POT Envigado 2010

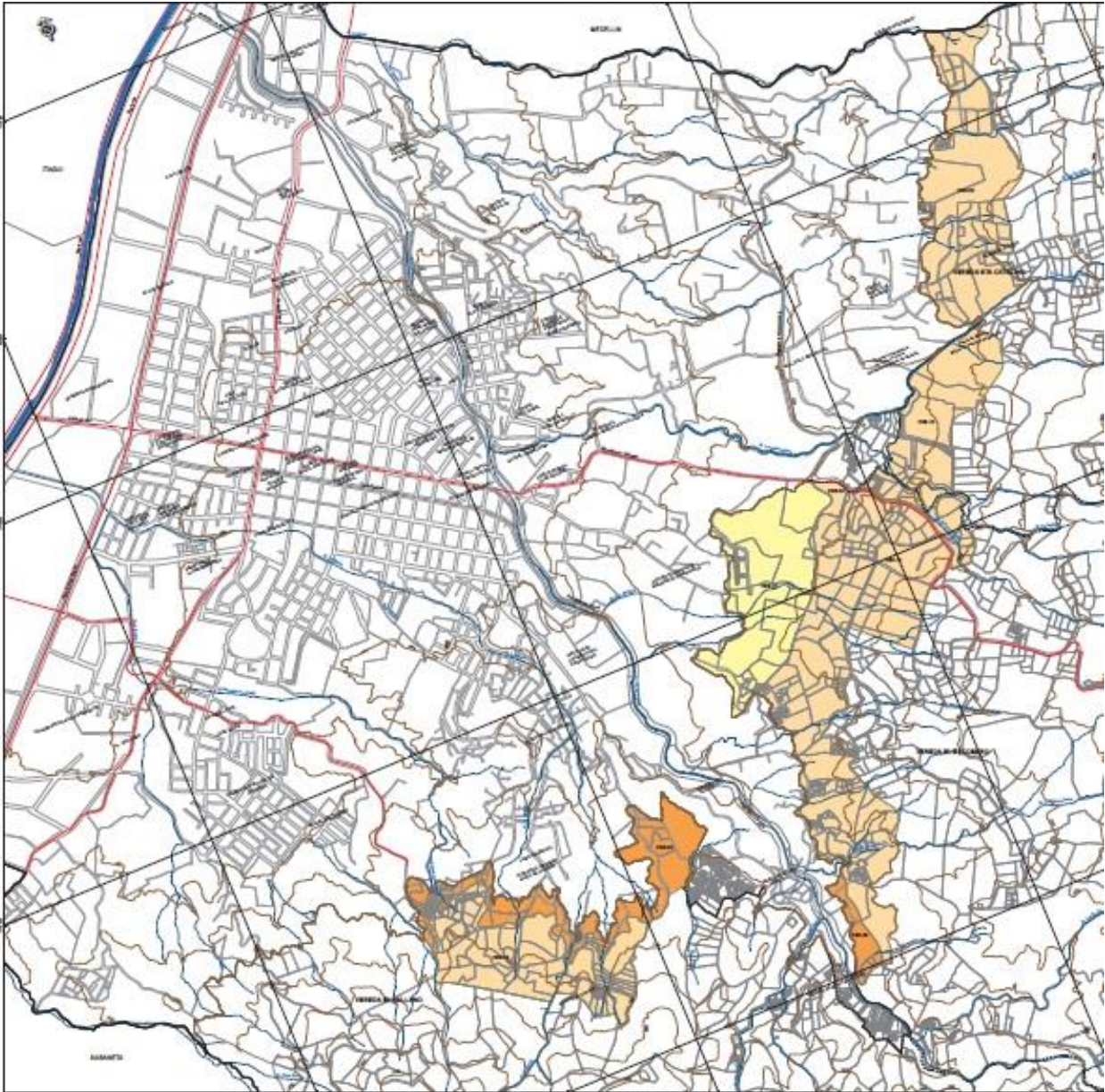
Imagen 2

DENSIDADES SUELO EXPANSIÓN

LEYENDA

	140 V/H
	70 V/H
	30 V/H
	Tratamientos

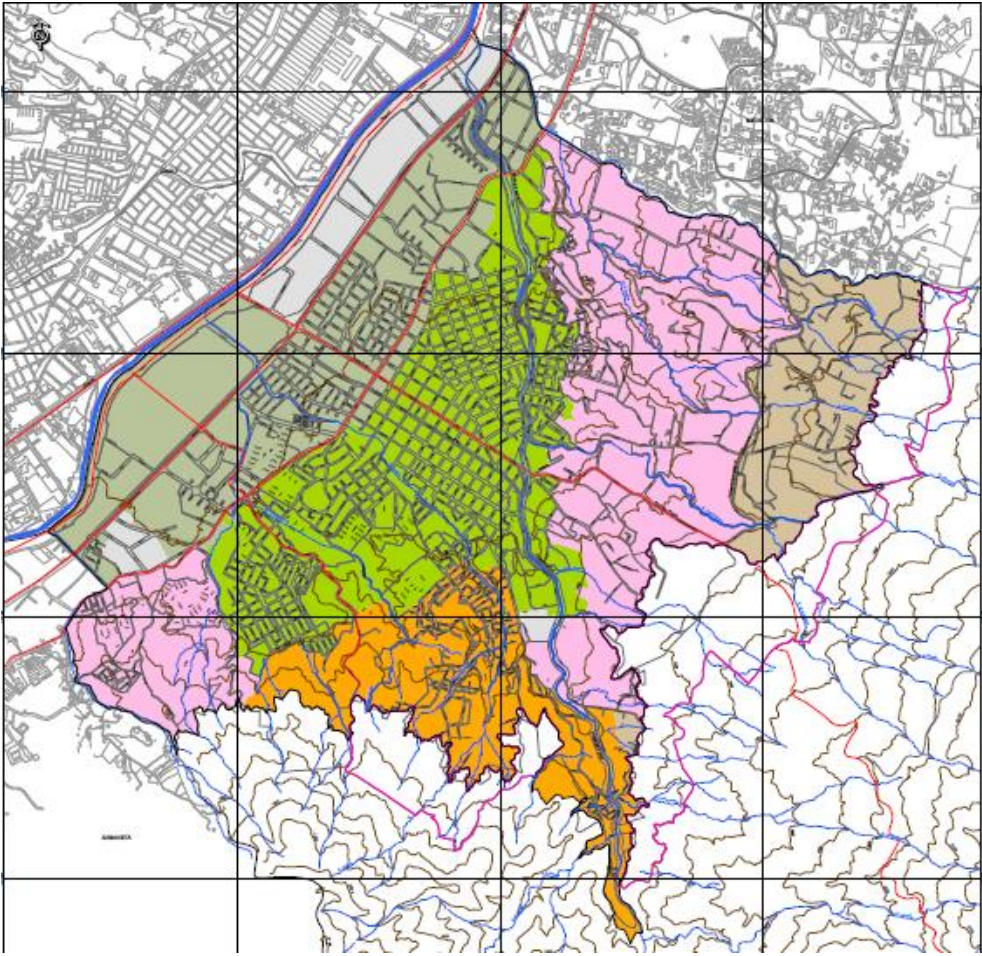
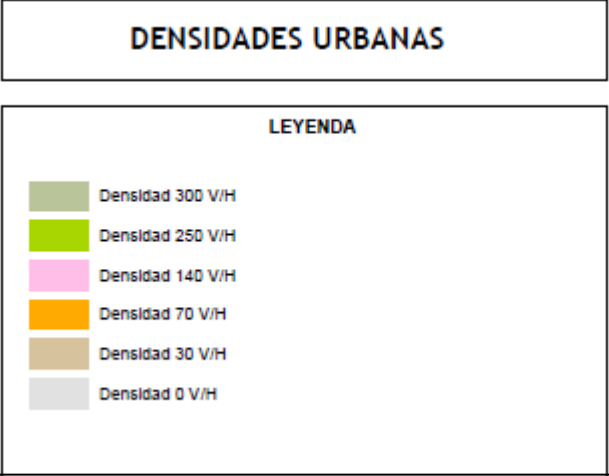
La siguiente imagen muestra cómo está ocurriendo el cambio descrito anteriormente; se puede ver cómo es la configuración que se está teniendo respecto a las densidades poblacionales del suelo que está convirtiéndose en zona urbana.



Fuente: POT Envigado 2010

Imagen 3

En la siguiente imagen puede verse muy claramente el fenómeno que relaciona las densidades poblacionales y el suelo de expansión con la distancia a la que se encuentran del núcleo poblacional de la ciudad, como fue mencionado con anterioridad, puede verse que la densidad poblacional es bastante mayor cerca al Rio Medellín mientras que va disminuyendo drásticamente mientras la ciudad se va acercando a sus fronteras rurales.



Fuente: POT Envigado 2010

Imagen 4

El siguiente mapa refleja la situación, política (división de barrios) y socio-económica de la ciudad, estos aspectos son bastante relevantes dado que la cantidad de basuras producidas puede estar estrechamente relacionada con las características intrínsecas de la vida normal de las personas



Fuente: Wikipedia

Imagen 5

Análisis simultáneos

Los análisis simultáneos son elementos extra que le aportaran al análisis que se quiere presentar en el siguiente trabajo y se hacen con el ánimo de estructurar con una mayor fuerza el argumento de esta tesis.

Análisis de regresión

El análisis de regresión se realizó con el fin de establecer una relación entre el tiempo (años) y el incremento en la producción de residuos sólidos en el municipio, no es el fin de este trabajo analizar profundamente los resultados arrojados por esta técnica pero se quiere hacer a manera de complemento y como posible herramienta para la obtención de futuras proyecciones.

Datos para regresión

año	población
2000	152475
2001	156634
2002	160878
2003	165206
2004	169616
2005	174108
2006	178641
2007	183251
2008	187921
2009	192646
2010	197440
2011	202310
2012	207245
2013	212235
2014	217296
2015	222410
2016	227599
2017	232854
2018	238173
2019	243568
2020	249009

Fuente: POT Envigado,2010

Tabla 7

A continuación se muestra el resumen de la regresión del anterior conjunto de datos

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,999328147
Coefficiente de determinación R ²	0,998656745
R ² ajustado	0,998586047
Error típico	1127,632204
Observaciones	21

Fuente: elaboración propia

Tabla 8

Se tiene una correlación supremamente fuerte entre el paso del tiempo y el incremento en el número de basuras, resultado que no es para nada extraño y va acorde con la lógica que se lleva en el presente trabajo.

El resto de resultados del análisis de regresión se anexaran al final del trabajo

Análisis de correlaciones

El análisis de correlaciones se realizó con el fin de relacionar algunas variables que son de gran relevancia para asignar los porcentajes de crecimiento a cada uno de los barrios; dichos resultados pueden ayudar a darse una mejor idea del comportamiento que tiene la ciudad en cuento al tema de este trabajo se refiere.

Correlación habitantes-índice de pesos por barrio

Barrio	Habitantes	índice de peso de residuos por barrio (recogidos al día)
El chingui	2120	7,5
El salado	4332	6,6
La mina	6431	13
San Rafael	8103	10,8
Las antillas	979	10,3
El trianon	6531	12,3
Loma del Barro	10197	14,1
Las casitas	1045	6,8
Primavera	1324	5,8
La paz	8135	6,9
Millan vallejuelos	9324	10,1
El dorado	15638	21,2
San José	11918	9,8
Loma de las brujas	1794	3,8
La pradera	6003	5,1
El chocho	768	5,5
La inmaculada	2009	5,1
La sebastiana	6720	12,6
Los naranjos	5846	11
Mesa	9273	16
Alcala	8743	15,5
El portal	4181	7,5
San marcos	4443	11
Obrero	6070	7,3
Bucarest	2271	3,7
La magnolia	6134	11,4
Las flores	4572	3,9
Uribe ángel	6609	5,9
El esmeraldal	1054	6,2
Loma del atravesado	1931	5,5
Zuñiga	4557	11
Alto de misael	2125	8,5
La orquidea	4246	5,7
Pontevedra	2562	6,2
Jardines	1103	4,2
Villagrande	4411	6,9
Bosques de zuñiga	995	6,3

	Habitantes	índice de peso de residuos por barrio (recogidos al día)
Habitantes	1	
índice de peso de residuos por barrio (recogidos al día)	0,745449211	

El coeficiente de correlación entre el número de habitantes y el índice de peso de residuos por barrio es de 0,745 es decir que cuando el número de habitantes de la ciudad de Envigado tiene un cambio positivo de la misma manera lo hace dicho índice, se puede pensar también que tienen una relación media-alta dichas variables

Fuente: Elaboración propia

Tablas 9

Correlación habitantes-Kg.día por habitante

Barrio	Habitantes	kg-día/habitante
El chingui	2120	3,537735849
El salado	4332	1,523545706
La mina	6431	2,02145856
San Rafael	8103	1,332839689
Las antillas	979	10,52093973
El trianon	6531	1,883325678
Loma del Barro	10197	1,382759635
Las casitas	1045	6,507177033
Primavera	1324	4,380664653
La paz	8135	0,848186847
Millan vallejuelos	9324	1,083226083
El dorado	15638	1,355672081
San José	11918	0,822285618
Loma de las brujas	1794	2,118171683
La pradera	6003	0,849575212
El chocho	768	7,161458333
La inmaculada	2009	2,538576406
La sebastiana	6720	1,875
Los naranjos	5846	1,881628464
Mesa	9273	1,725439448
Alcala	8743	1,772846849
El portal	4181	1,793829227
San marcos	4443	2,475804637
Obrero	6070	1,202635914
Bucarest	2271	1,629238221
La magnolia	6134	1,858493642
Las flores	4572	0,853018373
Uribe ángel	6609	0,892722046
El esmeraldal	1054	5,882352941
Loma del atravesado	1931	2,848265148
Zuñiga	4557	2,413868773
Alto de misael	2125	4
La orquidea	4246	1,342439943
Pontevedra	2562	2,419984387
Jardines	1103	3,807796917
Villagrande	4411	1,56427114
Bosques de zuñiga	995	6,331658291

	Habitantes	kg-día/habitante
Habitantes	1	
kg-día/habitante	-0,62825698	1

Este análisis de correlación nos presenta un dato bastante interesante y es que, si bien cuando aumenta el número de personas en un determinado barrio así lo hace su índice de desechos, cuando el número de personas es mayor en un barrio la cantidad de basuras por persona suele ser menor; dado que este último dato es un promedio, tiene muchísima lógica que estas variables tengan este comportamiento

Fuente: elaboración propia

Tablas 10

Correlación densidad de población-Kg.día por habitante

Barrio	Habit/Hect	kg-día/habitante
El chingui	62,35	3,537735849
El salado	127,41	1,523545706
La mina	207,45	2,02145856
San Rafael	245,55	1,332839689
Las antillas	40,79	10,52093973
El trianon	167,46	1,883325678
Loma del Barro	145,67	1,382759635
Las casitas	149,29	6,507177033
Primavera	57,57	4,380664653
La paz	239,26	0,848186847
Millan vallejuelos	300,77	1,083226083
El dorado	312,76	1,355672081
San José	322,11	0,822285618
Loma de las brujas	64,07	2,118171683
La pradera	122,51	0,849575212
El chocho	24,00	7,161458333
La inmaculada	41,00	2,538576406
La sebastiana	480,00	1,875
Los naranjos	365,38	1,881628464
Mesa	356,65	1,725439448
Alcala	312,25	1,772846849
El portal	245,94	1,793829227
San marcos	277,69	2,475804637
Obrero	551,82	1,202635914
Bucarest	454,20	1,629238221
La magnolia	408,93	1,858493642
Las flores	508,00	0,853018373
Uribe ángel	300,41	0,892722046
El esmeraldal	25,10	5,882352941
Loma del atravesado	37,13	2,848265148
Zuñiga	59,18	2,413868773
Alto de misael	151,79	4
La orquidea	223,47	1,342439943
Pontevedra	142,33	2,419984387
Jardines	84,85	3,807796917
Villagrande	191,78	1,56427114
Bosques de zuñiga	58,53	6,331658291

	Habit/Hect	kg-día/habitante
Habit/Hect	1	
kg-día/habitante	-0,564670384	

La presente correlación relaciona dos variables que para nuestro caso es de suma importancia observar, estas son la densidad poblacional y los kilogramos de residuos producidos al día por un habitante.

El coeficiente de correlación nos dice que mientras la densidad poblacional aumenta, así lo hace la cantidad de basuras generadas por persona.

Si se tiene en cuenta que para la ciudad de envigado (y para otras de la región) la población con más ingresos se encuentra en zonas en las cuales la densidad es más baja comparada con zonas en las que el común patrón es que sean habitadas por personas con un nivel menor de ingresos se podría pensar que esta correlación nos dice que a mayor nivel de ingresos más alto es el número de basuras producido por persona, lo cual tiene sentido pues es entendible pensar que una persona que pueda consumir más en consecuencia desechara en la misma proporción.

El fenómeno descrito para estas variables hará entonces, de alguna manera, que la distribución de la producción de basuras sea más pareja alrededor de la ciudad, puesto que si bien en los barrios más poblados se producen más desechos, en estos mismos la producción de basuras por persona es menor que en los barrios con menor densidad poblacional.

Fuente: elaboración propia

Tablas 11

Pronóstico paralelo

La tabla siguiente muestra un resultado paralelo al pronóstico ya presentado, el cálculo de dicha tabla no fue muy complicado y aunque técnica, estructural y numéricamente está bien cimentado y así no considere ese ingrediente de aporte humano que se realizó conjuntamente con personal experimentado, contiene unos resultados bien ajustados a lo que se podría presentar en un futuro cercano.

Basados en los datos encontrados durante toda a investigación en el municipio de Envigado se calculó el número de residuos totales proyectados para el año 2018, éste se obtuvo multiplicando el índice promedio de basuras desechadas al día por cada habitante de Envigado (1,698412698 Kg-día) por el número total de habitantes proyectados para el año antes mencionado. De igual manera se hizo una estimación mediante este mismo método, de la cantidad de basuras que se producen en la actualidad (año 3013).

Las poblaciones estimadas para los años 2018 y 2013 son, respectivamente, 238173 y 212235 habitantes.

El “porcentaje de participación” correspondiente a las filas de la segunda columna fue calculado sencillamente como el total de basuras por barrio actualmente sobre el total de basuras producidas actualmente y este último dato se obtuvo a su vez, sumando los índices obtenidos por la investigación realizada anteriormente por el equipo de profesores de la EIA.

El número de basuras proyectado por barrio, ubicado en la tercera columna se calculó como la multiplicación del total de basuras proyectadas por el porcentaje de participación obtenido en la segunda columna.

El número de basuras actuales, calculado para cada barrio y que esta tabulado en la cuarta columna simplemente pretende ser un estimado que refleje de alguna manera lo que está sucediendo en la actualidad, cada fila de dicha columna fue calculada como la multiplicación de los porcentajes de participación de cada barrio por la cantidad de basuras actual que se obtuvo a partir de la multiplicación del índice de desechos al día por persona de toda la ciudad multiplicado por el número de personas que reside actualmente en la ciudad.

Residuos totales	404516,048
Proyectados	
basuras totales en la actualidad	360462,619

Pronóstico paralelo

Barrio	HABITANTES ACTUALES	PORCENTAJE PARTICIPACIÓN	PROYECTADO DE BASURAS POR BARRIO	BASURAS POR BARRIO ACTUALES	INCREMENTO DE BASURAS POR AÑO
El chingui	2120	2,33644860%	9451,309524	8422,02381	1029,285714
El salado	4332	2,05607477%	8317,152381	7411,380952	905,7714286
La mina	6431	4,04984424%	16382,26984	14598,1746	1784,095238
San Rafael	8103	3,36448598%	13609,88571	12127,71429	1482,171429
Las antillas	979	3,20872274%	12979,79841	11566,24603	1413,552381
El trianon	6531	3,83177570%	15500,14762	13812,11905	1688,028571
Loma del Barro	10197	4,39252336%	17768,4619	15833,40476	1935,057143
Las casitas	1045	2,11838006%	8569,187302	7635,968254	933,2190476
Primavera	1324	1,80685358%	7309,012698	6513,031746	795,9809524
La paz	8135	2,14953271%	8695,204762	7748,261905	946,9428571
Millan vallejuelos	9324	3,14641745%	12727,76349	11341,65873	1386,104762
El dorado	15638	6,60436137%	26715,70159	23806,25397	2909,447619
San José	11918	3,05295950%	12349,71111	11004,77778	1344,933333
Loma de las brujas	1794	1,18380062%	4788,663492	4267,15873	521,5047619
La pradera	6003	1,58878505%	6426,890476	5726,97619	699,9142857
El chocho	768	1,71339564%	6930,960317	6176,150794	754,8095238
La inmaculada	2009	1,58878505%	6426,890476	5726,97619	699,9142857
La sebastiana	6720	3,92523364%	15878,2	14149	1729,2
Los naranjos	5846	3,42679128%	13861,92063	12352,30159	1509,619048
Mesa	9273	4,98442368%	20162,79365	17966,98413	2195,809524
Alcala	8743	4,82866044%	19532,70635	17405,51587	2127,190476
El portal	4181	2,33644860%	9451,309524	8422,02381	1029,285714
San marcos	4443	3,42679128%	13861,92063	12352,30159	1509,619048
Obrero	6070	2,27414330%	9199,274603	8197,436508	1001,838095
Bucarest	2271	1,15264798%	4662,646032	4154,865079	507,7809524
La magnolia	6134	3,55140187%	14365,99048	12801,47619	1564,514286
Las flores	4572	1,21495327%	4914,680952	4379,452381	535,2285714
Uribe ángel	6609	1,83800623%	7435,030159	6625,325397	809,7047619
El esmeraldal	1054	1,93146417%	7813,08254	6962,206349	850,8761905
Loma del atravesado	1931	1,71339564%	6930,960317	6176,150794	754,8095238
Zuñiga	4557	3,42679128%	13861,92063	12352,30159	1509,619048
Alto de misael	2125	2,64797508%	10711,48413	9544,960317	1166,52381
La orquidea	4246	1,77570093%	7182,995238	6400,738095	782,2571429
Pontevedra	2562	1,93146417%	7813,08254	6962,206349	850,8761905
Jardines	1103	1,30841121%	5292,733333	4716,333333	576,4
Villagrande	4411	2,14953271%	8695,204762	7748,261905	946,9428571
Bosques de zuñiga	995	1,96261682%	7939,1	7074,5	864,6

Muestreo piloto y modelo de simulación

La siguiente fase del trabajo corresponde a la actualización del modelo computacional desarrollado por el equipo de profesores de la EIA. En esta parte del trabajo se desea implementar la investigación y la consulta realizada sobre el sistema de recolección de basuras de la ciudad de Envigado y así poder tener un resultado lo más cercano al óptimo que sea posible. La siguiente es un segmento extraído de la tabla número 6, éste contiene los datos específicos de los barrios para los cuales se realizó el piloto de simulación inicial, dicho piloto fue también base para este trabajo y sentó una razonable porción de la estructura que se lleva a cabo en la presente tesis.

Muestreo prueba piloto

Barrio	Extremidad	Estrato	Descripción crecimiento	Porcentaje crecimiento	Crecimiento respectivo por barrio	Índice basuras por barrio	Incremento basuras por barrio
Las casitas	2	2	bajo	1%	245,865	6,507177033	1599,887081
Primavera	2	3	bajo	0%	98,346	4,380664653	430,8208459
Millan vallejuelos	2	4	bajo	1%	245,865	1,083226083	266,327381
Alcala	2	3	bajo	1%	344,211	1,772846849	610,2333867
El portal	2	6	medio	1%	491,73	1,793829227	882,079646
San marcos	2	4	bajo	0%	196,692	2,475804637	486,9709656
Jardines	2	4	bajo	1%	491,73	3,807796917	1872,407978
Villagrande	2	5	bajo	1%	491,73	1,56427114	769,1990478
Bosques de zuñiga	2	6	alto	5%	2458,65	6,331658291	15567,33166

Fuente: elaboración propia

Tabla 13

La nueva asignación de las cantidades de desechos se realizó de la siguiente manera:

- 1) Se identificó en el resultado obtenido por el equipo de profesores de la EIA cuáles eran los nodos participantes de la simulación y en que barrio se localizaban
- 2) Se identificó para esos barrios en particular cuantos nodos existían (conteo)
- 3) Se identificó cuál fue el aumento en la población y en las basuras para cada barrio (inc. Basuras)
- 4) Se dividió el incremento en la cantidad de basuras por barrio entre el número de nodos del mismo (incremento por nodo)
- 5) Se sumó el resultado de la división a las cantidades relacionadas en el trabajo realizado anteriormente.

Resultados de prueba piloto

Los resultados obtenidos son los que se listan a continuación:

Muestreo por nodos

Barrio	Conteo	Inc. basuras	Incremento por nodo
las casitas	8	1599,88708	199,9858852
primavera	16	430,820846	26,92630287
milan vallejuelos	44	266,327381	6,052895022
alcalá	66	610,233387	9,245960405
el portal	22	882,079646	40,09452936
san marcos	50	486,970966	9,739419311
jardines	10	1872,40798	187,2407978
villagarnde	18	769,199048	42,73328044

Esta tabla resume lo que aconteció en cada barrio y consecuentemente en cada nodo del sistema a simular

Fuente: elaboración propia

Tabla 14

Datos de entrada al modelo de simulación

centroide	Kg en centroide	barrio al que pertenece	kg nuevos en centroide
0	961	villagrande	1003,73328
3	980	san marcos	989,7394193
4	178	el portal	218,0945294
5	274	jardines	461,2407978
6	641	jardines	828,2407978
7	129	las casitas	328,9858852
8	78	las casitas	277,9858852
9	1685	villagrande	1727,73328
12	1283	villagrande	1325,73328
14	67	milan vallejuelos	73,05289502
15	94	alcalá	103,2459604
16	42	alcalá	51,2459604
17	296	milan vallejuelos	302,052895
18	960	milan vallejuelos	966,052895
19	58	milan vallejuelos	64,05289502
20	58	milan vallejuelos	64,05289502
21	77	milan vallejuelos	83,05289502
22	96	milan vallejuelos	102,052895
23	96	milan vallejuelos	102,052895
24	106	milan vallejuelos	112,052895
25	96	milan vallejuelos	102,052895
26	72	milan vallejuelos	78,05289502

Tabla 15

La primera columna de la tabla contiene el número de cada centroide del sistema.

La segunda columna (en rojo) contiene los kilogramos recogidos en cada uno de los centroides.

La tercera columna contiene el barrio al que pertenece cada centroide; se coloraron las celdas por tipo de barrio para que se pueda hacer una identificación visual más fácil

La cuarta columna (en verde) contiene la nueva información relacionada a la cantidad de basuras que se recogerán en cada uno de los centroides

27	96	milan vallejuelos	102,052895
28	86	milan vallejuelos	92,05289502
29	72	milan vallejuelos	78,05289502
30	86	milan vallejuelos	92,05289502
31	120	milan vallejuelos	126,052895
32	120	milan vallejuelos	126,052895
33	151	milan vallejuelos	157,052895
34	58	milan vallejuelos	64,05289502
35	48	milan vallejuelos	54,05289502
36	197	villagrande	239,7332804
39	296	jardines	483,2407978
40	216	el portal	256,0945294
41	527	el portal	567,0945294
42	172	el portal	212,0945294
43	343	el portal	383,0945294
44	583	el portal	623,0945294
45	1058	alcalá	1067,24596
47	342	alcalá	351,2459604
48	50	alcalá	59,2459604
49	50	alcalá	59,2459604
50	119	alcalá	128,2459604
51	262	alcalá	271,2459604
52	192	milan vallejuelos	198,052895
53	262	alcalá	271,2459604
54	46	alcalá	55,2459604
55	336	milan vallejuelos	342,052895
56	697	primavera	723,9263029
57	288	milan vallejuelos	294,052895
58	153	primavera	179,9263029
59	673	primavera	699,9263029
60	737	primavera	763,9263029
61	959	villagrande	1001,73328
63	225	jardines	412,2407978
65	205	san marcos	205
66	68	san marcos	68
67	84		84
68	756	milan vallejuelos	762,052895
69	264	milan vallejuelos	270,052895
71	162	alcalá	171,2459604
72	166	villagrande	208,7332804
74	620		

76	6	el portal	46,09452936
77	774	alcalá	783,2459604
83	490	villagrande	532,7332804
84	1254	primavera	1280,926303
85	237	alcalá	246,2459604
86	125	alcalá	134,2459604
87	369	alcalá	378,2459604
88	237	alcalá	246,2459604
89	588	alcalá	597,2459604
90	137	san marcos	137
91	91	san marcos	91
92	239	san marcos	239
93	228	san marcos	228
94	160	san marcos	160
95	160	san marcos	160
96	91	san marcos	91
98	91	san marcos	91
99	382	san marcos	382
100	91	san marcos	91
101	274	san marcos	274
103	125	san marcos	125
106	274	san marcos	274
107	68	san marcos	68
108	73	san marcos	73
109	114	san marcos	114
110	68	san marcos	68
111	114	san marcos	114
112	160	san marcos	160
113	365	san marcos	365
114	182	san marcos	182
116	175	jardines	362,2407978
118	219	alcalá	228,2459604
119	528	milan vallejuelos	534,052895
120	25	alcalá	34,2459604
121	408	villagrande	450,7332804
122	106	milan vallejuelos	112,052895
123	365	san marcos	365
125	75	alcalá	84,2459604
126	218	alcalá	227,2459604
127	44	el portal	84,09452936
129	91	san marcos	91

130	137	san marcos	137
134	376	san marcos	376
135	68	san marcos	68
136	137	san marcos	137
143	114		114
144	125	san marcos	125
145	80	san marcos	80
146	46	san marcos	46
147	80	san marcos	80
148	7	villagrande	49,73328044
150	488	jardines	675,2407978
154	332	el portal	372,0945294
155	263	el portal	303,0945294
161	49	alcalá	58,2459604
162	125	alcalá	134,2459604
163	25	alcalá	34,2459604
164	50	alcalá	59,2459604
165	125	alcalá	134,2459604
166	94	milan vallejuelos	100,052895
167	10	milan vallejuelos	16,05289502
168	288	milan vallejuelos	294,052895
169	288	milan vallejuelos	294,052895
171	255	el portal	295,0945294
173	139	jardines	326,2407978
174	205	san marcos	205
175	55	san marcos	55
177	274	san marcos	274
178	182	san marcos	182
180	18	san marcos	18
182	251	san marcos	251
183	68	san marcos	68
187	137	san marcos	137
188	182	san marcos	182
189	168	milan vallejuelos	174,052895
192	288	milan vallejuelos	294,052895
193	936	alcalá	945,2459604
194	19		19
195	258	alcalá	267,2459604
197	118	alcalá	127,2459604
198	223	alcalá	232,2459604
199	651	alcalá	660,2459604

200	769	alcalá	778,2459604
202	91	san marcos	91
203	1321	san marcos	1321
205	274	san marcos	274
206	46	san marcos	46
207	103	san marcos	103
211	480	el portal	520,0945294
212	44	el portal	84,09452936
215	71	el portal	111,0945294
216	263		263
218	201	las casitas	400,9858852
219	217	las casitas	416,9858852
221	912	primavera	938,9263029
222	912	milan vallejuelos	918,052895
224	912	milan vallejuelos	918,052895
225	96	milan vallejuelos	102,052895
226	360	milan vallejuelos	366,052895
228	87		87
230	387	alcalá	396,2459604
231	200	alcalá	209,2459604
232	125	alcalá	134,2459604
234	300	alcalá	309,2459604
237	231	alcalá	240,2459604
239	81	alcalá	90,2459604
240	175	alcalá	184,2459604
241	557	alcalá	566,2459604
242	118	alcalá	127,2459604
243	104	alcalá	113,2459604
244	28	alcalá	37,2459604
245	94	alcalá	103,2459604
247	404	alcalá	413,2459604
248	106	alcalá	115,2459604
249	175	alcalá	184,2459604
250	193	alcalá	202,2459604
251	231		231
252	312	alcalá	321,2459604
253	62	alcalá	71,2459604
254	62	alcalá	71,2459604
255	150	alcalá	159,2459604
257	68	alcalá	77,2459604
258	421	alcalá	430,2459604

259	193	alcalá	202,2459604
260	423	el portal	463,0945294
262	41	el portal	81,09452936
266	89	el portal	129,0945294
267	189	villagrande	231,7332804
269	1249	villagrande	1291,73328
272	284	jardines	471,2407978
273	65	jardines	252,2407978
276	858	jardines	1045,240798
278	597		597
279	240	villagrande	282,7332804
280	1523	villagrande	1565,73328
281	182	san marcos	182
282	109		109
285	1520	villagrande	1562,73328
286	1264	villagrande	1306,73328
290	311	primavera	337,9263029
291	37	alcalá	46,2459604
293	62	alcalá	71,2459604
294	275	alcalá	284,2459604
296	44	alcalá	53,2459604
297	87	alcalá	96,2459604
298	212		212
301	21	alcalá	30,2459604
304	829	villagrande	871,7332804
306	114		114
308	91	san marcos	91
310	91	el portal	131,0945294
313	62	el portal	102,0945294
321	115	alcalá	124,2459604
324	50	alcalá	59,2459604
330	864	milan vallejuelos	870,052895
334	91	las casitas	290,9858852
336	59	alcalá	68,2459604
337	240	milan vallejuelos	246,052895
338	178		178
339	177	las casitas	376,9858852
340	382	el portal	422,0945294
341	59		59
342	53	el portal	93,09452936
343	209		209

344	316	primavera	342,9263029
345	257	primavera	283,9263029
346	247	primavera	273,9263029
347	239	primavera	265,9263029
350	1297	alcalá	1306,24596
357	471	el portal	511,0945294
360	296	villagrande	338,7332804
364	272	villagrande	314,7332804
365	132	alcalá	141,2459604
366	202	milan vallejuelos	208,052895
368	144		144
369	203	primavera	229,9263029
371	115	primavera	141,9263029
372	43	primavera	69,92630287
373	520	las casitas	719,9858852
374	268	las casitas	467,9858852
375	172	primavera	198,9263029
376	96	milan vallejuelos	102,052895
377	384	primavera	410,9263029
378	86	milan vallejuelos	92,05289502
379	96	milan vallejuelos	102,052895
380	139	primavera	165,9263029
382	32	milan vallejuelos	38,05289502
383	11		11

Fuente: elaboración propia

tabla15

Propuestas de ruteo para la ciudad según pronósticos

Se intentó se totalmente consecuente con la asignación de la capacidad de los camiones entre los módulos propuestos, si bien “Cx” podría ser cualquier camión, se quiere expresar de la manera más fácil posible los resultados del presente trabajo y así facilitar su posible aplicación.

La lógica que sigue la asignación es bastante sencilla: se comienza por asignar un camión a un barrio y se compara su capacidad con la “Demanda” de recolección de cada barrio, si existe un excedente, el camión le ayudará a recoger las basuras al camión asignado al barrio inmediatamente siguiente y para hacer el nuevo cálculo de exceso se consumirá primero la capacidad del camión que “primero” está en servicio y por último la del camión que entre en servicio.

Propuesta 1

BARRIOS	RESIDUOS TON-día	CAMIÓN	CAPACIDAD DEL CAMIÓN TON	camiones	restante
Alto de Misael	10,7	C1	11	C1	0,3
Las flores	4,9	C2	10	C1, C2	5,4
La orquídea	7,2	C3	10	C2, C3	8,2
La sebastiana	15,9	C4	10	C3, C4	2,3
Los naranjos	13,9	C5	12	C4, C5	0,5
Mesa	20,2	C6, C7	22	C5, C6, C7	2,3(1)
Loma de las brujas	4,8	C8	10	C7, C8	7,5
San José	12,3	C9	10	C8, C9	5,1
San Rafael	13,6	C10	11	C9, C10	2,5
El chingui	9,5	C11	10	C10, C11	3,1
El salado	8,3	C12	11	C11, C12	5,8
La mina	16,4	C13	12	C12, C13	1,4
total	137,6	Tabla 16			
incremento en recorrido	28,4	Módulo	lunes	jueves	

BARRIOS	RESIDUOS TON-día	CAMIÓN	CAPACIDAD DEL CAMIÓN TON	CAMIONES	RESTANTE
Jardines	5,3	C1	11	C1	5,7
El portal	9,5	C2	10	C1, C2	6,3
San marcos	13,9	C3	10	C2, C3	2,4
Alcalá	19,5	C4, C5	22	C3, C4, C5	4,9(2)
Millán vallejuelos	12,7	C6	12	C5, C6	4,1
Primavera	7,3	C7	10	C6, C7	6,8
Las casitas	8,6	C8	10	C7, C8	8,3
El esmeraldal	7,8	C8		C8	0,4
Uribe ángel	7,4	C9	10	C8, C9	3,0
La inmaculada	6,4	C10	11	C9, C10	7,6
La pradera	6,4	C10		C10	1,2
El chocho	6,9	C11	10	C10, C11	4,2
Loma del atravesado	6,9	C12	11	C11, C12	8,3
Zúñiga	13,9	C13	12	C12, C13	6,4
total	132,6	Tabla 17			
incremento en recorrido	27,4	Módulo	martes	viernes	

BARRIOS	RESIDUOS TON-día	CAMIÓN	CAPACIDAD DEL CAMIÓN TON	CAMIONES	RESTANTE
Obrero	9,2	C1	11	C1	1,8
Bucarest	4,7	C2	10	C1, C2	7,1
La magnolia	14,4	C3	10	C2, C3	2,8
Pontevedra	7,8	C4	10	C3, C4	5,0
Bosques de Zúñiga	7,9	C5	12	C4, C5	9,0
Villagrande	8,7	C5		C5	0,3
Loma del Barro	17,8	C6, C7	22	C5, C6 C7	4,6(3)
La paz	8,7	C8	10	C7, C8	5,9
El dorado	26,7	C9, C10	21	C8, C9, C10	0,1(4)
Las Antillas	13,0	C11, C12	21	C10, C11, C12	8,2(5)
El trianon	15,5	C13	12	C12, C13	4,7
total	134,3	Tabla 18			
incremento en recorrido	27,7	Módulo	miércoles	sábado	

Resumen necesidades de capacidad 1

Camión	Capacidad
C1	11
C2	10
C3	10
C4	10
C5	12
C6	12
C7	10
C8	10
C9	10
C10	11
C11	10
C12	11
C13	12

- 1: DOS CAMIONES DE 12 Y 10 TON DE CAPACIDAD
- 2: DOS CAMIONES DE 10 Y 12 TON DE CAPACIDAD
- 3: UN CAMION DE 12 Y UNO DE 10 TON DE CAPACIDAD
- 4: UN CAMION DE 10 Y UNO DE 11 TON DE CAPACIDAD
- 5: UN CAMION DE 10 Y UNO DE 11 TON DE CAPACIDAD

Necesidades de capacidad según la propuesta

Prop Fuente: elaboración propia Tabla19

BARRIOS	RESIDUOS TON-día	CAMIÓN	CAPACIDAD DEL CAMIÓN TON	camiones	restante
Alto de misael	12,434	C1,C2	22	C1, C2	9,6

Las flores	5,158	C2		C2	4,4
La orquidea	6,360	C3	10	C2, C3	8,0
La sebastiana	17,210	C4	11	C3, C4	1,8
Los naranjos	19,327	C5, C6	24	C4, C5, C6	6,5
Mesa	16,848	C7	12	C6, C7	1,7
Loma de las brujas	10,049	C8	11	C7, C8	2,6
San José	11,417	C9	12	C8, C9	3,2
San Rafael	15,388	C10, C11	22	C9, C10, C11	9,8
El chingui	12,719	C12	10	C11, C12	7,1
El salado	8,098	C13	10	C12, C13	9,0
La mina	15,982	C14	10	C13, C14	3,0
total	151,0	Tabla 20			
incremento en recorrido	41,8	Módulo	lunes	Jueves2	

BARRIOS	RESIDUOS TON-dia	CAMIÓN	CAPACIDAD DEL CAMIÓN TON	CAMIONES	RESTANTE
Jardines	6,1	C1	12	C1	5,9
El portal	8,4	C2	10	C1, C2	7,5
San marcos	11,5	C3	10	C2, C3	6,1
Alcala	16,1	C4	11	C3, C4	0,9
Millan vallejuelos	10,4	C5	12	C4, C5	2,6
Primavera	6,2	C6	12	C5, C6	8,4
Las casitas	8,4	C6		C6	0,0
El esmeraldal	23,6	C7, C8, C9	34	C7, C8, C9	10,4
Uribe ángel	7,2	C9		C9	3,2
La inmaculada	8,8	C10	12	C9,C10	6,3
La pradera	7,2	C11	10	C10, C11	9,1
El chocho	37,2	C12, C13, C14	30	C11, C12, C13, C14	2,0
Loma del atravesado	13,9	C15	12	C14, C15	0,0
Zuñiga	14,6	C16, C17	21	C15, C16, C17	6,5
total	179,5	Tabla 21			
incremento en recorrido	74,3	Módulo	martes	Viernes2	

BARRIOS	RESIDUOS TON-dia	CAMIÓN	CAPACIDAD DEL CAMIÓN TON	CAMIONES	RESTANTE
---------	------------------	--------	--------------------------	----------	----------

Obrero	7,4	C1	12	C1	4,6
Bucarest	3,9	C1		C1	0,6
La magnolia	11,9	C2, C3	20	C1, C2, C3	8,8
Pontevedra	7,4	C3		C3	1,4
Bosques de zuñiga	21,9	C4, C5	23	C3, C4, C5	2,5
Villagrande	7,7	C6	12	C5, C6	6,9
Loma del Barro	14,8	C7	12	C6, C7	4,1
La paz	7,1	C8	11	C7, C8	8,0
El dorado	21,7	C9, C10	23	C8, C9, C10	9,2
Las antillas	25,8	C11 , C12	20	C10, C11, C12	3,4
El trianon	13,2	C13	10	C12, C13	0,2
total	142,8	Tabla 22			
incremento en recorrido	36,2	Módulo	miércoles	Sábado2	

Resumen necesidades de capacidad 2

Camión	Capacidad
C1	12
C2	10
C3	10
C4	11
C5	12
C6	12
C7	12
C8	11
C9	11
C10	12
C11	10
C12	10
C13	10
C14	10
C15	12
C16	12
C17	9

Fuente: elaboración propia Tabla 23

Imagen 6

Conclusiones y consideraciones finales

Si se quisiera obtener un indicador de eficiencia con la propuesta final se podría hacer uno comparando la capacidad total y la demanda sobrante (en este caso solo habrá “demanda” sobrante dado que es de obligatorio cumplimiento satisfacer toda nuestra “demanda”). Podemos obtener indicadores de eficiencia para cada módulo y para el

conjunto de estos como tal dividiendo la capacidad sobrante entre la total instalada o la sumatoria de las capacidades sobrantes entre la capacidad instalada como se verá a continuación:

Capacidad instalada 1

Camión	Capacidad
C1	11
C2	10
C3	10
C4	10
C5	12
C6	12
C7	10
C8	10
C9	10
C10	11
C11	10
C12	11
C13	12
capacidad instalada	139

- Indicador eficiencia módulo lunes-jueves
Sobrante: 1,4 ton
Ind.L-J: $(1,4/139)*100\%= 0,9\%$
- Indicador eficiencia módulo martes-viernes
Sobrante: 6,4 ton
Ind.L-J: $(6,4/139)*100\%= 4,626\%$
- Indicador eficiencia módulo miércoles-sábado
Sobrante: 1,4 ton
Ind.L-J: $(4,7/139)*100\%= 3,356\%$
- Indicador eficiencia conjunto de módulos
Sobrante: 1,4 ton
Ind.L-J: $(1,4+6,4+4,7/139)*100\%= 8,981\%$

Fuente: elaboración propia Tabla 24

Capacidad instalada 2

Camión	Capacidad
C1	12
C2	10
C3	10

C4	11
C5	12
C6	12
C7	12
C8	11
C9	11
C10	12
C11	10
C12	10
C13	10
C14	10
C15	12
C16	12
C17	9
capacidad instalada	186

Fuente: elaboración propia Tabla 25

- Indicador eficiencia módulo lunes-jueves
Sobrante: 3 ton
Ind.L-J: $(3/186)*100\%= 1,61\%$
- Indicador eficiencia módulo martes-viernes
Sobrante: 6,5 ton
Ind.L-J: $(6,5/186)*100\%= 3,48\%$
- Indicador eficiencia módulo miércoles-sábado
Sobrante: 0,2 ton
Ind.L-J: $(0,2/186)*100\%= 0,162\%$
- Indicador eficiencia conjunto de módulos
Sobrante: 1,4 ton
Ind.L-J: $(3+6,5+0,2/186)*100\%= 5,207\%$

El balanceo-equilibrio y la distribución de las cargas y los camiones brindan una mayor flexibilidad para atender a cambios en la demanda y permite minimizar la inversión en capacidad instalada.

Para este horizonte de tiempo, comienza a ser necesario el uso de al menos dos camiones más a los incluidos en la solución-propuesta anteriormente entregada por la Escuela de Ingeniería de Antioquia.

El municipio de Envigado tiende a crecer considerablemente en las zonas adyacentes al área rural, en el mediano plazo si bien en la ciudad se incrementarán considerablemente las construcciones de edificaciones residenciales el espacio disponible en la ciudad no se saturará hasta que comience a suceder el mismo fenómeno en los municipios aledaños como Itagüí, sabaneta e incluso caldas.

A modo de sugerencia de mejora, es posible pensar y desarrollar un sistema de recolección de desechos sólidos en el que tanto los habitantes de la ciudad como la compañía recolectora de residuos reciban un beneficio. Si se acuerda con los ciudadanos un “micro transporte” de desechos a vías de fácil acceso y de esta manera los camiones puedan simplificar muchas de las rutas necesarias para cubrir el servicio la recolección se haría mucho más eficiente; se podría incluso negociar para cada unidad residencial una disminución de la tasa de aseo y por otro lado la compañía recolectora podría ahorrar una cantidad considerable en combustibles, tiempo y gestión en general. Si se analiza la anterior propuesta, desde el punto de vista logístico, es como si la empresa recolectora trasladara parte de la carga de gestión a sus clientes aprovechando su poder de negociación, de esta manera se haría más eficiente la “cadena de suministro” de la empresa recolectora y a su vez los “clientes” podrían tener un beneficio económico; es una solución gana-gana que considero podría ser perfectamente aplicable.

Al incluir los nuevos datos, correspondientes al incremento de basuras en la zona piloto y posteriormente correr el modelo de simulación se obtuvieron los mismos resultados que los encontrados por la anterior investigación realizada por el equipo de profesores de la Escuela de ingeniería de Antioquia; dicho evento pudo haberse debido a que el incremento de basuras en los nodos y por supuesto en los barrios no fue muy grande; los barrios para los cuales se ejecutó el piloto son unos en general ya saturados en cuanto a población se refiere lo que implica según los resultados del presente trabajo que el incremento de basuras no va a ser fuerte. También se puede ver que el crecimiento esperado en los barrios y nodos va a ser equilibrado, es decir dicho incremento se va a distribuir, en general, uniformemente sobre el área analizada de la ciudad de Envigado.

Si bien en la segunda propuesta de asignación de rutas se necesita una mayor capacidad instalada, se puede ver que el proceso en general es más ajustado.

Bibliografía

Alfredo Olivera. Heurística para Problemas de Ruteo de vehículos, 2004.

Marino Palacios Morera. Tesis doctoral. Sistemas de información geográfica temporal y cambio ambiental: transformación y degradación en el valle de Jarama (Madrid).

Paulina Leija Luna. Sistemas de Información Geográfica para la ayuda de toma de decisiones en políticas sociales, 2010.

Rolando J Vera. Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica, 2001.

Azarang, Mohammad R y García Dunna, Eduardo. Simulación y análisis de modelos estocásticos. México : Mc. Graw Hill, 1996.

Paula Zabala. Tesis Doctoral Problemas de Ruteo de Vehículos, 2006.

José Ignacio Serrano Moreno, Maria Dolores del Castillo Sobrino. Modelo computacional de lectura cognitiva para la representación automática de textos

G. B. Dantzig. J. H. Ramser. The Truck Dispatching Problem.

Julio Mario Daza, Jairo R. Montoya, Francesco Narducci. Resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento Metaheurístico de dos fases, 2009.

Cristian Alejandro martinez. Metaheurísticas híbridas aplicadas al problema de ruteo de arcos capacitados, 2011.

Julian guillermo Villegas ramirez. Problemas de enrutamiento: variantes, aplicaciones y bibliografía básica, 2007.

Real Academia Española. Diccionario de la lengua española, vigésimasegunda edición, 2012.

Universidad Nacional de Colombia. Introducción a los pronósticos: Aplicaciones, métodos, libros, revistas y software.

Sergio A. Cruces Álvarez. El método de mínimos cuadrados.

Petraška Artūras; Palšaitis Ramūnas. Evaluation criteria and a **route** selection system for transporting oversize and heavyweight cargoes, 2012.

Municipio de Envigado, Alcaldía de Envigado. Plan de desarrollo 2012-2

Plan estadístico del municipio de Envigado, DANE, Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2004

Plan de ordenamiento territorial Municipio de Envigado, Documento diagnóstico 2010, Alcaldía de Envigado

Enlaces relacionados

<http://www.envigado.gov.co/Secretarias/OficinaAsesoradePlaneacion/documentos/POT/DIAGNOSTICO%202010.pdf>

http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=72

http://unstats.un.org/unsd/demographic/standmeth/handbooks/Manual_X-es.pdf

http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=72

http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/Metodologia_estimaciones.pdf

http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/Ficha_Proyecciones_poblacion.pdf

http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/Proyecciones_poblacion.pdf

http://buscador.dane.gov.co/search?q=envigado&btnG.x=-844&btnG.y=-218&client=DANE_FrontEnd&output=xml_no_dtd&proxystylesheet=DANE_FrontEnd&sort=date:D:L:d1&oe=UTF-8&ie=UTF-8&ud=1&exclude_apps=1&site=danegovco&ulang=es&ip=201.232.130.56&access=p&entqr=3&entqrm=0&start=10

http://unstats.un.org/unsd/demographic/standmeth/handbooks/Manual_X-es.pdf

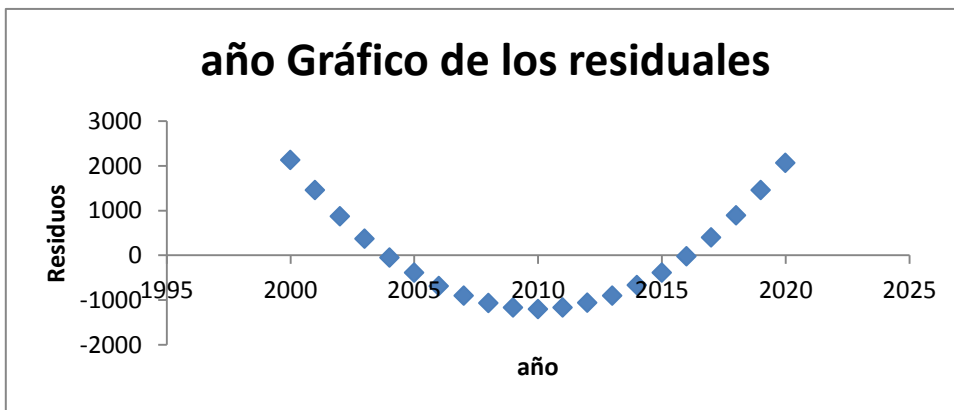
Anexos

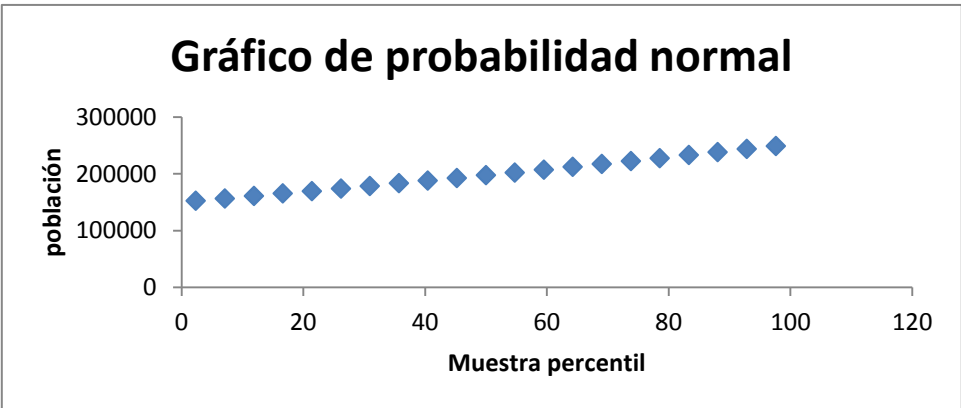
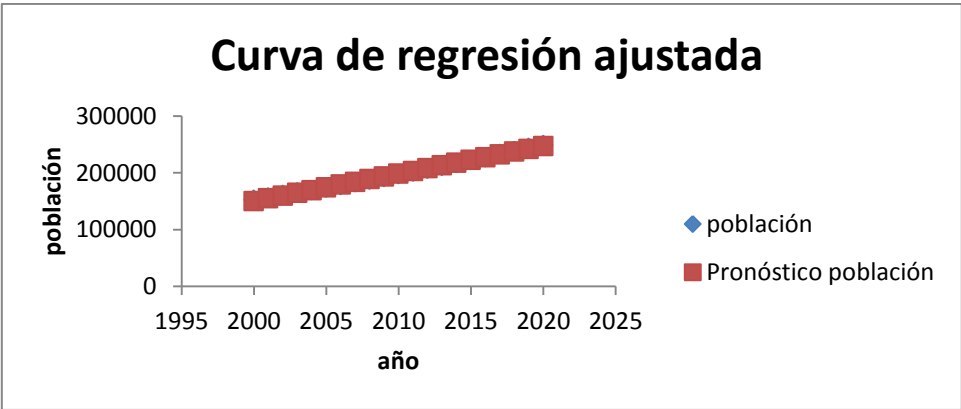
Anexo 1: regresión

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	17961649476	17961649476	14125,7422	9,43239E-29
Residuos	19	24159533,36	1271554,387		
Total	20	17985809009			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	-9509223,104	81680,82882	-116,4192778	1,3965E-28	-9680183,043	-9338263,16	-9680183,043	-9338263,164
año	4829,784416	40,63704386	118,8517657	9,4324E-29	4744,730105	4914,83873	4744,730105	4914,838726

Análisis de los residuales				Resultados de datos de probabilidad	
Observación	nóstico poblac	Residuos	esiduos estándar	Percentil	población
1	150345,7273	2129,272727	1,937322929	2,380952381	152475
2	155175,5117	1458,488312	1,327008425	7,142857143	156634
3	160005,2961	872,7038961	0,794031336	11,9047619	160878
4	164835,0805	370,9194805	0,33748181	16,66666667	165206
5	169664,8649	-48,86493506	-0,044459856	21,42857143	169616
6	174494,6494	-386,6493506	-0,351793663	26,19047619	174108
7	179324,4338	-683,4337662	-0,62182354	30,95238095	178641
8	184154,2182	-903,2181818	-0,821794818	35,71428571	183251
9	188984,0026	-1063,002597	-0,967174979	40,47619048	187921
10	193813,787	-1167,787013	-1,062513283	45,23809524	192646
11	198643,5714	-1203,571429	-1,095071803	50	197440
12	203473,3558	-1163,355844	-1,058481576	54,76190476	202310
13	208303,1403	-1058,14026	-0,962750972	59,52380952	207245
14	213132,9247	-897,9246753	-0,816978511	64,28571429	212235
15	217962,7091	-666,7090909	-0,606606562	69,04761905	217296
16	222792,4935	-382,4935065	-0,34801246	73,80952381	222410
17	227622,2779	-23,27792208	-0,021179463	78,57142857	227599
18	232452,0623	401,9376623	0,365703763	83,33333333	232854
19	237281,8468	891,1532468	0,810817513	88,0952381	238173
20	242111,6312	1456,368831	1,325080011	92,85714286	243568
21	246941,4156	2067,584416	1,881195699	97,61904762	249009





Anexo 2 descriptivas

<i>indice de peso de residuos por barrio (recogidos al dia)</i>		<i>kg-dia/habitante</i>	
Media	8,67567568	Media	2,66051063
Error típico	0,65213216	Error típico	0,35160476
Mediana	7,3	Mediana	1,875
Moda	11	Moda	#N/A
Desviación estándar	3,96676508	Desviación estándar	2,13872825
Varianza de la muestra	15,7352252	Varianza de la muestra	4,57415854
Curtosis	1,29967894	Curtosis	4,31599976
Coeficiente de asimetría	1,10974322	Coeficiente de asimetría	2,01841642
Rango	17,5	Rango	9,69865412
Mínimo	3,7	Mínimo	0,82228562
Máximo	21,2	Máximo	10,5209397
Suma	321	Suma	98,4388932
Cuenta	37	Cuenta	37
Mayor (1)	21,2	Mayor (1)	10,5209397
Menor(1)	3,7	Menor(1)	0,82228562
Nivel de confianza(95,0%)	1,32258533	Nivel de confianza(95,0%)	0,7130875

Anexo 3 propuesta anterior

Módulo lunes-jueves					
BARRIOS	RESIDUOS TON-día	CAMIÓN	CAPACIDAD DEL CAMIÓN TON	CAMIONES	RUTA ACTUAL
Alto De Misael	8,5	C1	10	C1	MV
Las Flores	3,9	C2	11	C1, C2	LJ
Las Orquideas	5,7			C2	LJ-MV
La Sebastiana	12,6	C3	10	C2, C3	LJ-MV
Los Naranjos	11	C4	11	C4	LJ
Barrio Mesa	16	C5	10	C5, C6	LJ-WS
Loma de las Brujas	3,8	C6	10	C6	LJ
San Jose	9,8	C7	10	C7	LJ-WS
San Rafael	10,8	C8	11	C8	LJ
Chingui	7,5	C9	10	C9	LJ
El Salado	6,6	C10	10	C9, C10	LJ
La Mina	13	C11	10	C10, C11	LJ
TOTAL	109,2				

Módulo martes-viernes					
BARRIOS	RESIDUOS TON-día	CAMIÓN	CAPACIDAD DEL CAMIÓN	CAMIONES	RUTA ACTUAL
Jardines	4,2	C1	12	C1	MV
El Portal	7,5			C1	MV
San Marcos	11	C2	11	C2	MV
Alcalá	15,5	C4	10	C3, C4	MV
Milán Vallejuelos	10,1	C5	10	C4, C5	MV
Primavera	5,8	C6	9	C5, C6	MV
Las Casitas	6,8			C6	MV
El Esmeraldal	6,2	C7	11	C7	LJ
Uribe Ángel	5,9	C8	11	C7, C8	MV-LJ
La Inmaculada	5,1			C8	MV-LJ
La Pradera	5,1			C8	LJ
El chocho	5,5	C9	11	C9	LJ-MV
Loma del Atravesado	5,5			C9	LJ-MV
Zúñiga	11	C10	11	C10	LJ-MV
TOTAL	105,2				

Módulo miércoles-sábado					
BARRIOS	RESIDUOS TON-día	CAMIÓN	CAPACIDAD DEL CAMIÓN TON	CAMIONES	RUTA ACTUAL
Obrero	7,3	C1	11	C1	WS
Bucarest	3,7			C1	WS
La Magnolia	11,4	C2	12	C2	WS
Pontevedra	6,2	C3	10	C3	WS
Bosques de zuñiga	6,3	C4	10	C3, C4	WS
Villa Grande	6,9			C4	WS-MV
Loma del Barro	14,1	C5	11	C5, C6	WS-MV
La paz	6,9	C6	11	C6	WS
El Dorado	21,2	C7	11	C7, C8	WS
Las Antillas	10,3	C9	10	C9	WS
El Trianón	12,3	C10	12	C10	WS
TOTAL	106,6				

Anexo 5 numeración piloto



<p>REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS URBANOS, ORDINARIOS Y HOSPITALARIOS EN ENVAISO, ESP PROPUESTA PARA MICRORUTAS ZONA PILOTO Y BARRIO CENTRO</p>	<p>La solución sostenible Envaíso</p> <p>ENVAISO, S.A.P</p> 	<p>BOGOTÁ, MARZO DE 2018</p> <p>ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA</p> <p>Investigador principal: Andrés Gavarrón</p> <p>Docentes Investigadores: Jaime Gómez Juliana Sánchez Juan Leonardo Jordi Cuervo</p> <p>Investigador auxiliar: Gonzalo Martínez</p> 
--	---	---