



UAT

VERDAD, BELLEZA, PROBIIDAD

UNIDAD ACADÉMICA MULTIDISCIPLINARIA REYNOSA RODHE

Tesis:

“APLICACIÓN AUTOMATIZADA PARA LA OPTIMIZACIÓN Y MEDICIÓN DEL SISTEMA INTEGRAL DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DE REYNOSA, TAMAULIPAS, MÉXICO”

Presenta:

Lic. Marco Antonio Montalvo Hernández

Como requisito parcial para obtener el grado de:
“Maestro en Ciencias y Tecnologías Computacionales”

Directora:

MDRH. Lucia Terán Gutiérrez

Codirectora:

Dra. Luz Idalia Balderas García

Asesor:

Dr. Wenceslao Eduardo Rodríguez Rodríguez

Cd. Reynosa, Tamaulipas

Enero, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS
Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa – Rodhe



**Unidad Académica
Multidisciplinaria
Reynosa-RODHE**

Tesis:

“APLICACIÓN AUTOMATIZADA PARA LA OPTIMIZACIÓN Y MEDICIÓN DEL SISTEMA INTEGRAL DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DE REYNOSA, TAMAULIPAS, MÉXICO”

Presenta:

Lic. Marco Antonio Montalvo Hernández

Como requisito parcial para obtener el grado de:
“Maestro en Ciencias y Tecnologías Computacionales”

Directora:

MDRH. Lucia Terán Gutiérrez

Codirectora:

Dra. Luz Idalia Balderas García

Asesor:

Dr. Wenceslao Eduardo Rodríguez Rodríguez

Derechos de autor

Marco Antonio Montalvo Hernández

RESUMEN

En el transcurso de la historia el problema de la contaminación que es del ámbito global, poco se ha estudiado e investigado en aplicaciones para el correcto y óptimo funcionamiento de las actividades en el sistema de recolección de residuos sólidos urbanos. En la presente investigación se desarrolló una aplicación con el fin de optimizar y medir en su eficiencia la ejecución de las rutas de recolección de residuos sólidos urbanos (R.S.U.) en la ciudad de Reynosa Tamaulipas, utilizando diversas herramientas computacionales, y con una metodología para la ejecución ordenada de la recolección. Para este proceso se le da un enfoque de supervisión, el cual garantizó la transversalidad entre los procesos que involucra dicha actividad, su funcionalidad depende de los datos de entrada, un procesamiento de estos, para poder dar datos de salida el cual pueda ser o no el resultado esperado. Dentro de esta investigación la aplicación estuvo de la mano con la funcionalidad del Internet, así como el o los procesos de supervisión que de la actividad misma surgieron, todo con fines cuantitativos. Se integraron las diversas herramientas que se encuentran disponibles dentro de la organización con el fin de crear la aplicación tales como: redes de comunicaciones, software de desarrollo, equipo de cómputo, camión recolector, personal de diversas unidades administrativas, servicio de datos móviles, dispositivos móviles, entre otros. Las pruebas se llevaron a cabo en la ciudad de Reynosa Tamaulipas, específicamente en la colonia Villa Esmeralda en el periodo del 20 de abril al 11 de mayo del 2020, esto con la finalidad de tener mediciones con datos reales en igualdad de condiciones, pero sobre todo que no haya variables que nos den un resultado no real. Esta área fue seleccionada debido a su infraestructura y ofrecer un escenario general como muestra de la mayor parte de las colonias en esta ciudad. La aplicación generó la asignación de grupos de colonias para que el operador pueda visualizar las rutas de recolección a realizar en la fecha y día que se le indica, para con ello poder obtener los resultados de la calendarización, por cada día de la semana para evaluar el nivel de eficiencia de cada grupo de colonias.

Palabras clave: método, logística, dispositivo móvil, internet.

ABSTRACT

In the course of history, the problem of pollution, which is global, little has been studied and investigated in applications for the correct and optimal functioning of activities in the urban solid waste collection system. In this research, an application was developed to optimize and measure in its efficiency the execution of the urban solid waste collection routes (MSW) in the city of Reynosa Tamaulipas, using various computational tools, and with a methodology for the orderly execution of harvesting. For this process, a supervisory approach is given, which guaranteed the transversality between the processes involved in said activity, its functionality depends on the input data, a processing of these, to be able to give output data which may or may not be the expected result. Within this research, the application went hand in hand with the functionality of the Internet, as well as the supervision process or processes that emerged from the activity itself, all for quantitative purposes. The various tools that are available within the organization were integrated to create the application such as: communications networks, development software, computer equipment, collection truck, personnel from various administrative units, mobile data service, devices mobile phones, among others. The tests were carried out in the city of Reynosa Tamaulipas, specifically in the Villa Esmeralda neighborhood in the period from April 20 to May 11, 2020, this to have measurements with real data under equal conditions, but on everything that there are no variables that give us a non-real result. This area was selected due to its infrastructure and to offer a general setting as a sample of most of the colonies in this city. The application generated the assignment of groups of colonies so that the operator can visualize the collection routes to be carried out on the date and day indicated, to obtain the results of the scheduling, for each day of the week to evaluate the efficiency level of each group of colonies.

Keywords: method, logistics, mobile device, internet

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo general:	6
1.4.2. Objetivos específicos	6
1.5. Hipótesis	7
1.6. Delimitación de la Investigación.....	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Residuos Sólidos Urbanos (RSU).....	9
2.1.2. Aspectos de salud y legislación aplicable	10
2.2.1. Sistemas informáticos y aplicaciones en la recolección.	11
2.2.2. Métodos de recolección actuales.	12
2.3. Innovación Técnica.....	13
2.3.1. Sistemas Ciberfísicos.....	14
2.3.2. Internet de las cosas.	15
2.3.3. Datos.....	17
2.4. Base de Datos	18
2.4.1. Tipos de base de datos existen.	19
2.4.2. Gestor de Base de Datos.....	19
2.5. Software de desarrollo.....	20
2.5.1. Tipos de programación.	20
2.5.2. Programación orientada a objetos.	21
2.5.3. Lenguaje de programación a utilizar	22
2.6. Conectividad Hardware y Software	22
2.6.1. Tipos de conectividad a distancia.	23
2.6.2. Comunicación móvil.	23
2.6.3. Sistema de conectividad global (dispositivo GPS).	24
2.6.4. Comunicación en dispositivo en tracto camión (tableta con servicio de datos).	25
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	27
3.1. Tipo de investigación	27

3.2. Nivel de estudio	28
3.3. Enfoque de investigación	29
3.4. Procedimiento para comprobar la hipótesis	29
3.5. Viabilidad económica-financiera	30
3.6. Materiales y métodos	31
3.6.1. Especificación funcional.....	31
3.6.2. Requerimientos funcionales.	31
3.6.3. Requerimientos no funcionales.....	31
3.6.4. Tabla de materiales	32
3.6.5. Especificación de diseño de conectividad LMU-330.....	33
3.7. Método y diagrama de flujo	34
3.7.1. Requerimientos funcionales	35
3.7.2. Especificación de diseño funcional	37
3.7.3. Especificación de diseño técnico	37
3.7.4. Diseño de casos de prueba	38
3.7.5. Planificación del proyecto.....	40
3.7.6. Ampliación desarrollada y a prueba	42
3.7.7. Ambiente de pruebas	46
CAPÍTULO IV. DISEÑO Y EXPERIMENTACIÓN	51
4.1. Diseño	51
4.2. Etapas de la gestión de rutas de recolección.	53
4.3. Experimentación	59
4.4. Conclusiones de prueba	66
CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS	67
5.1. Presentación y discusión de los resultados	67
5.2. Conclusiones	69
GLOSARIO	71
BIBLIOGRAFÍA	72

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Los residuos sólidos urbanos (RSU) o basura domiciliaria representa poco más del 60 % del total de residuos sólidos generados en un país, el resto se divide entre los residuos industriales, comercios entre otros. En América Latina un tercio de los RSU se disponen a cielo abierto o en el medio ambiente lo cual afecta la salud poblacional y contamina los suelos, así como los mantos acuíferos (Noticias Organización de Naciones Unidas, 2019). Esto se debe a una falta de estrategia, logística, disciplina, así como capacidad técnica para poder llevar un sistema de recolección eficiente y efectivo, el cual cubra más del 95 % del área urbana (SIIAR,2019).

Según el informe de medio ambiente de la Organización de las Nacionales Unidas (ONU) (2019), un ciudadano de América Latina genera en promedio un kilo de basura por día. “Uno de los asuntos que aborda es la creciente generación de residuos en la región, fruto del desarrollo y del crecimiento de la población, mientras el sector no se ha dotado de la capacidad suficiente para atender de forma adecuada a los mismos” (Jordi Pon, 2018) Así mismo, dicho informe menciona que: “La disposición final de desechos de manera no controlada o su falta o incorrecta recolección genera los basureros a cielo abierto. Dentro de estos, los de mayor riesgo son aquellos, en donde, de forma sistemática e indiscriminada se arrojan los residuos en arroyos o espacios abandonados o sin control ni protección, quemados intencionalmente como forma de reducir su volumen o por auto combustión y dejados para que distintos actores distribuyan su carga contaminante” (Jordi Pon,2018).

Actualmente se ha reportado 3,112 toneladas de RSU generados diariamente en Tamaulipas, recolectándose 2,883 toneladas, para dar atención a 3,246,020 ciudadanos, lo que significa un 93% del total de los habitantes en Tamaulipas (PMD,2016). De la suma total de toneladas generadas, el 80% se originan en los 7 municipios más habitados: Reynosa, Matamoros, Nuevo Laredo, Ciudad Victoria, Tampico, Ciudad Madero y Miramar (Altamira). De estas ciudades, Reynosa reporta el 21%. El 51% de los RSU corresponde a comida y restos

de jardinería (materia orgánica), 34% corresponde a papel, cartón, plásticos, metal y vidrio (reciclables); el 15% restante corresponde a basura.

Particularmente, el área con mayor índice de crecimiento en la industria de exportación es Ciudad Reynosa en los últimos 40 años. Dicho crecimiento ha logrado también un gran impacto sobre el ambiente en la generación de RSU. Según datos de la Dirección del Medio Ambiente Municipal Ciudad Reynosa genera estimadamente 550 toneladas de basura diariamente. Por esta razón, es necesario disponer de un servicio público de recolección que contribuya a mejorar las condiciones medioambientales de la ciudad, utilizando la reingeniería del sistema integral de recolección de residuos sólidos urbanos domiciliario.

Así también el caso de generación de fauna nociva las cuales son transmisoras de enfermedades y generadoras de focos infecciosos. La presencia de RSU en la ciudad sin ser colocadas en el lugar que debe ser provocan obstrucciones por acumulación en las descargas pluviales, alcantarillas y canales. Carecer de una planeación estratégica, metodología de recolección y estrategia de elaboración de recorridos en el sistema de RSU, conlleva los siguientes efectos: Descontento poblacional, basura en las calles (mala imagen), generación de focos infecciosos, enfermedades respiratorias y de la piel, proliferación de fauna nociva, creación de otras formas de recolección no adecuadas (por ejemplo: recolección por tracción animal).

A través de la implementación de tecnología, estrategias, identificación de procesos y su relevancia en el alcance del objetivo, análisis de resultados y medición de variables a corto plazo se ha avanzado en el incremento de la recolección en la ciudad a un 90% en zona urbana. Esto se ha logrado gracias a que se ha institucionalizado el sistema de recolección de residuos sólidos urbanos y se ha generado transversalidad en las áreas de innovación tecnológica y la de servicios públicos primarios en la cual el resultado ha sido el incremento en la cobertura y con ello la optimización de recursos tanto técnicos como humanos para la optimización del proceso de recolección en el periodo marzo a mayo 2019.

1.2. Planteamiento del problema

La manera de llevar a cabo la recolección aun cuenta con grandes limitantes como lo es: el método de entrega de rutas a recorrer, debido a que el operador no cuenta con el conocimiento de todas las áreas, revisión constantemente para ver si están dentro del área asignada o han invadido alguna otra y poder retomar el curso indicado en continuidad de ruta. La entrega manual de las rutas a recorrer, todos los días por la mañana, son el resultado de: el conocimiento empírico de la actividad, la falta de dispositivos y aplicaciones, la consideración de densidad poblacional, desconocimiento de infraestructura en la ciudad dando como resultado no lograr los objetivos. La transversalidad (en su concepto más básico es la vinculación y el aprovechamiento de habilidades) es un término que pocos lo conocen y mucho menos aplican y esta tarea es un excelente ejemplo de la necesidad de colaboración entre áreas y que mejor aún si lo pudieran hacer a través de plataformas en línea para darnos una mejor administración de tiempos, y con ello encausar a una mejor educación cultural de los ciudadanos para colocar su bote fuera de su vivienda el día que le corresponde.

1.3. Justificación

En este momento el uso de herramientas tecnológicas es fundamental, con el objetivo de lograr mejores controles, mediciones y las estadísticas, para la toma de decisiones y mejora continua en el servicio de recolección de RSU. Además de hacer una mejora administrativa y organizacional, orientando el presupuesto basado en resultados, se busca cumplir con la exigencia de la población de tener servicios públicos de mayor calidad, eficiencia, cobertura y transparencia (PBR, 2012).

La implementación de la aplicación para la gestión automatizada en rutas urbanas de recolección es un sistema automatizado que es capaz de realizar de manera autónoma los procesos que involucra la actividad del personal el cual lleva a cabo la tarea en las áreas conformadas tales como: asignación de áreas de cobertura, supervisión de micro rutas de recolección, atención de peticiones, medición de resultados en cumplimiento de cobertura,

medición en rendimiento de equipo técnico y humano de la unidad, cumplirá con los servicios públicos de calidad. Cabe hacer mención el uso de la identificación de procesos en el sistema de recolección, en su definición de la búsqueda de la solución a una problemática paso a paso de manera estructurada.

Al crear la aplicación que administre y controle el método para la recolección de residuos sólidos urbanos, se tiene la certeza de que con la utilización de herramientas computacionales se genera una distribución equitativa y optimizada, almacenando toda esta información en una base de datos en lenguaje de consulta estructurada (SQL, por sus siglas en inglés de *Structured Query Language*) la cual se podrá consultar y analizar para eficientizar de manera inmediata las rutas a seguir, considerando algunas variables de ambiente externo no controladas por la metodología actual, por ejemplo: calles en construcción o reparación, situaciones de riesgo para las unidades y operarios, falta de personal, falta de unidades recolectoras, falta de combustible, entre otras. Con la información generada cada día en la base datos, se generan estadísticas.

Al contar con la aplicación automatizada será de manera transparente y sin olvidar ningún sector (grupo de colonia) a programar. Los beneficios en términos sociales son de impacto inmediato al no tener “basura” en los domicilios, calles, avenidas, escuelas, dependencias, y todas aquellas áreas donde habitualmente los ciudadanos depositan sus desechos. Esto se refleja en un mejor ambiente, menos fauna nociva, olores fétidos y reducción de enfermedades por contaminación. En el área administrativa al tener esta aplicación automatizada y de análisis continuo de mejoramiento en las áreas a recolectar con herramientas computacionales, se evita la intervención de criterios de personal humano, con ello se logra evitar la aplicación de perspectivas personales, así como una erogación de la organización más en personal dedicado a esta tarea, es decir el trabajo que lo hacían 3 personas ahora solo una podrá realizar las mismas tareas.

El beneficio científico en esta área es la generación de información para la aplicación en otras ciudades de similares condiciones en donde tengan necesidad de combatir este rubro. El uso de las tecnologías para la simplificación y automatización de procesos operativos del

servicio público (Figura 1.3). Las herramientas computacionales y tecnológicas, la nueva manera de estructurar los datos desde el almacenamiento (Big Data), las diferentes metodologías para establecer comunicación con los dispositivos involucrados (internet de las cosas) y la propuesta de creación de otros adicionales como herramientas de control y medición, da como resultado el uso de la tecnología al servicio de los habitantes de una ciudad con servicios públicos de calidad y transparentes.

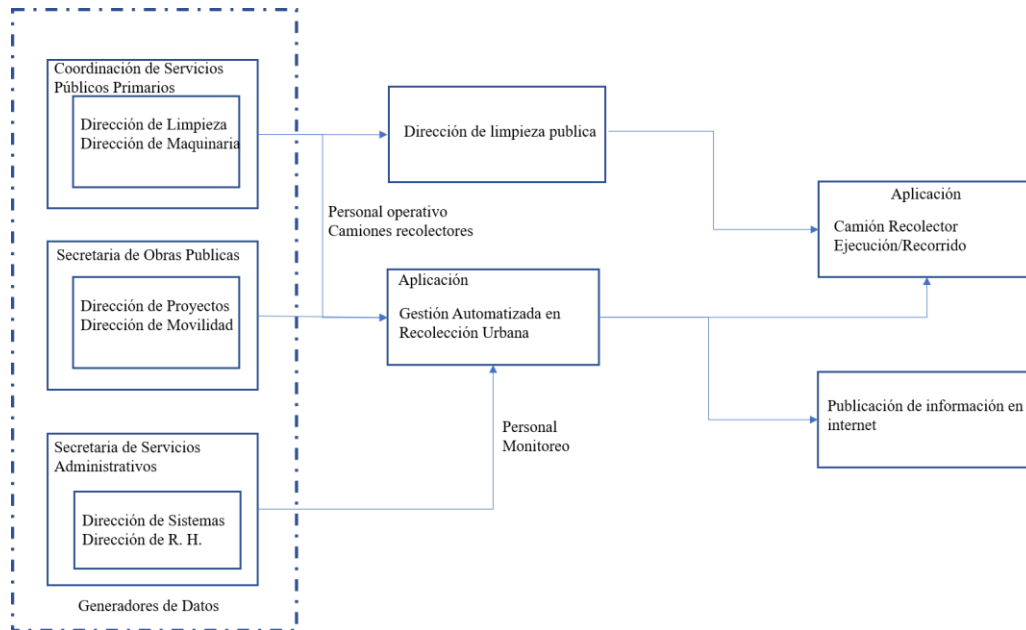


Figura 1.3. Esquema de transversalidad de áreas.

El sistema automatizado sin intervención de personas en la distribución de áreas de cobertura (rutas) será de manera transparente y no se prestará para condicionar áreas a cubrir. Con ello se logra el mayor grado de transparencia en la distribución de grupos de colonias y su cobertura. El sistema evaluará el desempeño de cada unidad recolectora en lo que respecta a su: cantidad recolectada, cobertura del área asignada, tiempo en realizar las tareas, consumo de combustible, entre otros. Dicha evaluación por metas y objetivos será enfocada a la unidad recolectora visto como un centro de costos donde se evaluará las variables que intervenga en la unidad.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general:

- Diseñar, desarrollar e implementar una aplicación para la gestión automatizada en recolección urbana utilizando las tecnologías computacionales y de comunicaciones para optimizar y eficientizar el sistema integral de recolección de residuos sólidos urbanos.

1.4.2. Objetivos específicos

- Recabar información, así como clasificarla sobre: las unidades recolectoras, operadores (personal), zonas, sectores, grupos de colonias, escuelas y dependencias de la Ciudad de Reynosa, Tamaulipas.
- Identificar áreas, colonias de mayor generación de residuos sólidos urbanos, esto para contemplar la segunda vuelta.
- Definición del ambiente de desarrollo del software, el cual será Microsoft Visual Studio.
- Definición del almacenamiento de los datos y su trato, por medio de base de datos administrada por SQL.
- Generar grupos de colonias para conocer las áreas a recorrer (rutas).
- Crear los archivos .KML para la visualización de las rutas.
- Indicar el inicio y secuencia del recorrido por medio de marcas geográficas en los archivos .KML.
- Definir los datos de flujo de alimentación, proceso de sorteo, asignación y presentación de la ruta a seguir para su ejecución.

1.5. Hipótesis

“El diseño, desarrollo e implementación de una aplicación móvil en Microsoft Visual Studio C# y utilizando el manejador de base de datos SQL para la gestión de los datos, contribuirá a la optimización del servicio de recolección de RSU en la ciudad de Reynosa Tamaulipas en el periodo: 20 de abril - 11 de mayo del 2020”

Variable independiente: aplicación móvil

Variable dependiente: optimización del servicio de recolección de RSU

El proyecto propone una reestructuración organizacional, logística y de método de medición de variables bien definidas de forma cuantitativa, control de tráfico y aplicación de tecnologías para la obtención del objetivo del servicio, el cual debe operar en un esquema de zonas, sectores y áreas agrupadas para fortalecer, además, la participación ciudadana, esta hipótesis se considera del tipo de trabajo causal, ya que se estarán midiendo las variables de cantidad de residuos sólidos urbanos recolectados, el porcentaje de área de cubierta/recorrida recolectada, así como el tiempo que lleve estas actividades.

1.6. Delimitación de la Investigación

La aplicación será diseñada, desarrollada para su implementación en la Dirección de Limpieza pública en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas del 20 de abril - 11 de mayo del 2020. Dicha ciudad está dividida en cinco zonas (Oriente, Sur, Poniente, Central y Norte), por un previo análisis de densidad que llevo a cabo Dirección de Movilidad y Transporte del Ayuntamiento, basado en esta información la zona que cuenta con las características generales idóneas para la evaluación de la aplicación es la zona Oriente sobre los grupos que son parte de esta; el grupo O35 y O08, correspondiente a la colonia Villa Esmeralda y los Encinos respectivamente son la muestra. Dicha muestra son el objeto de prueba de la aplicación, la cual cuenta con las características generales de la ciudad, habiendo condiciones óptimas para el desarrollo de esta. Esta aplicación será desarrollada en Microsoft Visual Studio, C# utilizando

el manejador de base de datos SQL para la gestión de los datos, además de un equipo de cómputo de monitoreo, tabletas con sistema operativo Android y servicio de datos en cada una de las unidades. Uno de los objetivos de la aplicación es demostrar que la utilización de las tecnologías computacionales en los procesos del servicio público de recolección de RSU contribuye a alcanzar la eficacia y eficiencia.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se encuentra el contenido teórico, algunos extractos de documentos o investigaciones que ayudaran a entender de mejor manera el desarrollo de la investigación, explicación de términos, que para el entendimiento de esta es necesaria. Una visión teórica de contenido a considerar, tal como normatividad, regulaciones, un desarrollo realizado en otro país, solo que, con enfoque a los sensores, la descripción de los métodos de recolección y teoría sobre la influencia de la industria 4.0 en la investigación.

2.1. Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

Se consideran RSU a los residuos que se producen en los hogares al desechar materiales que se emplean en las labores domésticas, además de aquellos que provengan de los establecimientos públicos, con características específicas, y siempre que no sean considerados como residuos de otra índole (DOF, 2003). Un ejemplo de estos residuos puede apreciarse en la figura 2.1, son los materiales de desecho que se producen en las casas y en aquellos establecimientos que la ley general para la prevención y gestión integral de residuos no considera como grandes generadores.

El aumento en la generación de RSU es en función del aumento en la población y la forma de vida del día a día, traduciéndose en un incremento en el consumo de servicios y bienes (Giusti, 2009). Esto conlleva brindar mayor énfasis a temáticas relacionadas con la recolección, operación y disposición final de los RSU. Por esta razón, un tema prioritario en el estudio de los RSU es su confinamiento correcto, para evitar que los espacios en los que se depositan se transformen en focos de infección, y evitando también su dispersión (Semarnat, 2006; Regadío, 2015).



Figura 2.1. Los residuos sólidos urbanos domésticos.

2.1.2. Aspectos de salud y legislación aplicable

El objetivo general del manejo correcto de los RSU es proteger la salud de la ciudadanía, ya que al no hacer esto se expondría a la población a accidentes, enfermedades, lesiones y molestias producidas por el contacto con los desperdicios, evitar el impacto potencial que podrían ocasionar sobre los ecosistemas. Lamentablemente, el manejo de los RSU no es adecuada en México. En el ciclo de vida de los RSU, al momento de ser producidos existen diversas etapas importantes para su manipulación, destacando: recolección, reciclaje y tratamiento final. Algunas de las legislaciones aplicadas a tema se mencionan en seguida:

- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- Determinación de la Generación de Residuos Sólidos (Norma NMX-AA-61-1985).
- Norma Oficial Mexicana (NOM-161-SEMARNAT-2011)– DOF.
- Norma Oficial Mexicana NOM083-SEMARNAT-2003 establece las especificaciones de protección ambiental.
- Reglamento de la Ley General para la prevención y gestión integral de los RSU.2.2. Recolección.

Para tener una referencia más amplia de la investigación habrá que mencionar algunos programas computacionales utilizados con algún uso aplicado a la recolección, ya sea en el país

mismo o en extranjero. Se Identificará cual se usa actualmente en la ciudad y se describirá su manera de desempeñarlo.

2.2.1. Sistemas informáticos y aplicaciones en la recolección.

En la actualidad el uso de diversas herramientas informáticas ha mejorado la calidad de vida, entre ellas están los sistemas computacionales, tales como: de control y gestión, de procesamiento de datos, de diseño, entre otros. Estas herramientas han mejorado la manera de llevar a cabo las tareas cotidianas del día al día al grado de trabajar remotamente en donde haya una conexión a internet. Es sin duda una de las herramientas más necesarias para el logro de los objetivos organizacionales en una empresa. En el ambiente de gobierno las aplicaciones han generado un mayor grado de transparencia y rendición de cuentas, así como la entrega de servicios de calidad ya que las aplicaciones tienen de entrada datos los cuales involucran un procesamiento para con ello responder con alguna acción, todo este procesamiento con lleva una medición y análisis del proceso mismo con el cual se evalúa su eficiencia propia.

En la búsqueda de software aplicado para la recolección de residuos sólidos urbanos se identificó un desarrollo web en (Mobile Automation, 2020) llamado: MAWIS U2. Este es un software de la empresa Moba BV para contribuir a eficientizar los servicios urbanos. Esta plataforma dispone de herramientas computacionales para la recolectar, transmitir y procesar datos, optimizando la gestión en los servicios públicos para recolectar los RSU, limpieza de periféricos viales, mantenimiento de instalaciones públicas, plazas y áreas verdes. Para dar atención a los diferentes servicios, la plataforma cuenta con una estructura basada en módulos para el control de activos, planificación de rutas, gestión de flotas, promoción de eventos, mantenimiento de automóviles, administración de recursos humanos, centros de información y estaciones de control. Es posible acceder a esta plataforma desde cualquier equipo de cómputo con conexión a Internet. (Mobile Automation, 2020).

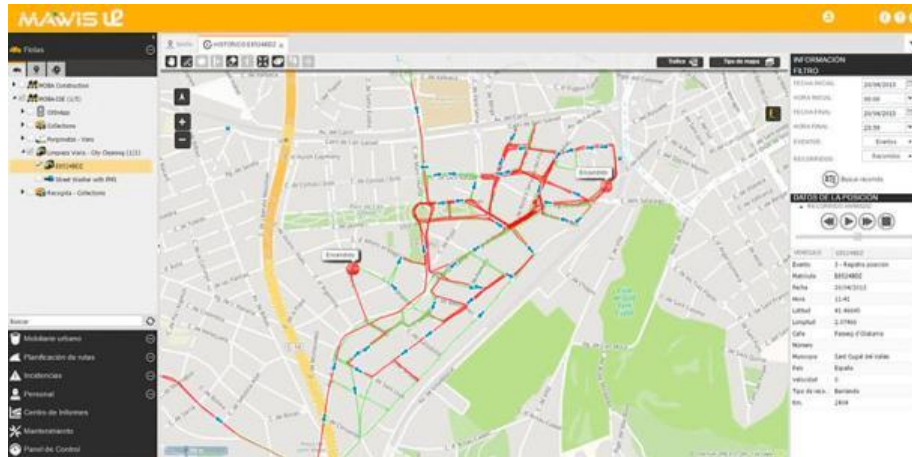


Figura 2.2. Módulo de Planificación de rutas de MAWIS U2. Planificación óptima de rutas de recolección de residuos. Recuperado de moba-automation.es.

Esta empresa se desenvuelve con oficinas centrales en Limburg/Lahn y las sucursales alemanas en Dresden y Langenlonsheim, además de contar en el mercado con 25 años de experiencia. Moba en Mexico cuenta con un representante/distribuidor de sensores para maquinaria. Además de tener presencia en Estados Unidos, India, Asia y Europa a través de una red de distribuidores a nivel mundial en todos los sectores a los que sirve.

2.2.2. Métodos de recolección actuales.

En cuanto al método actual que se lleva a cabo en la programación, calendarización, asignación de las unidades recolectoras y su publicación de las rutas; es de manera empírica. Este grupo de personas seleccionan la o las colonias a programar según su conocimiento de la materia y asignan a una unidad recolectora, la cual se conforma por un camión internacional modelo 7000 con equipo de carga con capacidad de 8 toneladas y sistema hidráulico de compactación, así como un chofer y ayudantes los cuales son quienes llevan a cabo la recolección en los laterales del camión, uno por cada acera. Este tipo de asignación está supeditada al conocimiento del chofer en la colonia que fue asignado, el cual en muchas ocasiones piden al área asignante los mapas de las colonias a recorrer, y el rendimiento de la unidad también depende de su conocimiento. El método que se utiliza en estos momentos es el siguiente:

Método de acera. Los trabajadores de la cuadrilla recolectan los RSU, previamente dispuestos por los ciudadanos en la salida de sus hogares. Debe disponerse de un horario y cumplir con una frecuencia de atención, los ciudadanos deben tener conocimiento de esto, para disponer sus bolsas con RSU en el horario acordado para evitar que se rompan las bolsas y dispersen los RSU cuando se disponen una anticipación inadecuada al paso de la unidad recolectora. La cuadrilla de la unidad recolectora debe ser formada por un conductor y dos trabajadores recolectores de las bolsas plásticas con los RSU y disponerlas en la unidad, cada trabajador recolector tendrá a su disposición una banqueta de alguna calle o cualquier vía pública. El conductor de la unidad recolectora debe cumplir con el horario, trayectoria y frecuencia asignados, además de controlar el mecanismo de compactación cuando esto fuese necesario. Los ciudadanos de cada colonia, zona o área deben colocar sus RSU en el frente de sus hogares.

2.3. Innovación Técnica

La innovación en su concepto más simple es el cambio que introduce algo nuevo en un proceso ya identificado y valorado para hacer más eficiente la realización de las actividades que involucre dicho proceso o conjunto de ellos. La industria 4.0 consiste en la transformación digital de sistemas y procesos en todos los sectores sociales, sobre todo en la industria manufacturera, y su interconectividad para lograr mayor flexibilidad e individualización de los procesos de producción (Figura 2.3). La transformación digital al interior de las organizaciones consiste en el uso de las tecnologías tradicionales complementadas con el cómputo inteligente, permitiendo el desarrollo de aplicaciones computacionales para la supervisión de los procesos administrativos y de campo, con la finalidad de entregar servicios de calidad y que a su vez sean medibles.

En naciones con gran uso y avance de tecnologías de punta han llegado a la automatización de procesos industriales de forma inteligente logrando su independencia de la participación humana, pero prevaleciendo la sinergia entre ambas partes: sistemas híbridos, ambos conectados por el Internet.

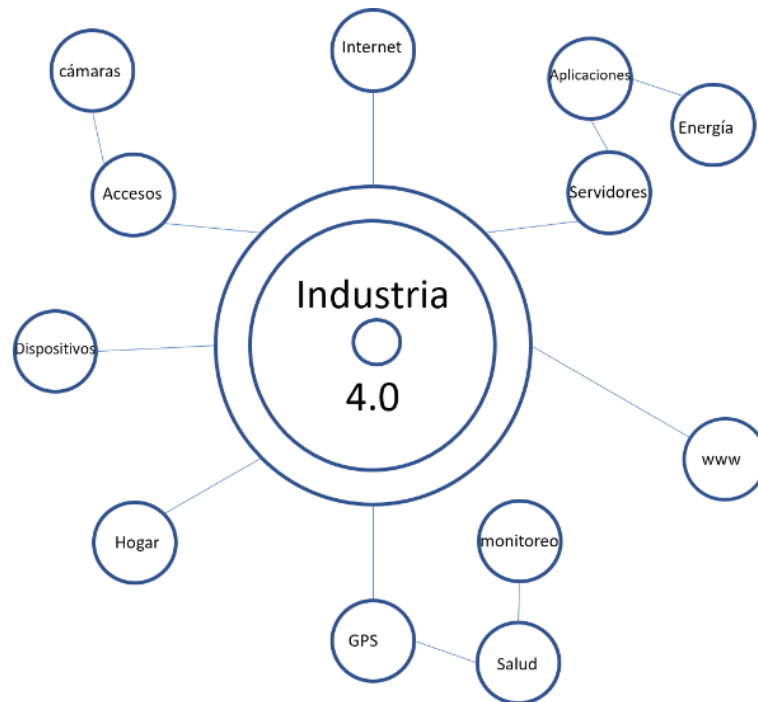


Figura 2.3. Representación de Industria 4.0

2.3.1. Sistemas Ciberfísicos.

Se conoce como sistemas ciberfísicos a los sistemas que presentan la posibilidad de computar, almacenar y comunicar para el control e interacción con un proceso del plano real (Figura 2.3.1). Generalmente, estos sistemas presentan conexión entre sí y con el entorno virtual y las redes digitales globales.

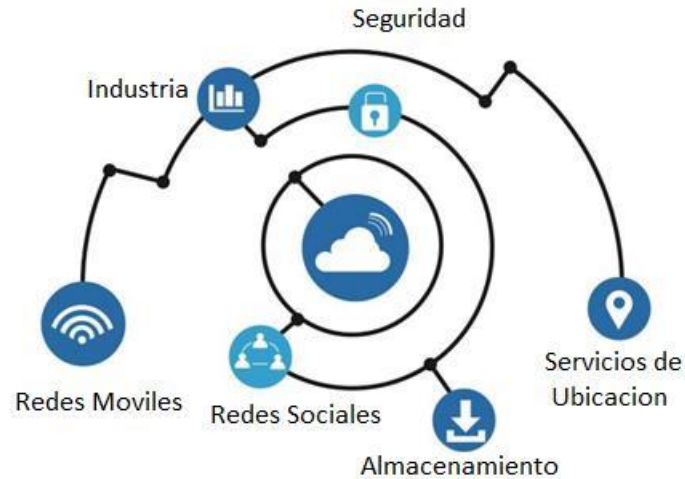


Figura 2.3.1. Sistema Ciberfísico.

Un sistema ciberfísico (CPS, por sus siglas en el idioma inglés) es un dispositivo coordinado por algoritmos computacionales e integrados con Internet. En los CPS el software y los elementos físicos están entrelazados, donde cada componente opera en distintas escalas de espacio y tiempo. Algunos ejemplos de CPS son: el sistema de red eléctrica inteligente, sistemas de vehículos autónomos, sistemas de monitoreo de procesos industriales, sistemas de cuidados médicos, robótica, domótica, entre otros. Además, el CPS conlleva un estudio multidisciplinario, considerando la teoría de mecatrónica, cibernética, la ciencia de diseño y de procesos.

2.3.2. Internet de las cosas.

En busca de una definición concreta del internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) no hay una que englobe todo lo que involucra este concepto por lo cual hacemos mención a esta de la siguiente manera: El internet de las cosas es la existencia de una interconexión digital entre dispositivos por medio de un servicio de comunicación y transferencia de datos (internet), para permitir el intercambio de información entre los involucrados (dispositivos) o centrales de control (servidores, nube) sin intervención humana (Figura 2.3.2). Entre los dispositivos involucrados alguno de ellos son generadores de información otros de almacenamiento y procesamiento de esta, para que después de este proceso sea presentada por alguna aplicación y

sea utilizada en la toma de decisiones con el fin de optimizar y mejorar los procesos involucrados.



Figura. 2.3.2. Internet de las Cosas.

En las últimas décadas, IoT se ha transformado en una de las tecnologías más trascendentes del siglo XXI. Actualmente, es posible conectar objetos del uso diario como electrodomésticos, automóviles, reguladores de temperatura, monitores de infantes a Internet mediante periféricos integrados, es posible la comunicación fluida entre personas, procesos y objetos.

Haciendo uso de las tecnologías de la información económicas, la nube, la ciencia de datos, la web semántica, los grafos de conocimiento, la analítica y las tecnologías móviles, los objetos físicos comparten y recopilan datos con una intervención humana casi imperceptible. En esta era global y enlazada a través de la web, los sistemas digitales graban, supervisan y ajustan cada interacción entre los dispositivos conectados. Este mundo físico se combina con el mundo digital de modo que pueden cooperar. Estos dispositivos abarcan desde objetos domésticos cotidianos hasta sofisticadas herramientas industriales. (Oracle, 2020).

2.3.3. Datos.

Para considerar una cantidad de datos como *big data* deben estos generarse—estructurados y no estructurados – de manera continua y en gran cantidad de volumen, se habla que para ser considerado como tal debería generarse la cantidad de entre 30 a 50 terabytes de datos que atestan una organización diariamente. Sin embargo, lo más trascendental es lo que las organizaciones hacen con esa gran cantidad de datos (Figura 2.3.3). Los datos pueden ser analizados para obtener ideas que conlleven a mejores decisiones y acciones de negocios estratégicas. (Software y Soluciones de analítica, 2020).



Figura 2.3.3. Almacenamiento de datos.

Aun cuando se han generado nuevas tecnologías para almacenar datos, el volumen de datos aumenta su tamaño por dos cada dos años, estimadamente. Las organizaciones se esfuerzan por cuidar el ritmo de crecimiento de sus datos y por identificar formas de almacenaje eficiente. Además, los datos deben poder ser utilizados, por eso la importancia de su conservación. Disponer de datos importantes para el cliente y ser estructurados de tal modo que contribuyan a un análisis significativo.

2.4. Base de Datos

Esta consiste en una serie de datos relacionados y organizados entre sí, los cuales se recolectan y explotan por los sistemas de información de una organización en particular. Las principales características de los sistemas de base de datos son:

- Presentar una independencia física y lógica de todos los datos.
- Mostrar integridad de los datos.
- Permitir consultas complejas optimizadas.
- Brindar acceso concurrente por parte de varios usuarios.
- Otorgar seguridad de auditoría y de acceso.
- Disponer de recuperación y respaldo.
- Mostrar redundancia mínima.
- Permitir el acceso a través de un lenguaje de programación estándar.

Las bases de datos son estructuras especializadas que posibilitan a sistemas computacionales almacenar, operar y recuperar datos de manera rápida y oportuna. De hecho, casi todos los sistemas computacionales actuales modernos se apoyan en bases de datos, permitiendo una adecuada comprensión de cómo crear estas estructuras y cómo. El origen de todo son los datos los cuales en su almacenamiento y procesamiento se van convirtiendo en información para el uso de la aplicación y afectar algún proceso de la cadena productiva. Un sistema de administración de bases de datos consiste en un grupo de programas que opera la arquitectura de la base de datos y administra el acceso a los datos almacenados en ella (Figura 2.4). Una base de datos es análoga a un organizado gabinete digital de archivos en el que un software (sistema de administración de base de datos), permite operar la información contenida dentro del gabinete.

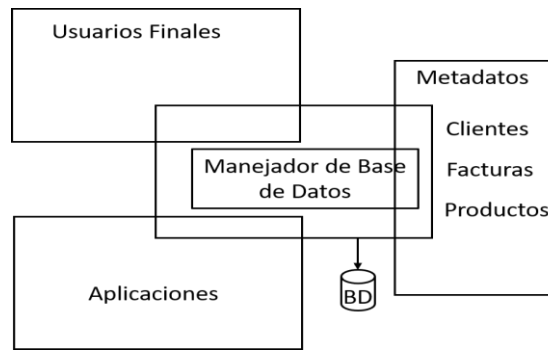


Figura 2.4. Sistema de Administración de Base de Datos

2.4.1. Tipos de base de datos existen.

Para definir una clasificación podrían utilizarse diversos criterios tales como (C Coronel, S Morris, P Rob - 2011):

- Número de usuarios a utilizarla (un usuario o múltiples usuarios).
- Ubicación de la Base de Datos (centralizada o distribuida).
- Tipo de actividad (operacional/transaccional o de simple almacenamiento).
- Tipo de datos (estructurados/relaciona o no estructurados/no relacional).

2.4.2. Gestor de Base de Datos.

El sistema gestor de una base de datos (SGBD) es una aplicación que posibilita a los usuarios diseñar, generar y administrar bases de datos, otorgando acceso con control a las mismas. Es una herramienta computacional que se emplea como interfaz entre las bases de datos y el usuario. Esto es, se cuentan con los datos organizados de acuerdo con ciertos criterios, así un software gestor con diferentes herramientas computacionales y funcionalidades. Existen tres características importantes inherentes a los sistemas de bases de datos: la separación entre los programas de aplicación y los datos para el manejo de varias vistas por parte de los usuarios y el uso de un catálogo para resguardar el esquema de la base de datos (LH Ibáñez – 2015). En base a lo descrito, el SGBD es un lenguaje consulta estructurado (SQL Server).

2.5. Software de desarrollo

2.5.1. Tipos de programación.

Dentro de las diversas metodologías o técnicas para el desarrollo de software encontramos varias metodologías a aplicar, solo en este apartado se describen dos de las más usadas en la materia y recomendadas. La programación orientada a objetos (POO) es un paradigma de programación que utiliza objetos y sus interacciones, para especificar aplicaciones y programas de tecnologías de la información (figura 2.5.1). Está basada en varias técnicas, incluyendo herencia, abstracción, polimorfismo y encapsulamiento (Ángel Roldán, 2017). La programación estructurada inició en los años 70s y es el método básico en el área de la programación. Lenguajes de programación como C, Cobol, Fortran y Pascal, se utilizaron con gran intensidad en esa época. La técnica de refinamiento sucesivo inicia a partir de la descomposición del programa en piezas operables más pequeñas, llamadas funciones (subrutinas, subprogramas o procedimientos), que realizan tareas menos complejas.



Figura 2.5.1. Paradigmas de Programación. Los paradigmas son los diferentes estilos de usar la programación para resolver un problema. Recuperado de ed.team/programacion.

2.5.2. Programación orientada a objetos.

La programación orientada a objetos (POO) es un enfoque de programación que utiliza datos y métodos (acciones asociadas) en estructuras lógicas llamadas objetos. Esto permite incrementar la capacidad para administrar el grado de complejidad del software, resultando importante cuando se desarrollan y administran aplicaciones y estructuras de datos de tamaño considerable. (MATLAB, 2018).

La figura 2.5.2 muestra las principales características del modelo orientado a objetos.

Algunas de las ventajas de la programación orientada a objetos son los siguientes:

- Reutilización de los componentes.
- Mantenimiento fácil y modificación de los objetos existentes.
- Se puede obtener una estructura modular clara, no revelado el mecanismo detrás del diseño.
- Se brinda un marco que permite la creación de una robusta interfaz gráfica de usuario.
- Se adapta adecuadamente al empleo de bases de datos, gracias a la reciprocidad entre las estructuras.



Figura 2.5.2. Esquema con las principales características del modelo orientado a objetos.
 Recuperado de Modelo Orientado a Objetos, CUAED, UNAM.

2.5.3. Lenguaje de programación a utilizar

Se utilizará la metodología de programación orientada a objetos utilizando el ambiente de Microsoft Visual Studio.

2.6. Conectividad Hardware y Software

El congreso más importante de comunicación móvil a nivel mundial, Mobile World Congress transcurrió en la ciudad de Barcelona, España. En el año 2019 se abordaron 4 temas prioritarios: Red 5G, IoT, Inteligencia Artificial y robótica. Alejandro García Romero (profesor de la Facultad de Ingeniería y director de UNAM Mobile), declaró acerca de las innovaciones presentadas en este congreso, destacando la trascendencia de la Red 5G como uno de los desarrollos más importantes ya que permitirá conectar instantáneamente hogares,

vehículos, teléfonos inteligentes, y la empresa Huawei será su principal promotor. Asimismo, el profesor comentó que la tecnología avanza con un ritmo impresionante, pero los marcos legales son lentos pues no hay leyes para esta tecnología. “Lo mejor será que las leyes se especialicen en atender con esta proyección que va a impactar al mundo. La Red 5G va a traer muchas innovaciones y si la ley no está lista éstas se van a perder”.

El internet de las cosas será utilizada por el sector industrial en la optimización de sus procesos. “Los costos están bajando dramáticamente, hoy adquirir un gadget que esté conectado a internet es cinco veces más barato que hace un año, y para 2020 será mayor esta tendencia”, aseguró el profesor Alejandro García Romero. (Gaceta UNAM,2019).

2.6.1. Tipos de conectividad a distancia.

La comunicación significa la transmisión de información de un componente emisor hacia un componente receptor. En los sistemas de comunicación intervienen los siguientes componentes: el emisor, el mensaje, el medio o canal, el receptor, el código y el contexto. Si el componente emisor y el componente receptor están a una distancia lejana entre sí, se refiere a una telecomunicación. De acuerdo a la naturaleza del medio o canal por el que se transmiten la onda electromagnética, las comunicaciones son: alámbricas si la información se transmite a través de un cable; inalámbricas si la información se transmite a través del espacio libre.

2.6.2. Comunicación móvil.

Las comunicaciones móviles otorgan la posibilidad de incluir en una sola infraestructura sus redes de datos, voz y video. Esto es, permite la movilidad total. En la última década, la mayoría de las innovaciones en tecnologías de la información se desarrollaron alrededor de la tecnología Web, video, Protocolo de Telefonía por Internet (ToIP), mecanismos de transporte IP a alta velocidad e inteligencia adicional para operar con las recientes aplicaciones de misión crítica sensibles a retrasos, los cuales son más frecuentes en las organizaciones; todo esto (voz, datos y video), compartiendo una sola red de datos IP.

Los más extendidos son: la comunicación móvil por satélite, las redes móviles privadas, la radiolocalización GPS, la telefonía móvil terrestre, la radio mensajería, las comunicaciones inalámbricas y el acceso a Internet móvil. La telefonía móvil terrestre emplea estaciones sobre la superficie terrestre. Estas estaciones monitorizan la posición de cada terminal en funcionamiento, pasando el control de una llamada en curso a otra estación, transmitir una llamada a un terminal propio. Cada estación tiene una área de cobertura, zona dentro de la cuál la comunicación entre una terminal y ésta es posible generar en condiciones aceptables.

Los primeros sistemas de telefonía móvil terrestre, TACS (Total Access Communications System), AMPS (Advanced Mobile Phone System), NMT (Nordic Mobile Telephone), TMA (Telefonía Móvil Automática), o de primera generación, eran analógicos.

Después aparecen los sistemas de segunda generación, GSM (Global System for Mobile Communications), CDMA (Code Division Multiple Access), TDMA (Time Division Multiple Access), NADC (North American digital cellular system), PDC (Personal Digital Cellular), que son digitales. Introduce el envío de mensajes SMS.

Los sistemas de lo que se ha denominado generación 2.5: HSCSD (High-Speed Circuit-Switched Data), GPRS (General Packet Radio Service), EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) unen las generaciones segunda y tercera.

2.6.3. Sistema de conectividad global (dispositivo GPS).

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de radionavegación de los Estados Unidos de Norte América; se basa en proporcionar servicios confiables de posicionamiento, navegación, y cronometría gratis e ininterrumpida a clientes civiles a nivel mundial. Usuarios que cuenten con un receptor del GPS, el sistema le otorga su localización y la hora exacta no importando las condiciones atmosféricas, en cualquier lugar del mundo y sin límite al número de clientes simultáneos.

El GPS considera de tres componentes: los satélites orbitando alrededor del planeta Tierra, las estaciones terrestres de control y seguimiento, y los receptores del GPS propiedad de

los clientes. En el espacio, los satélites del GPS envían señales que identifican y reciben los receptores del GPS; ellos proporcionan de forma separada sus coordenadas tridimensionales de altitud, longitud y latitud, así como la hora local correcta.

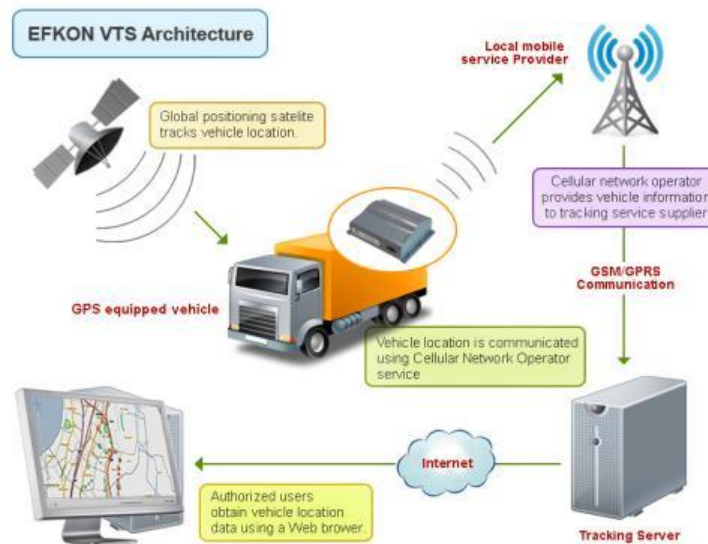


Figura 2.6.3. Arquitectura de un sistema de posicionamiento GPS (Sistema de rastro de vehículos EFRON).

Actualmente es sencillo acceder a esta tecnología ya que estás disponibles los receptores del GPS portátiles para su compra y uso en las organizaciones. Con esos receptores, el cliente usuario determina con precisión su ubicación y se desplaza de manera sencilla al lugar a donde quiere trasladarse. El GPS es indispensable en todos los sistemas de transporte a nivel mundial ya que contribuye a la navegación marítima, terrestre y aérea. Innumerables clientes usuarios trabajan de forma económica, eficiente, segura y precisa gracias a las señales accesibles y gratuitas del GPS (Gobierno de E.U.A.,2020).

2.6.4. Comunicación en dispositivo en tracto camión (tableta con servicio de datos).

El tractocamión cuenta con un dispositivo GPS el cual está conectado a la alimentación de este, adicionalmente cuenta con batería. Su comunicación es a través de una tarjeta sim para servicio de datos con el proveedor de telefonía de mayor cobertura a nivel nacional. Con el transmite su posición cada 30 segundos, cuando su ángulo cambia tanto vertical como horizontal

esto nos da como resultado una gran cantidad de marcas georreferenciadas a ser procesadas para ser útiles en la toma de decisiones, es decir convertir esa gran cantidad de datos en información para la generación de acciones.

Adicional también contara con una tableta con sistema operativo Android, en la cual visualizaran los recorridos a realizar con ello logrando ver el avance en tiempo real de las asignaturas, se sugiere tenga un servicio de datos contratado de plan ilimitado, para con ello evitar el límite de datos a transmitir, sin embargo, su consumo de datos es mínimo dado que solo se procesan datos. Asu ves este dispositivo fungirá como receptor de datos de la plataforma para diversos procesos que conlleva el proceso de la recolección. Contará con su cargador del vehículo para evitar se quede sin batería y soporte de esta para mejor manejo del dispositivo, logrando su operabilidad el tiempo que sea necesario.

En la creación de esta aplicación con fines de supervisión aplicada a la recolección de residuos sólidos urbanos trae consigo el uso del manejo de grandes cantidades de datos a procesar de manera remota para tener una respuesta inmediata, que solo logramos a través del almacenamiento de los datos y de la conectividad a través de internet de los dispositivos involucrados en el proceso mismo,

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

En este capítulo son presentados los tipos de investigación que sirven como referencia para el desarrollo del proyecto, así como también, se profundiza en su nivel de estudio con el fin de darle un marco de referencia que permita la comprobación de la hipótesis para investigación.

3.1. Tipo de investigación

- Investigación documental. Según Alfonso (1995), es un procedimiento científico para consultar, recolectar, organizar, analizar e interpretar información en torno a un tema específico a través de fuentes impresas y digitales, como libros, revistas, páginas de internet, memorias, periódicos, etc.
- Investigación de campo. Consiste en salir a recabar los datos directamente al área de estudio. Sus fuentes son: la naturaleza, el entorno donde se desarrolla el problema, la sociedad, etc.(Campos, Melvin,2017).
- Investigación experimental. El investigador manipula la o las variables de estudio, para coordinar el incremento o decremento de esas variables y su efecto en las respuestas observadas. Un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de una variable independiente y observar su efecto en la(s) variables dependientes. Esto gracias a condiciones estrictamente controladas, con el fin de describir de las razones que causan una situación o evento particular. Los métodos experimentales son los recomendados para probar hipótesis de relaciones causales. Según Campos, Melvin,2017, Métodos de investigación académica fundamentos de investigación bibliográfica.

En esta investigación se realizó una revisión documental acerca de las tecnologías computacionales para el desarrollo de aplicaciones móviles, haciendo énfasis en la plataforma de programación C# y en el manejador de base de datos SQL. Se procedió con la investigación campo dado que los datos son extraídos directamente de los dispositivos instalados de geolocalización en

los camiones recolectores de residuos sólidos urbanos. Con ello se obtiene datos nativos en tiempo real, las unidades se encuentran en campo llevando a cabo la recolección de residuos sólidos urbanos en las diferentes colonias asignadas, estas rutas son generadas de manera empírica solo por conocimiento de algunas personas de la coordinación de servicios públicos primarios esto conlleva a múltiples errores en la logística, estrategia y método del sistema de recolección. Aunado a lo anterior se realizaron entrevistas con aquellos personajes directamente involucrados de la Dirección de Recolección tales como: personal directivo, personal administrativo, supervisores y operadores de las unidades recolectoras. Para con ello obtener sus experiencias de la actividad que realizan. Así también se visitaron diferentes empresas del rubro en transporte las cuales monitorean de manera computacional el comportamiento de estas. Después de haber reunido todos estos datos y haberlos analizado se vio en la necesidad de entrar en contacto con otras áreas tales como: Dirección de Movilidad y Transporte, Instituto municipal de planeación, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, entre otras. Finalmente, se procedió con la experimentación de la aplicación en tiempo real monitoreando el recorrido de la unidad recolectora de RSU y verificando la conectividad a través del sistema GPS. El esfuerzo conjunto dio como resultado la generación de las 5 zonas con sus 36 sectores respectivamente.

3.2. Nivel de estudio

A pesar de ser un tema muy poco abordado en cuanto el desarrollo de la tecnología para la optimización y eficiencia en la logística, planeación y generación de las micro-rutas de recolección de residuos sólidos urbanos; esta investigación se orienta más al ser del tipo descriptivo. Esto porque se basa en la observación buscando reconocer características, comportamientos, situaciones de determinado objeto de estudio (la recolección de RSU). Se inicia con la descripción exacta de las actividades actuales, procesos y personal involucrado mediante la obtención de información verídica, precisa y sistemática. Con los datos descriptivos expresados en términos cualitativos y cuantitativos generamos información que podría ser analizada para optimizar su proceso de creación de esta. Este tipo de investigación es fundamentada en los hechos reales lo cual todos los datos generados serán de la vida real, no sería como una simulación para saber si funciona o no.

3.3. Enfoque de investigación

- a) Cualitativo. La investigación cuantitativa se centra en cantidades numéricas. Se puede utilizar tanto en ciencias naturales como en ciencias culturales (Sosa, 2010).
- b) Cuantitativo. El paradigma cualitativo de investigación se centra en reflexiones culturales: razonamientos, deducciones, subjetividades, relaciones. Tiene que ver con las cualidades del objeto de investigación y éstas vienen dadas por la apreciación que hace el investigador a partir del objeto (Sosa, 2010).

Al momento de utilizar el enfoque de tipo mixto, es necesario conocer los enfoques cualitativo y cuantitativo a detalle, ya que el mixto obtiene lo mejor de cada uno de los anteriores por lo que le da al investigador las herramientas para la obtención de los datos para su análisis al combinar las diferentes técnicas y métodos de cada uno de ellos dando lugar para la creatividad del investigador (Sosa, 2010).

3.4. Procedimiento para comprobar la hipótesis

Para la comprobación de la hipótesis señalada en el capítulo 1 será necesario llevar a cabo una serie de pasos a desarrollar, tales como:

1. Contratación de servicio de geolocalización Posicional Satelital (GPS)
2. Instalación y configuración de GPS en las unidades recolectoras.
3. Configuración del servicio de datos y webservice.
4. Desarrollo de la aplicación para la gestión automatizada en recolección urbana propia.
5. Conectividad de plataforma local con servicio web de datos.
6. Lectura y presentación de los datos consultados en la plataforma.
7. Contratación de dispositivo móvil con datos.
8. Presentación de la actividad a realizar al operador en dispositivo móvil.

9. Seleccionar el camión recolector y área para la prueba en grupo Oriente 35
10. Llevar a cabo la prueba dentro del periodo establecido y obtener los resultados para su análisis del 20 de abril - 11 de mayo del 2020.

3.5. Viabilidad económica-financiera

En este apartado se cuenta con los recursos necesarios para poder comprobar la hipótesis planteada, dado que se cuenta con la infraestructura, personal y medios para desarrollar la aplicación y poner a prueba su funcionamiento. De ser positivo y satisfactorio el resultado de las pruebas propuestas, esto conllevará aun ahorro significativo en recursos técnicos, humanos, consumibles, pero sobre todo incrementará la productividad en cada una de las unidades recolectoras.

3.6. Materiales y métodos

En este capítulo se hace una descripción de la infraestructura que involucra poner en producción la aplicación, así también se describe en lo breve algunos de los procesos funcionales que nos llevan a la supervisión de las rutas. Además, los esquemas sobre los involucrados en la mejora continua de la aplicación, así como también de cómo es parte de su estructura interna, la planeación de su desarrollo, la selección de la muestra para el estudio.

En este apartado se mencionan las herramientas, métodos y materiales utilizados para llevar a cabo el aplicativo, describiendo, en la medida de lo posible cada uno de los dispositivos utilizados para el mismo desarrollo. Se han involucrado dispositivos que están en el mercado, a los cuales se les mencionará con su origen. Esta investigación obtendrá datos reales de los dispositivos mencionados, con el fin de generar una visión clara de lo que son capaces las herramientas computacionales (tecnologías) aplicadas a todo tipo de procesos sin importar el área de desempeño de este.

3.6.1. Especificación funcional

Para el funcionamiento de la aplicación en la generación de las rutas de recolección de residuos sólidos urbanos, deberá de contener la realización de actividades específicas, con ello garantizar el logro y la obtención del resultado esperado. En concreto cada una de las unidades recolectoras y así mismo para los operadores se les reemplazaran las hojas de trabajo en papel por un dispositivo móvil (Tableta) con sistema operativo Android y servicio de datos móviles. En ella el operador registrará su acceso y recibirá la ruta del día que le corresponda recorrer, el operador deberá de recorrer esta ruta con un cierto ritmo para culminarla. Una de las funciones de mayor relevancia son las métricas para entregar, por ejemplo: el tiempo en el área de recolección, el tiempo en: trayecto al área de recolección, disposición, no productivo; el tiempo de carga de combustible. También las estadísticas sobre rendimiento de consumo de combustible en cada una de las actividades para obtener su productividad.

3.6.2. Requerimientos funcionales.

La aplicación debe de considerar las 5 zonas, así como los días para recolección para cada zona. (Movilidad y Transporte, 2017). La aplicación debe contener las colonias oficiales existentes en el padrón de obras públicas. (SOP,2017. Considerará a las unidades y personal disponible para operación de recolección. (CSPP,2017). Deberá de considerar la asignación de nueva ruta por cumplimiento de la primera asignación. (CAMUN,2017). Valorar posible segunda vuelta en colonias de mayor generación de residuos sólidos urbanos (CAMUN,2017). El operador deberá ver la ruta a recorrer en el dispositivo móvil.

3.6.3. Requerimientos no funcionales.

Dentro de este contexto el área de tecnologías cuenta con un contrato de confidencialidad de la información que tiene a su resguardo, lo cual no impide al desarrollo de la aplicación en mención, así como a la colaboración entre dependencias para el mejoramiento tecnológico de los procesos. Sin embargo, se considera lo siguiente para tener en cuenta en el uso de la aplicación:





c) Requerimientos de usabilidad: La usabilidad se define como el esfuerzo que necesita hacer un usuario para aprender, usar, ingresar datos e interpretar los resultados obtenidos de un software de aplicación. La disposición que tenga el operador para aprender a usar sería una limitante.



d) La disponibilidad de cobertura del servicio de datos móviles podría considerarse en una limitante. Tener equipo de reposición en caso de pérdida, robo, extravió de dispositivo móvil o método alternativo de visualizarlo en un teléfono de gama media a alta. Carta de resguardo por el equipo móvil y de confidencialidad del uso de la aplicación. La aplicación debe estar basado en un eje del Plan Municipal de Desarrollo para la administración 2018-2021.

3.6.4. Tabla de materiales

A continuación, se mencionan los dispositivos, software, hardware e infraestructura que integran el sistema propuesto, los cuales, se presentan en la Tabla 3.6.4.

Tabla 3.6.4. Dispositivos y Equipo a Parte del Proyecto.

Artículo	Nombre	Descripción	Marca	Modelo	Licencia	Imagen Ilustrativa
1	Gps LMU-330	Dispositivo GPS	CalAmp	LMU-330	si	
2	Sim	Chip Telefónico con servicio de datos	M2M	M2M v1.1		
3	WebService	Data Center Redundante	Confidencial	Confidencial	si	
4	Camión	Camión Recolector con Cap. 8 Ton	International	2018	Propio	
5	Servidor	Servidor PoweEdge R540 chasis 3.5 8 DD, Procesador x2 Intel Xeon Gold 3.6G, 2U Rack	Dell	R540	Propio	

6	Windows server 2016	Sistema operativo para servidor versión estándar	Microsoft	WS2016	Propio	
7	Microsoft SQL 2017 server	Manejador de Base de Datos	Microsoft	2017 E	Propio	
8	Servicio de Internet	Servicio de Internet para servidor	Telmex	No aplica	Si	
9	Tableta	Tableta Con Android	Samsung	Galaxy A	Propio	

3.6.5. Especificación de diseño de conectividad LMU-330

El LMU-330 es un dispositivo de monitoreo de automóviles de bajo costo para una instalación encubierta y confiable. El LMU-330 es una solución para localizar automóviles robados, financiamiento y alquiler de automóviles y otras aplicaciones de seguimiento y monitoreo. La unidad de seguimiento de alto valor LMU-330 de CalAmp presenta una pequeña huella superior Rendimiento del GPS, una batería de respaldo interna opcional de 200 mAh, sueño de muy baja potencia modos, acelerómetro (dispositivo que mide la vibración o la aceleración del movimiento de una estructura) de 3 ejes para sentido de movimiento y hasta cuatro entradas / salidas (E / S).

Los LMU-330 es un dispositivo completo de seguimiento y comunicaciones de vehículos que incorpora próxima generación, tecnología GPS sensible en redes celulares para su instalación en cualquier vehículo móvil de 12/24 volts. Las antenas internas para celulares y GPS eliminan necesidad de antenas cableadas y hacer que el LMU-330 se pueda montar virtualmente en cualquier lugar del vehículo para instalaciones fáciles y económicas. Los mensajes se transportan a través del celular red que utiliza mensajes SMS o UDP mejorados que proporcionan un enlace de comunicación confiable entre el dispositivo y sus servidores de aplicaciones. El LMU-330 está diseñado para dramáticamente reducir el costo de propiedad, la potencia y el tamaño al tiempo que proporciona una excelente confiabilidad en el campo.

Este es el dispositivo que lleve en su interior cada unidad de recolección de residuos sólidos urbanos de manera oculta y ningún operador tiene acceso a ellos, y no saben dónde está instalado.



Figura 3.6.5. Diseño de conectividad LMU.

3.7. Método y diagrama de flujo

En esta sección se describe el algoritmo a utilizar en breve descripción con la finalidad de mostrar el flujo de la información (Figura 3.7), y la generación de los procesos que esto conlleva. Sorteó y asignación de unidades. Requerimientos: Fecha a sortear, Grupos de colonias y Listado de unidades a sortear.

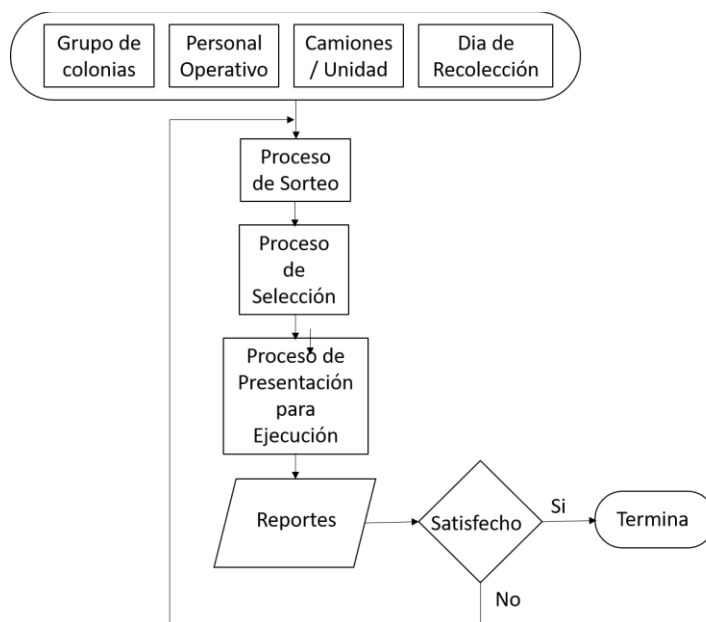


Figura 3.7. Procesos involucrados en el flujo de información de la aplicación.

3.7.1. Requerimientos funcionales

e) Datos de entrada para el proceso de sorteo. De acuerdo con la fecha seleccionada para sortear se obtiene el listado de grupos de colonias de la zona a la que corresponde el día. En un ciclo foreach del listado de grupos de colonias se hace lo siguiente:

1. Se obtiene en un listado las unidades asignables a ese grupo exceptuando a las unidades que ya han sido asignadas (en el primer ciclo ninguna unidad ha sido seleccionada).
2. Mediante la función Random predeterminada se selecciona un índice de la lista de unidades y se obtiene el objeto de este índice.
3. Se comprueba que la unidad seleccionada no esté asignada a otro grupo de colonias mediante una consulta a base de datos.
4. Se construye el objeto de hoja de trabajo asignando la unidad sorteada con el grupo de colonias del presente ciclo foreach y se guarda en base de datos.
5. La unidad que ha sido asignada se ingresa a la lista de unidades asignadas para evitar volver a sortear esta unidad en el siguiente ciclo.

f) Proceso de presentación del recorrido sorteado al chofer. A continuación, es descrito el proceso de carga de mapa asignado para la ruta.

1. Requerimientos: Inicio de sesión del chofer y asignación de ruta disponible
2. Con el inicio de sesión se obtiene el objeto de empleado.
3. Se consulta la asignación de ruta mediante la fecha actual y código de empleado.
4. De acuerdo con el grupo de colonias asignado, se lee el archivo .kml de su geocerca.
5. Se pasa el contenido del archivo .kml a .xml para leer los datos por etiquetas de coordenadas.
6. Mediante un ciclo “foreach” se obtiene en forma de listado el conjunto de coordenadas correspondientes a la geocerca.
7. Se consulta el listado de puntos de geolocalización de la unidad mediante el servicio web.

8. Se envía a la vista el listado de coordenadas de la geocerca y el listado de coordenadas de la unidad para ser manipuladas en javascript.
9. Utilizando las funciones del API de Google Maps para añadir polígonos y marcadores, se dibuja la geocerca del grupo de colonias y marcadores de flecha con orientación de cada posición de la unidad previamente consultada del servicio web.

g) Mejores recorridos por grupo de colonias. A continuación, es descrito el proceso de mayor cobertura de la ruta (Figura 3.7.1).

1. Se obtiene un listado de grupos de colonias de acuerdo con la zona seleccionada.
2. En una secuencia foreach del listado de grupos de colonias:
 - Se obtiene un listado de hojas de trabajo de acuerdo con el grupo de colonia en la iteración.
 - Se obtiene el primer objeto del listado anterior ordenando el porcentaje de mayor a menor y se agrega a otro listado del mismo tipo conteniendo los mayores porcentajes por grupo de colonias.
 - Se envía el listado de mayores porcentajes a la vista para ser mostrado en forma de tabla.

Ranking Oriente

ZONA: Oriente

Copy Excel PDF

Buscar:

Grupo	Colonias	Fecha	Chofer	Unidad	Cobertura	
1	Villas de la Joya, Ampliación Villas de la Joya	30/03/2020	Leyva Quijano Fidel	C564	94	<input type="button" value="Recorrido"/>
2	Vamos Tamaulipas	30/03/2020	Ramirez Garza Sergio Antonio	C574	82	<input type="button" value="Recorrido"/>
3	Los almendros 3, Almendros Sector Caobas	30/03/2020	Juarez Covarrubias Leobardo	C575	76	<input type="button" value="Recorrido"/>
4	Balcones de Alcalá I (Cordillera de Alcalá a Parque de los Eucaliptos, Bulevar Villas de Esmeralda, Adolfo López Mateos)	13/04/2020	Hernandez Gone Eduardo	C571	94	<input type="button" value="Recorrido"/>
5	Balcones de Alcalá (Pico Broad a Everest, Roble, Bulevar Villas de Esmeralda)	13/04/2020	Del Carmen Hernandez Joaquin	GGC182	92	<input type="button" value="Recorrido"/>
6	Esperanza	13/04/2020	Pedroza Sanchez Jesic Alejandro	C660	98	<input type="button" value="Recorrido"/>

Figura 3.7.1. Reporte de los porcentajes de cobertura más altos por grupo de colonias de acuerdo con los recorridos registrados en la plataforma.

3.7.2. Especificación de diseño funcional

La imagen que a continuación se muestra (Figura 3.7.2) es una referencia de las partes que intervienen en el ambiente de producción de la mejora continua de la aplicación para la gestión automatizada en recolección urbana.



Figura 3.7.2. Flujo de información de la aplicación.

3.7.3. Especificación de diseño técnico

EL desarrollo de la aplicación se basa en una interfaz con el usuario de manera amigable, es de colores vivos para la separación de funciones, cuenta con menú con acceso rápido y descripción clara en donde se define el resultado que obtendrá de cada uno de ellos. La presentación de la información es objetiva, clasificada y ordenada de manera tal que su interpretación es de mayor rapidez. El utilizar MVS para su desarrollo brindo más herramientas para mayor estructuración de los módulos, así también el usar Base de Datos en lenguaje de consultas estructurado (SQL) facilita la consulta y rapidez a los datos.

A los usuarios y más al operador o aquel que no tenga suficiente nivel de uso de dispositivos móviles, les dará un mayor grado de usabilidad, ya que, en el caso de los operadores tal vez se les llegue a complicar o no.

La comunicación entre el dispositivo móvil y el aplicativo y este a su vez a la base de datos se llevará a cabo por medio de servicios propicios para ello encontrando así el mejor en su ámbito

para mejorar la rapidez del funcionamiento de la aplicación. Se ha de mencionar que el dispositivo móvil contara con servicio de datos por alguna compañía para su comunicación hacia el servidor de datos del aplicativo.

3.7.4. Diseño de casos de prueba

En la figura 3.7.4 solo se muestra el contenido que el operador tendrá acceso desde la tableta. Esto con la finalidad de darle solo la vista necesaria para el desarrollo de sus actividades.



Figura 3.7.4. Diagrama Nivel Operador.

No así en la Figura 3.7.4.1 la vista de opciones la cual tendrá a su disposición la persona con un perfil de administrador, con ello como se muestra más herramientas de estadísticas e información para la toma de decisiones de manera inmediata. Este esquema es para la supervisión.

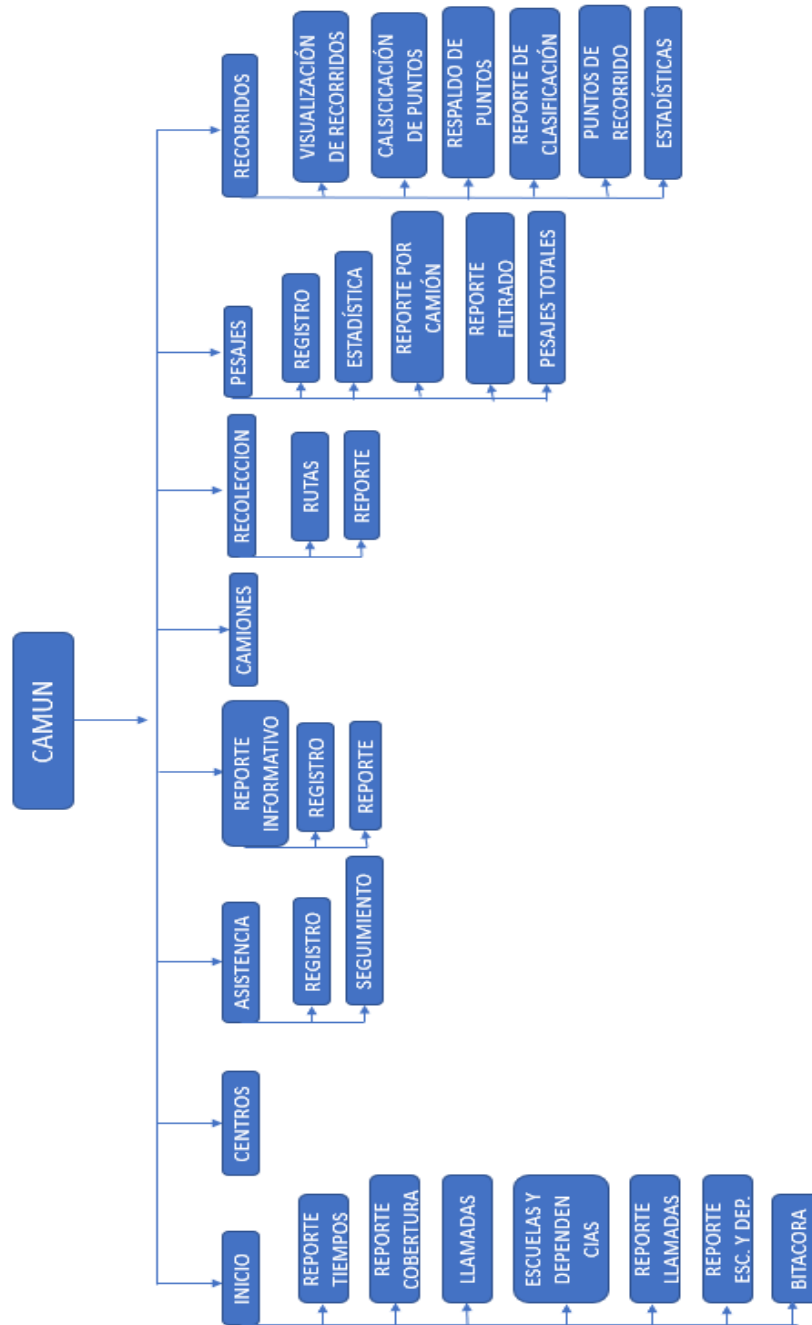


Figura 3.7.4.1. Diagrama Nivel Administrador.

3.7.5. Planificación del proyecto

En este diagrama se muestra un parte de los pasos involucrados en el desarrollo de la aplicación y su temporalidad y en algunos casos sus ajustes necesarios para su continuidad.

Figura 3.7.5.

APLICACION AUTOMATIZADA PARA LA OPTIMIZACION Y MEDICION DEL SISTEMA INTEGRAL D

Coordinación de Servicios Públicos Primarios del R. Ayuntamiento de Reynosa, Tamaulipas				
Marco Antonio Montalvo Hernandez				
			Inicio del proyecto:	01-06-19
			Mostrar la semana:	35

TAREA	ASIGNADO A	PROGRESO	INICIO	FIN
Título de la fase 1				
Entrevista con el cliente	Marco Antonio Montalvo Hernandez	100%	1/6/19	11/6/19
Definición de requerimientos	Marco Antonio Montalvo Hernandez	100%	11/6/19	21/6/19
Definición de requerimientos internos	Marco Antonio Montalvo Hernandez	100%	21/6/19	1/7/19
Recopilación de información	Marco Antonio Montalvo Hernandez	100%	1/7/19	11/7/19
Revisión de información	Marco Antonio Montalvo Hernandez	100%	11/7/19	21/7/19
Título de la fase 2				
Clasificación de colonias	Marco Antonio Montalvo Hernandez	100%	21/7/19	31/7/19
Generación de grupos de colonias	Marco Antonio Montalvo Hernandez	100%	2/8/19	12/8/19
Instalación de GPS's	Marco Antonio Montalvo Hernandez	100%	12/8/19	22/8/19
Verificación de información de GPS	Marco Antonio Montalvo Hernandez	100%	22/8/19	1/9/19
Validación de información	Marco Antonio Montalvo Hernandez	100%	1/9/19	11/9/19
Título de la fase 3				
Desarrollo de la aplicación	Marco Antonio Montalvo Hernandez	100%	11/9/19	11/10/19
presentación de camiones en pantalla	Marco Antonio Montalvo Hernandez	80%	12/10/19	22/10/19
validación de datos de webservice	Marco Antonio Montalvo Hernandez	100%	27/10/19	6/11/19
Instalación de server en SITE	Marco Antonio Montalvo Hernandez	100%	21/11/19	6/12/19
Configuración de server y puesta en funcionamiento	Marco Antonio Montalvo Hernandez	100%	6/12/19	21/12/19
Título de la fase 4				
Generación de reportes	Marco Antonio Montalvo Hernandez	90%	10/1/20	9/2/20
Adquisición de dispositivos móviles y datos (Tablet)	Marco Antonio Montalvo Hernandez	100%	29/2/20	30/3/20
Visualización de rutas en dispositivo	Marco Antonio Montalvo Hernandez	70%	9/4/20	9/5/20
Desarrollo de modulo de generación de rutas automa	Marco Antonio Montalvo Hernandez	80%	29/5/20	28/6/20

Figura 3.7.5. Calendarización de actividades.

Dentro de la planificación se debe observar el proceso actual para identificar cada una de las actividades involucradas y como se entrelazan o incluyen:

l) Monitoreo de Unidades de Recolección

- Entregar hoja de actividades del día al chofer e indicaciones de las colonias a recolectar en el día con límites de geocercas establecidas.
- Verificar que las unidades salgan a ruta en cumplimiento de sus actividades por medio del sistema de rastreo.
- Llevar un registro de las desviaciones en que incurran las unidades, durante su servicio (REGISTRO DE INCIDENCIAS).
- Verificar la posición de cada una de las unidades
- Se debe de validar lo siguiente:
 1. Que la unidad no está detenida (en zona normal o de alto riesgo)
 2. Que la unidad este actualizando posición
 3. Que la unidad este en ruta (QUE NO ESTE DESVIADA)
 4. Se debe verificar origen y destino y validar contra posición actual.

m) Monitoreo del Personal de Recolección

- Anotar el lugar donde se hará la parada y revisar que sea una parada autorizada por CAMUN.
- Que no sea parada en una área de riesgo.
- Que el operador haya notificado por las vías de comunicación (teléfono, mensaje de WhatsApp) a CAMUN el motivo de la parada.
- En caso de que sea parada autorizada y el operador haya notificado, que la línea haya aplicado paro de motor.

3.7.6. Ampliación desarrollada y a prueba

En este apartado se hace todo el acceso a la aplicación vía web para que en cualquier dispositivo se pueda visualizarse. Se inicia con un inicio de sesión para comprobar que lee los datos de manera correcta y que valida los mismos leyendo desde la base de datos la cual utiliza SQL Server 2019 ya que se cuenta con las licencias requeridas para dicha aplicación. Parte de la estructura se esta se muestra en la figura 3.7.6.

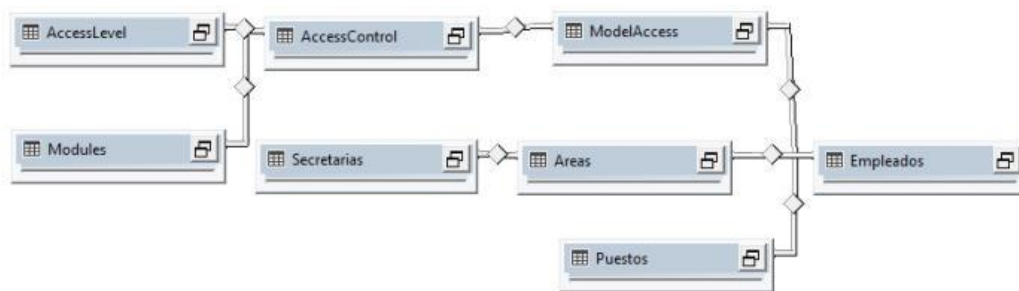


Figura 3.7.6. Tablas de base de datos.

De su funcionamiento se observa lo siguiente:

a) Inicio de sesión:

- Se recibe el usuario y contraseña en el método POST Figura 3.7.6.1.
- Se hace una consulta a la vista ModelAccess en donde se busca el registro en donde concuerde el UserName con el usuario ingresado y se obtiene el objeto Usuario.
- Se encripta la contraseña recibida mediante encriptación AES.
- Se compara la contraseña ingresada encriptada con la contraseña recuperada del servidor.
- Si el usuario está activo se le agrega una lista de módulos permitidos en su propiedad Permisos indicando el módulo y nivel de acceso.
- Se redirecciona a inicio mostrando los módulos accesibles.



Figura 3.7.6.1. Inicio de sesión para acceso a plataforma PDIA.

La organización de los datos dentro de la base de datos es fundamental ya que esta nos ayuda a la estructura de la información a presentar. A continuación, se muestran algunas de las tablas de base de datos usadas. En la Figura 3.7.6.2 se muestran la tabla donde almacena vehículos y cómo se realizan los cambios de chofer con unidades para mantener un listado actualizado previo a realizar el sorteo.

Column Name	Data Type	Allow Nulls
IdVehiculo	int	<input type="checkbox"/>
IMEI	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
NoEconomico	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Chofer	nvarchar(10)	<input checked="" type="checkbox"/>
Placas	nvarchar(10)	<input checked="" type="checkbox"/>
Marca	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Modelo	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Serie	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Ano	int	<input checked="" type="checkbox"/>
Tipo	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Ubicacion	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Visible	bit	<input checked="" type="checkbox"/>
Monitoreo	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Consumo	float	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Figura 3.7.6.2. Tabla de Vehículos.

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	Id	int	<input type="checkbox"/>
	IdZona	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	Grupo	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	Colonias	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Camiones	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Kml	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
	RutaIdeal	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Figura 3.7.6.3. Grupos de Colonias.

En la Figura 3.7.6.3 se encuentran el listado de grupos de colonias de acuerdo con zona y numero de grupo, colonias o partes de colonias que comprende, unidades asignables, nombre del archivo .kml de su geocerca y nombre del archivo .kml de los marcadores a seguir por la unidad.

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	Id	int	<input type="checkbox"/>
	Codigo	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
	IdGrupo	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	Fecha	datetime	<input checked="" type="checkbox"/>
	Comentario	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Puntos	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Figura 3.7.6.4. Marcadores Reportados.

En la Figura 3.7.6.4 se almacenan las rutas reportadas con el código de empleado, id del grupo de colonias que le corresponde, fecha de reporte, motivo de reporte y números de marcadores reportados.

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
▶	Id	int	<input type="checkbox"/>
	Chofer	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Fecha	date	<input checked="" type="checkbox"/>
	IdGrupo	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	Unidad	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Observaciones	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
	UltimoPunto	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Porcentaje	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Figura 3.7.6.5. Rutas Asignadas del Día.

Durante el sorteo se guarda cada ruta asignada con el código de empleado del chofer Figura 3.7.6.5, fecha de la ruta, id del grupo de colonias asignado, unidad que le corresponde,

adicionalmente con cada consulta al servidor se guarda el número del ultimo puto encendido y el porcentaje al momento de la consulta.

Column Name	Data Type	Allow Nulls
Id	int	<input type="checkbox"/>
Chofer	nvarchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
ChoferCambio	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
ImeiVehiculo	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Fecha	datetime	<input checked="" type="checkbox"/>
Observaciones	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Usuario	nvarchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>

Figura 3.7.6.6. Bitácora de Cambios de Chofer con Unidad.

Los cambios de chofer con unidad se guardan en la bitácora de base de datos con el chofer asignado, el chofer previo al cambio, IMEI de la unidad, fecha del cambio, observaciones por parte del usuario que realiza el cambio y código de empleado de quien realiza el cambio Figura 3.7.6.6. En la tableta se muestra las áreas en mapa grafico para tener la referencia de la ubicación geográfica de los grupos para la recolección. De esta manera es como obtenemos cada una de las colonias de cada zona y cada sector.

Las figuras 3.7.6.7 y 3.7.6.8 muestran el alcance geográfico que tiene una geocerca ya delimitada en este caso son la Oriente 35 y la Oriente 08 respectivamente pertenecientes a la colonia Villa Esmeralda.

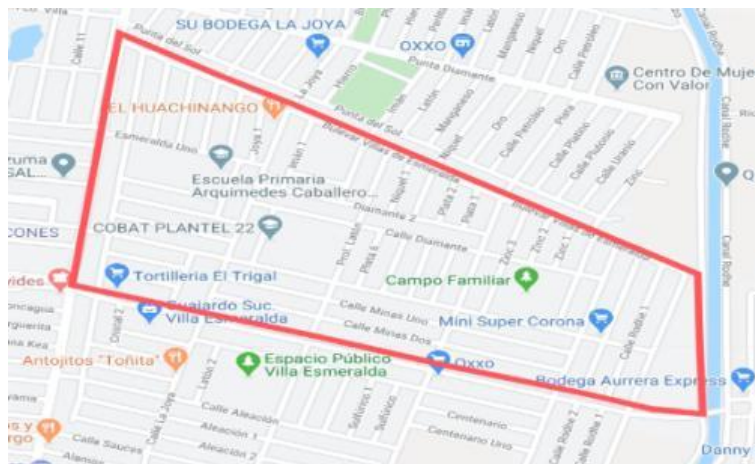


Figura 3.7.6.7. Geocercas Oriente 35 para recolección.

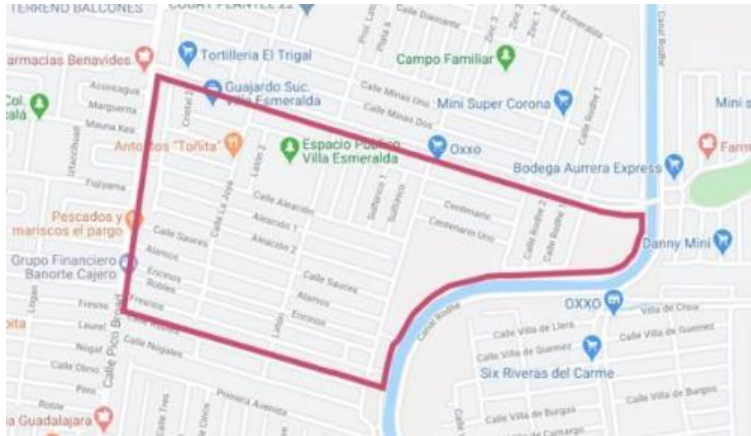


Figura 3.6.7.8. Geocercas Oriente 08 para recolección.

3.7.7. Ambiente de pruebas

En este apartado llevaremos a cabo las pruebas pertinentes para obtención de datos de los dispositivos móviles instalados en cada camión. El método para seguir es el siguiente:

- b) Se accede a la aplicación con el usuario y contraseña otorgado, entrar a PDIA figura 3.7.7.



Figura 3.7.7. Inicio de sesión

c) Ingresar al módulo CAMUN/Recolección/Sorteo esto con el fin de generar el sorteo de automático de las rutas del día seleccionado Figura 3.7.7.1

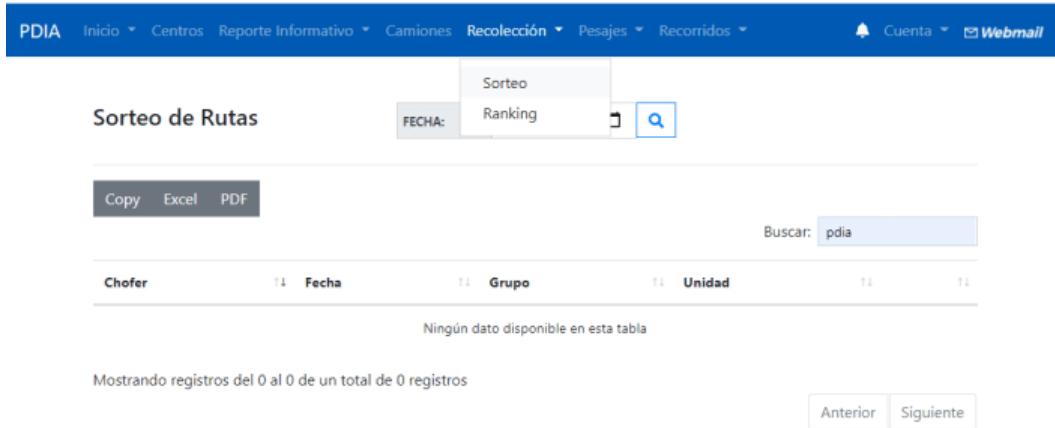


Figura 3.7.7.1. Sorteo

d) Se generan las rutas aleatorias, proceso de manera aleatoria Figura 3.7.7.2.

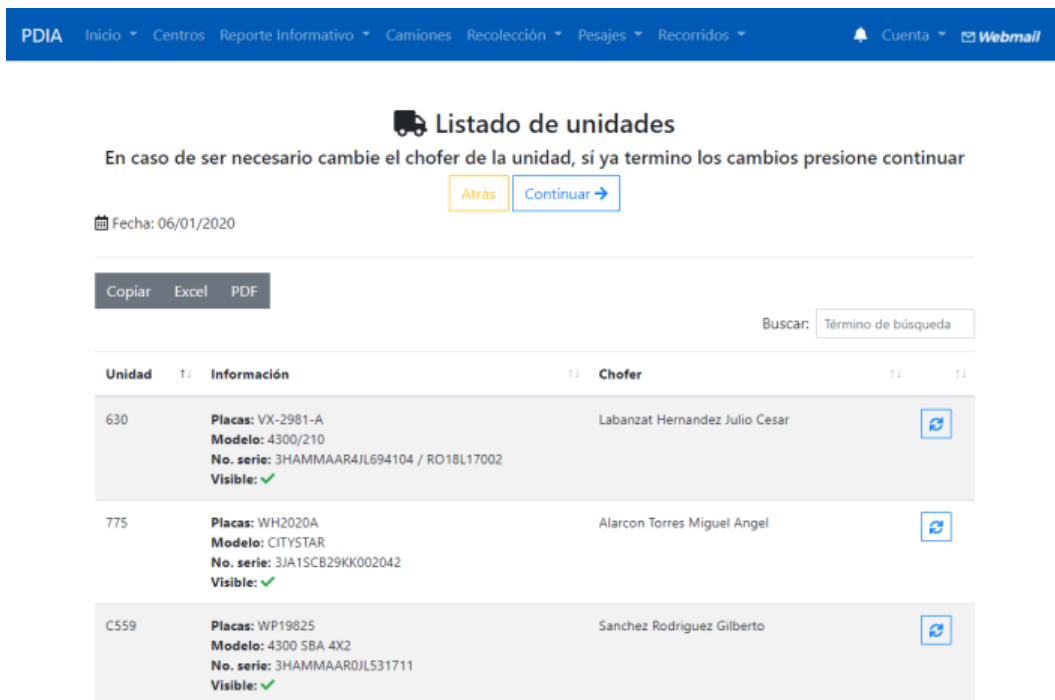


Figura 3.7.7.2. Asignación de Rutas

e) Elección de muestra con las características necesarias en cuanto a población, tipos de vivienda, avenidas, delimitación es la zona oriente (Figura 3.7.7.3).

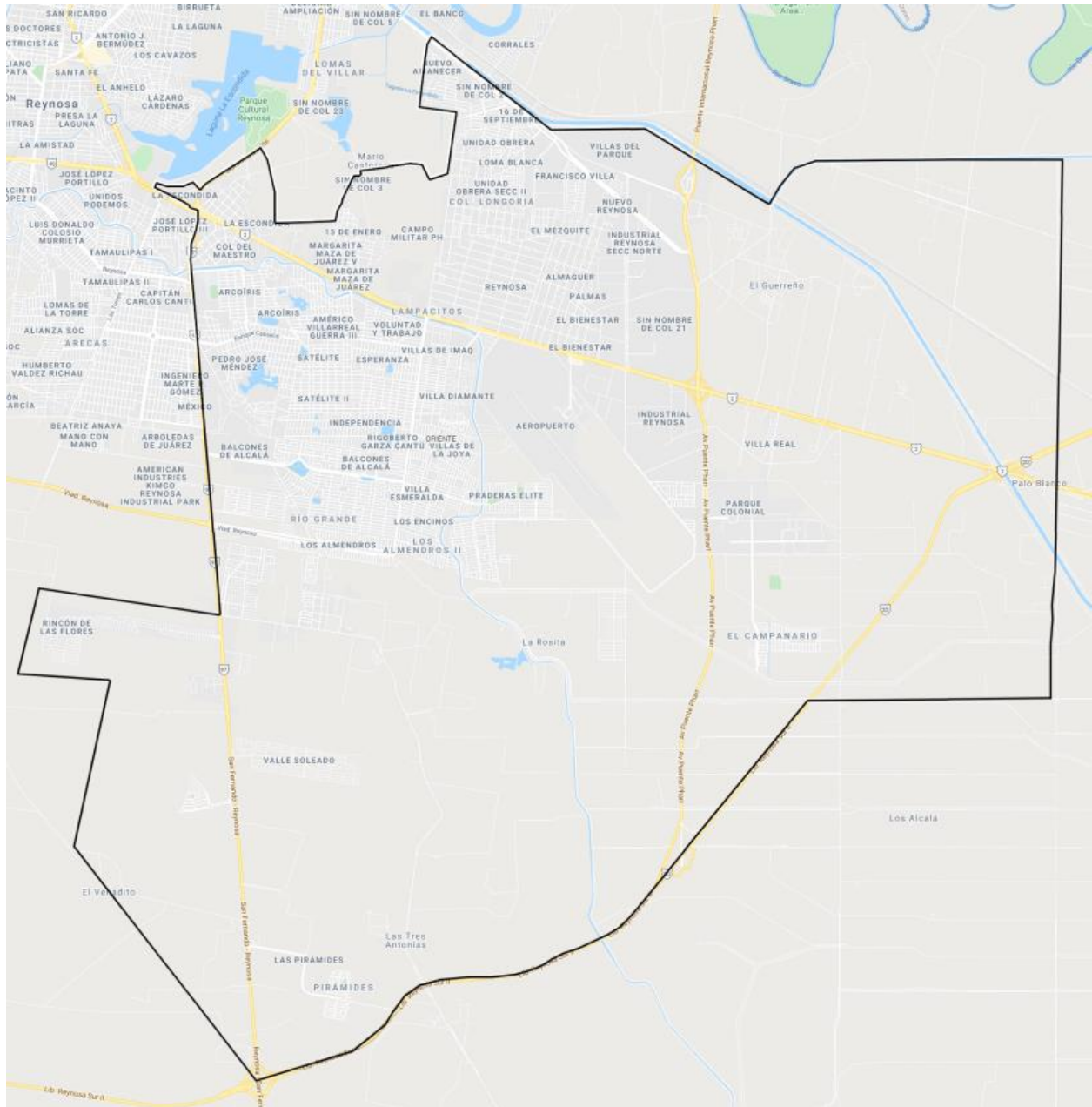


Figura 3.7.7.3. Zona Oriente

De lo anterior se desprenden ciertos datos informativos como se muestra en la colonia Villa Esmeralda en sus dos grupos, Figura 3.7.7.4 y Figura 3.7.7.5 respectivamente.

Grupo O35:



Figura 3.7.7.4. Grupo Oriente 35.

Grupo O08:



Figura 3.7.7.5. Grupo Oriente 08.

f) Elección de unidades en igualdad de condiciones y propiedad municipal, el equipo se compone de:

- 1 camión recolector, 1 chofer y 2 ayudantes.

- Camiones Recolectores para muestra: asignados por el jefe del departamento de limpieza pública.

g) Equipo para proporcionar las rutas de recolección a realizar:

- 1 Tablet con servicio de datos a cada recolector.

h) Áreas para cubrir se muestra en la tabla siguiente

Límite de superficie	Grupo O35:	Grupo O08:
Norte:	Calle Villas de Esmeralda	Blvd Villas de Esmeralda
Sur:	Blvd Villas de Esmeralda	Aleación 2
Oriente:	Avenida Canal Rodhe	Avenida Canal Rodhe
Poniente:	Calle Pico Broad	Calle Pico Broad

Tabla 3.7.7. Límites de grupo.

CAPÍTULO IV. DISEÑO Y EXPERIMENTACIÓN

Primeramente, debemos de tener claro lo que involucra la construcción de un programa computacional, entre ellos los recursos técnicos y de información para generar un programa piloto y poder generar las pruebas correspondientes. Con las pruebas se generan los datos necesarios para medir el funcionamiento del programa computacional.

4.1. Diseño

Esta investigación tiene la tarea de comprobar que la aplicación desarrollada mediante programación orientada a objetos, uso de base de datos, uso de dispositivos de geoposicionamiento satelital, dispositivos de presentación de información móvil, generación de algoritmos estructurados, capacitación en el uso de dispositivos móviles y nuevas disciplinas de llevar a cabo el proceso de la recolección urbana, es capaz de optimizar y medir este proceso mencionados en apartado Métodos de recolección actuales de esta investigación.

La estrategia para comprobar la hipótesis de esta investigación se centra en tres variables: La cobertura en el área asignada a recorrer, la cantidad de basura recolectada, el tiempo que lleva las dos tareas anteriores. De estas tres variables se desprenden algunas otras métricas; como lo son: el consumo de combustible, el tiempo invertido en las diferentes actividades, la eficiencia del operador de la unidad, entre otras. Debe incluir lo siguiente:

1. Generación de grupos de áreas (colonias o parte de ellas) a ser recorridas de cada una de las zonas ya previamente creadas. Esto es, que se generen la cantidad de grupos a ser recorridos no mayores a la cantidad de camiones disponibles para que las recorran, esto dado que si se generan más grupos de la capacidad instalada se verá reflejado en la falta de recorrido.

Los criterios para crear estos grupos están basados en el equilibrio geográfico-poblacional, es decir se hace un análisis de la cantidad de población para que este equilibrado el grupo y balancear las cargas y el tiempo de recorrido.

2. Se crea una geocercas con los límites al Norte, al Sur, al Este y al Oeste; esto con el fin de que los operadores de los camiones recolectores visualicen en todo momento las fronteras de las áreas asignadas a recorrer y con ello evitar el invadir el área de otro compañero y no cumplir con el área asignada, lo cual nos llevaría a la reducción inmediato del porcentaje recorrido, lo cual nos daría una falta de cumplimiento en el grupo asignado.
3. Dentro de cada una de la geocercas y con un análisis de los recorridos de diversos operadores en diferentes fechas, se crea una secuencia de puntos (geográficamente ubicados) o banderas, los cuales le va indicando el trayecto a seguir al operador. Como se mencionó previo análisis de los recorridos realizados por los diversos operadores en el grupo se genera la secuencia más optima a seguir. Y conforme va avanzando van apareciendo las siguientes banderas (puntos) a ser visitados. Estos puntos georreferenciados han sido creados dentro de un archivo .KML del programa de Google Heart Pro (<https://www.google.es/earth/download/gep/agree.html>) para su posterior lectura de la aplicación en cuestión.
4. Se genera un archivo .KML por cada grupo a recorrer de cada una de las cinco zonas en las que se encuentra dividida la ciudad.
5. La lectura de cada archivo .KML por medio de la aplicación para mostrarlo en el dispositivo móvil al operador es primordial con ello se le dará la trayectoria a seguir.

La estrategia para obtener la información que necesita esta investigación es incluir los elementos antes mencionados los cuales nos ayudaran a la generación de datos para el análisis en la aplicación y poder generar comparaciones de coberturas con fechas anteriores y la que se genere con este esquema.

4.2. Etapas de la gestión de rutas de recolección.

El del sorteo de rutas de recolección está realizado por un usuario designado con el nivel de autorización requerido en la partida de Centro de Administración y Monitoreo de Unidades (CAMUN). A continuación, se muestra la pantalla de inicio de la plataforma.

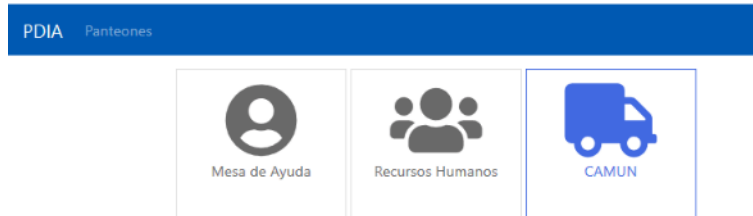


Figura 4.2. Pantalla inicial de usuario de CAMUN. Fuente: Plataforma PDIA.

Dentro del apartado de CAMUN está la opción de Recolección y en el submenú viene la opción llamada sorteo, figura 4.2.1.

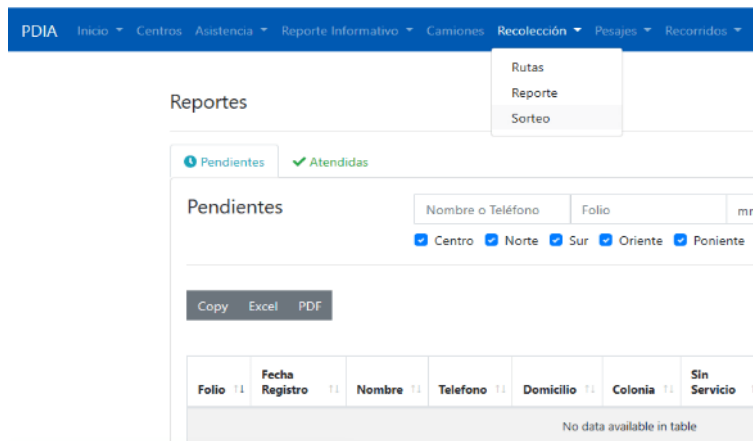


Figura 4.2.1. Selección de sorteo en pestaña de recolección. Fuente: Plataforma PDIA.

Una vez ingresado en dicha opción nos dirigirá a la siguiente página, figura 4.2.2.

Sorteo de Rutas

FECHA: 25/05/2020

Copy Excel PDF

Buscar:

Chofer	Fecha	Grupo	Unidad
Ningún dato disponible en esta tabla			

Mostrando registros del 0 al 0 de un total de 0 registros

Anterior Siguiente

Figura 4.2.2. Pantalla inicial de sorteo de rutas. Fuente: Plataforma PDIA.

En esta pantalla se seleccionará la fecha del día que se desea sortear, no es necesario cargar la lista de colonias ya que están registradas en una tabla dentro del sistema de PDIA, si en la base de datos se encuentran rutas de la fecha seleccionada se cargan en listado, de lo contrario dirige a la vista para realizar el sorteo del día. Se deberán de seleccionar las unidades que saldrán a ruta, ahí es cuando se realiza el cambio de choferes en caso de que una unidad no pueda salir a campo y se envíe a una unidad de remplazo. El cambio del chofer (figura 4.2.3) se realiza oprimiendo el icono de actualizar de cada unidad, al hacerlo muestra el cuadro de dialogo para seleccionar que chofer será el designado a la unidad en cuestión.

 **Listado de unidades**

En caso de ser necesario cambie el chofer de la unidad, si ya termino los cambios presione continuar

Atrás Continuar →

Fecha: 25/05/2020

Copiar Excel PDF

Buscar:

Unidad	Información	Chofer
630	Placas: VX-2981-A Modelo: 4300/210 No. serie: 3HAMMAAR4JL694104 / RO18L17002 Visible: ✓	Labanzat Hernandez Julio Cesar 
774	Placas: WH-2021-A Modelo: CITYSTAR No. serie: 3JA1SCB21LK002472 Visible: ✓	Lopez Gonzalez Roberto 
775	Placas: WH2020A Modelo: CITYSTAR No. serie: 3JA1SCB29KK002042 Visible: ✓	Alarcon Torres Miguel Angel 
C559	Placas: WP19825 Modelo: 4300 SBA 4X2 No. serie: 3HAMMAARQJL531711 Visible: ✓	Sanchez Rodriguez Gilberto 

Figura 4.2.3. Modificación de Choferes en las unidades. Fuente: Plataforma PDIA.

Al momento de seleccionar un chofer que ya este designado en otra unidad, solicita confirmar el cambio (figura 4.2.4), por lo que se vaciara el campo del chofer de la unidad anterior en la que se encontraba, al terminar de realizar los cambios necesarios en las unidades se selecciona la opción de continuar para seguir con el proceso.

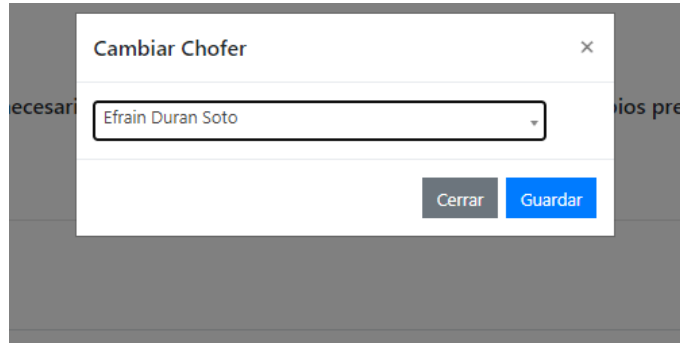


Figura 4.2.4. Pantalla para cambio de chofer. Fuente: Plataforma PDIA.

Después de haber asignado los choferes a las unidades se seleccionan las que saldrán a ruta de recolección. Se debe seleccionar un mínimo de unidades (figura 4.2.5) de acuerdo con la cantidad de grupos de colonias en la zona a sortear.

🚛 Seleccionar Camiones para Recolección.
 Fecha: 25/05/2020 12:00:00 a.m.

Marcar todos

<input type="checkbox"/> C559 - Sanchez Rodriguez Gilberto	<input type="checkbox"/> C560 - Lopez Serna Jaime	<input type="checkbox"/> C562 - Gomez Padilla Ricardo
<input type="checkbox"/> C563 - Lugo Aguilera Edmundo Ismael	<input type="checkbox"/> C564 - Leyva Quijano Fidel	<input type="checkbox"/> C565 - Ordaz Rosales Saul
<input type="checkbox"/> C566 - Ibarra Lopez Jose Martin	<input type="checkbox"/> C567 - Rivas Rivas Benito	<input type="checkbox"/> C568 - Sandoval Lopez Alberto
<input type="checkbox"/> C569 - Cervantes Ventura Justino	<input type="checkbox"/> C570 - Cardiel Zuñiga Francisco	<input type="checkbox"/> C571 - Hernandez Gone Eduardo
<input type="checkbox"/> C572 - Rosas Torres Oscar Eliuth	<input type="checkbox"/> C573 - Ponce Ortiz Jose Margarito	<input type="checkbox"/> C574 - Ramirez Garza Sergio Antonio
<input type="checkbox"/> C575 - Juarez Covarrubias Leobardo	<input type="checkbox"/> C576 - Jimenez Erasmo	<input type="checkbox"/> C577 - Castan Ruiz Eliasid
<input type="checkbox"/> C578 - Teniente Alvarez Artemio	<input type="checkbox"/> C579 - Rodriguez Davila Manuel Alejandro	<input type="checkbox"/> C580 - Alfaro Mireles Fernando
<input type="checkbox"/> C581 - Garza Estrada Oscar	<input type="checkbox"/> GGC159 - Jimenez Cortez Miguel Angel	<input type="checkbox"/> GGC178 - Martin Matamoros Enrique
<input type="checkbox"/> GGC180 - Garcia Balderas Carlos Agapito	<input type="checkbox"/> GGC217 - Justo Tellez Jose Oscar	<input type="checkbox"/> GGC218 - Del Carmen Hernandez Joaquin
<input type="checkbox"/> GGC179 - Garcia Morales Juan Carlos	<input type="checkbox"/> GGC181 - Gaona Herrera Jorge Enrique	<input type="checkbox"/> GGC187 - Jasso Chavez Jose Alberto
<input type="checkbox"/> GGC406 - Salazar Bautista Luis Ivan	<input type="checkbox"/> GGC407 - Urrutia Sanchez Miguel Angel	<input type="checkbox"/> GGC219 - Garcia Herrera Gumaro

Figura 4.2.5. Selección de unidades recolectoras

Al hacerlo se genera el sorteo aleatorio de rutas con unidades seleccionadas y se muestra como en la siguiente imagen. Se obtiene el listado de grupos de colonias a sortear de acuerdo con el día seleccionado, estos grupos a su vez tienen un listado de unidades asignables. Se obtiene el listado de unidades seleccionadas para sortear. Por cada secuencia de tipo “foreach” de grupos de colonias se obtiene el listado de unidades asignables, esto se compara con las unidades seleccionadas y por medio de una función preestablecida de generación de un número aleatorio se obtiene una unidad del listado de unidades seleccionadas, esta se le asigna al grupo de colonias y se elimina de la lista para que no sea seleccionada más de una vez, esto se repite hasta que cada grupo de colonia tenga asignada una unidad, estas asignaciones son guardadas en base de datos para disponibilidad del chofer.

Al finalizar este proceso, se muestra el listado sorteado de unidades con grupos de colonias (figura 4.2.6) como se muestra en la siguiente imagen.

Chofer	Fecha	Grupo	Unidad	
Villa Camacho Adrian Heracio	2020-05-25	15 de enero, Margarita Maza de Juárez V, Margarita Maza de Juárez III, Margarita Maza de Juárez II, Margarita Maza de Juárez	C657	Recorrido
Teniente Alvarez Artemio	2020-05-25	Villa Esmeralda (Blvd Villas de Esmeralda a Minas Dos)	C578	Recorrido
Sandoval Lopez Alberto	2020-05-25	Fraccionamiento Reynosa	C568	Recorrido
Sanchez Rodriguez Gilberto	2020-05-25	Satélite (de 1ero de Enero, Juan Escutia, Calle 21 y 5 de Mayo), Satélite II	C559	Recorrido
Salazar Vazquez Misael	2020-05-25	El Maestro, Ampliación El Maestro, La Escondida, La Escondida (Ejido), Ampliación La Escondida, Vivero Municipal, Polideportivo, Parque Cultural	C661	Recorrido
Salazar Bautista Luis Ivan	2020-05-25	Villas de la Joya, Ampliación Villas de la Joya	GGC406	Recorrido
Rosas Torres Oscar Eliuth	2020-05-25	Balcones de Alcalá (Río Rhin a calle 21 Oeste, Av. Alcalá a Roble)	C572	Recorrido
Rodriguez Davila Manuel Alejandro	2020-05-25	Nuevo Amanecer, 20 de Noviembre	C579	Recorrido

Figura 4.2.6. Visualización de unidades con ruta establecida

De esta manera queda realizado el sorteo sin la intervención del personal y no se requiere el tiempo extra al inicio de la jornada para entregar la información de ruta chofer por chofer, las rutas son enviadas directamente al usuario de cada chofer y mostradas en su sesión de la aplicación.

Cada unidad recolectora será equipada con tabletas de uso rudo en donde se podrá visualizar en la aplicación cada chofer tendrá su usuario propio con el cual accede para visualizar su trayecto (figura 4.2.7), del cual se iniciará mostrando los primeros 10 puntos consecutivos en los que deberá de empezar por el mercado con el número 1.

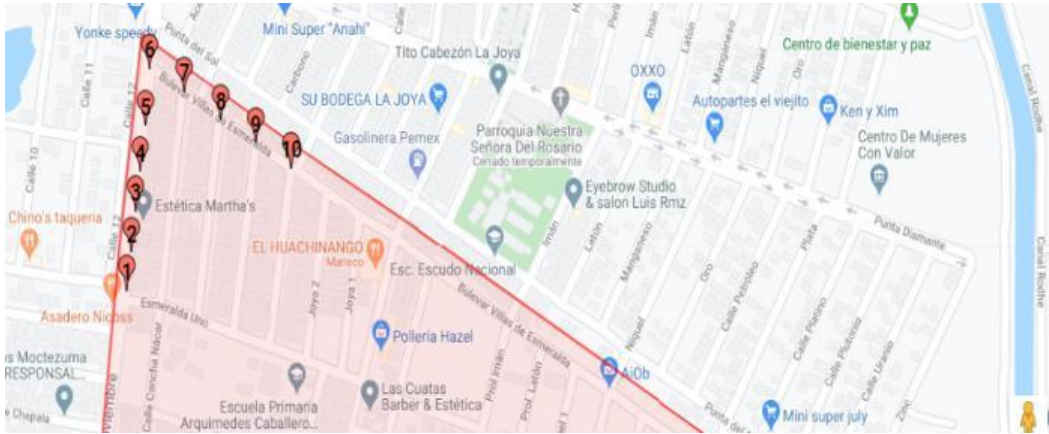


Figura 4.2.7. Visualización de Ruta

Cada 30 segundos se realiza una consulta al servidor, se envía el código de empleado del chofer y el último número de marcador mostrado, con estos datos se realiza consultas a la base de datos para obtener el grupo de colonias que le corresponde al chofer, seguido de esto se leen dos .kml, el primero corresponde a la geocerca del grupo de colonias y el segundo a los marcadores totales que le corresponden a este grupo, con esto se obtienen dos listas de coordenadas. Siguiendo de esto, se obtiene la lista de puntos de geolocalización del servicio web de la unidad que consulta al servidor. Usando la lista de coordenadas de la geocerca y la lista de coordenadas del servicio web, se evalúa cuáles coordenadas generadas por la unidad se encuentran dentro de la geocerca con la siguiente función, quedando así otra lista de coordenadas.

Después con esta última lista de coordenadas dentro de la geocerca y la lista de coordenadas de los marcadores se evalúa cuáles marcadores de los 10 mostrados en el mapa fueron encendidos comparando cada punto de geolocalización del camión con cada marcador obteniendo su distancia, si entra en un rango de 20 metros o menos se considera como encendido, también se toman como encendidos los marcadores reportados por el chofer para que continúe con la ruta.

Teniendo la lista de marcadores encendidos se ordena por número y se compara si cada uno es continuo al anterior, el último que concuerde con esta evaluación se toma como último punto encendido y a partir de este se genera una lista de marcadores comprendidos entre el último encendido y 9 más para regresar una lista de 10 marcadores para eliminar los anteriores y mostrar los nuevos con la siguiente función del API de Google Maps obtenida (maps.google.com.mx) de su documentación.

```
var myLatLng = new google.maps.LatLng(-25.363882, 131.044922);
var mapOptions = {
  zoom: 4,
  center: myLatLng
}
var map = new google.maps.Map(document.getElementById("map"), mapOptions);

var marker = new google.maps.Marker({
  position: myLatLng,
  title: "Hello World!"
});

// To add the marker to the map, call setMap();
marker.setMap(map);
```

Figura 4.2.8. Inserción del marcador al mapa. Fuente: Documentación de Google Maps.

Para mostrar la geocerca correspondiente del grupo de colonias se hace uso de una función similar del API de Google Maps.

```
// Define the LatLng coordinates for the polygon's path.
var triangleCoords = [
  {lat: 25.774, lng: -80.190},
  {lat: 18.466, lng: -66.118},
  {lat: 32.321, lng: -64.757},
  {lat: 25.774, lng: -80.190}
];

// Construct the polygon.
var bermudaTriangle = new google.maps.Polygon({
  paths: triangleCoords,
  strokeColor: '#FF0000',
  strokeOpacity: 0.8,
  strokeWeight: 2,
  fillColor: '#FF0000',
  fillOpacity: 0.35
});
bermudaTriangle.setMap(map);
```

Figura 4.2.9. Inserción de la geocerca al mapa. Fuente: Documentación de Google Maps.

Otro proceso ocurre cada 30 segundos, el cual consiste en enviar al servidor el último id de geolocalización mostrado en el mapa, esto corresponde al recorrido real de la unidad, cuando se

recibe se leen los puntos de geolocalización actualizados del servicio web a partir del id recibido, se evalúa si las posiciones están dentro de la geocerca o fuera de ella para cambiar el color a verde cuando se encuentre dentro. Se devuelve esta lista de coordenadas para ser mostradas en el mapa junto con el ultimo id de geolocalización consultado. Para esto se usa la función de la primera imagen de Google Maps correspondiente a Markers.

Los choferes solo podrán consultar el recorrido de la ruta que les ha sido designada, al ir avanzando, los puntos de la ruta se irán marcando y se borrarán para ellos, de esta manera podrán ver hacia donde deben de seguir su ruta sin confundirse con los puntos anteriormente realizados, cabe mencionar que no se puede registrar un punto si no se ha registrado el punto anterior a ese, ejemplo no se puede registrar el punto #10 si no se ha registrado el punto #9.

4.3. Experimentación

Con el fin de obtener los datos necesarios para evaluar la operatividad de la aplicación en modo de operación y puesta en funcionamiento debemos considerar los elementos que intervienen en el proceso de la recolección de residuos sólidos urbanos, para llevar a cabo la experimentación tenemos una serie de requerimientos.

Para generar la prueba en campo requerimos de los siguiente:

1. Camión recolector, el cual fue seleccionado por el jefe del área de recolección, cabe mencionar que no tuvimos injerencia alguna en su selección esto nos da aún más la imparcialidad en la obtención de los datos para la generación de la información.
2. Equipo operador del camión recolector, un chofer y sus ayudantes, que en este caso los ayudantes eran tres.
3. Generación de ruta a seguir, grupo de colonia (s) a ser recorrida (s).
4. Dispositivo móvil conectada a internet, en el camión recolector, en donde se mostrará la ruta a ejecutar.

5. Capacitación con guía rápida al operador para el uso del dispositivo, así como también la aplicación.
6. En esta prueba el operador fue acompañado en todo el recorrido por personal del área del Centro de Administración y Monitoreo de Unidades (CAMUN).
7. Iniciar el recorrido en el punto inicial en el grupo de colonia asignado para recorrer. Y seguir la generación de las marcas consecutivas para el trayecto de la ruta a recorrer.
8. En caso de presentar camión lleno en el transcurso del recorrido, hacer la pausa e ir a disponer. Así también si por alguna situación no puede transitar por alguna calle debe de marcar en el recorrido y escribir notas descriptivas del porque no se recorre esa área.
9. Reiniciar el recorrido en el punto que se quedó el cual la aplicación le indicara.
10. Concluir el recorrido si el tiempo lo permite.

Durante el recorrido puede llegarse a presentar el inconveniente de que una calle no pueda ser transitada por lo que se da la opción de que el chofer pueda marcar los puntos que no se pueden recorrer y así poder seguir la secuencia sin alteraciones, para realizar esto, en la parte izquierda de la pantalla del aplicativo se encuentra un botón que dice “Reportar”.

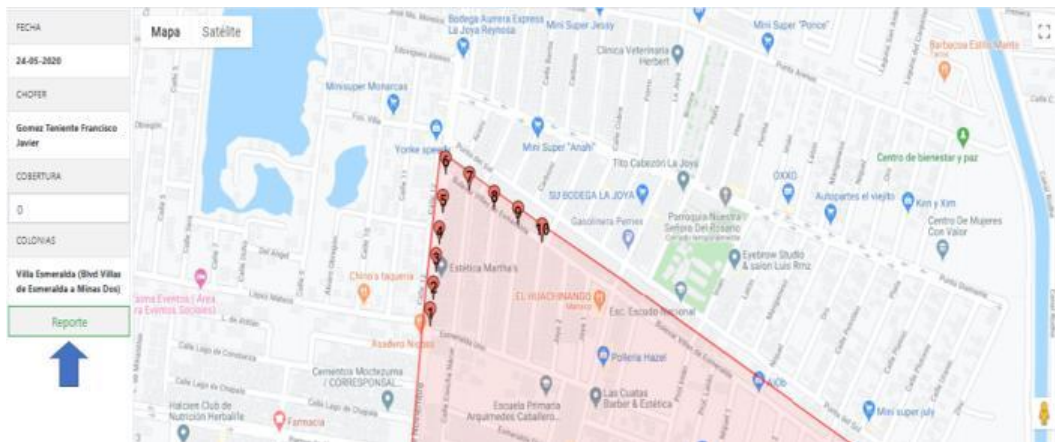


Figura 4.3. Opción para reportar zonas no transitables

Cuando se oprime el botón, la vista del mapa se acerca a los puntos y te permite seleccionarlos para marcarlos con una de las opciones por las que no se pueden transitar, ya sea que la calle este en reparación, en mal estado o este obstruida, cuando se seleccionen los puntos a reportar se oprime el botón de reportar que aparecerá en la parte de debajo del mapa y

automáticamente registrara como realizados los puntos marcados, permitiendo que el chofer pueda dirigirse al siguiente punto por la ruta más óptima y segura.

Al reportar parte de la ruta se envía al servidor el cual guarda en la base de datos los marcadores reportados, fecha y hora, motivo de reporte y chofer que realiza el reporte, seguido de esto se llama al método de javascript que realiza el proceso de evaluación de marcadores con posiciones del camión previamente descrito.

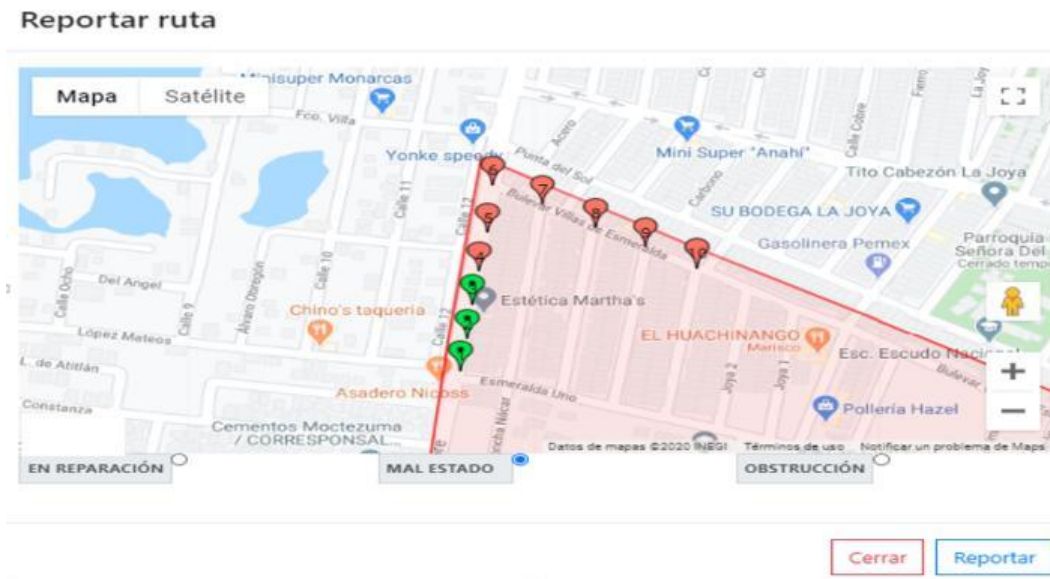


Figura 4.3.1. Opciones de reporte de puntos

El recorrido de la unidad dentro de la geocerca de la colonia será marcado con iconos de flechas verdes, cuando se encuentra fuera de la geocerca se marcará con iconos de flechas negras.

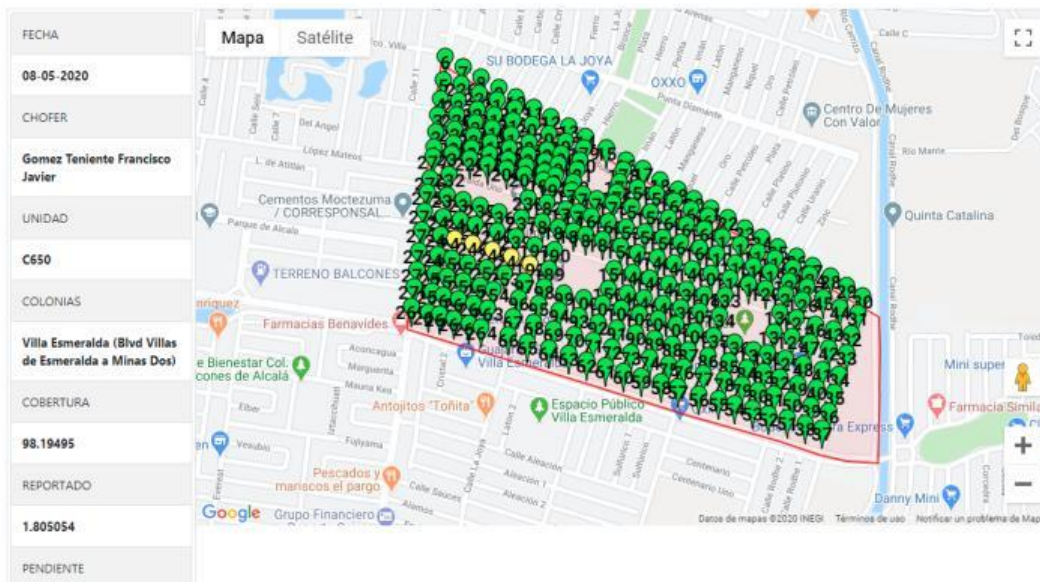


Figura 4.3. 3. Reporte de Avance por Unidad.

Para realizar el cálculo de cobertura, reportes y pendiente se lee de base de datos el recorrido asignado a la unidad el cual contiene su ultimo marcador encendido, a su vez se lee el listado de marcadores reportados para hacer una comparación y asignar un color amarillo a los marcadores reportados, asignar el color verde a los marcadores encendidos y rojo los marcadores pendientes, se realiza un conteo de cada tipo y se realiza un cálculo de tres simple de acuerdo al número total de marcadores que contiene el grupo de colonias. Para obtener el tiempo de la unidad en colonia se obtienen los puntos de geolocalización de la unidad del servicio web en un listado, también se lee el archivo .kml correspondiente a la geocerca del grupo de colonias y se evalúa cuales puntos de geolocalización están dentro de la geocerca obteniendo otra lista, a partir de ella, se emplea una secuencia de “foreach” para sumar el tiempo entre un punto y otro obtenido de un campo que proporciona el servicio web. Para el funcionamiento de este aplicativo es necesaria la generación de las delimitaciones de cada colonia “Geocercas” y la creación de grupos de colonias realizados de manera estratégica para optimizar el tiempo y el recorrido de las unidades para lograr un alto porcentaje de cobertura y de eficiencia de las unidades. Los grupos de colonias deben de cumplir con ciertas características

- Pertenecer a la misma zona
- Se considera la distancia que hay entre ellas, ser contiguas.

- Tamaño (densidad poblacional) y accesos (diversos).

Así se puede determinar si la colonia puede ser realizada por una sola unidad o por varias unidades. Al generar las Geocercas se analiza cuidadosamente las delimitaciones que debería de tener cada una, así como se muestra en la siguiente imagen.

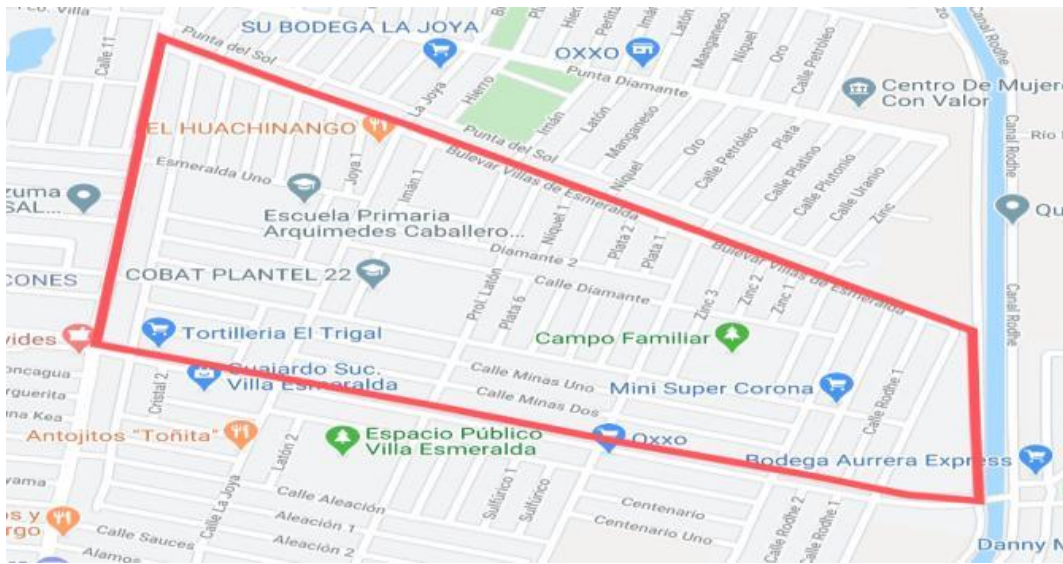


Figura 4.3.4. Geocerca de la ruta 035 Villa Esmeralda Norte

Dentro de la geocerca deben de estar todas las calles en las que la unidad transitará en su recorrido de recolección. Una vez generadas las geocercas se busca la manera más óptima para que las unidades realicen el recorrido dentro de la colonia, esto requiere de un análisis del sentido de circulación de las calles, evitando hacer que la unidad tenga que realizar dobles recorridos en una misma calle, realizar trayectos en flujo contrario, vueltas en zonas no permitidas o en “U”, también se determina que tanto el punto inicial como el punto final del recorrido de una colonia quedara sobre una avenida principal, de esta manera se consigue que la unidad tenga una vía adecuada para salir o entrar a la colonia. La generación de puntos se va realizando de 1 en 1, para evitar el repetir o saltar números, logrando así una secuencia numérica estable la cual permitirá que los choferes puedan tener una buena visualización de su ruta.

Al término de la generación de los puntos de la ruta se obtendría lo siguiente:

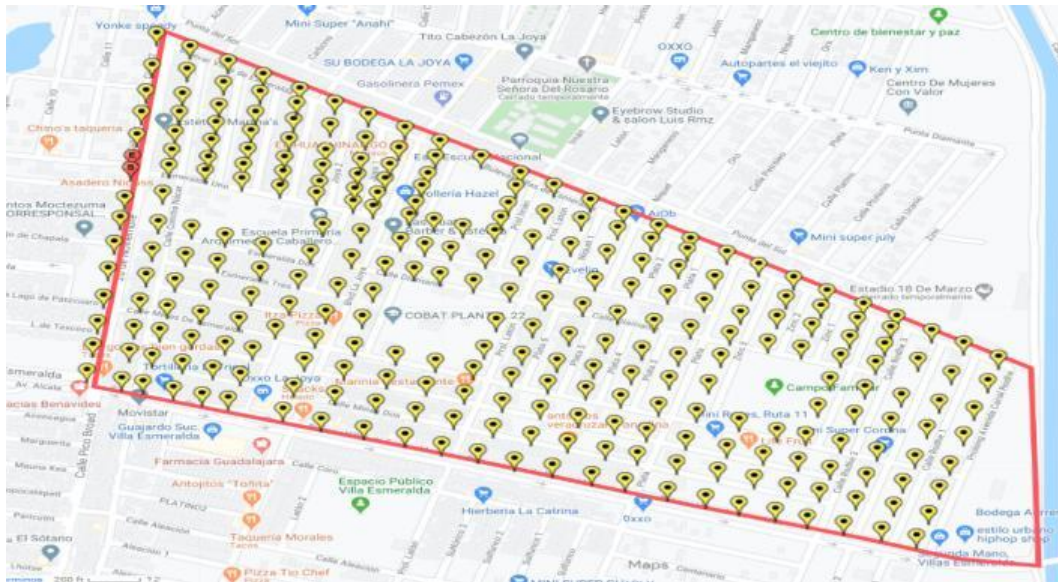


Figura 4.3.5. Generación de Puntos de recolección

Esta es la base principal del aplicativo para poder mostrar la ruta a seguir, cabe mencionar que inicialmente no se le mostrará la ruta completa al chofer, en todo momento se muestra la ruta comprendida en 10 marcadores, los cuales avanzan progresivamente al ser alcanzados por la unidad.



Figura 4.3.6. Consumo de datos. Fuente: configuración de Tablet Samsung

El consumo de datos que tuvo el dispositivo móvil en la prueba (Tablet) fue aproximadamente de 29.64 MB, por lo que se recomienda un servicio básico de por lo menos 1GB mensual. Los puntos

deben de ser revisados antes de ser acreditados como válidos para una ruta operacional. Los obstáculos encontrados en el desarrollo de la prueba de campo fueron los siguientes:

- Soporte que sostenga el dispositivo dentro de la unidad.
- Falta de fuente de carga para insertar el cargador del dispositivo utilizado.
- Falta de capacitación inicial para el chofer con respecto al aplicativo.
- Calles en mal estado (según el recorrido menos del 5 %).
- Tiempos de generación del GPS de la unidad para el marcado de los puntos de ruta.

4.4. Conclusiones de prueba

En base a lo anterior y con diversas herramientas computacionales ya existentes las que se han diseñado para lograr el objetivo, se muestra que un seguimiento visual de la ruta a recorrer es mucho mejor en el dispositivo móvil con datos ya que con ello logramos una supervisión en el momento de la ejecución de la ruta a recorrer y de ser necesario corregir la orientación de o de las unidades que lleven este método de ejecución de las asignaciones.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Presentación y discusión de los resultados

Para poder presentar los resultados de forma más clara se mostrará algunos casos de asignaciones de manera empírica y manual, o lo que le llamaríamos de forma tradicional. Se analiza la misma área en diferente fecha, con operadores diferentes.

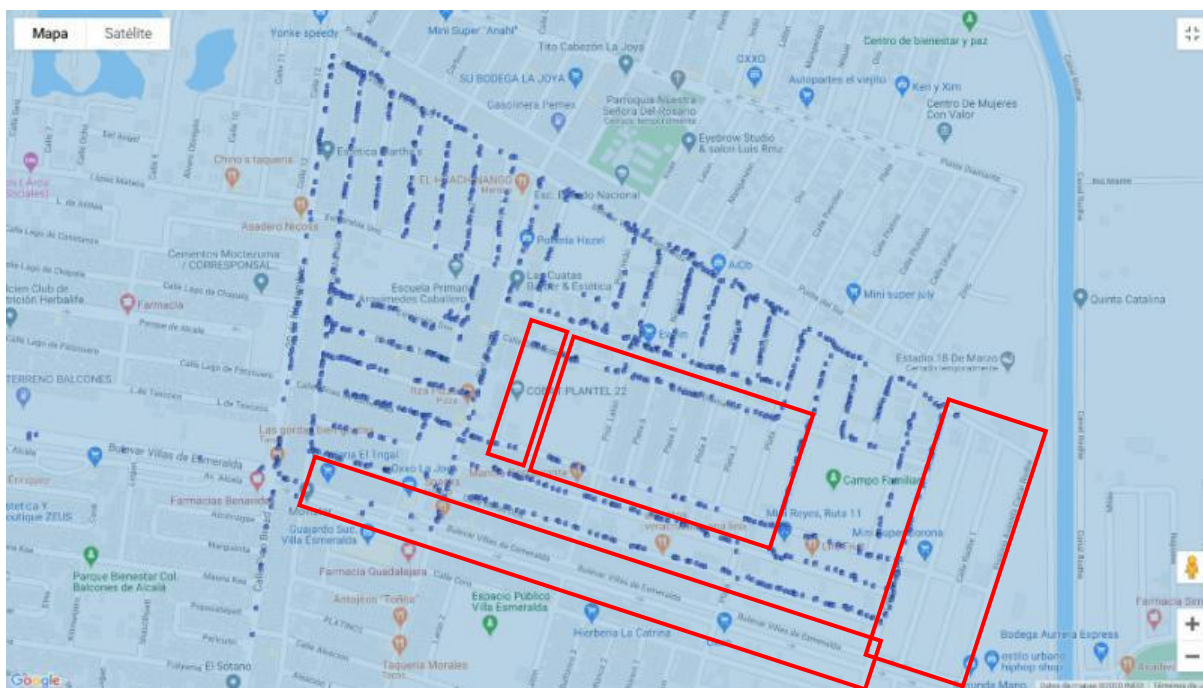


Figura 5.1. Cobertura de recolección del día 04 de febrero del 2020.

En la figura 5.1 se muestra que está casi al 80 % de cobertura el área del grupo Oriente 35, sin embargo, dejan un porcentaje significativo de calles sin recorrer, y el tiempo invertido en esta recolección es de 9:30 hrs, con una cantidad aproximada de 17 toneladas recolectadas de residuos sólidos urbanos.

Es de resaltar que a pesar de la cantidad de toneladas recolectadas no recorre en su totalidad la colonia asignada, y denotar que deja varios segmentos de calles sin recorrer, no siendo parámetro.

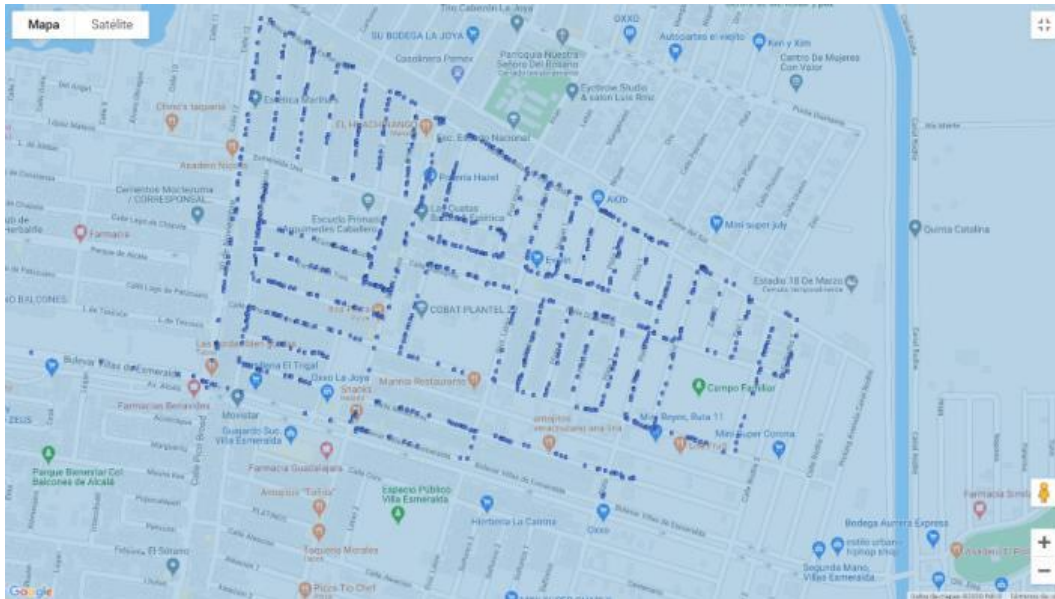


Figura 5.1.1. Cobertura de recolección del día 24 de febrero del 2020.

En la figura 5.1.1 se muestra que está casi al 80 % de cobertura el área del grupo Oriente 35, sin embargo, dejan un porcentaje significativo de calles sin recorrer, y el tiempo invertido en esta recolección es de 6:39 hrs, con una cantidad aproximada de 7.21 toneladas recolectadas de residuos sólidos urbanos.

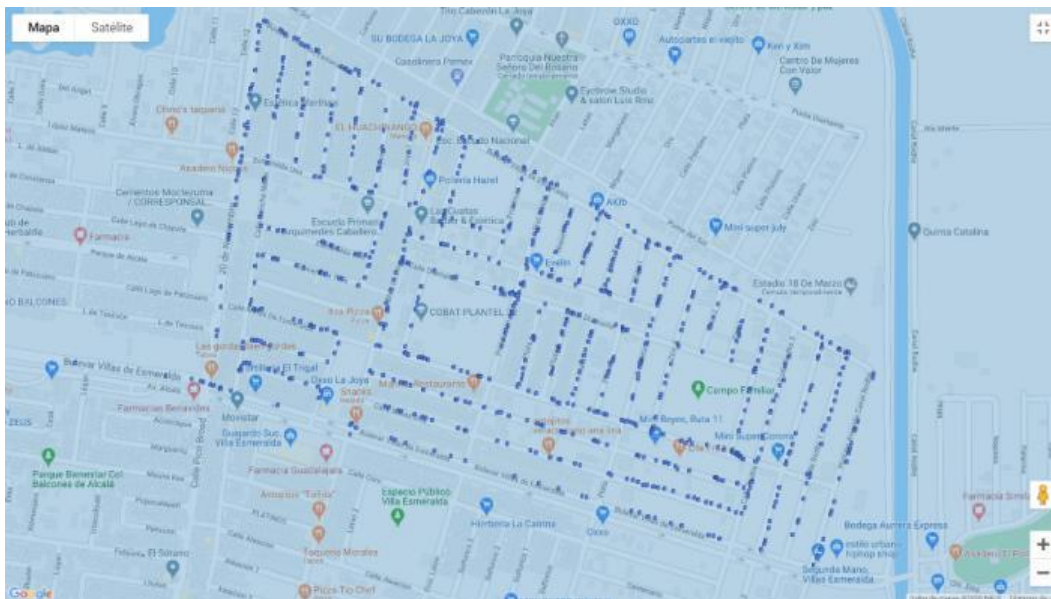


Figura 5.1.2. Cobertura de recolección del día 08 de mayo del 2020.

Con la aplicación de gestión automatizada en recolección urbana en cuestión, la cual se puso a prueba el día 8 de mayo del 2020 como ya se ha mencionado, se obtuvo el siguiente resultado. En la figura 5.1.2 se observa que está casi al 100 % de cobertura el área del grupo Oriente 35, a pesar de marcar una calle como no transitable y es la única área que se deja sin recorrer, el tiempo invertido en esta recolección es de 6:30 hrs, con una cantidad aproximada de 14 toneladas recolectadas de residuos sólidos urbanos.

La hipótesis es: “El diseño, desarrollo e implementación de una aplicación móvil en Microsoft Visual Studio C# y utilizando el manejador de base de datos SQL para la gestión de los datos, contribuirá a la optimización del servicio de recolección de RSU en la ciudad de Reynosa Tamaulipas en el periodo: 20 de abril - 11 de mayo del 2020” se ha comprobado. Esta hipótesis se considera del tipo de trabajo causal, ya que se estarán midiendo las variables de cantidad de residuos sólidos urbanos recolectados, el porcentaje de área de cubierta/recorrida recolectada, así como el tiempo que lleve estas actividades. El generar las rutas de recolección de manera automatizada garantiza la transparencia en su asignación.

5.2. Conclusiones

Para el desarrollo de esta investigación, fue necesario recabar y clasificar información sobre las unidades recolectoras, operadores, zonas, sectores, grupos de colonias, escuelas y dependencias de Reynosa. Se identificaron las colonias que generan mayor cantidad de RSU, esto para contemplar la segunda vuelta. Se consideraron las tecnologías computacionales C# para el desarrollo de la aplicación web y la plataforma de base de datos SQL. Se generó el grupo de colonias para conocer las rutas a recorrer y la creación de los archivos .KML para su visualización. Se indica el inicio y secuencia del recorrido de las rutas por medio de marcas geográficas en los archivos .KML. Finalmente, se definen los datos de flujo de alimentación, proceso de sorteo, asignación y presentación de la ruta a seguir para su ejecución. De esta manera, se comprueban los resultados, por lo cual se toma como aprobada la hipótesis en cuestión cumpliendo con el objetivo general declarado en el capítulo 1, ya que con la aplicación se logró la cobertura casi del 100 %, y el no haberlo logrado fue debido a la presencia de calles no transitables; el tiempo en recorrer la totalidad del área fue de 6:30 minutos y la cantidad de toneladas de RSU recolectados fue de 14

toneladas totales del día. Los logros obtenidos con la aplicación fueron los de mejorar la cobertura en físico en el área seleccionada, optimizar el tiempo de recorrido (esto gracias a que se visualizan los puntos geográficos donde tienen que ir pasando) y dado que, recorren sistemáticamente, recolectan más residuos sólidos. Las recomendaciones para una exitosa implementación de una aplicación de este tipo principalmente que las áreas involucradas la vean como herramienta para mejorar su trabajo, que estén involucrados en el desarrollo de los procesos mas no dejarlos impongan sus criterios, contar con la voluntad del alcalde en turno para su implementación o caso contrario de una comisión de innovación tecnológica y mejora administrativa.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- API: Interfaz de programación de aplicaciones, del inglés API: Application Programming Interface)
- CAMUN: Siglas de Centro de Administración y Monitoreo de Unidades Recolectoras de RSU
- FOREACH: Es una iteración que permite la repetición de una instrucción hasta que se cumpla una condición determinada.
- GPS: En inglés, Global Positioning System que significa Sistema de Posicionamiento Global.
- GEOCERCA: Es el perímetro virtual en un mapa utilizado en sistemas de rastreo por GPS.
- GEOLOCALIZACION: Capacidad para identificar la ubicación geográfica real de un objeto, como un radar, un teléfono móvil o una computadora conectada a Internet.
- IMEI: del inglés International Mobile Equipment Identity, identidad internacional de equipo móvil.
- JAVASCRIPT: Lenguaje de programación que te permite realizar actividades complejas en una página web
- KML: Del acrónimo en inglés Keyhole Markup Language, es un lenguaje de marcado para representar datos geográficos en tres dimensiones basado en XML.
- MARKERS: Una pequeña imagen posicionada en un lugar específico del mapa.
- PDIA: Plataforma de Digital de Innovación Administrativa.

Referencias

1. Automation, M. (s.f.). *Moba*. Obtenido de <https://moba-automation.es/mercados/gestion-de-%20residuos/software/mawis-u2/>
2. Ayuntamiento, R. (2017). *Centro de Administracion y Monitoreo de Unidades, CAMUN*. Reynosa, Tamaulipas: Administracion Municipal 2016-2018.
3. Co., O. (2019). *Productos Oracle*. Obtenido de <https://www.oracle.com/mx/internet-of-things/what-is-iot.html>.
4. Friscione, D. A.-J. (2018). *Presupuesto basado en resultados*. Obtenido de [file:///C:/Users/M/Downloads/Pbr_Mex_02072012%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/M/Downloads/Pbr_Mex_02072012%20(1).pdf)
5. Mexico, U. N. (2019). *Mexico Tendra red 5G estable para 2025*. Mexico: www.gaceta.unam.mx.
6. Perez, M. (2014). *Programacion Orientada a Objetos y Programacion Estructurada*. Createspace.
7. Pon, J. (2018). *Reporte medio ambiente*. Coordinacion regional para America Latina y el Caribe de NU.
8. Reynosa, A. d. (2016). *Plan Municipal de Desarrollo*. Reynosa: Administracion Municipal 2016-2018.
9. Reynosa, A. d. (2017). *Coordinacion de Servicios Publicos Primarios*. Reynosa, Tamaulipas: Administracion Municipal 2016-2018.
10. Reynosa, A. d. (2017). *Movilidad y Transporte*. Reynosa, Tamaulipas: Administracion Municipal 2016-2018.
11. Reynosa, A. d. (2018). *Sistema Integral de Informacion Administrativa, SIIAR*. Reynosa, Tamaulipas, Mexico.
12. Sosa, C. y. (2010). *Metodologi de la investigacion*. Mexico: Secretaria de Marina.
13. Unidas, N. (2019). *Noticias ONU*. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2018/10/1443562>.