



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE GRADO

Yo Nick Sebastián Buitrago Avellaneda identificado(a) Estudiante de la Facultad de Gobierno y Relaciones Internacionales de la Universidad Santo Tomás, como autor/a del trabajo de grado presentado y titulado:

Gestión Integral de los residuos sólidos, un análisis de política pública y propuesta tecnológica desde la Industria 4.0 Big data.

Dirigida por: Gabriel Lozano Torres

En referencia al documento, su autor, abajo firmante declaro que:

- El trabajo de grado es inédito, original y de mi exclusiva autoría.
- El contenido del texto y el título no vulneran ningún tipo de derecho de autor, literario, de propiedad o marca de otras personas.
- Asumo la total responsabilidad del contenido expuesto en el trabajo de grado.
- El documento cumple con los requerimientos éticos, bioéticos y de integridad científica de la investigación.

Así mismo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad del contenido del trabajo de grado presentado, como lo indica la Ley 44 de 1993 Sobre Derechos de Autor, el Art. 61 de la Constitución Política de Colombia, el Art. 671 del Código Civil y demás disposiciones legales.

En Bogotá a los 5 del mes de Diciembre de 2022

Firma: _____

Nombre y apellidos Nick Sebastian Buitrago Avellaneda
Cédula 1015454683

Trabajo de grado

Gestión Integral de los residuos sólidos, un análisis de política pública y propuesta tecnológica desde la Industria 4.0 Big data.

Nick Sebastian Buitrago Avellaneda

Facultad de Gobierno y Relaciones Internacionales, Universidad Santo Tomás Bogotá

Profesor Tutor, Yamid Gabriel Lozano Torres

5 de Diciembre del 2022

Título:**Gestión Integral de los residuos sólidos, un análisis de política pública y propuesta tecnológica desde la Industria 4.0 Big data.**

Análisis de la política pública para la Gestión Integral de Residuos Sólidos en Colombia, documento CONPES 3874 para el año 2016 con vigencia hasta el año 2030, realizado desde la perspectiva de la economía circular, integrando el componente de las tecnologías de la Industria 4.0, con el fin de generar recomendaciones que optimicen, por parte del Estado colombiano, la gestión de residuos sólidos a través de la adopción del Big data y el uso de una aplicación digital como herramienta de gestión de los residuos.

Resumen

Se hace acuciante la implementación de estrategias que permitan frenar la destrucción que se está ocasionando al Ambiente. ¿Dónde iniciar?, la clave se podría hallar en replantear los modelos de economía lineal, haciendo una transición hacia la economía circular por medio del uso de nuevas tecnologías.

Para el caso colombiano, la política pública expresada en el CONPES 3874 del 2016, sobre la Gestión Integral de Residuos Sólidos, es un acercamiento importante a los procesos de economía circular, por ende, se busca analizar una posible forma tecnológica como una aplicación digital para optimizar esta gestión en Colombia.

Las tecnologías de la Industria 4.0 pueden optimizar los procesos de economía circular, de forma más acertada, específicamente el *big data* es una herramienta que permite suplir el vacío de información que puede presentarse en el ejercicio del gobierno nacional para el diseño y evaluación de políticas públicas, como el CONPES 3874, en el manejo de los residuos sólidos.

Metodológicamente se realiza una revisión bibliográfica cualitativa, en bases de datos, que permita un análisis empírico-explicativo de la relación entre el big data, y la gestión de los residuos sólidos en Colombia.

Palabras clave

Aplicación, Política pública, Economía circular, Industria 4.0, Residuos.

Contenido

INTRODUCCIÓN	5
MARCO TEÓRICO	8
Capítulo I POLÍTICAS PÚBLICAS: DESCRIPCIÓN DEL CONPES 3874	13
Capítulo II OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL CONPES 3874	18
Capítulo III TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA 4.0 AL SERVICIO DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS (CONPES 3874)	22
DISCUSIONES Y CONCLUSIONES	29

INTRODUCCIÓN

La crisis climática actual requiere que el Estado colombiano implemente mecanismos dinámicos y eficientes (elementos de la revolución industrial 4.0), en el diseño e implementación de sus políticas públicas, para que estas sean lo suficientemente reactivas y tecnológicas y den paso a acciones contundentes que permitan frenar el cambio climático. Estas orientadas a la gestión de los residuos sólidos dentro de los modelos de la economía circular.

Es por esto que se decide estudiar el documento del Consejo Nacional de Política Económica y Social de la República de Colombia, elaborado por el Departamento Nacional de Planeación; CONPES 3874, sobre la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, del 21 de noviembre de 2016. Este aborda la gestión de los residuos sólidos en el territorio colombiano. El documento a analizar cuenta con cuatro ejes estratégicos: (i) La prevención en la generación de residuos; (ii) la minimización de aquellos que van a sitios de disposición final; (iii) la promoción de la reutilización, aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos; y (iv) evitar la generación de gases de efecto invernadero.

Las consecuencias de una limitada concepción de nuestro entorno como el equívoco relacionamiento de la producción lineal con el ambiente, han puesto en una situación de crisis la vida en el planeta tierra. ¿Qué pueden tener en común las tecnologías de la Industria 4.0, el big data, la economía circular y la gestión de los residuos sólidos? La sinergia de la tecnología con la economía circular, puede ser la respuesta a un avance en la optimización del manejo de los residuos sólidos en Colombia. Ahora bien, la búsqueda de una solución acertada requiere una visión sistémica del entorno:

Los problemas ambientales se deben analizar desde una perspectiva integral y compleja, que tenga en cuenta tanto el ecosistema como el entorno social y cultural, dado que la problemática ambiental abarca la totalidad de la vida, incluso la del ser humano en sí y su medio cultural (Ángel-Maya, 1996). De modo que los problemas ambientales pueden definirse como “los impactos ambientales generados por los seres humanos en los procesos de adaptación al medio ecosistémico, procesos que se han sustentado a través de los modelos culturales, los cuales han sido consolidados históricamente sobre la base de la transformación de la naturaleza” (Vélez Upegui, 2016, p. 26).

El modelo de economía lineal en el que se ha basado el desarrollo y la producción de los últimos años debe transformarse en un modelo de economía circular. De allí lo imperioso de que este tema haga parte de la agenda del gobierno nacional. Con el fin de articular mecanismos y estrategias que permitan disminuir el daño ambiental, específicamente la disposición final de los residuos sólidos. Puesto que un no adecuado manejo de estos puede desencadenar, con alta probabilidad, problemas de salud pública.

La relevancia de la presente investigación radica en que actualmente en Colombia se están generando grandes cantidades de residuos, que acaban como desechos en los vertederos, produciendo un alto grado de contaminación; lo que conlleva a generar problemas ambientales y sobre costos, que afectarán inevitablemente la calidad de vida de los seres humanos. Por ejemplo, un manejo inadecuado de los residuos sólidos conlleva significativos problemas de salubridad para la población (afecciones gastrointestinales, respiratorias, así como la propagación de plagas, entre otros), contaminación ambiental como la emisión de gases contaminantes, el daño de fuentes hídricas y ecosistemas, debido a las altas cantidades de residuos que grandes conglomerados urbanos, como Bogotá pueden llegar a producir en

un solo día. Estos aspectos requieren una atención adecuada, que de no ser prestada prontamente, llevará estos elementos en un corto plazo a condiciones de alto riesgo para la comunidad y su entorno. Factores que repercuten directamente en las tasas de natalidad y mortalidad y con ello en el desarrollo del país. De ahí la pertinencia de este tema y el interés por indagar sobre una posible optimización a partir de recursos tecnológicos como el big data. Sin embargo, ¿cuál podría llegar a ser una forma adecuada de articular los elementos tecnológicos que brinda la revolución 4.0, como el big data, de manera tal que se engranen en un contexto de gobernabilidad estatal y permitan conseguir una gestión basada en la economía circular?

El objetivo general que jalona esta investigación es: analizar el documento CONPES 3874 del 2016 para proponer a la luz de la revolución industrial 4.0 recomendaciones sobre la gestión de residuos sólidos. Este objetivo conlleva el desarrollo de tres objetivos específicos: el primero analizar el documento CONPES 3874 del 2016 como política pública; el segundo, identificar las oportunidades de optimización de la política que trae el documento CONPES 3874 del 2016; y el tercero, proponer la integración de tecnologías 4.0, específicamente del big data, en la política pública del CONPES 3874 del 2016 por medio de una aplicación tecnológica estatal.

La presente investigación emplea un enfoque cualitativo con carácter de revisión documental, empleada bajo una combinación de técnicas, como lectura atenta y análisis de contenido, para identificar temas y patrones en las diversas fuentes de información requeridas en este trabajo. Las técnicas de recolección se enfocaron en el recurso a bases de datos tales como Scopus, Google Scholar y ScienceDirect, entre otros. Estos documentos son recopilados de fuentes que proporciona la división del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación

(CRAI) de la Universidad Santo Tomás, para el desarrollo investigativo de los estudiantes. Con la construcción de un enfoque exploratorio que permita, indagar, presentar, explorar los posibles beneficios que trae el big data en la gestión de residuos sólidos, enmarcado un análisis Empírico-Explicativo, que permite comprender las relaciones y causas de esta situación en particular procurando una comprensión más completa y matizada y la posibilidad de proponer posibles desarrollos o soluciones.

Se plantean como posibles resultados de la investigación, la identificación de un alcance limitado de la política nacional establecida en el CONPES 3874 del 2016 debido en parte a que muchos de los avances sugerentes como el big data, que podrían favorecer su implementación, adquieren relevancia en un momento posterior; se suma a esto carencias en innovación en el campo tecnológico por parte del Estado colombiano, debido quizás la forma en que se recopilan los datos o se analizan para el manejo de los residuos sólidos en Colombia. Factor que está ocasionando que la política pública no tenga el impacto favorable esperado. Lo cual demanda, ciertamente la propuesta de ideas innovadoras que brinden al gobierno nacional herramientas para la recopilación de datos y con ello la consolidación de información depurada que permite la toma asertiva de decisiones en tiempo real sobre la gestión de residuos sólidos por parte de la ciudadanía y empresas y disposición final de los mismos.

MARCO TEÓRICO

Para fines del presente trabajo, se sigue aquí la definición que Wayne Parson ofrece sobre políticas públicas, en las que se comprenden como aquellas encargadas de estudiar, “qué hacen los gobiernos, por qué lo hacen y cuál es su efecto” (Parsons 2007, p.31). A la luz de esta definición, se ofrece aquí la propuesta de comprender las políticas públicas como un

mecanismo de reacción y comunicación que tiene el Estado, para identificar y solucionar problemas, materializando un beneficio y cuidado de su población e instituciones.

Las políticas públicas pueden contar, además con una orientación, esta es descrita por Harold Lasswell, 2007 (citado en, *Políticas públicas una introducción a la teoría y la práctica del análisis de políticas públicas*) como:

Multimetódica, Multidisciplinaria, Orientada a los problemas, Preocupada por trazar el mapa contextual del proceso, las opciones y los resultados de las políticas públicas, En busca de la integración de los conocimientos dentro de una disciplina más amplia, con el fin de analizar las elecciones y toma de decisiones públicas, para contribuir a la democratización de las sociedades (Parsons, 2007, p.32).

En segundo lugar, el tema central de la política pública CONPES 3874 del 2016 son los Residuos sólidos, para fines de este trabajo se sigue aquí la definición del Decreto 2981 de 2013 que los describe como:

“cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. Igualmente, se considera como residuo sólido, aquel proveniente del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles.” (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2013).

Continuando con esta definición el CONPES 3874 del 2016 aclara que estos hacen parte de los residuos no peligrosos (ya sea para los humanos como para el ambiente). Posteriormente los detalla como residuos urbanos o municipales, también pueden ser inertes, desechos de

maquinarias o residuos especiales no peligrosos (como el caso de las llantas en desuso). Otras categorizaciones dependen de, por ejemplo, quién los genera o el tipo de uso que se les dará. También se hace referencia a residuos bien sea por construcción como los escombros o los que proceden de los hogares, pequeños establecimientos comerciales (como los restaurantes y plazas de mercado, centros comerciales, entre otros). Estos generan residuos orgánicos, producto del consumo humano incluidos en la categoría anteriormente enunciada. Residuos a los que se les tendría que garantizar una disposición final adecuada siguiendo la clasificación de aprovechables o no aprovechables.

En el contexto colombiano el Decreto 4741 de 2005 define un residuo sólido o desecho como cualquier objeto, material, sustancia, o producto que se encuentre en estado sólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005).

Teniendo claro la definición de los residuos sólidos se trae a colación el concepto de economía circular, como un elemento transformador clave, que impacta directamente sobre la creación, transformación y disposición final de los residuos. En ella gana relevancia el poder mantener los recursos o productos en funcionamiento o en la cadena de servicios por un mayor tiempo con el fin de alargar su vida útil y reducir así la contaminación ambiental. Ellen MacArthur Foundation (2013) establece la economía circular como un sistema industrial que es restaurativo y regenerativo por diseño, orientado a las energías renovables, a la eliminación de químicos tóxicos que perjudican la reutilización y busca la disminución de residuos mediante un diseño superior de materiales, productos, sistemas y modelos empresariales.

Dentro de la economía circular gana preponderancia el impacto que generan los desperdicios en el ambiente. En este sentido, el diseño de un producto conlleva que desde el principio se deba considerar su disposición o uso final, calculando las huellas de carbono que dejan el desplazamiento de las materias primas en su elaboración y la optimización de estos flujos. Dentro de la optimización se resalta la reutilización. Hoy en día las compañías tienen procesos para reutilizar materiales o partes de sus productos en la elaboración de los nuevos. Se destaca el aprovechamiento de materiales en celulares obsoletos o en desuso, para la producción de nuevas versiones. Algunas compañías van más allá y prestan servicios de reparación con el fin de alargar la vida útil del producto. Por último, implica el aprovechamiento del valor energético que tendrían los residuos. La economía circular rompe con los parámetros existentes de la economía lineal, donde simplemente se extrae la materia prima, se elabora el producto, se da un uso y se desecha, sin diseñar o disponer ningún tipo de valor o aprovechamiento que retorne o sea circular.

Incluso en el CONPES 3874 se hace evidente el requerir técnicas para el aprovechamiento de los recursos y cambio de modelo de economía lineal, destacando los postulados principales de la economía circular como prevención, minimización, reutilización, aprovechamiento y tratamiento de residuos. Para así disponer una orientación que lleve al país hacia un modelo circular.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se propone aquí que la orientación hacia la economía circular se dé bajo el aprovechamiento de los beneficios de la Revolución 4.0, denominada en el año 2016 “La Cuarta Revolución Industrial” en el World Economic Forum (WEF), y definida como “Los actuales sistemas ciberfísicos que recopilan y procesan

información, toman decisiones inteligentes y ejecutan tareas en entornos cambiantes”. (Joyanes, 2016.p2). Inicialmente propuesta por el Gobierno Alemán, con el fin de identificar una automatización total en la producción industrial estos sistemas descritos por Joyanes (2016) en *Industria 4.0 La cuarta revolución industrial*, están compuestos por la Nube (Cloud computing), el Internet de las Cosas (IoT), las impresoras 3D y el soporte de la inteligencia artificial (AI) y de big data, como tecnologías claves para la conversión de los grandes volúmenes de datos y su uso eficiente en la toma de decisiones.

Para llegar a esta revolución la humanidad tuvo que atravesar previamente por desarrollos ya conocidos, como es el caso de las máquinas a vapor y los sistemas de transporte ferroviarios. En una etapa posterior se llega a la electricidad, al aumento de la productividad en masa, al desarrollo del automóvil y la invención de aeroplanos. Una tercera etapa, conocida como revolución industrial, trae consigo un cambio que incorpora los sistemas informáticos, que alcanzan décadas más tarde un alto grado de automatización. La Revolución 4.0 continua con procesos de una automatización más eficiente con la incorporación de elementos como big data, Internet de las cosas, Cloud Computing, robótica, tecnología Blockchain, entre otros. Estas tecnologías disruptivas son actualmente un referente indispensable de la modernización tal como lo expresan obras como: “*Desafíos de la administración pública en el contexto de la Revolución 4.0*” de Santiago Bellomo y Oscar Oszlak”, que brindan un panorama detallado de cómo las tecnologías que trae consigo la Revolución 4.0, pueden influir e incluso afectar drásticamente la forma en la que se conciben la gobernabilidad y el desarrollo de las sociedades. La obra de Oszlak es una referencia adecuada para tratar de comprender la estrecha relación que tiene la tecnología con el Estado.

En este trabajo se ha prestado atención de manera preeminente a una de las tecnologías innovadoras que ha traído la Revolución de la Industria 4.0, se trata del big data, dado su significativo potencial en la mejora en la gestión de los residuos sólidos y sus posibles desarrollos futuros en la implementación de políticas públicas. El big data considera el “gran volumen de datos, tanto estructurados como no estructurados, que están disponibles en internet y que pueden dar información útil a los intereses de las diferentes organizaciones.” (Garrel 2019 et al., p.52). Este gran volumen de datos que generan los usuarios directa o indirectamente, se produce principalmente en Internet, el contenido multimedia diario que comparten las empresas, gobiernos y millones de personas van dejando huellas digitales que se almacenan en servidores, incrementando cada segundo de forma vertiginosa la cantidad de datos disponibles por analizar,

Capítulo I POLÍTICAS PÚBLICAS: DESCRIPCIÓN DEL CONPES 3874

Según el Departamento Nacional de Planeación (1958) El Consejo Nacional De Política Económica y Social CONPES, es: La máxima autoridad nacional de planeación, un organismo asesor del Gobierno en temas de desarrollo económico y social. Encargado de coordinar y orientar a los demás organismos de su área en el país. Asumiendo el estudio y aprobación de documentos sobre el desarrollo de políticas generales que son presentados en sesión. La finalidad de un documento como el CONPES, es tener un instrumento claro que permita evidenciar los objetivos, recursos y actividades, dentro de un esquema de planeación ordenada mediante el cual el Gobierno Nacional pueda garantizar la prestación de un servicio, propiamente gestionar la generación y reducción de residuos teniendo en cuenta su disposición final.

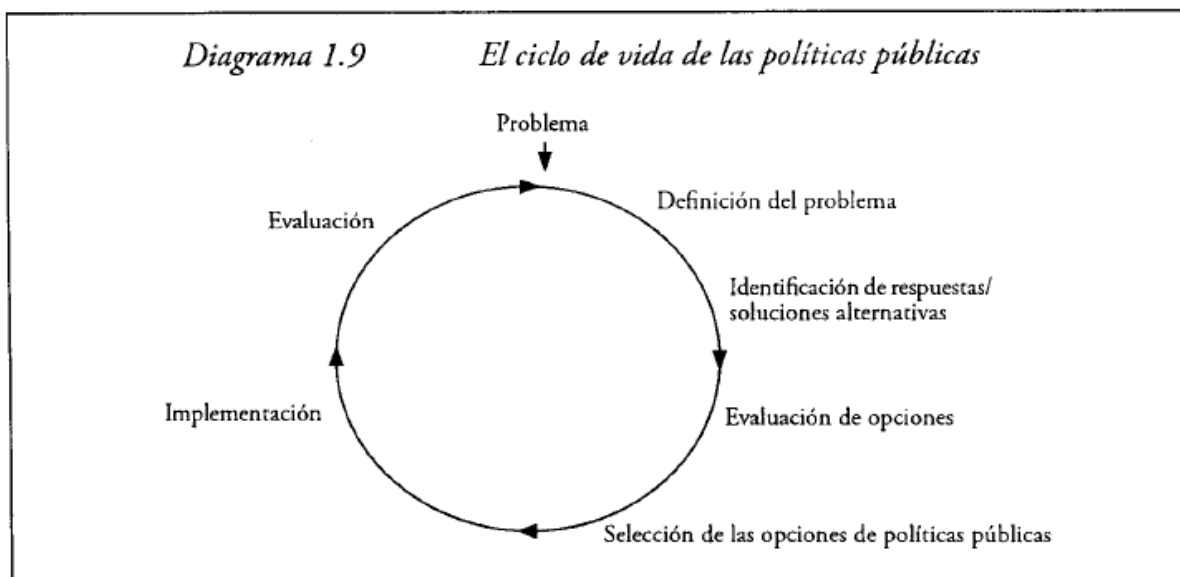
Los actores involucrados en la construcción de la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, son: Departamento Nacional de Planeación, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Ministerio de Educación Nacional, Ministerio de Minas y Energía, Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), entre otros departamentos y unidades a destacar. Se aprecia, pues que hay bastantes actores que intervienen, todos ellos relacionados con procesos que pueden impactar los residuos sólidos. Referente a la temporalidad del documento este se implementará entre los años 2016 y 2030, con una inversión de 187.578 millones de pesos según la información descrita en el CONPES 3874. El servicio público de aseo en Colombia ha gestionado los residuos sólidos de una forma tal, que puede observarse la ausencia de modelos de economía circular y de optimización de procesos en los que los residuos puedan ser aprovechables.

Como justificación del CONPES 3874, se resalta que la gestión de los residuos sólidos en Colombia, si bien ha presentado un avance en el servicio de aseo, como en la creación de incentivos para el aprovechamiento de los residuos y la mejora de los sitios de disposición final, entre otros. La política pública predecesora no contempló factores para una gestión idónea, puesto que se priorizó únicamente el cumplimiento de la normatividad de los lugares de disposición final (vertederos), sin contemplar otros elementos relacionados a la gestión, sumándole a esto un inexistente seguimiento y evaluación. Este panorama se hace más complejo con la suma de actores como recicladores de oficio, y poca valorización energética que reciben los residuos. Aspectos que implican una estrategia sólida que requiere un largo plazo, y que intente corregir una estrategia que se diseñó sin tener en cuenta estos factores y que se enfatizó un marco normativo con poco margen de acción.

Ahora bien, después de este primer acercamiento al CONPES como entidad encargada del diseño de la política pública, y propiamente al CONPES 3874 del 2016, dónde se estructura la gestión de los residuos sólidos, se presenta a continuación el *ciclo de vida de las políticas públicas* de Wayne Parson (figura 1). En el CONPES 3874 del 2016 aparecen las condiciones esenciales que configuran los elementos propios de una política pública y que permiten identificar el problema existente frente al manejo de los residuos sólidos en Colombia, segmentado en las principales ciudades: Bogotá, Barranquilla, Cali y Medellín. Y categorizado, además, según la composición del residuo que más se genera y que pueden ser del tipo materia orgánica, papel, cartón, madera, plástico, metales o textiles entre otros. De igual forma el CONPES evalúa opciones para mejorar esta gestión, entre las que se destaca la economía circular. El documento agrega posteriormente una selección de opciones correspondientes a planeación tanto en temporalidad como en presupuesto financiero, asignando al costo total de la política: diseños de instrumentos de gestión, institucionalidad coordinada para la eficiencia, educación y cultura ciudadana, información sectorial, entre otros rubros asociados a la implementación detallados a conocimiento público.

Figura 1.

El ciclo de vida de las políticas públicas



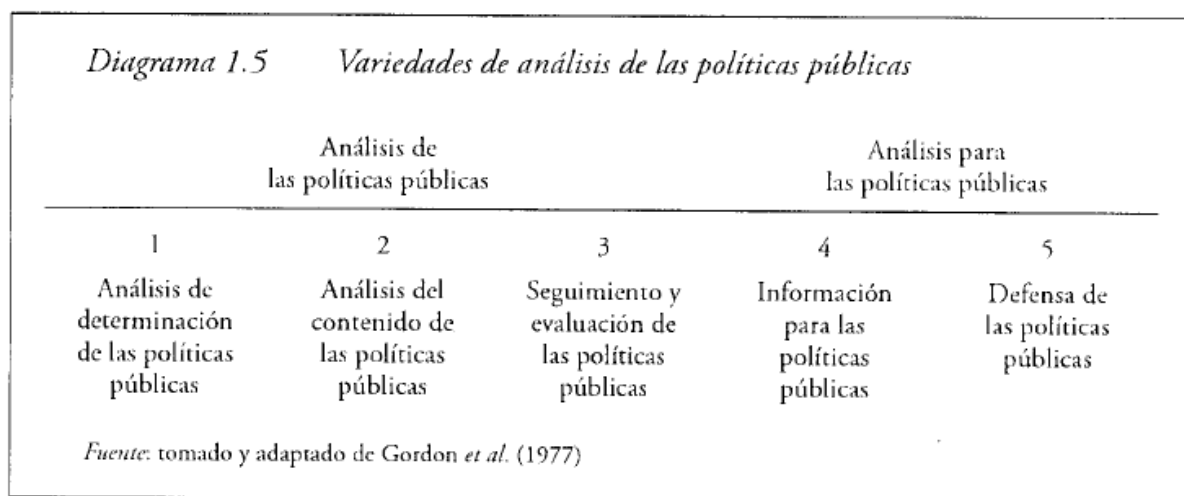
Nota: Tomada de *Políticas públicas: una introducción a la teoría y la práctica del análisis de políticas públicas* (p.54) por Parsons, W., 2007. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.

Atendiendo al componente teórico de las políticas públicas, cabe señalar que existen dos variedades de análisis: Análisis *de* las políticas públicas y Análisis *para* las políticas públicas (figura 2), en este caso como lo indica Gordon (1977) el primer análisis hace referencia al contenido de las políticas públicas. Proporcionando una descripción en particular y la forma en que se desarrolló en relación con políticas previas o marcos teóricos que buscan una crítica a la misma, centrándose en el porqué de la política, su justificación o para qué público objetivo se estructuran.

El segundo elemento, el análisis *para* las políticas públicas, se centra en la información para las políticas públicas. Sirviendo como insumo directo de las actividades de formulación propias de la misma. Esta puede ser orientada a una investigación detallada, o asesoría cualitativa o sentenciosa, con el fin de evaluar y sugerir directamente una política pública.

Figura 2.

Variedades de análisis de las políticas públicas



Nota: Tomada de *Políticas públicas: una introducción a la teoría y la práctica del análisis de políticas públicas* (p.89) por Parsons, W., 2007. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.

Este trabajo, como se ha indicado, se articula en su primera fase como un acercamiento al análisis *de* política pública, para corroborar cómo el contenido del CONPES presenta aquellos elementos que van acorde a lo que implica la creación de una política pública. En efecto se da en este documento un manejo adecuado de la teoría de las políticas públicas y conocimientos de los postulados de la economía circular. Los *policy makers* que componen el Consejo Nacional de Política Económica y Social en Colombia, han tenido presente los ciclos de creación y evaluación de la política pública, dejando en evidencia un estudio riguroso y no improvisado en temas del diseño que la configuran.

Una segunda fase procura acercarse a un análisis *para* las políticas públicas, donde se brinda información valiosa, en defensa y fortalecimiento del CONPES 3874 del 2016, a partir de la inclusión de la tecnología del big data con el fin de solventar muchos de los retos que presenta actualmente la gestión de los residuos sólidos por falta de información o manejo

erróneo de la data, sobre esta y otras oportunidades de mejora se realizará una revisión en el segundo capítulo.

Capítulo II OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL CONPES 3874

Algunos de los retos que inicialmente el CONPES 3874 del 2016 identifica son las condiciones de informalidad en la gestión de los residuos; reconociendo una población que tradicionalmente ejerce el oficio del reciclaje y que no cuenta con las garantías suficientes para esta labor. Al igual que una falta de educación, campañas para el reciclaje y reducción de los residuos sólidos para los ciudadanos. También una inexistencia de incentivos económicos para que los colombianos reciclen. Incluyendo falta de articulación institucional con sectores estratégicos y adicional una necesidad de implementar sistemas de información para la toma de decisiones. Estos “sectores estratégicos” y sistemas de información son los que se proponen en este escrito; la industria 4.0 y el big data será cruciales en la gestión de los residuos, incluso la entidad nacional reconoce que existe un déficit en la información para la toma de decisiones acertadas, información que sería útil para tener un contexto detallado de cada región y cantidad de residuos que genera.

Un aspecto importante a enunciar es la poca capacidad que tienen los lugares de disposición final en Colombia, estos rellenos sanitarios tienen una vida útil muy corta, según estimaciones del DNP (2016) el 38% de los rellenos no es mayor a tres años, y debido a la falta de estrategias contundentes, la mayoría de residuos generados termina en estos lugares de disposición final, siguiendo los lineamientos de un modelo lineal, sin aprovechamiento alguno de materias primas o energético. El aprovechamiento de los residuos es poco eficiente. A tal punto que en se reconoce que en las condiciones actuales las evaluaciones financieras muestran que “los costos de la actividad son superiores a los ingresos obtenidos

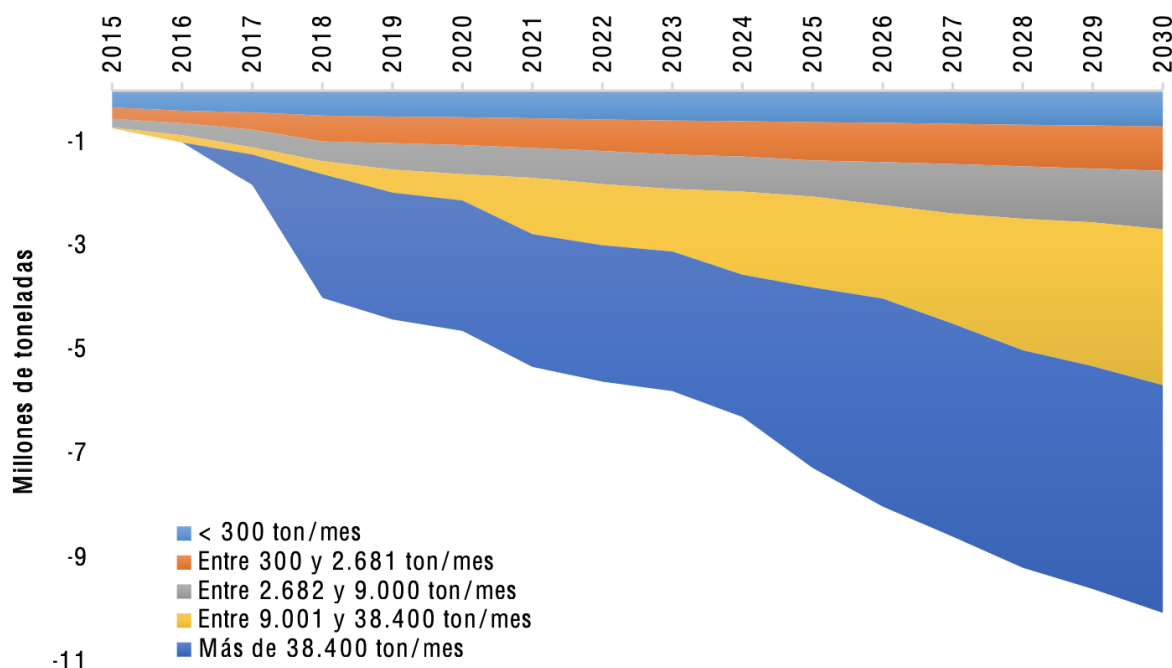
por la comercialización de los materiales y por la tarifa de la actividad de aprovechamiento público de aseo” (CONPES 2016, p.29).

Hace falta asegurar sitios de disposición final de residuos en municipios rurales, muchos de los que operan en Colombia tienen el modelo de vertederos controlados, cuando lo recomendable sería relleno sanitario. Si a esto se le suma los acuerdos internacionales con los cuales se comprometió Colombia en temas ambientales y de reducción de residuos para combatir el cambio climático, se presentan grandes retos que requieren de innovación y planeación para poder afrontarlos. La presión que se ejerce a los vertederos sanitarios es tal que según estimaciones del Departamento Nacional de Planeación (2016), para el año 2023 se tendrían emergencias sanitarias en las ciudades debido a que del 83% de los residuos sólidos domiciliarios solo el 17 % es reciclado por los recicladores de oficio. En el siguiente gráfico figura 3. Se evidencia el déficit que presentan los rellenos sanitarios para el año 2030, de no corregir la tendencia.

Figura 3.

Déficit de capacidad de los rellenos sanitarios, 2015-2030

Gráfico 3. Déficit de capacidad de los rellenos sanitarios, 2015-2030



Fuente: Cálculos DNP a partir de Estudio Nacional de Infraestructura. Sector Residuos. (DNP y BM, 2015).

Nota: el déficit se calculó para diferentes tamaños de rellenos.

Nota: Tomada de Política Nacional Para La Gestión Integral de Residuos Sólidos. (p.33) por Consejo Nacional De Política Económica y Social, 2016.

Es notorio que el Estado Colombiano tiene un gran reto, puesto que no puede cobijar de forma eficiente las demandas sanitarias de su población, debido a múltiples factores: económicos, educativos, administrativos y socioculturales. Existe un conflicto de intereses al momento de asignar recursos y administrarlos, en la mayoría de los casos el presupuesto es insuficiente, sumándole una mala administración del mismo, debido a la carencia de formación y conocimientos técnicos, en algunos casos la legislación al respecto se vuelve escasa o insuficiente, los roles no son definidos con claridad. La regionalización del servicio y los operadores privados también representa un reto en su operabilidad.

Teniendo claro este contexto estructural, de la capacidad instalada de los lugares de disposición final y focalizándose en el caso de la política pública CONPES 3874, se

identifican oportunidades de mejora en el documento, para poder afrontar los desafíos anteriormente descritos. Las políticas públicas no son perfectas, por su misma naturaleza humana hace que necesiten una constante verificación y seguimiento, de ahí que el ciclo de política pública tenga una etapa de *Evaluación*, debido a los constantes cambios en las condiciones sociales y con el fin de verificar si lo propuesto por los hacedores de política (los policy maker) en Colombia fue idóneo al contexto. Y en determinado caso que ajustes posteriores se requieren.

El Departamento Nacional de Planeación (2016), presenta cifras de crecimiento en Colombia para el año 2035, donde se proyectan. 64 ciudades con más de 100.000 habitantes en las que habitarán el 83% de la población, con 5,1 millones de nuevos hogares. Estimando que la generación de residuos de la zona urbana y rural podría llegar a 18,74 millones de toneladas en 2030; 321 kilogramos por persona al año o un incremento del 13,4% en la producción per cápita de residuos sólidos. (CONPES 3874 2016, p.9). Este acelerado crecimiento, requiere una rápida toma de decisiones por parte del Gobierno Nacional, para poder anticiparse con una adecuada planeación reactiva por medio de políticas públicas con un marcado componente tecnológico, con el fin de atender oportunamente las necesidades futuras a los servicios públicos de calidad y manejo de residuos sólidos.

El CONPES 3874, plantea estrategias para optimizar la gestión de los residuos sólidos generados, dentro de ellas está: la promoción de la economía circular de forma integral, esto articulado en un entorno institucional transversal incentivando el fortalecimiento de la cultura ciudadana en los temas de disminución, reutilización, y separación de residuos sólidos en la fuente, Por último y en lo que se busca apoyar de igual forma con la propuesta de este

documento es en las acciones para mejorar el reporte monitoreo y verificación de la información sectorial para la evaluación de la política pública.

Dentro del documento la entidad evidencia una oportunidad de mejora en la consecución de información para la toma de decisiones, por lo tanto, se entiende que los actuales sistemas de información: o son inexistentes o no están actualizados para afrontar las necesidades del Estado colombiano. Incluso se puede hablar del uso de legados informáticos para la creación de políticas públicas.((Bellomo & Oszlak, 2020) describe a los Legacy systems o «legados informáticos» como tecnologías, sistemas o aplicaciones computacionales que están desactualizados pero que aún siguen en uso en la gestión pública, planteando dilemas para poder mantener los sistemas de infraestructura (Hardware /Software), dificultando el soporte de los mismos, generando riesgos de ciberataques como robo de información o daño al servicio. Las tecnologías de la industria 4.0, específicamente el big data pueden llegar a llenar ese vacío de información con el fin de actualizar los sistemas actuales bajo los cuales la administración se rige como lo veremos a profundidad en el siguiente capítulo.

Capítulo III TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA 4.0 AL SERVICIO DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS (CONPES 3874)

Luego de un acercamiento al análisis del CONPES 3874, a partir de un marco de las teorías de las políticas públicas, y de identificar algunas oportunidades de mejora, es posible abordar ahora un aspecto clave de este trabajo, la propuesta de implementación de Tecnologías de la Industria 4.0, específicamente del big data, en los procesos de gestión integral de los residuos sólidos en Colombia, con el fin de materializar procesos de economía circular por medio de herramientas tecnológicas.

La revolución de la Industria 4.0 (big data) debe ser un factor destacado en la agenda del gobierno colombiano ya que como lo resalta Bellomo & Oszlak (2020) esta abarca un cambio cultural profundo que estructura nuevos modos de relaciones sociales y organizacionales, integrando nuevos patrones de comportamiento e identidad. Elementos que definen estándares más exigentes para medir el nivel de servicios por parte del Estado, que es justamente es el organismo encargado de promover la innovación por medio de los respectivos incentivos, asegurando los derechos como en este caso al de la salud de la población a partir del adecuado manejo de los residuos sólidos, incluyendo la preservación de la soberanía nacional, que se ve afectada en la actualidad por el eje transversal de la digitalización. Los procesos administrativos del estado colombiano vienen atravesando una digitalización a partir de aplicativos y sistemas tecnológicos con el fin de ser cada vez más eficientes, esto en parte a la presión y cantidad de demandas por celeridad en la respuesta estatal que demandan los ciudadanos, dinámicas que se enmarcan en el contexto de un Estado más transparente y abierto a recibir un feedback por parte de su población.

Con relación a lo anterior, el CONPES 3874 (2016) en la sección del diagnóstico (apartado 4.4), reconoce que existe una “insuficiente información sectorial para la política de gestión integral de residuos sólidos”. No existe una información detallada que permita una toma de decisiones acertada, para la evaluación y seguimiento de la política pública. En el mismo apartado se comenta que se desconocen las cantidades de residuos de construcción y orgánicos. De igual forma no se tiene certeza del porcentaje que ha sido generado o aprovechado dentro de ese ciclo. Por último, se afirma en el documento “ausencia de mecanismos de recolección de datos por parte de las autoridades competentes” (CONPES 2016, p.43). Si bien existen algunas iniciativas por parte de grupos privados o no gubernamentales que han recopilado cierta información, esta se hace insuficiente para una

adecuada gestión integral. Dentro de esto se resaltan las garantías al acceso a internet y la democratización de la tecnología en la población como un factor importante para el manejo de los residuos sólidos en Colombia. Puesto que a partir de estas tecnologías el gobierno o los sectores privados pueden capacitar a la población rural que no cuenta con la inmediatez y claridad de la información acerca del manejo y disposición de los residuos sólidos, con el fin de desarrollar y difundir campañas sobre la separación de material y ciclos de reciclaje, para que, al momento de recolección o disposición de los residuos sólidos, el proceso sea más eficiente y dinámico.

En este panorama, se presenta una carencia de recolección de información: no existen ni los programas ni herramientas precisas para hacerlo. En segundo lugar, se caracteriza por la falta de sistematización y análisis de la información. La gestión estatal en estos tiempos disruptivos debe ser ágil, los pilares de la industria 4.0: Inteligencia artificial, machine learning, TIC, Internet de las Cosas, big data, Criptomonedas, Cloud computing, entre otros. hacen que el Estado necesite estar constantemente actualizado a estos conceptos, que cambian a un ritmo vertiginoso.

Es allí donde el big data irrumpe para viabilizar los procesos de manejo de residuos sólidos. Es una realidad que los gobiernos y empresas constantemente están capturando y recopilando datos de su población y consumidores, información que tiene unas dimensiones sin precedentes, al igual que su crecimiento. Para tener un panorama de la inmensidad del big data en el contexto actual de las empresas y gobiernos:

Un zettabyte son mil millones de gigabytes, y equivalen aproximadamente al tamaño de la gran muralla china. Actualmente hay siete zettabytes de información disponible, volumen que se duplica cada dos años y que, en un solo día, se produce el doble de información

como la que contenía Internet hace veinte años. Pero solo se analiza un 0,5% de este volumen. Las empresas analizan menos del 1% de la información que almacenan o que tienen al alcance. (Rodríguez, 2016).

Entonces pues se evidencia que el manejo de los datos requiere de experticia, ya que las cantidades de información disponibles pueden ser abrumadoras. es un desafío el manejo de los datos para el gobierno y aún más implementarlos en políticas como los CONPES, pero será mejor tener el dominio del big data, que reconocerlo en la agenda nacional, ya que las decisiones que se toman basadas en datos, en la gran mayoría de los casos serán más eficientes y acertadas que las decisiones que se toman por suposiciones o análisis subjetivos.

De allí que existan múltiples tipos de análisis de datos como los propuestos en (Blum et al., 2016): Análisis de tipo descriptivo orientados a la estadística encargados de hacer seguimiento de los KPIs o indicadores de rendimiento. Análisis predictivos, estos hacen uso de los datos, ejemplo el gobierno necesita tener conocimiento de ciertas variables, pero en algunos casos no posee la información necesaria para analizarlas, entonces recurre a una aproximación de la data que posee con el fin de predecirlas. Por último, análisis prescriptivos, los cuales dan un contexto directo de las posibles consecuencias o resultados de las acciones mediante el establecimiento de relaciones de causa y efecto, identificando las causas y el porqué de estas, identificando los factores que influirían en determinado resultado con el fin de modificar factores o condiciones.

El big data daría un insumo crucial para los *Policy Makers* en Colombia, permitiendo identificar la raíz de los problemas planteados, segmentar sus contextos y depurar información que pudiese tergiversar o sesgar la investigación; y al final, determinar el

impacto que tuvo la política evaluando su efectividad con el fin de hacer correcciones para mejorarla. Adicionalmente, como recomendación, por medio del uso de encuestas digitales se puede determinar los niveles de satisfacción de la población beneficiada de esa política pública, y contrastar con la del siguiente año para medir el avance obtenido. El big data, y en general las tecnologías de la Industria 4.0, tiene grandes alcances, pero esto cobra sentido cuando la información obtenida y analizada se aplica a mejorar la decisiones y condiciones de la población colombiana.

Cabe insistir en que el big data es un concepto que nace en un entorno empresarial, donde los sistemas de información realizarán un diagnóstico preciso de la situación actual del mercado o la compañía valiéndose de tableros de control y midiendo la productividad, con el fin de conocer los procesos para luego optimizarlos y obtener ventajas competitivas. El big data aplicado a un contexto de gobernabilidad en Colombia, puede adoptar elementos de la estrategia de información que usan las empresas. Estrategias como la obtención rápida y en tiempo real de información de los ciudadanos, conocer sus tendencias, en este caso de generación de residuos sólidos, con fin de crear un *feedback* a partir de la evaluación pertinente. Se suma a esto el poder adoptar la combinación e intercambio de datos de diferentes organizaciones e instituciones en Colombia, con el fin de ampliar la visión de la problemática que se desee abordar y dar celeridad a los procesos.

Como cierre de este capítulo y procurando con lo revisado en esta investigación sobre los postulados del big data al servicio de las políticas públicas como el CONPES 3874 del 2016, se propone aquí la creación de una aplicación digital App, encargada de la administración y recopilación de data sobre los Residuos Sólidos de los hogares y establecimientos comerciales en Colombia, por medio de la cual los usuarios puedan suministrar información

sobre la cantidad de residuos sólidos que generan. La aplicación indicará que tipo de residuo se está escaneando o describiendo, para de igual forma darle una posible reutilización, o una clasificación para una adecuada disposición final. A su vez generaría un mapeo óptimo que garantice la recolección del servicio de aseo público en cada uno de los puntos.

La participación ciudadana es un factor clave para el funcionamiento de esta App, ya que son los ciudadanos los llamados a suministrar los *data*, que permiten a los administradores estatales, o entidades gestoras poder hacer pronósticos (*forecast*) y administrar mejor el recurso dedicado, distribuyendo de forma eficiente en las diferentes regiones o focos donde se concentren los residuos. Adicionalmente se identificarán los mayores generadores de contaminación con el fin de ayudar a disminuir los residuos por medio de procesos de circularidad o desincentivos como impuestos para que reduzcan su contaminación ambiental. Esta dinámica proporcionaría un beneficio de doble vía: el ciudadano puede conocer estos puntos de disposición destinados a los residuos sólidos, la forma adecuada de clasificarlos, horarios de recolección, entre otras muchas opciones. Todo desde la inmediatez y alcance de su celular o computador. Por otra parte, en este escenario el Estado tendría un canal adicional de comunicación con sus ciudadanos en pro del medio ambiente, evitando un despilfarro de recursos en promoción por otros medios de comunicación tradicionales que posiblemente no tengan el mismo alcance e impacto.

El principio aquí propuesto se basa en dinámicas similares a los procesos de consulta ciudadana en las páginas web oficiales del Estado, o Propiamente, del uso de aplicativos digitales por parte del Estado colombiano para la consecución de datos de la población. Esta situación se presentó durante el inicio de la emergencia sanitaria causada por el COVID-19.

“CoronApp” fue una herramienta digital útil en la contención y monitoreo del COVID 19, esta aplicación se estructuró en alianza con Google y Apple. El Ministerio de Tecnologías de la información y las Comunicaciones MINTIC (2020) afirma que la app sirve para fortalecer el monitoreo de los riesgos en salud pública, reportando su estado de salud y contribuyendo a la localización del virus en el país. La app es uno de los canales dispuestos por el Gobierno nacional para brindar a la ciudadanía información oficial sobre las medidas y recomendaciones de prevención, ubicación de servicios de salud entre otros.

En segundo lugar, un ahorro de tiempos y movimientos, donde el recurso y capacidad instalada recibe un mejor aprovechamiento. Como tercer beneficio, esta disposición dará un mejor control a la cantidad de residuos sólidos que llegan a los vertederos sanitarios, ya que, por medio de un forecast, el vertedero puede gestionar qué recurso va a requerir para determinadas épocas. Continuando con esta idea, traería consigo velocidad en la consecución de la información, visualice este mismo proceso por medio de funcionarios del DANE que encuestan y recopilan información como se hace tradicionalmente: Factores en contra como el costo del desplazamiento de los funcionarios a nivel nacional, el costo de la papelería, sumándole a esto los lugares físicos para su posterior almacenamiento y recurso adicional para la digitalización de la información.

En este proceso largo y exhaustivo las tecnologías de la Industria 4.0, y la tecnología que hemos considerado aquí mas pertinente, el big data, llegaría para simplificar la tarea únicamente ingresando a la plataforma web o descargando la aplicación los ciudadanos hacen un proceso de validación biométrica. Luego se diligencian los datos sobre los residuos que se están generando por parte del establecimiento comercial o la persona natural. La misma app daría recomendaciones de cómo segmentarlos o reutilizarlos. Estos datos se cargan

automáticamente y en tiempo real en la aplicación y llegan a los servidores que destina el gobierno colombiano. La información ya estaría digitalizada y se procesaría por funcionarios capacitados en el análisis de datos, información que puede ser usada para hacer mapeos y trazabilidad de las zonas que más producen residuos. Reduciendo drásticamente el tiempo y la inversión destinada para la recolección de la data, a su vez el gobierno nacional puede comunicarse con sus ciudadanos con mensajes dentro de la app, informando horarios de recolección o nuevas normativas sobre la disposición de los residuos Sólidos.

DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

El cambio climático es una realidad inefable, que amenaza con la continuidad de la vida en la tierra, se hace urgente potenciar todos los procesos y herramientas disponibles, por medio de políticas públicas que permitan frenar la contaminación y crisis climática. Los postulados de la economía circular pueden ser una herramienta que produzca un cambio contundente.

El presente documento buscaba identificar si el Estado colombiano, en el CONPES 3874 del 2016, tenía oportunidades de mejora asociadas a la gestión de los residuos sólidos, enfocadas principalmente en los vacíos de información de la política pública o falta de herramientas tecnológicas para el manejo de la misma. Se propone reconocer que los procesos estatales se irán digitalizando cada vez más. Los sistemas de información serán pilares indispensables para el funcionamiento del Estado Colombiano, con el fin de mejorar la gestión pública por las dinámicas veloces que trae consigo la inclusión del big data. El Estado debe estar a la vanguardia.

Ahora bien, el CONPES 3847 tiene como enfoque la gestión de los residuos no peligrosos y busca aportar al desarrollo sostenible y a la adaptación y mitigación del cambio climático. (Consejo Nacional de Política Económica y Social 3874, p.11). Colombia tiene la capacidad de ser un Estado Líder en la Región en cuestión de manejo de los Residuos sólidos, A medida que estas tecnologías sean adoptadas por el Estado los procesos se irán digitalizando cada vez más. Los sistemas de información serán indispensables para el funcionamiento del Estado Colombiano, con el fin de mejorar la gestión pública por las dinámicas veloces que trae consigo la inclusión del big data.

El Estado colombiano es el organismo encargado de promocionar/ incentivar la revolución tecnológica para su población. Estos procesos de innovación tecnológica deben blindarse con un marco legal diseñado al contexto colombiano sin dejar de lado los avances internacionales. Prueba de ello, en un ejercicio de política comparada se trae a colación la política pública del Gobierno Abierto Open Government. Propuesta por el presidente Barack Obama en los Estados Unidos en el año 2009, enfoque eficiente basado en la participación ciudadana, transparencia y modelos colaborativos en la participación de la ciudadanía, lineamientos que pueden aplicarse en Colombia con el fin de incentivar la innovación a partir de procesos digitales. Propiamente los postulados se centran en:

- 1) la tecnología disponible permite una fluida comunicación e interacción de doble vía entre gobierno y ciudadanía; 2) el gobierno debe abrir esos canales de diálogo e interacción con los ciudadanos, para aprovechar su potencial contribución en el proceso decisorio sobre opciones de políticas, en la coproducción de bienes y servicios públicos y en el monitoreo, control y evaluación de su gestión; y 3) la ciudadanía debe aprovechar la apertura de esos nuevos canales participativos, involucrándose activamente en el

desempeño de esos diferentes roles (como decisor político, productor y contralor). (Bellomo & Oszlak, 2020, p.48 -49).

Para garantizar el desarrollo y adopción de tecnologías como el big data en los procesos de gestión de residuos sólidos en Colombia, es imperioso que el gobierno comience en primer lugar a posicionarlo en su agenda como un rubro importante al cual destinar la cantidad adecuada de recursos, en segundo lugar, buscar alianzas público privadas para apoyarse de la experticia de las empresas en estos temas de tecnologías 4.0; big data. Tercero hacer un cambio de paradigma en el cual el Estado Colombiano visualice el Internet como un bien público que debe llegar a todo territorio nacional con el fin de generar una interconectividad eficiente para el monitoreo y gestión de Residuos sólidos, a su vez crear campañas que incentiven el desarrollo de estas tecnologías.

Si bien en Colombia existen políticas públicas estructuradas con base en marcos teóricos sólidos de la academia, las cuales siguen patrones lógicos de diseño y evaluación, estas aún tienden a quedarse cortas al contexto debido al crecimiento vertiginoso de la población y estancamiento de la capacidad instalada de los vertederos sanitarios o lugares de disposición final, lo cual hace que se identifique múltiples oportunidades de mejora.

Conviene agregar que se propone visualizar el uso de la aplicación para el reporte y monitoreo de los residuos sólidos generados en Colombia. La gestión podría mejorar drásticamente, incluso a tal punto de posicionar a Colombia como referente tecnológico regional en temas de economía circular y gestión de residuos. Parte de los retos identificados en el CONPES 3874, son relacionados a la falta de información sobre los vertederos, o focos donde se generan los residuos sólidos. Para poder estructurar políticas públicas idóneas al

contexto es necesario tener información veraz y en tiempo real, solución que llegaría por medio de la data recopilada por esta app.

En segundo lugar, otro de los retos que se identificó en la investigación fue el de la falta de educación y campañas de promoción sobre la reducción, reutilización, reciclaje y disposición final de los residuos. Esta disminución en la fuente es importante para evitar que se acumulen en los vertederos. Aquí también se destaca la aplicación como herramienta de comunicación estatal personalizada, donde el gobierno puede capacitar e informar a la ciudadanía por medio de la app lugares de disposición final adecuados o cámaras para clasificar los residuos sólidos, entre otras posibilidades.

Una aplicación digital como herramienta para la gestión de los residuos sólidos en Colombia, sería un elemento clave que solucionaría muchos de los retos que presenta actualmente la política pública del CONPES 3874 del 2016. Los beneficios de las tecnologías de la Industria 4.0 en este caso el big data, deben ser aprovechados y adoptados en un marco de economía circular, con prontitud por el gobierno nacional, con el fin de ser más eficiente en su administración y traer beneficios contundentes a los ciudadanos del país y al medio ambiente.

REFERENCIAS

- Aguirre Sierra, A. M. (2016). *Aprovechamiento de Residuos Sólidos en Colombia*. Universidad Pontifica Bolivariana.
- Ángel-Maya, A. (1996). La educación ambiental no solo es ecología. *Corporación Ecológica y Cultural Penca de Sábila (ed.), Nichos creativos para la educación ambiental*, 171-188.
- Ángel-Maya, A. (1997). *Desarrollo sostenible o cambio cultural* (No. 333.716 M467). Corporación Universitaria Autónoma de Occidente, Valle del Cauca (Colombia). Centro de Estudios Ambientales para el Desarrollo Rural Fondo Mixto para la Promoción de la Cultura y las Artes del Valle del Cauca, Valle del Cauca.
- Ángel-Maya, A. (2002). El retorno de Ícaro. La razón de la vida. Muerte y vida de la filosofía. Una propuesta ambiental. Serie Pensamiento Ambiental Latinoamericano. Bogotá: PNUD, PNUMA.
- Ángel-Maya, A. (2003). La diosa Némesis: desarrollo sostenible o cambio cultural. Cali: Corporación Universitaria Autónoma de Occidente.
- Ángel-Maya, A. (2008). Medio ambiente urbano. *Gestión y Ambiente*, 11(1), 21-51.
- Basco, A., Beliz, G., Coatz, G. & Garnero, P. (2018). Industria 4.0 Fabricando el Futuro. Recuperado de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Industria-40-Fabricando-el-Futuro.pdf>.
- Bellomo, S., & Oszlak, O. (Eds.). (2020). *Desafíos de la administración pública en el contexto de la Revolución 4.0*. Konrad Adenauer Stiftung.

Bertalanffy, L. (1968). Teoría General de los Sistemas Fundamentos, desarrollo, aplicaciones. Fondo de cultura Económica México.

Blum, B., Goldfrab, A., & Lederman, M. (2016, Mayo). El camino hacia la prescripción. Cerrar la brecha entre las promesas y la realidad del Big Data. *Harvard Deusto Business Review*, 256, 56-63.

<https://www.harvard-deusto.com/el-camino-hacia-la-prescripcion-cerrar-la-brecha-entre-las-promesas-y-la-realidad-del-big-data>.

Cano, J. L. (2016). La revolución del ‘Internet of Things’(IoT). *Harvard Deusto business review*, (256), 36-43.

Decisiones públicas Análisis y estudio de los procesos de decisión en políticas públicas. Dente, Bruno. Subirats, Joan (2014), Ariel. España.

Del Val Román, J. (2015). Industria 4.0: la transformación digital de la industria. Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática (CDDII). Recuperado de <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CDDII-Industria-4.0.pdf>.

Departamento Nacional de Planeación Bogotá, D.C. (29 de noviembre de 2019). Evaluación institucional y de operaciones de la Política de Aprovechamiento de Residuos Sólidos, PRODUCTO No. 4 informe de Resultados Economía Urbana.

Driving force for China’s economic development under Industry 4.0 and circular economy: Technological innovation or structural change? Xiaoxiao Zhou, Malin Song, Lianbiao Cui, *Journal of Cleaner Production*, Volume 271, 2020, 122680, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122680>.(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965262032727X>).

- Ellen Macarthur Foundation (2013). Towards The Circular Economy Economic and business rationale for an accelerated transitions Recuperado el 07 de Agosto del 2020 en <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>.
- Garrell, A. Guilera, L. (2019) La Industria 4.0 en la sociedad digital. Marge Books recuperado de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YnSIDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA51&dq=Garrell,+A.+Guilera,+L.+\(2019\)+La+Industria+4.0+en+la+sociedad+digital.+](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YnSIDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA51&dq=Garrell,+A.+Guilera,+L.+(2019)+La+Industria+4.0+en+la+sociedad+digital.+)
- Huesemann, M., & Huesemann, J. (n.d.). *Techno-Fix: Why Technology Won't Save Us Or the Environment*. Gabriola Island: New Society Publishers.
- Joyares Aguilar, L. Industria 4.0 La cuarta revolución industrial, primera edición Alfa Omega Grupo Editor, S.A de C.V., México. ISBN 978-6097-622-942-2 500 Páginas. Junio 2017.
- Knox, J. (2012). *Informe del experto independiente sobre la cuestión de las obligaciones de derechos humanos relacionadas con el disfrute de un medio ambiente sin riesgos, limpio, saludable y sostenible, John H. Knox*.
- López Leyva, S. (2007) Políticas públicas: una introducción a la teoría y a la práctica del análisis de políticas públicas / Wayne Parsons ; traducción de Atenea Acevedo. - México: FLACSO, Sede Académica de México.
- Malvicino, F. Big data: Avances recientes a nivel internacional y perspectivas para el desarrollo local. *Documento de Trabajo. Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia Tecnología e Innovación (CIECTI-MinCyT). Buenos Aires*.
- Malvicino, F., Yoguel, G. (2016) Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación CIECTI. Big Data. Avances Recientes a Nivel Internacional y Perspectivas para el Desarrollo Local, Documento de trabajo N° 3. [p.1-p.45]. Recuperado de <http://www.ciecti.org.ar/publicaciones/dt3-big-data/>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005, Diciembre 30). *Decreto número 474*). <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/4741%20-%202005.pdf>.

Ministerio de Tecnologías de la información y las Comunicaciones. (2020, Abril 14). *Así funciona CoronApp Colombia, aplicación para detectar y monitorear casos de covid-19*. GOV.CO. Retrieved Octubre 20, 2022, <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/MinTIC-en-los-medios/135648:Asi-funciona-CoronApp-Colombia-aplicacion-para-detectar-y-monitorear-casos-de-covid-19>.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2013, Diciembre 20). *Decreto número 2981* <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-08/decreto-2981-de-2013-reglamentario-del-servicio-publico-de-aseo.pdf>.

Naciones Unidas (ONU), *Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC)*, 12 Diciembre 2015. <https://www.refworld.org/es/docid/602021b64.html>.

Organization for Economic Cooperation and Development (2016). The Internet of Things: Seizing the Benefits and Addressing the Challenges, Background report for Ministerial Panel 2.2. Organization for Economic Co-operation and Development. Recuperado el 11 de Agosto de [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DSTI/ICCP/CISP\(2015\)3/FINAL&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DSTI/ICCP/CISP(2015)3/FINAL&docLanguage=En).

Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos CONPES 3874 (2016). Departamento Nacional de Planeación. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>

Portal Único del Estado Colombiano. (1958, noviembre). *El Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES. Departamento Nacional de Planeación*. <https://www.dnp.gov.co/CONPES>

Rodríguez, J. R. (2016, Mayo). ¿Cómo son las empresas orientadas a los datos? *Harvard Deusto Business Review*, 256, 9. Harvard Deusto.

<https://www.harvard-deusto.com/como-son-las-empresas-orientadas-a-los-datos>

Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change*. New York: Cambridge University Press. Recuperado el 7 de agosto de 2020, de <https://doi.org/10.1017/CBO9780511817434>.

Terraza,H. (2009) Manejo de Residuos Sólidos Lineamientos para un Servicio Integral, Sustentable e Inclusivo. Banco Inter - Americano de Desarrollo Departamento de Infraestructura y Medio Ambiente No. IDB - TN.

<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Manejo-de-Residuos-S%C3%B3lidos-Lineamientos-para-un-Servicio-Integral-Sustentable-e-Inclusivo.pdf>

Vélez Upegui, J. J. (2016). *Problemática Ambiental*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Villanueva, M. (2016). Calidad e Industria 4.0. *Revista Calidad*, [online] (1), pp.1-2. Recuperado de https://www.aec.es/c/document_library/get_file?uuid=a23a2294-4c3d-4823-9b63-2f59fd82af62&groupId=10128 [acceso 6 November 2020].

Villanueva, M.(2016)Revista de la *Asociación Española para la Calidad*. Calidad e Industria 4.0, N· (1), 1-51. Recuperado de www.aec.es.

Zambrano, L. (2019). *Planeta (in)sostenible*. Ediciones Turner Noema. ISBN 978-607-7711-23-0.