

Mejoramiento en la gestión de residuos en un edificio universitario con estrategias de ciudad inteligente

Improvement in waste management in a university building with intelligent city strategies

Jheyson Andrés Moreno Urrutia

Yeison.moreno00@usc.edu.co

Francisco Fernando Angulo

Francisco.angulo00@usc.edu.co

Nathaly Martínez Escobar

Nathaly.martinez00@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería industrial

Resumen

En este proyecto se realizó la propuesta de mejoramiento en la gestión de los residuos en un edificio universitario con estrategias de ciudad inteligente, cuyo objetivo fue hacer un diagnóstico del estado actual de dicho edificio universitario, analizando las normas de gestión de los residuos e indicadores del proceso, esto con el fin de identificar mejoras en la gestión de los residuos y revisar las alternativas de ciudad inteligente disponibles, haciendo énfasis en la necesidad de contar con una estrategia para alcanzar los objetivos, se optó por la estrategia que permite optimizar tiempos, recorridos y a la vez reducción de los costos de operaciones a la hora de realizar dichas actividades en la cotidianidad, tal es el caso de la implementación de sensores remotos en los botes de basura.

En el primer capítulo del proyecto se plantea una introducción donde se explica brevemente los antecedentes que son claves para el desarrollo del tema central. El segundo capítulo hace referencia a la problemática, formulación del problema y sistematización del problema, se enuncia la justificación, siendo este el objetivo por el cual se desarrolló este trabajo, que es plantear una propuesta por el cual mejore la gestión de los residuos un edificio universitario, utilizando determinadas TIC (Tecnologías de información y comunicación) como sensores, interfaces de comunicación y estructuras de conectividad en el mejoramiento del sistema de gestión de residuos que forma parte de la universidad.

Palabras Clave: Gestión de residuos, Estrategia Ciudad inteligente, Dispositivos, Sensores, TIC, indicadores de proceso, universidad Santiago de cali.

Abstract

In this project an improvement was made in the management of waste in a university building with smart city strategies, whose objective was to make a diagnosis of the current state of said university building, analyzing waste management standards and process indicators, this in order to identify improvements in waste management and review available smart city alternatives, emphasizing the need to have a strategy to achieve the objectives, we opted for the strategy that optimizes times, routes and the eleven reduction of operating costs when carrying out these activities in everyday life, such is the case of the implementation of remote sensors in garbage cans. In the first chapter of the project, an introduction is presented, briefly explaining the antecedents that are key to the development of our central theme. The second chapter refers to the problem, formulation of the problem and systematization of the problem, the justification is stated, this being the purpose for which this work was developed, using certain ICT (Information and Communication Technologies), as sensors, communication interfaces and connectivity structures in the improvement of the waste management system that is part of the university.

Keywords: Waste management, Smart city strategy, Devices, Sensors, ICT, Process indicators, Santiago de Cali university.

1. INTRODUCCIÓN.

La ciudad inteligente es aquella ciudad que se caracteriza por el uso intensivo de las TIC; enfocada en promover el desarrollo social y

económico de los países y así conseguir actualizar la administración pública y de las empresas. Según Schaffers et al.(2013) “es una iniciativa que opera como acelerador del cambio, en la que los ciudadanos son empoderados para contribuir a la construcción de un sistema de innovación y desarrollo urbano” (Rodríguez Escobar, 2002).

Por otro lado, “la definición de ciudad inteligente nace en la década de los 90, pero hoy en día acoge más importancia gracias a los rápidos avances tecnológicos” (Oménech, 2014). Ciudad inteligente es aquella “ciudad que utiliza tecnologías inteligentes para integrar sus infraestructuras y servicios, la cual se esfuerza por aprovechar estas tecnologías para mejorar la eficiencia, la eficacia, la transparencia y la sostenibilidad” (Alawadhi et al., 2012).

Este tipo de ciudades avanzan rápidamente al ser los laboratorios de pruebas de soluciones tecnológicas (sensores, plataformas, aplicaciones y programas de software). “Ciudad inteligente” está encaminada al uso de los dispositivos informativos y telemáticos interconectados con el fin de producir, transmitir y analizar información en tiempo real para la mejora y solución de problemas. Siendo una oportuna contribución al propósito del ministerio de TIC de convertir las ciudades colombianas en “ciudades inteligentes”. (Portal MinTIC Ciudades Inteligentes, 2013).

Es por ello que con base en conceptos de ciudad inteligente que encaminaron y orientaron esta investigación, se decide mejorar la gestión de los residuos en un edificio de la universidad objeto de estudio, ya que la forma de recolectar los residuos presenta oportunidades de mejora, por tanto, se propone implementar una estrategia que permita cumplir con el objetivo de optimizar recursos, tiempos y recorridos.

Por su parte, la Universidad objeto de estudio, se encuentra ubicada en el departamento del Valle del Cauca, y es reconocida por su nivel académico entre las 50 mejores universidades a nivel nacional. Debido a su prestigio, las personas la prefieren para la realización de sus estudios de educación superior (Colombia|Ranking Web de Universidades, 2018). Esto ha generado un incremento en su población estudiantil y en la actualidad cuenta con 17.000 estudiantes al año 2018, sin embargo, el aumento del número de estudiantes llevó al incremento en la generación de los residuos orgánicos e inorgánicos; dichos residuos requieren de un manejo, recolección y disposición, por eso se aplicó la estrategia de “Ciudad inteligente” con el fin de mejorar la gestión alrededor de los residuos generados en un bloque de la ciudadela universitaria.

La gestión de residuos en el edificio en estudio presentaba falencias las cuales ocasionaban que el sistema de gestión de residuos no funcionara de manera adecuada, este edificio cuenta con una persona por cada dos pisos en horarios de la mañana y se encargan de la recolección de los residuos y el aseo, en horas de la tarde una sola operaria se encarga de todo el edificio. La tarea de recolección de residuos en todo el edificio tarda entre 1 y 1,5 horas (Actividad que se realiza dos veces por día). Al personal encargado de esta actividad durante la elaboración de la tarea, le demandaba cargar en ocasiones, hasta cuatro bolsas que tienen un peso entre los 14,5 y 15 kg, siendo este un exceso ya que, de acuerdo con la legislación, el límite permitido y debido a que esta labor es desempeñada por mujeres es de 12,5 kg. Esto genera un esfuerzo mayor por parte del personal y demanda mayor tiempo en la realización de la tarea, realizando el recorrido hasta dos veces por piso. Lo cual resulta en agotamiento e incapacidades del personal, además no permite que se tenga un adecuado funcionamiento del sistema. Sumado a esta problemática la falta de una ruta que permita una recolección eficiente, falta de conciencia ambiental por parte de la comunidad estudiantil, entre otros factores.

Por su parte, las ciudades inteligentes son la aplicación de las TIC en las ciudades con el fin de darle solución a problemas que a su vez permitan generar desarrollo, transformación y mejora de las ciudades. Siendo así como este proyecto pretende mejorar la gestión de residuos de uno de los bloques de la ciudadela universitaria por medio del uso de las estrategias de ciudad inteligente (Schuurman, D., Baccarne, B., De Marez, L., & Mechant, 2012), tales como sensorización de contenedores, contenedores inteligentes, recogida inteligente de desechos urbanos, tecnología y recogida inteligente, clean cube.

Convirtiéndose este proyecto en una propuesta de gran aporte al propósito del ministerio de TIC colombiano de promover la gestión de los residuos sólidos en las ciudades colombianas, siendo también un aporte de suma importancia a la construcción de un sistema de manejo ambiental amigable para la universidad encaminándose a ser una universidad ambientalmente sostenible, aportando a la estrategia de ser una apoyados en el uso de las tecnologías, con el fin de facilitar la gestión y la utilización de los recursos que le permitan beneficiar el sistema. Todo esto implementando una estrategia la cual consiste en la construcción de políticas que promuevan la implementación de la tecnología en los procesos de las ciudades con el propósito de convertir las ciudades colombianas en ciudades inteligentes, haciendo que las ciudades sean más competitivas, garantizando el bienestar y el beneficio de los habitantes colombianos (Portal Min TIC Ciudades Inteligentes,2013).

Es así como este proyecto propone mejoras para el sistema de gestión de los residuos del bloque mediante un diagnóstico que permita la implementación, revisión de políticas y la selección de la alternativa de ciudad inteligente que permita cumplir con el propósito de mejorar el sistema.

2. METODOLOGÍA.

Con el presente proyecto se buscó generar una mejora en las operaciones de la gestión y recolección de los residuos en un edificio de una universidad, aplicando conceptos de ciudad inteligente. Debido a la claridad de manera cuantitativa, en los elementos que constituyeron con el objeto de investigación y la identificación clara de cuál fue el problema y en que radicó este para ser tratado y mejorado. Esto orientado en cuatro conceptos principales de ciudad inteligente:

Tabla 1. Conceptos de ciudad inteligente

AUTOR	CONCEPTO
A. Cocchia. (2014).	“Tendencia libre que emerge del uso diario de dispositivos inteligentes y digitales de los ciudadanos y que incita a los gobiernos locales para suministrar servicios electrónicos que mejoren gradualmente la ciudad”
H. Chourabi, T. Nam, S. Walker, J. Gil-García, and S. Mellouli. (2012).	“combinación eficaz de las redes digitales de telecomunicación, la inteligencia integrada de forma ubicua, sensores, etiquetas y software
A. Caragliu, C. Del Bo and P. Nijkamp. (2011)	“Inversión en el capital humano, en el capital social y en las tradicionales y modernas infraestructuras de comunicación. son combustible sostenible de desarrollo económico y una alta calidad de vida, con una inteligencia de gestión de los recursos naturales a través de una gestión participativa”
H. Schaffers, N. Komninos, M. Pallot, B. Trousse, M. Nilsson and A. Oliveira. (2011)	“se basa en la implícitamente en el papel del internet y la web 2.0 como posibles facilitadores de la creación de bienestar urbano a través de la participación social, para afrontar retos sociales, como la eficiencia energética, el medio ambiente y la salud”.

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el concepto de *Smart City* va más allá del uso intensivo e inteligente de las TIC para mejor uso de los recursos y reducción de emisiones. Significa sistemas de transporte urbano más inteligentes, mecanismos de gestión de residuos, agua y saneamiento mejorados, y formas más eficientes de iluminar y mantener la limpieza en las calles y aclimatar edificios. Todo ello, junto con una Administración pública local más interactiva, unos espacios públicos más seguros y accesibles para todos los ciudadanos y unos servicios sociales inteligentes (Ontiveros, Vizcaíno, & López Sabaer, 2016).

La metodología empleada para la investigación aplicada de tipo descriptivo, a partir de técnicas y normas establecidas sobre el manejo de residuos, se hace una evaluación del estado de esta dimensión ambiental en la universidad. el proceso constó en 3 fases:

Fase 1:

En la primera fase, se realizó el análisis del estado actual de la gestión de los residuos en un edificio universitario. Mediante observación de las operaciones relacionadas con la recolección de los residuos, como horarios de elaboración de la tarea que consta de dos turnos diarios, cantidad de empleados encargados de la recolección de residuos, a diario se encargan de una a dos personas en los diferentes turnos, relevancia de cada una de las tareas a realizar por del personal. Este diagnóstico por otra parte se apoyó en la identificación del nivel de conciencia enfocado al manejo de los residuos por parte de estudiantes y personas que transitan en el bloque 1 de la universidad Santiago de Cali, de encuestas realizadas a una población objeto de estudio de 300 estudiantes, planos de cada uno de los pisos que compone el bloque donde se ilustra el tránsito y la ubicación de puntos ecológicos, una toma de tiempos que se realizó por medio de visitas de campo, que permitieron identificar el tiempo de duración de la tarea, y la descripción de las falencias que se presentaban en la recolección de los residuos.

Fase 2:

En la segunda fase, se elaboró un análisis de las normas de gestión de residuos e indicadores del proceso con el fin de identificar mejoras en la gestión de los residuos. A través de una revisión de las normas vigentes sobre la gestión de residuos en la ciudad, clasificación de las normas y selección de las normas que estuvieran acorde con esta investigación, en pro de la selección de una alternativa que permitió el mejoramiento del sistema de gestión de residuos del bloque 1 de una universidad del suroccidente colombiano.

Fase 3:

En la tercera y última fase de esta investigación se realizó una revisión bibliográfica en proyectos a fines con este proyecto de investigación, con el propósito de enlistar posibles alternativas de ciudad inteligente que fueran de gran utilidad para mejorar el sistema de gestión de residuos sólidos, establecer criterios que le den valores a cada una de las alternativas y seleccionar por medio de la ayuda de la herramienta multicriterio AHP la mejor alternativa de ciudad inteligente que contribuya a la elaboración de la propuesta de mejora.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Estado actual de la gestión de los residuos en un edificio universitario

3.1.1 Seguimiento del personal

Para el diagnóstico del estado actual y prestación del servicio se realizó un seguimiento al personal encargado de la realización de la actividad, con el fin de evidenciar los recursos con los cuales cuentan los operarios del servicio, como se prestaba el servicio y en qué condiciones se laboraban.

Figura 1 Botes de basura



Fuente: Elaboración propia

Figura 2 Personal de limpieza



Fuente: Elaboración propia

En la actualidad el bloque de estudio cuenta con 3 puntos ecológicos por cada uno de los pisos del bloque, en algunos pisos como lo es el piso 5 cuenta con dos puntos y cada uno de los puntos ecológicos cuenta con 3 botes como se muestra en la anterior figura (ver figura 1).

En la realización de la actividad de recolección de residuos, el personal encargado tarda entre 1 y 1,5 horas en la recolección de los residuos y es realizada dos veces por día demandando movimiento de cargas de más de 15 kg. Debido a que esta actividad es realizada por mujeres el peso a manipular límite es de 12,5 kg y la personal carga en ocasiones hasta cuatro bolsas con pesos superiores al permitido, las cuales son llevadas a un punto de encuentro para luego ser dispuestas y llevadas a la unidad U.T.R, Unidad Técnica de Residuos, la cual cuenta con cuatro contenedores en los que se depositan aproximadamente 2 toneladas por día. (Como se pudo apreciar en la figura 2).

En los puntos ecológicos no se realizan las separaciones de la fuente, por falta de comportamiento ambiental por parte de la comunidad estudiantil (ver figura 3).

Figura 3 Residuos depositados indebidamente



Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Encuesta estudiantes.

Para obtener la percepción de los usuarios con respecto al servicio se tomó una muestra de 300 usuarios para una población total de 14.564 usuarios, a los cuales se les realizó una serie de preguntas en las cuales dan su opinión sobre la gestión actual de residuos, obteniendo su punto de vista sobre estado actual y la calidad con la que presta el servicio.

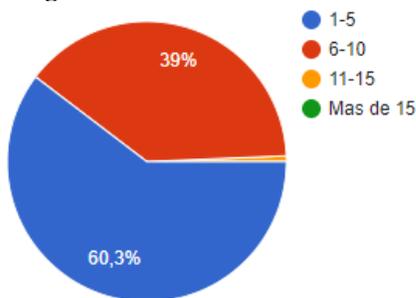
Tabla 2. Ficha técnica de la encuesta

VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	Conveniencia puntos ecológicos, calidad del servicio, esfuerzo en la tarea, frecuencia de visita bloque
AMBITO GEOGRAFICO	Municipio de Santiago de Cali
UNIVERSO: estudiantes de la universidad Santiago de Cali.	14.564
ERROR MUESTRAL	6%
NIVEL DE CONFIANZA	94%
MUESTRA	<p>300 estudiantes Lo anterior generado a partir de:</p> $n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$ <p>Donde: n = es el tamaño de la muestra poblacional a obtener. N = es el tamaño de la población total= 15.600. Z = es el valor obtenido mediante niveles de confianza. Para este estudio se utilizará un nivel de confianza del 95% (1.96) como el valor mínimo aceptado para considerar este estudio como confiable. PxQ: Representa la desviación estándar de la población. En caso de desconocer este dato es común utilizar un valor constate que equivale a p=0.5 y q=0.5 d= e = representa el límite aceptable de error muestral = 5% (0.05).</p>

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los resultados de la encuesta realizada en el edificio de la universidad objeto de estudio:

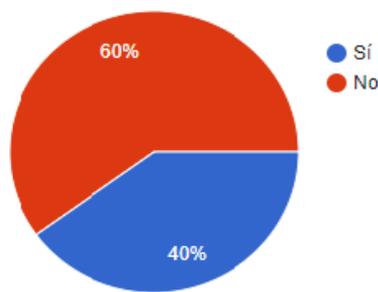
Figura 4 Frecuencia de visitas al bloque



Fuente: Elaboración propia

El 60,3 % de los usuarios tienden a visitar el bloque en estudio entre 1-5 veces por el día, el 39% entre 6-10 veces, y un 0.7% realiza entre 11-15 visitas al día. Siendo este un grado alto de circulación en el bloque lo cual se refleja en una alta generación de residuos.

Figura 5 Conveniencia de puntos ecológicos

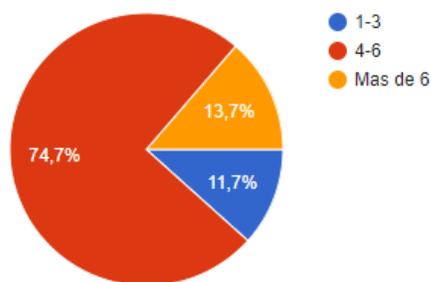


Fuente: Elaboración propia

El 60% de los usuarios consideran que los botes de basura asignados para este proceso no son suficientes, el otro 40% los consideran suficientes. Entre las personas encuestadas el 60% está en desacuerdo con respecto a las asignaciones de las canecas, y el 40% está de acuerdo con la ubicación de la misma.

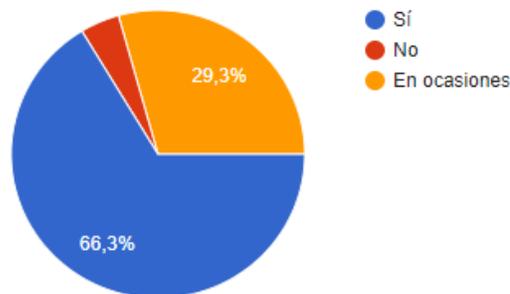
Figura 6 Cantidad de puntos ecológicos

Figura 7 Uso de los puntos ecológicos



Fuente: Elaboración propia

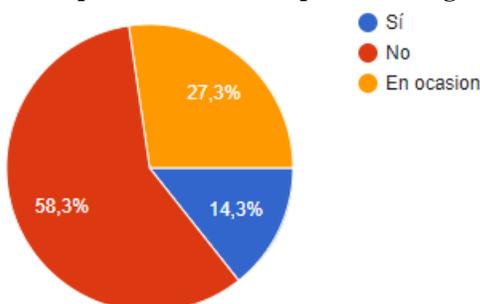
Un 74.7% de los usuarios encuestados consideran que la cantidad de botes asignados debería de oscilar entre los 4-6 puntos ecológicos por piso, el 13.7% creen que debería haber más de 6 botes y el 11.7% cree que deberían ser menores de cuatro puntos ecológicos por piso. En la actualidad el bloque en estudio cuenta con cuatro puntos ecológicos por piso.



Fuente: Elaboración propia

El 66.3% de los usuarios utilizan los puntos asignados para la recolección de los residuos, un 29.3% hacen uso de estos puntos en ocasiones, y 4.3% no utiliza los puntos ecológicos, manifiestan algunos usuarios que en ocasiones los residuos, envolturas, papeles, etc. Son depositados en sus maletines y posteriormente los desechan en su casa.

Figura 8 Depósitos fuera de los puntos ecológicos

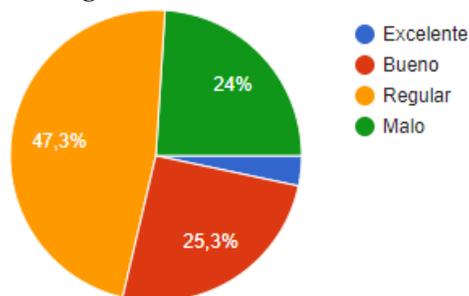


Fuente: Elaboración propia

En cuanto al depósito de residuos fuera de los puntos ecológicos, un 58.3% no arrojan basura fuera de los depósitos de basuras, 27.3% en ocasiones y el 14.3% sí deposita residuos fuera de los puntos ecológicos. Los usuarios manifestaron que ocasiones guardan los residuos en sus maletines y los desechan en sus casas, otros manifiestan que los puntos ecológicos se encuentran en ocasiones lejos y arrojan los residuos al suelo.

Finalmente, al 95.3% de los usuarios dicen que el servicio puede ser mejorado y obtener mejores beneficios, el 4.7% dicen que el sistema no requiere de mejoras.

Figura 9 Calidad del servicio



Fuente: Elaboración propia

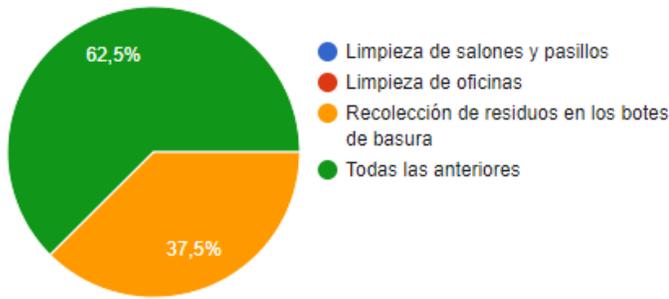
El 47.3% de los usuarios califican el servicio como regular, 24% como malo, 25.3% como bueno y un 3.3% califican el servicio como excelente lo que claramente evidencia que el servicio presenta falencias que afectan la percepción del usuario.

3.1.3 Encuesta trabajadores

Para obtener una visión del estado actual del bloque donde se realizó una encuesta dirigida a 5 trabajadores los cuales hacen referencia a la población total de los encargados de esta labor dentro del mismo, con el propósito obtener opiniones frente al servicio que prestan.

Figura 11 Actividades del proceso

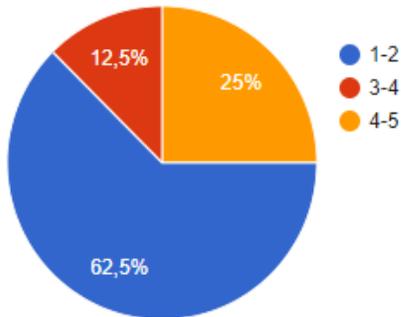
Figura 12 Realización de las actividades



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la información suministrada por la encuesta realizada a los trabajadores se observa que el 62.5 % de los trabajadores realizan todas las anteriores actividades en mención, y el 37.5% solo realiza la recolección de residuos en los botes de basura.

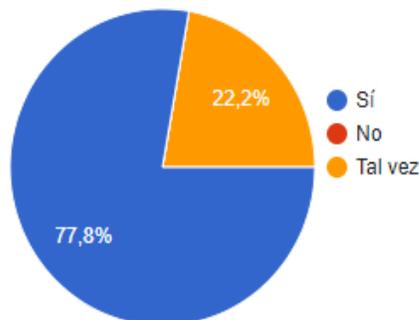
Figura 13 Distribución del personal por pisos



Fuente: Elaboración propia

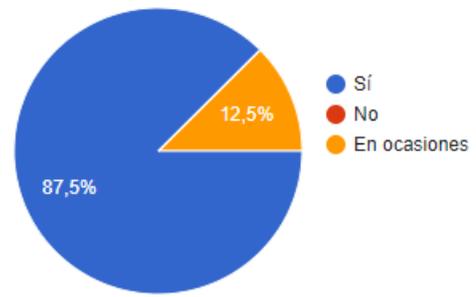
El 62.5% de los trabajadores indicaron que la distribución del personal por piso se encuentra entre 1-2, el 25% optó por 3-4 y el 12.5% indicaron entre 4-5.

Figura 15 Esfuerzo en realización de la tarea



Fuente: Elaboración propia

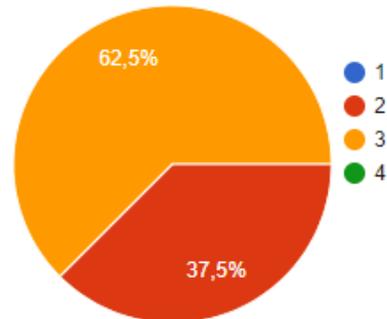
Se observa que el 77.8% de los trabajadores respondieron que sí



Fuente: Elaboración propia

En la figura 12 se observa que el 87.5% de los trabajadores indicaron que cada piso es atendido por diferente personal, y el 12.5% indicó que del primer piso al tercero es atendido por la misma persona, y el cuarto y quinto es atendido por diferente personal.

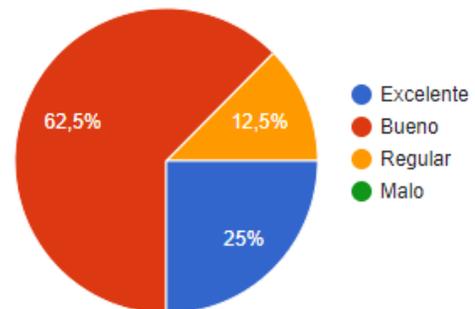
Figura 14 Turnos de operación



Fuente: Elaboración propia

En la figura 14 se observa que el 62.5% de los trabajadores encuestados indicaron que se manejan 3 turnos de operación, y el 37.5% indicó que solo manejan 2 turnos. En el bloque uno de la universidad Santiago de Cali cuentan con dos turnos, pero algunos operarios cuentan un tercer turno porque después de las 6 de la tarde queda una sola persona encargada por todo el edificio.

Figura 16 Percepción del servicio prestado



Fuente: Elaboración propia

El 62.5% de los trabajadores calificaron el servicio que prestan

era suficiente el tiempo para la realización de las actividades y el 22.2% respondió que tal vez era suficiente dependiendo del estado en que se encontrara el sitio.

De acuerdo a las encuestas y el trabajo de campo realizado, para el desarrollo de esta actividad se cuentan con tres turnos en el cual se distribuyen de 1 a 2 personas por piso para realizar esta actividad. Este personal además de recolectar los residuos a su vez la mayor parte de ellos también son encargados de realizar labores como limpieza de pasillos, baños, salones y oficinas. (Funcionarios de Servicios Generales, 2019).

Mediante estas encuestas se logra evidenciar que el proceso presenta falencias como los son: la falta de cultura y conciencia por parte de los estudiantes, falta de puntos ecológicos y distribución de los mismos, cargas excesivas de las bolsas en las cuales se depositan los residuos por parte del personal que pueden terminar en incapacidades a corto o a largo plazo.

3.1.4 Estudiantes por programa

En el bloque 1 de la universidad Santiago de Cali se encuentran ubicados las facultades de los programas de salud, ingeniería, comunicación social y algunos programas de postgrado. Programas los cuales sus estudiantes ven clases en este bloque:

Tabla 3. Estimado de estudiantes por facultades

Facultad	No. De estudiantes
Facultad de salud	1406
Facultad de ingeniería	1850
Facultad de comunicación social	850
Facultad de postgrados	580

Fuente: elaboración propia

3.1.5 Cantidad de salones

Para diagnóstico del estado en el que se encontraba la recolección de los residuos se realizó un trabajo de campo con el cual se elaboró la siguiente tabla (ver tabla 4) la cual muestra la cantidad de salones que tiene el bloque en su totalidad y a su vez muestra la cantidad de salones por cada uno de sus pisos.

Tabla 4. Salones del bloque

SALONES	CANTIDAD
Piso 1	17
Piso 2	14
Piso 3	16
Piso 4	17
Piso 5	21
TOTA	85

Fuente: Elaboración propia

3.2. Análisis de las normas de gestión de residuos e indicadores del proceso

3.2.1 Normas de gestión de residuos

La revisión bibliográfica fue de gran ayuda para obtener una lista de normas pertinentes para el éxito de este proyecto que permitirán mejoras en el mismo. Las cuales se muestran en la (tabla 1).

Tabla 5. Normas de gestión de residuos

Políticas y normas	Conceptos
Artículo 78,80,95	Es obligación del estado proteger la diversidad del ambiente, de prevenir y controlar los factores de deterioro del medio ambiente y el derecho de todos los seres humanos de gozar de un ambiente sano. Los ciudadanos deben de velar por la preservación de los recurso naturales y la conservación de un ambiente sano
Política nacional para la gestión integral de los residuos,1997	Esta política fue elaborada por el ministerio de medio ambiente cuyo objetivo es principio la reducción en el origen, aprovechamiento y valorización, el tratamiento y transformación y la disposición final controlada. Este qwq contiene un diagnóstico de la situación, análisis de ciclo de los productos, objetivos, principios, metas, y plan de acción.
Ley 20001	Esta ley limita el peso a cargar por parte de un trabajador dependiendo de ciertas condiciones las cuales no afecten con su salud.
Ley 1743	Esta política habla de la implementación de educación ambiental en todos los niveles de educación.
Resolución 1045 del 26 de septiembre de 2003	Resolución elaborada por el ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial en el cual se adopta la metodología para la elaboración y ejecución de planes de gestión integral de residuos.
Decreto 2811 del 1974	Estipula que el manejo de residuos, basuras, desechos y desperdicios, se utilizaran los mejores métodos de acuerdo a los avances de la ciencia y la tecnología.
Decreto 1505 del 04 de junio de 2003	Decreto elaborado por el presidente de la republica que modifica el decreto 1713 de 2002, en relación con. y los planes de gestión y hace alusión al aprovechamiento de los residuos domiciliarios en reutilización, reciclaje o incineración con fines de generación de energía, compostaje, que conlleven un beneficio sanitario, ambiental, social y/o económico.
GTC 86 de 2003 (ICONTEC)	Esta guía dicta las pausas para la implementación adecuada de la Gestión Integral de Residuos sólidos).
GTC 24 de 2003 (ICONTEC)	Esta guía normativa dicta pautas para la separación de materiales que constituyen residuos no peligrosos en las diferentes fuentes de generación y a su vez da orientación que facilita la recolección selectiva en la fuente.
GTC 35 de 2003 (ICONTEC)	Guía normativa que dicta pautas para la realización de una separación selectiva que permita mantener la calidad de los materiales aprovechables

Fuente: Elaboración propia

Estas normas están enfocadas en la capacitación y generación de conciencia por parte de trabajadores, estudiantes y personal administrativo que hacen parte o transitan por bloque 1 de la universidad Santiago de Cali en pro de un buen manejo, recolección y disposición de los residuos generados en el mismo.

3.2.2. Indicadores del proceso

Para esta sección se proponen la implementación de indicadores, siendo los indicadores una herramienta de medidas que sintetizan

situaciones importantes de las cuales interesa conocer su evolución en el tiempo. También permiten tener una medida de las características o estado de un individuo, objeto o proceso, descripción operativa de un objeto o la relación que existen entre dos variables que sirve para medir un hecho (González-Sánchez & Rúa-Alonso, 2007).

Indicadores de gestión permiten evaluar -tipo y número- de servicios y productos que ofrece la institución para cumplir con la función de proyección/ extensión/ interacción.

Indicadores de calidad identifican las cualidades distintivas de los medios, los procesos, los servicios y los productos que hacen realidad la proyección social/ extensión/ interacción.

Indicadores de impacto miden...”la contribución de la institución a la solución de problemas de la sociedad.... las transformaciones en personas, familias, grupos, instituciones y entornos derivadas de la acción de la institución.... Cambios en el saber, el ser y el hacer.”

Los indicadores parten de la claridad que se tenga sobre el “objeto o fenómeno” a evaluar, su identidad, sus características, su finalidad. Una función sustantiva a la que se le conoce con diversos nombres: “Proyección Social”, “Extensión Universitaria”, “Extensión Interactiva”, “Labor de Extensión”, “Relación Universidad Sociedad”. La Ley 30 de Educación Superior no se compromete a llamarla de una sola manera; a ella se refiere así: “Extensión o Proyección Social”. La define en el artículo 120 como “una función que comprende los programas destinados a la difusión de los conocimientos, al intercambio de experiencias, así como a las actividades de servicio tendientes a procurar bienestar general de la comunidad y la satisfacción de las necesidades de la sociedad” (González-Sánchez & Rúa-Alonso, 2007).

En definitiva el objetivo del estudio es analizar la gestión de las fundaciones mediante el uso de Indicadores centrados principalmente en la eficiencia y mostrar si dicha eficiencia depende de factores tales como, el tamaño de la entidad, su carácter público o privado, la composición de su patrimonio como fuente generadora de ingresos, la función del fundador con su aportación, la obligatoriedad o no de auditar sus estados contables, su prestigio o trayectoria, la realización de actividades mercantiles, la financiación a través de subvenciones, etc. (Aponte, 2007).

De acuerdo a consulta realizada no fue posible obtener información sobre valores históricos de generación y recuperación de residuos orgánicos del edificio, por tanto, se proponen los siguientes indicadores

- Kilogramos de residuos / Usuario –semana
- Kilogramos de residuos / Número de canecas del bloque- día
- Kilogramos de residuos / Número de salones totales - día
- Kilogramos de residuos / Número de estudiantes promedio

3.3. Alternativas propuestas para la mejora del proceso de gestión de residuos

Como parte de la revisión se identificaron 4 posibles alternativas a implementar las cuales se describen a continuación:

Sensorización de contenedores: la sensorización de estos contenedores es una tecnología emergente la cual puede proporcionar una recogida más eficiente de algunas rutas de tipo de residuos inertes; es decir, vidrio, papel o cartón, y quizás envases. Sin embargo, con respecto a la fracción resto u orgánica, en climas mediterráneos como en España la recogida ha de ser diaria. Asimismo, los sistemas tradicionales, gestionados mediante plantillas de conductores, peones y camiones, no pueden estar variando diariamente su jornada y ámbito de trabajo en función del nivel de llenado de dichos contenedores.

Estos contenedores sensorizados arrojan un tipo de señal que permite saber cuándo los contenedores se encuentran en un 80 % de su capacidad y se hace necesario vaciarse esto nos permite disminuir problemas de olores y de desbordes de residuos (Bernad, 2018).

Tecnología y recogida inteligente: La empresa de tecnología Indra ha desarrollado junto a Ecoembes la Smart Waste, una plataforma en la que ambas entidades trabajan en la actualidad y que permite optimizar la recogida "inteligente" de residuos por medio de la gestión de datos.

Con el nuevo sistema es posible conocer los kilos depositados en un contenedor y por medio de la combinación de datos, con los del Catastro o del censo con datos de las personas que viven en una determinada área, se puede analizar si se necesitan más o menos contenedores, acercar o alejar los mismos y aumentar o reducir la frecuencia.

Esta tecnología es una plataforma la cual mediante redes de comunicación móvil se envían señales hasta una aplicación software basada en la web la cual permite trazar rutas óptimas para la recolección de los residuos (Efeverde, 2018).

Clean cube: esta tecnología hace referencia a un contenedor de basura el cual se comunica con una plataforma inalámbrica con el fin de obtener información en tiempo real y monitoreo de datos que permiten optimizar la operación de la recolección de residuos y a su vez cuenta con un sistema de compactación que se activa dependiendo del nivel de llenado del contenedor.

Estos contenedores pueden ser personalizados de manera que se acomoden a los requerimientos del usuario en cuanto a tamaños (100L, 120L, y 240L), cuentan con punto de acceso Wi-Fi, con un suministro eléctrico, también cuentan con pantallas leds las cuales son utilizadas con fines de marketing y además pueden usar se para promover nuevas iniciativas y fomentar el reciclaje. (Ecubelabs, sf).

Buzones de recogida neumática: los buzones de recogida neumática funcionan como una red de buzones conectados mediante tuberías, que mediante el uso del aire se puedan transportar los residuos a un punto de acopio, permitiéndole al usuario hacer uso de estos las 24 horas del día y los 365 días del año. Estos buzones se pueden vaciar varias veces al día lo que garantiza capacidad de recepción por parte del mismo. (Bernad Carlos, 2018).

Como resultado de esta revisión se descartó la tecnología de buzones neumático, ya que no se le puede realizar modificaciones a la infraestructura del edificio, por tal motivo se seleccionaron tres tecnologías las cual se asocian a este trabajo.

- Sensorización de contenedores
- Tecnología y recogida inteligente
- Clean cube

3.4. Selección de Alternativa de ciudad inteligente mediante técnica multicriterio

La herramienta multicriterio AHP es un método matemático creado para evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios y está basado en el principio que la experiencia y el conocimiento de los actores son tan importantes como los datos utilizados en el proceso. (Osorio y Orejuela, 2008). Siendo esta la herramienta más acorde para escoger la mejor alternativa, esto apoyado de la escala de comparación de Saaty (ver tabla).

Tabla 6. Escala de comparación de Saaty

Escala	Definición	Explicación
1	Igualmente, preferida	Los dos criterios contribuyen igual al objetivo
3	Moderadamente preferida	La experiencia y el juicio favorecen un poco a un criterio frente al otro
5	Fuertemente preferida	La experiencia y el juicio favorecen un fuertemente a un criterio frente al otro
7	Muy fuertemente preferida	Un criterio es favorecido muy fuertemente sobre el otro.
9	Extremadamente preferida	La evidencia favorece en la más alta medida a un factor frente al otro.

Fuente: (Saaty, 1977)

Ciudad inteligente cuenta con tres alternativas que son de cierta afinidad para este proyecto las cuales son:

- **Sensorización de contenedores**
- **Tecnología y recogida inteligente**
- **Clean Cube**

Teniendo en cuenta lo anterior se seleccionaron los atributos aquí mencionados como criterios que permitieron evaluar cada una de las alternativas.

- **Eficiencia:** en este criterio se evalúa la optimización de los recorridos por parte de cada una de las alternativas, este criterio se escogió debido a que las ciudades inteligentes están enfocadas a la utilización del tic con el fin de establecer mejoras que con lleven a que las ciudades sean eficientes.
- **Costo:** el criterio costo evalúa la inversión propuesta para la implementación de cada una de las alternativas, siendo el costo es una herramienta importante en la toma de decisiones.

- Seguridad: este criterio se evalúa la seguridad y bienestar del trabajador y los usuarios implementando la alternativa. De acuerdo a las encuestas realizadas resulta siendo importante la seguridad tanto de los operarios tanto como del usuario para el fin de este proyecto.
- Duración: Tiempo estimado de vida útil década una de las tecnologías

Tabla 7. Valores de Atributos

Alternativas	Criterios			
	Eficiencia (%)	Costos (Tecnología)	Seguridad (%)	Duración(años)
Tecnología y recogida inteligente	85%	9.305.002	75%	3 años
clean cube	98%	25.000.000	99%	5 años
sensorizacion de contenedores	97%	9.600.000	99%	7 años

Fuente: Elaboración propia

Inicialmente cada una de las alternativas seleccionadas es comparada frente a las demás alternativas, de acuerdo a cada uno de los criterios de evaluación, a los cuales se les asignan valores con el fin de establecer su importancia de estas alternativas frente al criterio, con respecto al objetivo del proyecto. Como resultado de esto se obtiene una matriz normalizada la cual se promedia y permite saber el nivel de importancia de las alternativas frente a las otras.

Tabla 8. Matriz de comparación de criterios

CRITERIOS	C1	C2	C3	C4	MATRIZ NORMALIZADA				VP
C1	1,00	0,33	2,00	3,00	0,21	0,19	0,27	0,27	0,233
C2	3,00	1,00	4,00	5,00	0,62	0,56	0,53	0,45	0,542
C3	0,50	0,25	1,00	2,00	0,10	0,14	0,13	0,18	0,140
C4	0,33	0,20	0,50	1,00	0,07	0,11	0,07	0,09	0,085
TOTAL	4,83	1,78	7,50	11,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,000

C1: eficiencia, C2: costo, C3: seguridad, C4: duración

Con los resultados anteriores se compararán las alternativas frente los criterios con el fin de determinar cuál es la mejor alternativa de acuerdo a los objetivos propuestos en este proyecto.

Tabla 9. Resultados de evaluación

	C1	C2	C3	C4	SELECCIÓN		
Alt 1	0,083	0,083	0,069	0,083	VP ANTERIOR	C1	0,23
Alt 2	0,193	0,193	0,155	0,193	C2	0,542	0,188
Alt 3	0,724	0,724	0,777	0,724	C3	0,14	0,731
	1	1	1	1	C4	0,085	Alt 3

Alt1: recogida inteligente Alt2: clean cube Alt3: sensorización de contenedores

Según los resultados obtenidos que se muestran en la anterior tabla (tabla 4), se puede observar que la opción más adecuada y que se asemeja al cumplimiento con los objetivos del proyecto es la alternativa 3 “sensores”. Los sensores se implementarán dentro de los botes ubicados en los puntos ecológicos, los cuales medirán el nivel de residuos en su interior evitando que colapsen por su acumulación en exceso. También dichos sensores permitirán enviar alertas al personal encargado esta actividad sobre el nivel de los botes de basura, permitiendo al personal tener conocimiento de cuando los botes de basura se encuentran en un nivel adecuado que no represente cargas excesivas para ellos y transportar cargas dentro de los niveles permitidos.

Implementando esta alternativa se necesitará que, de acuerdo a resultados de las encuestas, se distribuyan 5 puntos ecológicos por piso teniendo en cuenta que 74,7% de la muestra encuestada recomendó que debería de asignar entre 4-6 puntos ecológicos, siendo

necesario 75 sensores.

4. CONCLUSIONES

Con los resultados expuestos en la presente investigación se observa que el modelo permite la optimización de tiempos, recorridos y a la vez reducción de los costos de operaciones a la hora de realizar las actividades. De acuerdo a las encuestas realizadas se tiene un elemento muy importante que es la variable cultura, la cual no fue parte del objetivo, pero es influyente en este proyecto, ya que el 27.3 % de los estudiantes encuestados hacen uso de los puntos ecológicos y el 14.3 % no disponen de los mismos, debido a que en ocasiones los puntos ecológicos se encuentran lejos y prefieren arrojar los residuos al suelo.

Encuestas realizadas al personal que desarrolla la labor de limpieza y recolección de residuos, se evidenció que el servicio presentó falencias, sin embargo, se tiene una percepción de que el servicio prestado es bueno, aunque las encuestas realizadas a los estudiantes, que en este caso son los usuarios, tienen una percepción regular del servicio, incluso el 24% de los estudiantes encuestados califican el servicio como malo y 95.3% de los usuarios dicen que el sistema puede ser mejorado.

Mediante la herramienta multicriterio AHP se permitió la selección de la alternativa de mayor afinidad al proyecto, estableciendo criterios que permitieron darle un valor cuantitativo a estas alternativas. Logrando darle cumplimiento a los objetivos del proyecto.

Se espera que este proyecto de acuerdo a los resultados obtenidos a futuro contribuya con investigaciones futuras sobre ciudad inteligente, que a su vez se puedan implementar tanto en el bloque 1 y pueda extenderse a los demás bloques de la universidad, instituciones como es el enfoque principal en el proyecto, domicilios y los sistemas de recolección de residuos tradicionales al nivel municipal en pro de establecer mejorar y guiar las ciudades a su transformación en ciudades inteligentes.

En cuanto a la alternativa escogida sonorización de contenedores, tiene como propósito la implementación de sensores que permitan enviar alertas al personal encargado de la recolección sobre niveles de residuos, temperatura de residuos, a su vez también nos permite tener un control sobre cuando el contenedor se encuentra en un nivel el cual la carga se encuentre dentro de los lineamientos permitidos por la ley. También reduce recorridos ya que el personal contara con información de que botes se encuentran en su capacidad siendo posible para ellos trazar una ruta con la cual los recorridos sean más cortos.

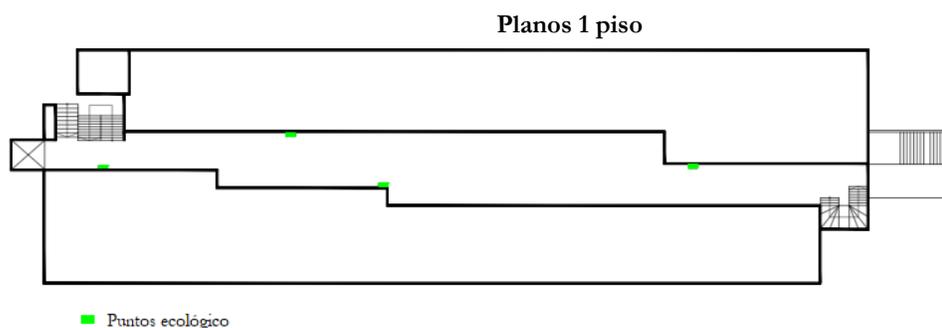
5. REFERENCIAS.

1. A. Caragliu, C. Del Bo and P. Nijkamp. (2011) "Smart cities in Europe", Journal of Urban Technology, vol. 18, 65-82.
2. A. Cocchia. (2014). "Smart and Digital City: A Systematic Literature Review", In How to Create Public and Economic Value with High Technology in Urban Space, S. International, Springer: Ed. Switzerland, 13-44
3. Alawadhi, S., Aldama-Nalda, A., Chourabi, H., Gil-Garcia, J. R., Leung, S., Mellouli, S., Walker, S. (2012). Building understanding of smart city initiatives. Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 7443 LNCS, 40–53. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33489-4_4.
4. Aponte, C. (2007). *Propuesta de indicadores de evaluación de la función de proyección social*. 1–50.
5. Bernad Carlos (2018). La Recogida y Gestión Inteligente de Residuos Urbanos en las Ciudades. Residuos Profesionales. Recuperado de <https://www.residuosprofesional.com/recogida-gestion-inteligente-residuos/>
6. Colombia Ranking Web de Universidades. (2018). Webometrics.info. disponible en: http://www.webometrics.info/es/Latin_America_es/Colombia.
7. Constitución Política de Colombia (1991) p. 108. Bogotá.
8. Durán, H. (1993). Políticas para la Gestión Ambientalmente Adecuada de Residuos Sólidos Urbanos e Industriales.pdf.
9. Decreto 1505 (2003). "Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión Integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones". En: Diario Oficial, p. 3. Bogotá.
10. Ecubelabs (2019) Soluciones inteligentes de gestión de residuos. Recuperado de <https://www.ecubelabs.com/es>.
11. Efeverde (2018) Una Plataforma Facilitara la Gestion y Tratamiento "Inteligente" de los Residuos. Efeverde. Recuperado de <https://www.efeverde.com/noticias/plataforma-gestion-tratamiento-inteligente-residuos>.
12. González-Sánchez, M., & Rúa-Alonso, E. (2007). Análisis de la eficiencia en la gestión de las fundaciones: una propuesta metodológica. *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, (57), 117–149. Retrieved from http://www.ciriec-revistaeconomia.es/banco/5705_Gonzalez_y_Rua.pdf

13. H. Chourabi, T. Nam, S. Walker, J. Gil-Garcia, and S. Mellouli. (2012). “Understanding Smart Cities: An Integrative Framework”, in 45th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, pp. 2289-2297.
14. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) (2009). “Guía Técnica Colombiana 24: Guía para la separación en la fuente”. Tercera actualización. Bogotá.
15. Oménech, E. A. (2014). “Ciudad Inteligente (Smart City), Gandía. Propuestas para un plan de actuación en el sector turístico.” RiuNet, 48.
16. Ontiveros, E., Vizcaíno, D., & López Sabaer, V. (2016). *Las ciudades del futuro : inteligentes , digitales y sostenibles futuro : inteligentes , digitales y sostenibles*.
17. Osorio Gómez, J. C., & OREJUELA CABRERA, J. P. (2008). El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. *Scientia et technica*, 14(39).
18. Portal MinTIC Ciudades Inteligentes (2013). *Estrategiacolombia.co*. disponible en: http://estrategiacolombia.co/ciudadesinteligentes/interior.php?elemento_nivelid=1#ambiente---sostenibilidad.
19. Portal MinTIC Ciudades Inteligentes. (2013). *Estrategiacolombia.co*. Disponible en: <http://estrategiacolombia.co/ciudadesinteligentes/#competitividad---convivencia>.
20. Rodríguez Escobar, L. angela. (2002). Hacia la gestión ambiental de residuos sólidos en las metrópolis de América Latina. *Revista Innovar Journal Revista de Ciencias Administrativas Y Sociales*, 20. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
21. Schaffers, H., Komninos, N., Pallot, M., Aguas, M., Almirall, E., Bakici, T., ... Cities, S. (2013). Smart Cities as Innovation Ecosystems sustained by the Future Internet To cite this version: 678589A63A6 CC 358 C6 AFA592 AFA592A66
22. H. Schaffers, N. Komninos, M. Pallot, B. Trousse, M. Nilsson and A. Oliveira. (2011). Smart cities and the future internet: Towards cooperation frameworks for open innovation.
23. Schuurman, D., Baccarne, B., De Marez, L., & Mechant, P. (2012). Smart ideas for smart cities: Investigating crowdsourcing for generating and selecting ideas for ICT innovation in a city context. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 7(3), 49–62. <https://doi.org/10.4067/S0718-18762012000300006>.
24. Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)

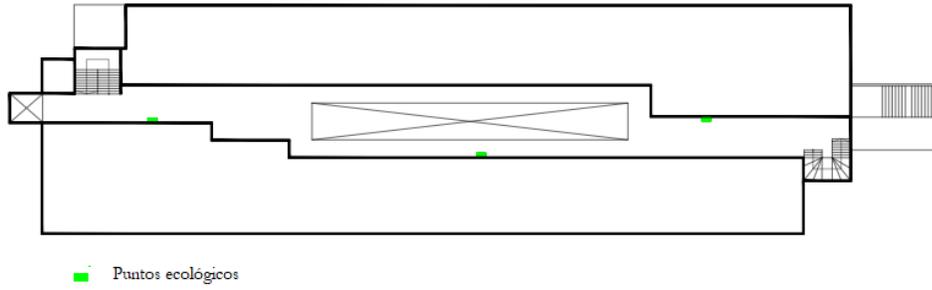
6. ANEXOS

En los siguientes planos podemos observar la ubicación de los diferentes botes de basura dentro de cada uno de los pisos del bloque.



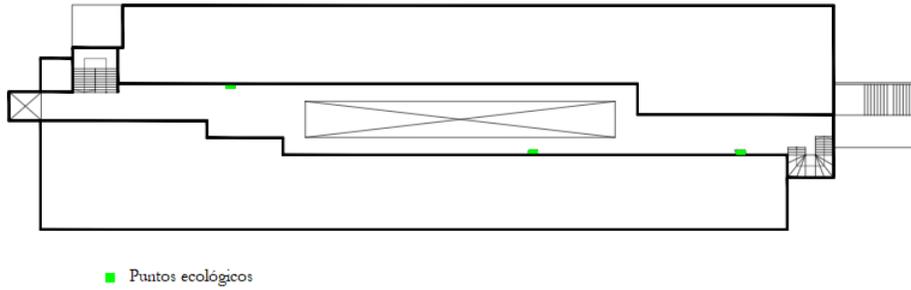
Fuente: Elaboración propia

Planos 2 piso



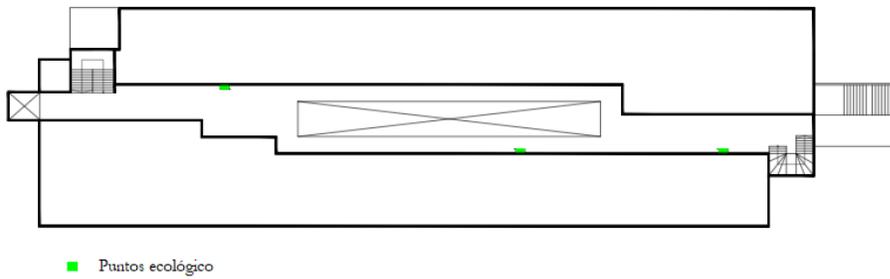
Fuente: Elaboración propia

Planos 3 piso



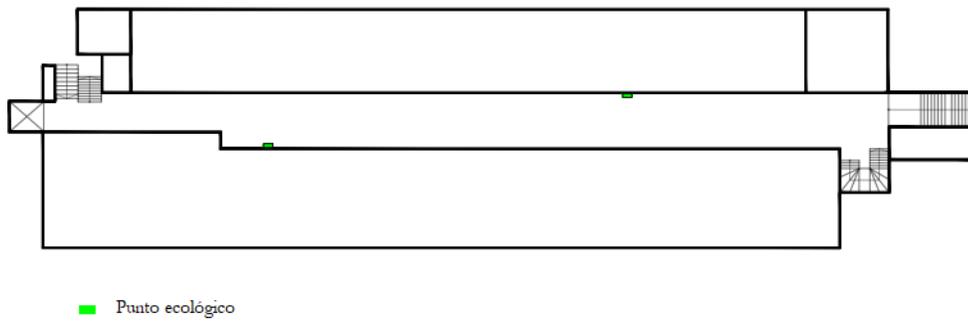
Fuente: Elaboración propia

Planos 4 piso



Fuente: Elaboración propia

Planos 5 piso



Fuente: Elaboración propia