



DISEÑO DE UN MODELO DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS MEDIANTE RUTEO EN LA PUJ CALI

Estudiantes
Valentina España Agudelo
Andrés Felipe Estrada Villegas
Valentina Sanchez Ledezma
Director
Francisco J. Hernández

1 DEFINIR

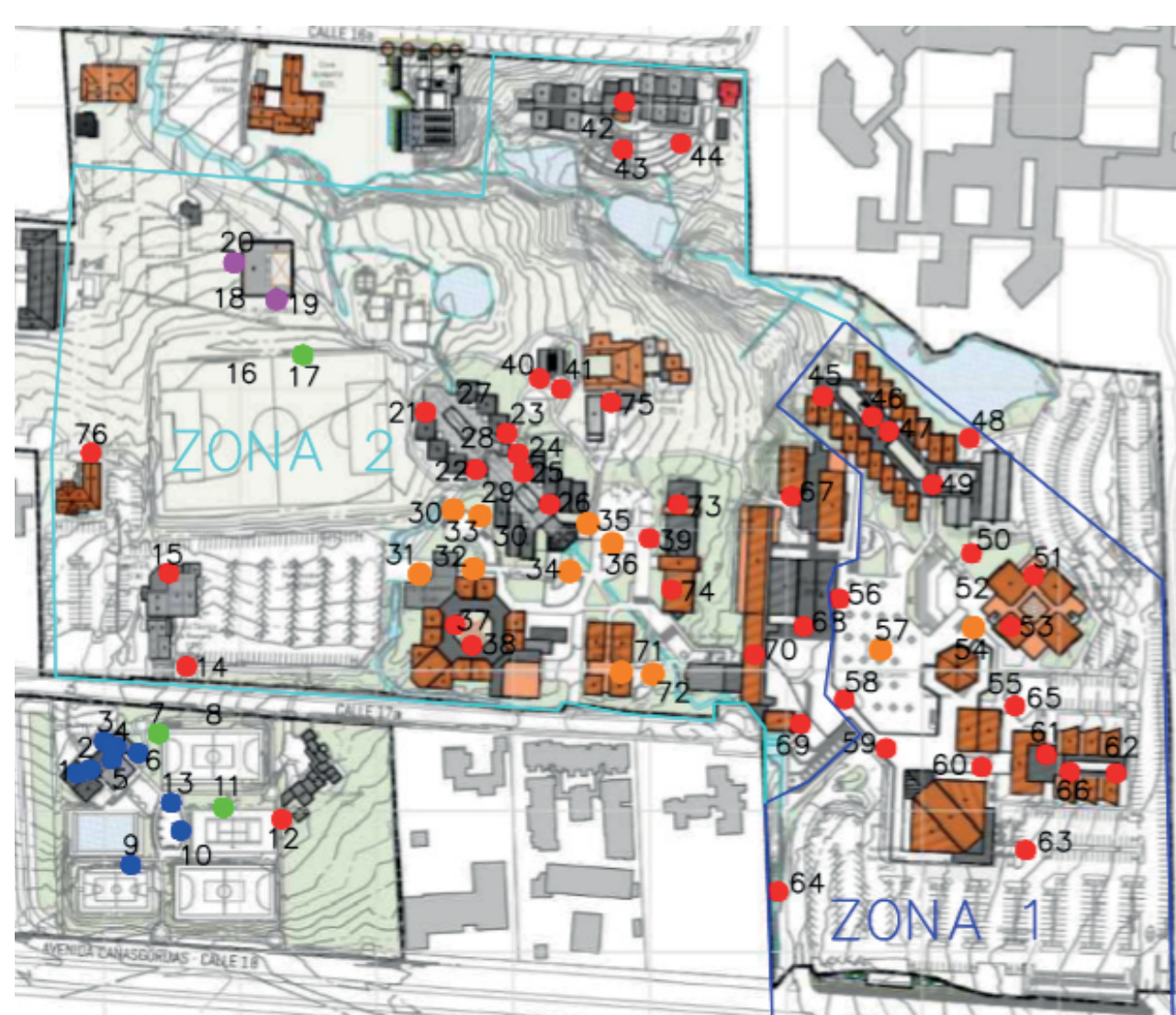
Problema

Desde la emisión del PGIR la universidad ha presenciado un aumento en la comunidad Javeriana de 1,2% de infraestructura de 8,7%, residuos reciclables del 26,9% y de concesionarios del 30,3% generando un problema ante la ubicación de nuevos puntos ecológicos y su inclusión a una ruta estandarizada.

2 MEDIR

Tabla I. Medición de variables

| VARIABLE | ACTUAL | META A 5 AÑOS |
|------------------------------|---|--|
| VARIACIÓN P.E. | 3% de los P.E. no se incluyen en las rutas del PGIR | Involucrar el 100% de los P.E. faltantes en la ruta |
| CANTIDAD RS [kg/año] | 2015 = 169.102 2017 = 139.983 2019 = 159.816 2016 = 191.920 2018 = 138.203 | Cubrir necesidad de 159.622 con variación de 2.77% anual |
| CAPACIDAD [m³] | Capacidad total de residuos depositados en los contenedores de 1,9 | Cubrir la capacidad total, demandada con una generación diaria de 4.38 |
| FRECUENCIA | 1 a 6 veces por día | Ajustar de acuerdo a la generación de RS |
| DISTANCIA [km] | Zona 1: distancia promedio = 1.4 Zona 2: distancia promedio = 2.1 | Ajustar de acuerdo a la capacidad del carro recolector y la demanda de recolección |
| UBICACIÓN P.E. | Zona 1: 33 puntos Zona 2: 49 puntos | Cumplir con las necesidades de la comunidad Javeriana (disponibilidad) |
| TIEMPOS DE RECOLECCIÓN [min] | Zona 1: tiempo promedio = 80.2 Zona 2: tiempo promedio = 112.9 | Tiempo máximo Zona 1: promedio = 80.4 Zona 2: promedio = 98.5 |
| CUMPLIMIENTO DEL PROCESO | Sí cumplen según el PGIR | Capacitar operarios según el nuevo código de colores |



3 ANALIZAR

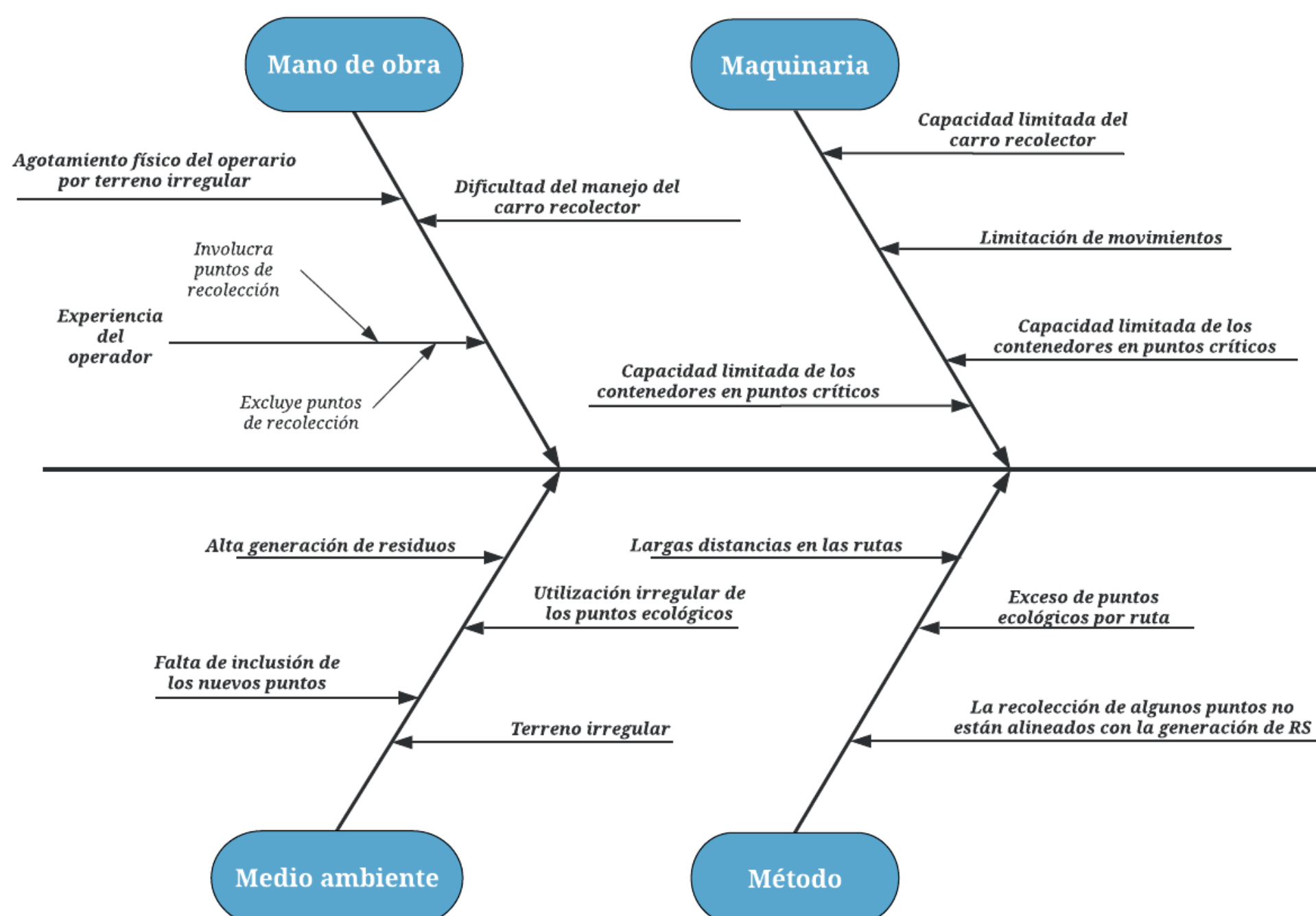


Fig 6. Diagrama Ishikawa

ALTERNATIVAS

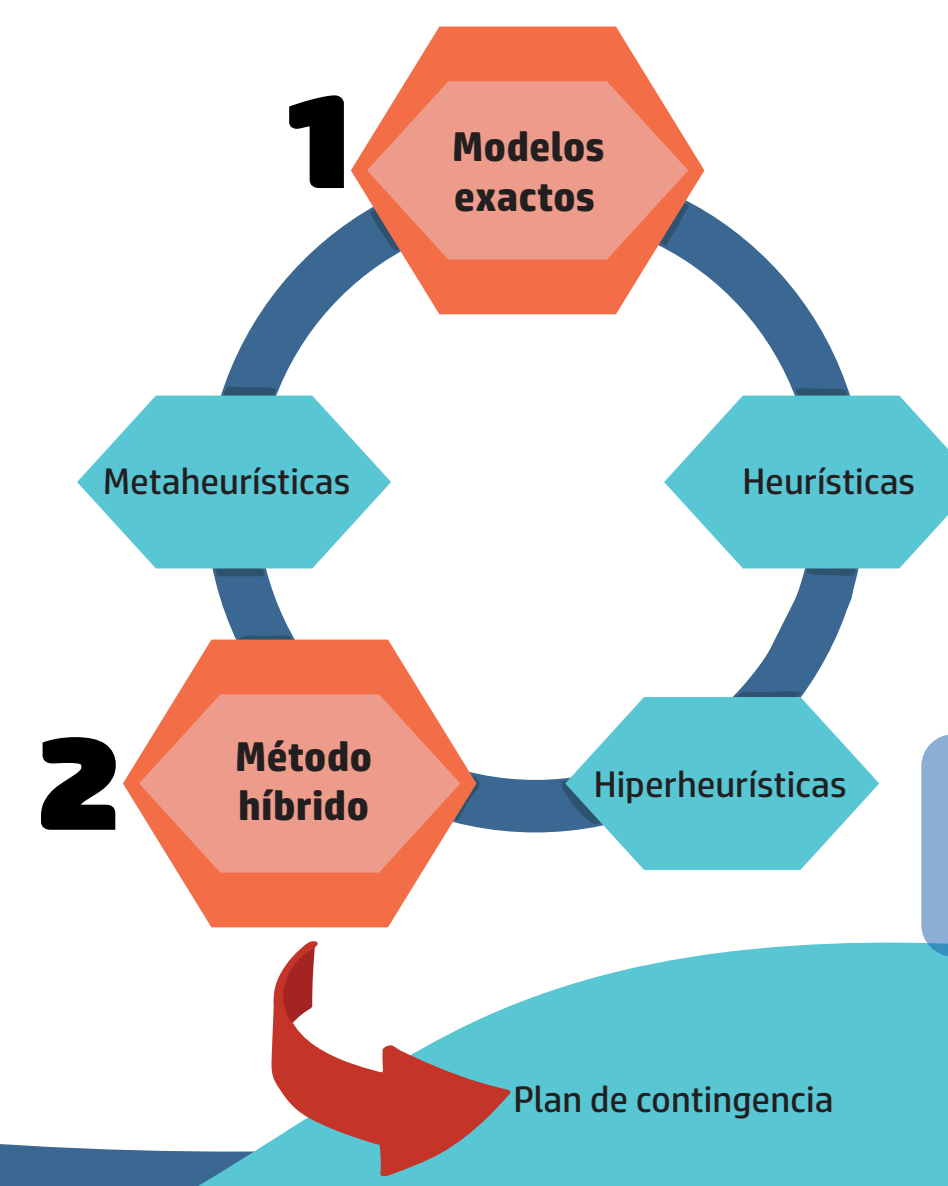


Fig 7. Alternativas

4 MEJORAR

MODELO MATEMÁTICO

Variables

$$X_{ijtv} = \begin{cases} 1, & \text{Si el arco } (i,j) \text{ se establece en el periodo } t \text{ con el carro } v \\ 0, & \text{De lo contrario} \end{cases}$$

$$Y_{ivt} = \begin{cases} 1, & \text{Si el punto ecológico } i \text{ es visitado para hacer una recolección en el periodo } t \text{ por el carro } v \\ 0, & \text{De lo contrario} \end{cases}$$

$$YY_{ip} = \begin{cases} 1, & \text{Si la combinación } p \text{ es seleccionada para el punto ecológico } i \\ 0, & \text{De lo contrario} \end{cases}$$

W_{it} = Cantidad de residuos a recolectar en el punto ecológico i en el periodo t

INV_{it} = Inventario que se genera en el punto ecológico i en el periodo t

F_{ijvt} = Cantidad de flujo ficticio que va desde un punto i a j en el periodo t por el carro v

Función Objetivo

$$\sum_{p=0}^p \sum_{j=0}^j \sum_{t=0}^t D_{Sij} * X_{ijtv}$$

Restricciones

$$\sum_{p=0}^p Y_{ivt} = \sum_{p=0}^p B_{Pt} (YY_{ip}), \quad \forall i \in PE, t.$$

$$\sum_{p=0}^p YY_{ip} = 1, \quad \forall i \in PE.$$

$$\sum_{i \in PE} W_{it} \leq Q, \quad \forall t.$$

$$W_{it} = \sum_{p=0}^p L_{pt} * (YY_{ip}) * \left(\frac{A_i}{G}\right), \quad \forall i \in PE, t.$$

$$INV_{it} = INV_{it-1} + \left(\frac{A_i}{G}\right) - W_{it}, \quad \forall i \in PE, t > 1$$

$$INV_{it} = \left(\frac{A_i}{G}\right) - W_{it}, \quad \forall i \in PE, t = 1.$$

Validación del diseño propuesto

El tiempo total de recolección paso de ser 1418 minutos a 615.91 minutos

La distancia total recorrida disminuyó en 13.07 metros

La frecuencia de recolección puntos ecológicos se ajusta a la generación de residuos de cada punto

Capacitación de operarios según la resolución 2184 de 2019

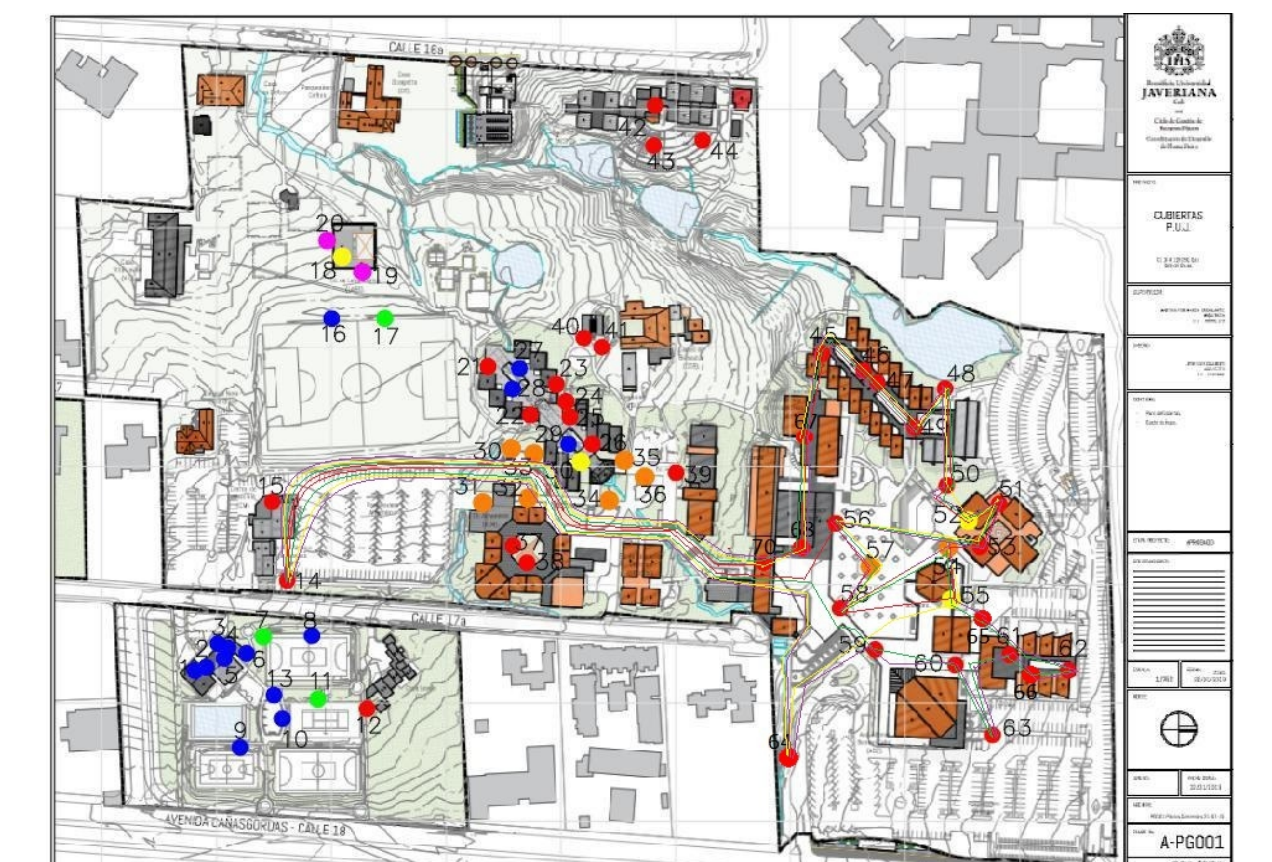
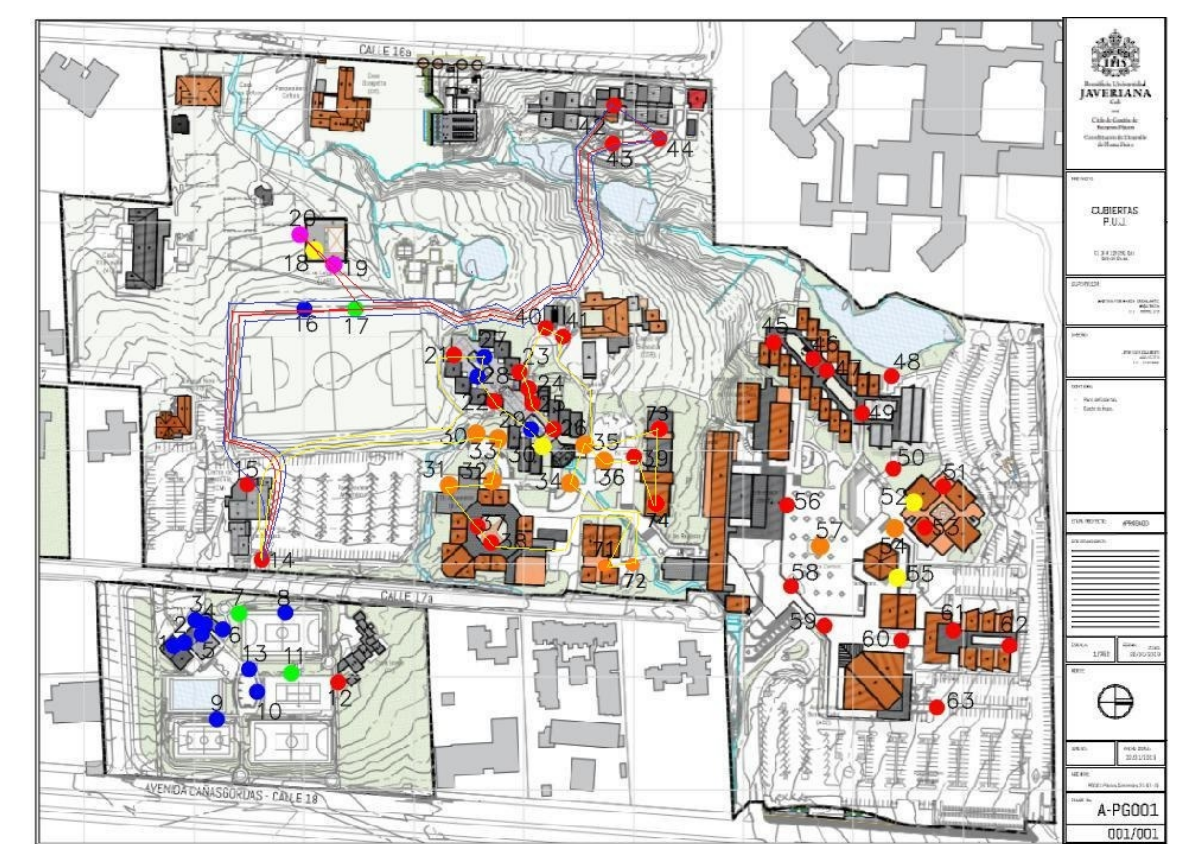
5 CONTROLAR

Estandarización de la solución

| ZONA | PERIODO | COLOR |
|------|----------|----------|
| 1 | 1 y 5 | Rojo |
| 1 | 2 y 4 | Verde |
| 1 | 3 | Amarillo |
| 1 | 6 | Morado |
| 2 | 2, 4 y 6 | Negro |
| 3 | 2 y 4 | Azul |
| 3 | 6 | Amarillo |

Análisis Financiero

| PROPUESTA 2021 | PROPUESTA 2024 |
|----------------|----------------|
| \$ 7.900.200 | \$ 10.935.900 |



6 CONCLUSIONES

- Se logró implementar un proceso de recolección estandarizado que se ajusta a la generación de residuos.
- Se logró la integración de los nuevos edificios y espacios que han sido construidos en los últimos años.
- El cambio de contenedores de 55 a 100 litros se ajusta a la demanda pronostica de los próximos 5 años.
- Los resultados obtenidos respecto a la distancia recorrida y tiempo de ruta, demuestra que el modelo planteado, presenta una mejora respecto al plan de recolección actual.

OBJETIVO GENERAL

Rediseñar el plan de ruteo para la recolección de RS en la Pontificia Universidad Javeriana Cali, sede Pance con el fin de una disminución en la distancia total recorrida evitando retrocesos a través de modelos matemáticos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificación del proceso actual de recolección de RS.

Desarrollo de técnicas de investigación de operaciones que se ajusten a los requerimientos de la Universidad y ofrezcan la mejor solución al problema.

Evaluación de la viabilidad técnica y financiera de la solución a implementar.

Validación de la eficiencia con respecto al sistema actual.

REFERENCIAS

- [2] Registro de número de estudiantes, profesores y personal administrativo (2020). Pontificia Universidad Javeriana Cali, sede Pance. [En Excel]. Registro académico.
- [1] Registro de generación de residuos (2020). Pontificia Universidad Javeriana Cali, sede Pance. [En Excel].
- [3] Norma Técnica Colombiana. GTC 24. [En Línea] Recuperado de: <http://www.bogotaturismo.gov.co/sites/intranet.bogotaturismo.gov.co/files/GTC%2024%20DE%202009.pdf>. Consultado en febrero de 2020.
- [4] Alcaldía Santiago de Cali. Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente. [En línea] recuperado de <https://www.cali.gov.co/dagma/>. Consultado en febrero de 2020.
- [5] Gestión ambiental, Plan de gestión integral de residuos - PGIR, octubre del 2018.
- [6] Resolución 2184, 26 diciembre 2019 [En Línea] Recuperado de: http://legal.legis.com.co/document/index?obra=legcol&document=legcol_1932c04668734c6ba2f17ce86ef5c75. Consultado en febrero de 2020.
- [7] Mapa Universidad (2020). Pontificia Universidad Javeriana Cali, sede Pance. [En PDF]. Suministrado por: Olga Lucía Delgado