DECANATURA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

FORMATO DE ENTREGA TRABAJO DE GRADO

Fecha de entrega: 28/07/2022

Estudiante: Lizeth Viviana Perdomo Castañeda

Director: Joan Paola Cruz González

Codirector: Ivonne Angélica Castiblanco Jiménez

El presente documento avala la entrega del trabajo de grado por parte del director y codirector.

Documentos anexos: copia digital del Trabajo de Grado (1).

JOAN PAOLA CRUZ G

_____

Firma Director

_____

Firma Codirector

_____

Firma Estudiante

Model for the collection and use of biohazardous or infectious sharps waste generated in homes in Bogotá by patients with diabetes under the Design Thinking and Systemic Design methodologies.

Modelo para la recolección y aprovechamiento de desechos cortopunzantes con riesgo biológico o infeccioso generados en los hogares de Bogotá por pacientes con diabetes bajo las metodologías de Design Thinking y Systemic Design.

Lizeth Viviana Perdomo Castañeda

Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Decanatura de Ingeniería Industrial
Maestría en Ingeniería Industrial
Bogotá D.C., Colombia
2022

Model for the collection and use of biohazardous or infectious sharps waste generated in homes in Bogotá by patients with diabetes under the Design Thinking and Systemic Design methodologies.

Modelo para la recolección y aprovechamiento de desechos cortopunzantes con riesgo biológico o infeccioso generados en los hogares de Bogotá por pacientes con diabetes bajo las metodologías de Design Thinking y Systemic Design.

Lizeth Viviana Perdomo Castañeda

Trabajo de grado para optar al título de
Magíster en Ingeniería Industrial

Directora
Joan Paola Cruz González
Magister en Ingeniería Industrial en el Área de Gestión y Dirección Organizacional

Codirectora
Ivonne Angélica Castiblanco Jiménez
Máster en Ingeniería Mecatrónica y de segundo nivel en Automatización Industrial

Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Decanatura de Ingeniería Industrial
Maestría en Ingeniería Industrial
Bogotá D.C., Colombia
2022

© Únicamente se puede usar el contenido de las publicaciones para propósitos de información. No se debe copiar, enviar, recortar, transmitir o redistribuir este material para propósitos comerciales sin la autorización de la Escuela Colombiana de Ingeniería. Cuando se use el material de la Escuela se debe incluir la siguiente nota "Derechos reservados a Escuela Colombiana de Ingeniería" en cualquier copia en un lugar visible. Y el material no se debe notificar sin el permiso de la Escuela.

Publicado en 2022 por la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Avenida 45 No 205-59 Bogotá. Colombia

TEL: +57 – 1 668 36 00

Agradecimientos

Agradezco a Dios por guiarme en el camino y darme las capacidades y la fuerza que necesité para cumplir con el objetivo.

A mi familia quienes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños, quienes estuvieron a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio. Hoy cuando concluyo este proceso, les dedico a ustedes este logro, como una meta más conquistada.

A la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años y por todo su apoyo en cada etapa de mi formación.

A las directoras del proyecto Joan Paola Cruz González (Msc) e Ivonne Angélica Castiblanco Jiménez (Msc) por el tiempo dedicado y los conocimientos brindados, por el respeto a mis sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor que ha permitido obtener los resultados de esta investigación.

A mi lugar de trabajo por darme el tiempo para desarrollar mis estudios y brindarme oportunidades de crecimiento personal y profesional.

Finalmente, a todos los participantes de este estudio ya que sin su apoyo esto no sería posible.

¡Gracias a todos!

Resumen

La disposición de los residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso generados en los hogares de la capital colombiana representan un problema de contaminación en términos ambientales y sanitarios debido a que no se desechan con los cuidados y precauciones que se deben tener en el manejo de este tipo de residuos, es decir, van directamente a relleno sanitario sin ningún tratamiento previo para la eliminación de microorganismos y patógenos los cuales pueden infectar a otras personas que tengan contacto con ellos.

Se estima que en Colombia tres de cada cien personas tienen diabetes mellitus (Bautista, 2020), el dato real es mucho más alto ya que la gran mayoría de personas no saben que sufren de esta enfermedad hasta que aparecen los síntomas. En Bogotá, la diabetes se encuentra dentro de las 10 enfermedades con mayor mortalidad entre los 30 y 70 años (Bautista, 2020).

El tratamiento principal de la diabetes consiste en mantener controlados los niveles de azúcar mediante dieta, medicamentos orales e insulina, la cual es administrada con agujas cortas y delgadas de acero inoxidable o usando una bomba de insulina.

La normativa colombiana establece en el Decreto 1076 de 2015 y en la Política ambiental para la gestión integral de residuos peligrosos 2005 – 2018 que primero se debe disminuir la generación de los residuos, pero una vez generados se debe buscar su aprovechamiento. Adicionalmente, los residuos peligrosos deben tener una gestión previa a la disposición o, en su defecto, almacenarlos en celdas de seguridad.

Teniendo en cuenta la problemática presentada se propone un modelo usando la metodología Design Thinking para la recolección y aprovechamiento de los residuos cortopunzantes con riesgo biológico o infeccioso generados en Bogotá por pacientes que requieran insulina. La metodología se complementa con la implementación de Systemic Design.

El modelo resultado de la investigación presenta diferentes parámetros que dan respuesta a las necesidades de los usuarios y tiene en cuenta a los stakeholders durante todas las etapas de la metodología lo cual le aporta valor al estudio y se ve reflejado en el diseño final.

Palabras clave: Design Thinking**,** Systemic Design**,** Residuos cortopunzantes, Riesgo biológico e infeccioso, Diabetes.

Abstract

The disposal of sharps waste with biological and infectious risk generated in the homes of the Colombian capital represents a contamination problem in environmental and sanitary terms because they are not disposed of with the care and precautions that should be taken in the management of this type of waste, that is, they go directly to a landfill without any prior treatment to eliminate microorganisms and pathogens which can infect other people who come into contact with them.

It is estimated that in Colombia three out of every one hundred people have diabetes mellitus (Bautista, 2020), the real figure is much higher since the vast majority of people do not know they suffer from this disease until symptoms appear. In Bogota, diabetes is among the 10 diseases with the highest mortality between 30 and 70 years of age (Bautista, 2020).

The main treatment for diabetes consists of keeping sugar levels under control through diet, oral medications, and insulin, which is administered with short, thin stainless-steel needles or using an insulin pump.

Colombian regulations establish in Decree 1076 of 2015 and in the Environmental Policy for the Comprehensive Management of Hazardous Waste 2005 - 2018 that the generation of waste must first be reduced, but once generated, its use must be sought. Additionally, hazardous waste must be managed prior to disposal or, failing that, stored in safety cells.

Considering the problem presented, a model is proposed using the Design Thinking methodology for the collection and use of sharps waste with biological or infectious risk generated in Bogota by patients requiring insulin. The methodology is complemented with the implementation of Systemic Design.

The model resulting from the research presents different parameters that respond to user needs and takes stakeholders into account during all stages of the methodology, which adds value to the study and is reflected in the final design.

Keywords: Design Thinking, Systemic Design, Sharps waste, Biological and infectious risk, Diabetes.

Tabla de contenido

1 INTRODUCCIÓN Y PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN 8

1.1 PROBLEMÁTICA (JUSTIFICACIÓN) 8

1.1.1 Diabetes Mellitus 12

1.2 MARCO TEÓRICO 15

1.3 REVISIÓN DE LA LITERATURA 32

1.3.1 Design Thinking 32

1.3.2 Systemic Design 32

1.3.3 Design Thinking y Systemic Design 33

1.4 OBJETIVOS Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN 34

1.5 ALCANCE Y LIMITACIONES 35

1.6 METODOLOGÍA 36

2 DESARROLLO DEL MODELO Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN APLICANDO LAS METODOLOGÍAS DE DESIGN THINKING Y SYSTEMIC DESIGN 39

2.1 IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA 39

2.1.1 Empatizar 40

2.1.2 Definir 64

2.1.3 Idear 69

2.1.4 Prototipar 79

2.1.5 Evaluar 88

3 DISCUSIÓN 92

4 CONCLUSIONES 94

5 ESTUDIOS FUTUROS 96

BIBLIOGRAFÍA 97

ABREVIACIONES 102

ANEXOS 103

Lista de Figuras

Figura 1. Número de autorizaciones ambientales otorgadas a nivel nacional para el manejo de RcRBOI. 9

Figura 2. Capacidad nacional de gestión de los RcRBOI. 10

Figura 3. Gestión realizada a los residuos peligrosos de atención en salud. 11

Figura 4. Tipo de tratamiento aplicado a los residuos peligrosos de atención en salud. 11

Figura 5. Ventajas y Desventajas del Tratamiento térmico sin combustión - autoclave 19

Figura 6. Ventajas y Desventajas del Tratamiento térmico sin combustión – infrarrojo 20

Figura 7. Ventajas y Desventajas del Tratamiento térmico sin combustión – microondas 21

Figura 8. Ventajas y Desventajas del Tratamiento térmico con combustión. 22

Figura 9. Ventajas y Desventajas del Tratamiento químico 23

Figura 10. Ventajas y Desventajas del Tratamiento por irradiación. 24

Figura 11. Ventajas y Desventajas del Tratamiento por biodegradación. 25

Figura 12. Ventajas y Desventajas del Tratamiento con plasma térmico. 26

Figura 13. Resultados preferencia de diagnóstico para el método de aplicación de insulina. 45

Figura 14. Resultados de los aspectos importantes para el diagnóstico del tratamiento con insulina. 45

Figura 15. Resultados cantidad de agujas requeridas para tratamiento de la diabetes. 46

Figura 16. Resultados elementos dados por el sistema de salud para la disposición de cortopunzantes. 47

Figura 17. Resultados recolección de residuos cortopunzantes por el Sistema de Salud. 48

Figura 18. Resultados del método más solicitado en farmacias por pacientes para la aplicación de insulina. 49

Figura 19. Resultados de los tratamientos viables aplicables a los residuos para esterilización según microbiólogos. 51

Figura 20. Resultados de los tipos de cliente que solicitan servicio de recolección para residuos cortopunzantes. 53
Figura 21. Resultados de los tratamientos viables aplicables a los residuos para esterilización según empresa recolectora. 54
Figura 22. Rango de edad de los usuarios participantes de encuesta en etapa “Empatizar” 55
Figura 23. Resultados del método más utilizado por los pacientes en la aplicación de insulina. 56
Figura 24. Resultados de cambio en el método de la aplicación de insulina. 57
Figura 25. Resultados de patologías presentadas por pacientes. 58
Figura 26. Cantidad de agujas utilizadas al día por pacientes con diabetes. 58
Figura 27. Resultados de reutilización de agujas por pacientes con diabetes. 59
Figura 28. Resultados de los lugares utilizados para dispones de las agujas. 60
Figura 29. Resultados de los beneficios solicitados por pacientes para la disposición de las agujas. 62
Figura 30. Modelo actual para la disposición de residuos cortopunzantes generados en hogares por pacientes con diabetes. 67
Figura 31. Modelo esperado para la recolección y aprovechamiento de residuos cortopunzantes generados en hogares por pacientes con diabetes. 69
Figura 32. Modelo de solución App de servicios – Idea 1. 75
Figura 33. Modelo de solución bomba de insulina – Idea 2. 77
Figura 34. Modelo de solución residuos domésticos – Idea 3. 78
Figura 35. Storyboard modelo de solución – parte 1. 85
Figura 36. Storyboard modelo de solución – parte 2. 86
Figura 37. Modelo de solución. 87

Lista de Tablas

Tabla 1. Tratamientos internos de RcRBOI a nivel nacional. 9
Tabla 2. Esquema Metodológico. 38
Tabla 3. Participantes etapa “Empatizar” 42
Tabla 4. Parámetros ideas de modelos de solución. 73
Tabla 5. Resultados herramienta “Selección N.U.F” – usuarios. 80
Tabla 6. Resultados herramienta “Selección N.U.F” – farmacias. 80
Tabla 7. Resultados herramienta “Selección N.U.F” – personal de salud. 81
Tabla 8. Resultados herramienta “Selección N.U.F” – gestores. 81
Tabla 9. Resultados herramienta “Selección N.U.F” – recolectores. 81
Tabla 10. Resultados herramienta “Selección N.U.F” – microbiólogos. 81
Tabla 11. Resultados herramienta “Selección N.U.F” – metalúrgicas y fundidoras de metal. 82
Tabla 12. Resultados herramienta “Selección N.U.F” – Ponderación General. 82
Tabla 13. Resultados herramienta “concept scoring”. 83
Tabla 14. Resultados herramienta “apuntes de testeo” 90

1 Introducción y Propuesta de Investigación

Este trabajo de investigación busca dar solución a una problemática ambiental relacionada con el manejo, disposición y aprovechamiento de residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso generados en los hogares de pacientes con diabetes haciendo uso de las metodologías Design Thinking y Systemic Design.

En el capítulo 1 se contextualiza y describe la situación problemática y las metodologías utilizadas para abordar la investigación.

Los resultados se presentan en el capítulo 2 detallando cada una de las etapas de la metodología Design Thinking y la forma en la cual se complementó con herramientas de Systemic Design. Adicionalmente, se presenta el diseño de un modelo de recolección y aprovechamiento de residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso generados por pacientes de Diabetes en la ciudad de Bogotá.

Finalmente, en el capítulo 3 se presentan las conclusiones y recomendaciones generadas del estudio.

Esta investigación representa un aporte al desarrollo de nuevos métodos para la correcta eliminación de residuos cortopunzantes generados en hogares. Por otra parte, se innova con la combinación de dos metodologías de solución a problemas complejos obteniendo de este estudio un caso de ejemplo de su aplicación orientada a la sostenibilidad.

1.1 Problemática (Justificación)

Según cifras del Ministerio de Ambiente al 2020, en el país existen 258 gestores de residuos peligrosos, es importante tener en cuenta que no todos los gestores de este tipo de residuos tienen la capacidad de gestionar residuos con riesgo biológico o infeccioso (RcRBOI), solo 55 tienen esa capacidad. En la *Figura 1* "*Número de autorizaciones ambientales otorgadas a nivel nacional para el manejo de RcRBOI*", se puede evidenciar que la CAR es, en efecto, la jurisdicción donde se tienen más gestores de este tipo de residuos. Es importante resaltar que en el país se cuenta con ocho generadores que en sus instalaciones tienen los equipos necesarios para realizar el tratamiento interno de estos residuos – *Tabla 1*.

Figura 1. Número de autorizaciones ambientales otorgadas a nivel nacional para el manejo de RcRBOI.

Fuente: Segundo seminario internacional sobre contaminantes orgánicos persistentes – (Escobar, 2020; IDEAM, 2020).

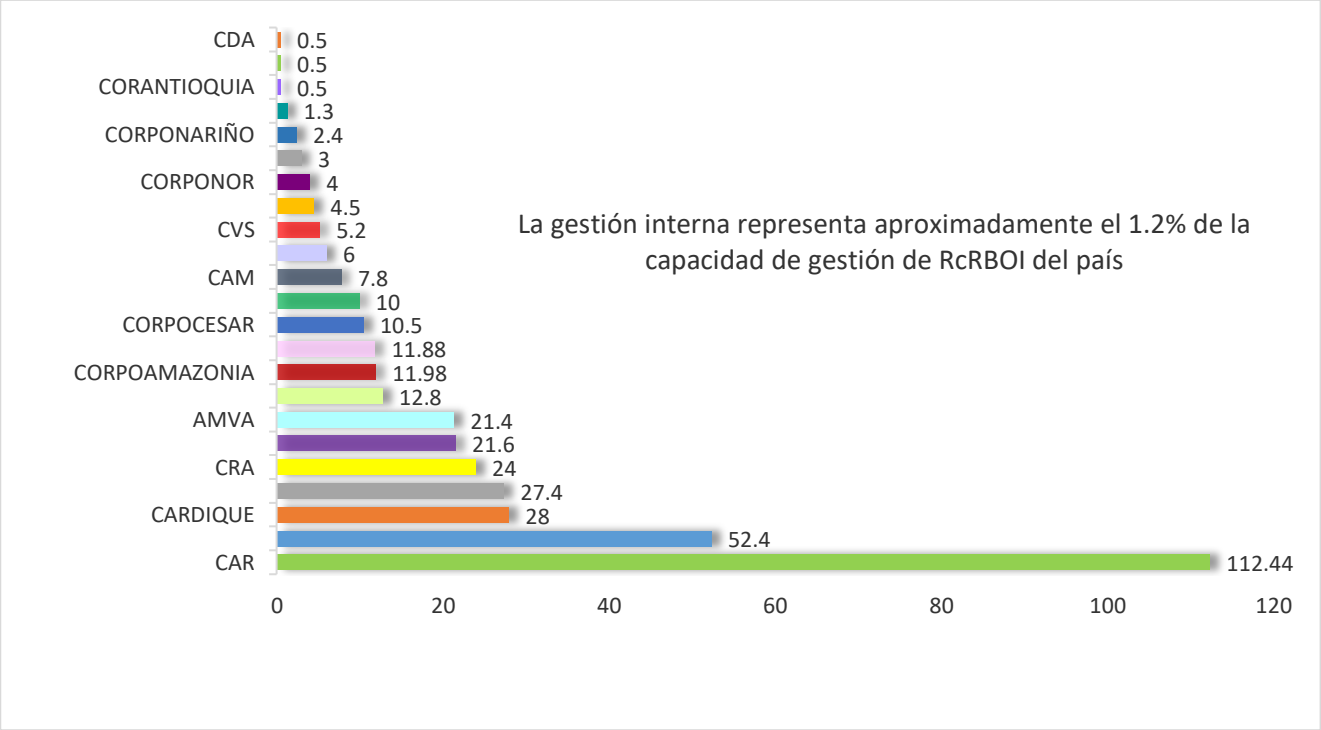
Tabla 1. Tratamientos internos de RcRBOI a nivel nacional.

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CANTIDAD
Amazonas	Leticia	1
Nariño	Pasto	1
Antioquia	Medellín	4
Santander	Florida Blanca	1
Caldas	Manizales	1

Fuente: Segundo seminario internacional sobre contaminantes orgánicos persistentes – (Escobar, 2020; IDEAM, 2020).

En el año 2020, el Ministerio de Salud junto con el Ministerio de Ambiente realizaron una investigación para conocer la capacidad colombiana para el tratamiento de los RcRBOI, lo anterior teniendo en cuenta la emergencia sanitaria presentada. En la Figura 2 se encuentra la capacidad nacional para la gestión de estos residuos la cual es cercana a las 12.000 toneladas/mes, de las cuales 11.403,1 son tratadas mediante gestión externa (55 gestores a nivel nacional) y 139,8 mediante gestión interna (8 centros de salud); la gestión interna representa el 1,2% de la gestión de los RcRBOI en el país.

Figura 2. Capacidad nacional de gestión de los RcRBOI.



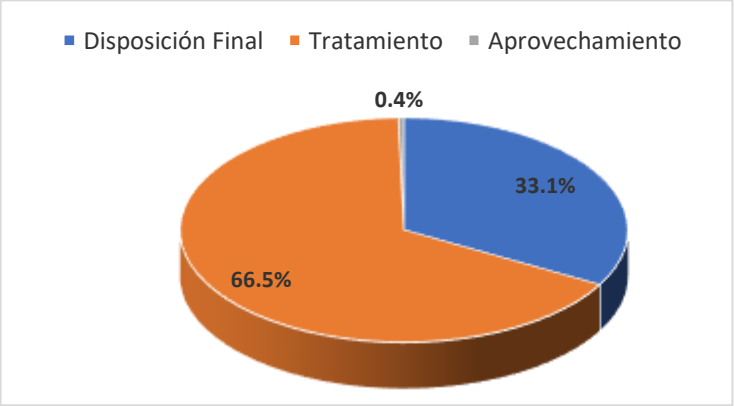
Fuente: Segundo seminario internacional sobre contaminantes orgánicos persistentes – (Escobar, 2020; IDEAM, 2020).

En Colombia, de la generación total de residuos en el país el 11,3% son RcRBOI (cifras del 2010 al 2017 – Ministerio de Ambiente). Existen 2000 establecimientos que se encuentran registrados como generadores de este tipo de residuos, de los cuales 195 empresas abarcan el 80% de la generación total. Es importante tener en cuenta que el umbral colombiano para el registro de residuos peligrosos es de 10 kg/mes, por lo tanto, muchos establecimientos de salud no cumplen con el umbral y no están obligados a registrarse en el registro de residuos peligrosos.

En cuanto a la gestión realizada a los residuos resultantes de la atención en salud, en la Figura 3 se evidencia que tan solo el 0,4% es aprovechado, al 66,5% se le aplica algún tratamiento y el 33,1% va a disposición final.

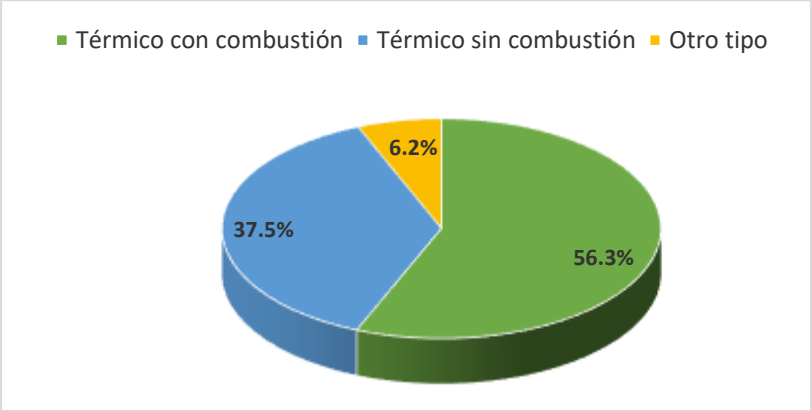
En cuanto a los tratamientos aplicados ilustrados en la Figura 4, el 56,3% es gestionado mediante tratamiento térmico con combustión, el 37,5% mediante tratamiento térmico sin combustión y el 6,2% mediante otro tipo de tratamiento.

Figura 3. Gestión realizada a los residuos peligrosos de atención en salud.



Fuente: Segundo seminario internacional sobre contaminantes orgánicos persistentes – (Escobar, 2020).

Figura 4. Tipo de tratamiento aplicado a los residuos peligrosos de atención en salud.



Fuente: Segundo seminario internacional sobre contaminantes orgánicos persistentes – (Escobar, 2020).

Es importante tener en cuenta que “disposición final” se refiere al proceso en el cual al residuo peligroso no se le realiza ningún tratamiento y se dispone o almacena en celdas de seguridad manteniendo aún su característica de

peligrosidad. Una vez el residuo es tratado se puede reutilizar o disponer, ya que no se considera como peligroso y en ese punto el manejo que se aplicó fue un tratamiento térmico. En el reporte del generador de residuos peligrosos se evidencia que algunas veces al realizarle un tratamiento al residuo y disponerlo lo clasifican como “disposición final”, sin embargo, es importante tener en cuenta la definición al momento del análisis de la información. (Escobar, 2020).

La información que presenta el generador en el registro de generadores de residuos peligrosos es año vencido, es decir que se tiene un retraso de la información desde cuando se genera el residuo peligroso hasta cuando se reporta a las autoridades pertinentes, adicionalmente, se evidencia la falta de trazabilidad de la gestión de los residuos ya que no se tiene información de los transportadores de residuos peligrosos en el país.

El reto para Colombia en cuanto a la gestión de los residuos peligrosos generados por la atención en salud es reforzar los esfuerzos de las autoridades, generadores y gestores con miras a reducir la generación de estos residuos y garantizar un manejo ambientalmente adecuado. La articulación entre las autoridades de ambiente y salud es clave para apuntar la mejora en la gestión. De igual manera, es importante aumentar el cubrimiento geográfico de los servicios de gestión de residuos peligrosos en el país.

Ahora bien, en cuanto a la generación en los hogares de RcRBOI no se tienen datos ni estadísticas para cuantificar la cantidad generada mensualmente a nivel nacional, por consiguiente, no se tiene un control del manejo que se le da a este tipo de residuos lo cual genera un riesgo en la salud y el medio ambiente (Escobar, 2020).

1.1.1 Diabetes Mellitus

La Diabetes Mellitus es una enfermedad crónica que se basa en la falta de producción de la hormona de insulina por parte del páncreas. Hay tres tipos de diabetes: la tipo 1 es la más frecuente en edades tempranas, la tipo 2 generalmente se produce en adultos y está ligada a los hábitos alimenticios y de ejercicio y, por último, la diabetes gestacional (tipo 3) es una condición temporal generada por una complicación que afecta aproximadamente al 10% de los embarazos a nivel mundial, esta condición genera riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 a largo plazo tanto en la madre como en el hijo. (Fuentes Romero, 2019). La diabetes tipo 1 se presenta entre el 5% al 10% de los pacientes y la diabetes tipo 2 corresponde entre el 90% al 95% (Muñoz Díaz et al., 2019).

En la capital colombiana, aproximadamente 232.319 personas sufren de diabetes, este cálculo se realizó tomando como base el Boletín de Prensa No. 493 de 2020

de Nubia Bautista subdirectora (e) de enfermedades no transmisibles del Ministerio de Salud y Protección Social, en el cual se indica que tres de cada cien colombianos tienen diabetes, de igual manera, la población aproximada de la ciudad de Bogotá para el año 2020 es de 7.743.955 habitantes, por lo tanto, el cálculo para esta ciudad corresponde a un aproximado de 232.319 pacientes con diabetes.

Para la diabetes tipo 1 el tratamiento siempre requiere de insulina, para tipo 2 se puede tratar inicialmente con medicamentos orales, dieta y ejercicio, pero eventualmente se requerirá insulina para controlar los niveles de glucosa en la sangre. Se calcula que hasta el 40% de los pacientes con diabetes tipo 2 necesitan insulina para mantener los niveles de glucosa en la sangre. (Govender & Ross, 2012). Aproximadamente, se necesitan de dos a cuatro inyecciones al día para mantener los niveles deseados de glucosa (Terapia con insulina, 2000), es decir que mensualmente se estima que se generan, en la ciudad de Bogotá, 14 millones de agujas de acero inoxidable clasificadas como residuo cortopunzante con riesgo biológico o infeccioso. Este cálculo se realizó tomando como base un mes de 30 días, el número de pacientes con diabetes estimados en la capital colombiana y un promedio de dos agujas por día.

Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) estiman que para el 2050 se aumentará el uso de cortopunzantes en los hogares debido a un aumento del 7% de pacientes con diabetes (Gold & Schumann, 2007).

Se ha comprobado que las agujas utilizadas para inyectar insulina quedan con un rastro de sangre y, aunque la diabetes no es contagiosa, se descubrió el ADN del virus de la hepatitis B (VHB) en el 11% de los pacientes con diabetes tipo 2 (Demir et al., 2008). De igual manera, la infección por el virus de la hepatitis C (VHC) se ha encontrado como patógeno asociado a la enfermedad de la diabetes. (Muñoz Díaz et al., 2019). Sólo se necesitan pequeñas cantidades de sangre para transmitir el virus de la hepatitis B (VHB) o C (VHC) y para el VHC no existe actualmente ninguna vacuna. De igual manera, existe un gran riesgo de contagio mediante el pinchazo de agujas con rastro de sangre de otras enfermedades como el VIH.

Los pacientes insulinodependientes tienen tres métodos para la aplicación de la insulina, de acuerdo con un estudio descriptivo realizado en Colombia a un grupo de 76 pacientes diagnosticados con diabetes mellitus tipo 1, el 10% utiliza bomba de insulina, el 75% bolígrafos de insulina, el 7% jeringas para insulina y el 8% utiliza una combinación entre jeringas y bolígrafos. Los pacientes que utilizan bolígrafo y bomba de insulina ocasionalmente tienen que inyectarse con jeringa, en promedio 3 jeringas al mes (Rincón, 2017).

En promedio, los 76 pacientes encuestados se toman 6 glucometrías al día lo que es equivalente a 6 tirillas y 6 lancetas, el 43% de los encuestados manifestaron que utilizan entre 2 y 3 veces la misma lanceta. Ahora bien, respecto a la disposición de los desechos el 83% de los pacientes los depositan en la basura de su hogar (34% directamente sin ningún tipo de protección y el 49% en un recipiente), el 17% de los encuestados entregan sus residuos a la Asociación Colombiana de Diabetes u hospital cercano. En cuanto a las tirillas, el 95% terminan en la basura de las cuales solo el 36% se encuentran “protegidas” en un contenedor. El 92% de los pacientes encuestados afirman no haber recibido ningún tipo de orientación sobre la disposición de los residuos que generan en sus hogares debido al tratamiento de la diabetes (Rincón, 2017).

Los residuos cortopunzantes depositados en la basura doméstica son un peligro biomédico ya que se pueden presentar accidentes por su incorrecta eliminación y existe una alta probabilidad de contagio del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), la hepatitis B o C y otras enfermedades que se transmiten por la sangre (Govender & Ross, 2012).

En 2004, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos planteó diferentes alternativas para que las comunidades dispusieran correctamente de las agujas utilizadas, dentro de las cuales se encuentran:

- Centros de recolección y recogida de residuos.
- Intercambio de jeringas usadas por nuevas.
- Devolución de los cortopunzantes por correo.
- Servicio de destrucción de agujas en los hogares.

Teniendo estas opciones para la gestión adecuada de las agujas, surge la inquietud del motivo por el cual no se implementan a nivel mundial. La eliminación de los residuos médicos es costosa y no hay claridad de quién o quiénes deben soportar esta carga. Los gobiernos no tienen una normativa clara respecto a la gestión de este tipo de residuos generados en hogares, los pacientes no tienen conocimiento de estas alternativas, los trabajadores de recolección de basuras no dimensionan el riesgo al que se exponen y las grandes farmacéuticas y empresas de gestión de residuos peligrosos no se hacen responsables de esta ardua tarea (Gold, 2011).

Las problemáticas expuestas por (Gold,2011) también se reflejan en el contexto colombiano, por lo tanto, existe la necesidad de darle una solución a una problemática que cada día va en aumento la cual afecta a la población de personas que sufren de diabetes y al medio ambiente.

1.2 Marco Teórico

Los residuos de atención en salud son aquellos elementos o sustancias que se encuentran en estado sólido, semisólido, líquido o gas cuyo generador gestiona o entrega a un gestor porque sus propiedades no permiten que sean usados nuevamente en la actividad que lo generó o porque la normatividad vigente así lo estipula.

Entre 2012 y 2015 se generaron, en la capital colombiana, 2.727.947 toneladas de residuos hospitalarios los cuales se clasificaron en residuos peligrosos y no peligrosos correspondiente al 55% y 45% respectivamente. (Rodríguez et al., 2016).

En el Decreto 780 de 2016 se establece la clasificación de los residuos de atención en salud en los siguientes grandes grupos: los peligrosos y los no peligrosos.

Los residuos no peligrosos son aquellos que no representan un riesgo para la salud humana o el medio ambiente. Se clasifican en aprovechables y no aprovechables, los aprovechables pueden ser vidrio, plástico, radiografías y telas; los no aprovechables puden ser residuos alimenticios, icopor, entre otros.

Los residuos peligrosos son aquellos generados con alguna de las siguientes características: infecciosos, combustibles, inflamables, explosivos, reactivos, radiactivos, volátiles, corrosivos o tóxicos; los cuales pueden causar daño a la salud y al medio ambiente. De igual manera, son residuos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos (Decreto 780, 2016).

En esta investigación nos centramos en los residuos con riesgo biológico o infeccioso (RcRBOI) los cuales contienen microorganismos patógenos tales como bacterias, parásitos, virus u hongos que debido a su concentración pueden producir una enfermedad infecciosa. De acuerdo con el Decreto 351 de 2014, estos se clasifican de la siguiente manera (Decreto 351, 2014):

- **Biosanitarios:** Son todos los elementos o instrumentos utilizados durante la ejecución de los procedimientos asistenciales que tienen contacto con materia orgánica, sangre o fluidos corporales del paciente humano o animal tales como: gasas, algodones, guantes, cuerpo de jeringas, etc.
- **Cortopunzantes:** Son los elementos punzantes o cortantes que pueden generar un accidente percutáneo infeccioso. Dentro de estos se encuentran: agujas y restos de ampolletas.

- **Residuos Químicos:** Son los restos de sustancias químicas y sus empaques o cualquier otro residuo contaminado con estos, los cuales, dependiendo de su concentración y tiempo de exposición tienen el potencial para causar la muerte, lesiones graves o efectos adversos a la salud y el medio ambiente.
- **Fármacos:** Son aquellos medicamentos parcialmente consumidos, vencidos o deteriorados que han sido empleadas en cualquier tipo de procedimiento médico.

Ahora bien, es importante tener en cuenta el marco político en donde se regula la gestión integral de residuos o desechos peligrosos. De manera general, se encuentra regulado mediante la Ley 1252 de 2008 y el Decreto 4741 de 2005 compilado en el título VI del Decreto 1076 de 2015.

El marco legal general aplicado a la gestión de residuos peligrosos se resume de la siguiente manera:

- La política de producción y consumo sostenible (2010)
- La política de gestión integral de RAEE (2017): No todos los RAEE son considerados residuos peligrosos.
- La estrategia general de economía circular (2019): Busca promover que los residuos, materiales y sustancias sean aprovechadas y vuelvan al sistema productivo del país.
- Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Es el pacto de producir conservando y conservar produciendo el cual tiene un enfoque muy interesante en función de la economía circular y por lo tanto los generadores, gestores, transportadores y autoridades ambientales y territoriales deben implementarlo.
- CONPES 3874 de 2016: Enmarca toda la gestión de residuos en general.

Particularmente para las actividades de atención en salud, el marco regulatorio por excelencia es el Decreto 351 de 2014, compilado en el Decreto 780 de 2016. Este decreto define un ámbito de aplicación y por lo tanto son solo estas actividades las que tienen que cumplir con lo estipulado en el decreto, cualquier otra que no esté en dicho marco y genere algún tipo de residuo peligroso está regulada por el Decreto 4741 de 2005 y la Ley 1252 de 2008. Las actividades reguladas en el Decreto 780 de 2016 son (Decreto 780, 2016):

- Servicios de atención en salud.
- Bancos de sangre, tejidos y semen.
- Centros de docencia con organismos vivos o cadáveres.
- Bioterios y laboratorios de biotecnología.

- Tanatopraxia, morgues y necropsias.
- Servicios de lavado de ropa hospitalaria.
- Plantas de beneficio animal.
- Servicios veterinarios.
- Establecimientos destinados al trabajo sexual.
- Servicios de estética y cosmetología.
- Centros de servicios de piercing y tatuajes.

En el marco de la reglamentación del Decreto 351 se establecieron dos componentes importantes para identificar las competencias de las autoridades sanitarias y ambientales. Por un lado, lo relacionado con la gestión interna del residuo lo regulan las autoridades sanitarias, eso incluye las actividades que van desde la segregación, minimización, generación, movimiento interno, almacenamiento interno y tratamiento del residuo dentro de las instalaciones generadoras. Por otro lado, en lo que concierne al gestor de los residuos y el transporte de estos, también conocido como gestión externa, son las autoridades ambientales las encargadas de su regulación (Decreto 351, 2014).

Los tres pilares del tratamiento de RcRBOI tienen reglamentación específica para cada uno de ellos:

En cuento al generador, la resolución 1362 de 2007 regula el registro de generadores en el país, la resolución 18005 de 2010 establece el tratamiento para los residuos radioactivos y la resolución 482 de 2009 establece la gestión de las bolsas de material de insulina para su aprovechamiento.

En cuanto al transportador, el marco regulatorio es el Decreto 1609 de 2002 compilado en el Decreto 1079 de 2015 que establece las condiciones para el transporte de mercancías peligrosas, es importante tener en cuenta que para el transporte de residuos peligrosos no es necesario tener una licencia ambiental (Decreto 1079, 2015).

En cuanto al gestor, el Decreto 1076 de 2015 establece las condiciones para el tratamiento de los residuos y el licenciamiento ambiental con el que se debe contar (Decreto 1076, 2015).

Otras reglamentaciones que se pueden tener en cuenta son la Ley 1658 de 2013, Ley 253 de 1996 y Ley 9 de 1973.

La política ambiental para la gestión integral de residuos peligrosos 2005-2018 establece que se debe buscar el aprovechamiento del residuo por encima de la disposición final. Para el tratamiento de los RcRBOI se debe tener en cuenta lo dispuesto en el “Manual para la Gestión Integral de Residuos Generados en la

Atención de Salud y Otras Actividades", el cual tiene en cuenta la clasificación de los procesos que intervienen en el tratamiento de dichos residuos (Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos, 2005).

Los diferentes procesos por medio de los cuales se realiza el tratamiento a los residuos generados en atención en salud son:

1. Térmico sin combustión.
2. Térmico con combustión.
3. Químico.
4. Por irradiación.
5. Otros tratamientos.

Tratamiento Térmico sin Combustión:

Este tratamiento utiliza energía térmica a temperaturas suficientes para destruir los microorganismos, pero no la suficiente para causar combustión o pirolisis del residuo. El proceso de realiza a través de autoclaves de calor húmedo o de calor seco (recipientes de acero resistentes al calor de cierre hermético), microondas e infrarrojo (estructuras de vidrio y cerámicas). Ambientalmente, este es el tratamiento más recomendado para el tratamiento de los RcRBOI.

- ✓ <u>Autoclave</u>

En estos equipos de autoclave la temperatura y el tiempo juegan un papel importante, son variables que deben ser controladas por el operador para garantizar una eliminación total de los microorganismos. Las temperaturas de operación oscilan entre los 130°C a 150 °C, estas temperaturas son alcanzadas al aumentar la presión de la cámara. Con vapor húmedo se eliminan los microorganismos a altas presiones con menos tiempo de operación, en cambio con vapor seco, el tiempo de operación es mayor por lo que es recomendado para equipos pequeños o de baja capacidad.

El autoclave más usado es el de vapor húmedo, para la generación de vapor es posible utilizar calderín eléctrico o, la manera tradicional, a través de agua. Una de las ventajas del calderín eléctrico es que no requiere de combustible, en los casos que se utiliza agua para generar el vapor se emplea gas natural. El agua utilizada tiene la característica que es libre de dureza, calcio, magnesio y otros parámetros; al momento que el vapor entra en la cámara, el operador se debe asegurar que cubra por completo todos los residuos allí contenidos ya que si existen bolsas de aire pueden crecer microorganismos y el proceso de esterilización no sería

exitoso. La organización de los residuos dentro de la cámara es fundamental para garantizar que el vapor cubra por completo los elementos allí contenidos.

Muchas veces los autoclaves cuentan con un triturador que fragmenta los residuos en pequeñas partículas permitiendo una reducción en el tamaño de estos. Los trituradores pueden estar ubicados dentro de la cámara, previa o posteriormente a ella, la ventaja de realizar la trituración de los residuos previamente es que se aumenta la superficie de contacto para que le sea más fácil al vapor realizar la eliminación de los microorganismos de manera exitosa.

En Colombia el 37,5% de los residuos se gestionan mediante autoclave (Cardozo, 2020). En la Figura 5 se presentan las ventajas y desventajas de este tipo de tratamiento.

Figura 5. Ventajas y Desventajas del Tratamiento térmico sin combustión - autoclave

Fuente: Diseño propio basado en Segundo seminario internacional sobre contaminantes orgánicos persistentes – (Cardozo, 2020).

- ✓ <u>Infrarrojo</u>

Método de calentamiento directo por el que la energía calorífica se trasmite por radiación electromagnética, realizando de esta manera la desactivación de los residuos. La radiación infrarroja puede ocasionar un aumento de la temperatura hasta 2000°C.

No se tiene conocimiento que exista este tipo de tratamiento en Colombia. En la Figura 6 se presentan las ventajas y desventajas.

Figura 6. Ventajas y Desventajas del Tratamiento térmico sin combustión – infrarrojo

Fuente: Diseño propio basado en Segundo seminario internacional sobre contaminantes orgánicos persistentes – (Cardozo, 2020).

- ✓ <u>Microondas</u>

Este tratamiento utiliza radiaciones electromagnéticas no ionizadas las cuales son distribuidas a través de un sistema de tubería perforada o tornillo sin fin que deja escapar rayos concentrados de energía, lo que permite la destrucción de los microorganismos patógenos. En otras palabras, las microondas hacen que las partículas de agua vibren y se aumente la temperatura destruyendo así los microorganismos. Es importante que los residuos a tratar sean fragmentados antes de iniciar el proceso, ya que la trituración mejora la eficiencia del tratamiento.

En cuanto al triturador, la calidad y el mantenimiento son fundamentales ya que estará recibiendo material húmedo contaminado todo el tiempo.

En Colombia existe este tipo de tratamiento con microondas, pero no es común su uso (Cardozo, 2020).

En la Figura 7 se presenta su principal ventaja y desventaja de este tipo de tratamiento.

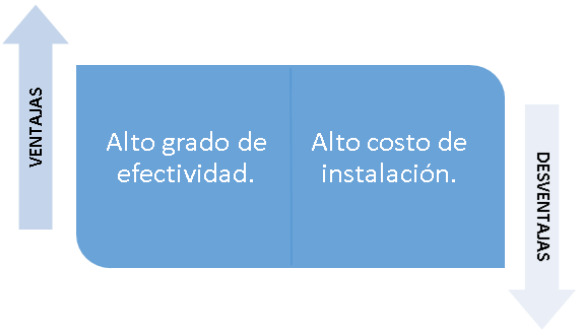


Figura 7. Ventajas y Desventajas del Tratamiento térmico sin combustión – microondas

Fuente: Diseño propio basado en Segundo seminario internacional sobre contaminantes orgánicos persistentes – (Cardozo, 2020).

Tratamiento Térmico con Combustión:

Este tratamiento utiliza energía térmica a altas temperaturas (> 800°C), lo que permite la eliminación de su característica de peligrosidad y reduce el volumen de los residuos, pero no permite la reutilización de los mismos. El proceso es realizado en hornos incineradores, hornos rotatorios, hornos caldera o cámaras de combustión. Los hornos incineradores son los principales que se utilizan para esta categoría de tratamiento.

El horno rotatorio tiene la ventaja que el residuo se va homogenizando a medida que el tambor rota, dependiendo de la frecuencia con que haya sido diseñado. Antes que los residuos pasen por este horno (>800ºC - Resolución 909 de 2008) deben pasar por una tolva de alimentación, la cual consiste en un sistema mecánico, automático o electromecánico de cargue al horno. Algunos gestores utilizan la energía calorífica de los residuos para mantener la temperatura de estos hornos, lo cual es una buena práctica. Después que los residuos son sometidos a altas temperaturas, deben pasar por una serie de tratamientos ya que las cenizas y los gases producidos son tóxicos para la salud y el medio ambiente. En los incineradores de horno fijo los residuos se ingresan manualmente a la cámara, se utilizan para bajas cantidades de residuos y deben cumplir con ciertos controles ambientales.

Después de realizar la incineración en el horno, los residuos deben pasar por un sistema de post combustión (> 2000ºC) para que todos los gases que se generan en la incineración terminen de hacer combustión y se eliminen varias de las sustancias peligrosas que puedan existir allí. Posteriormente, son sometidos a enfriamiento y tratamiento de gases, para ello existen ciclones donde se separa por gravedad todos aquellos sólidos que pueden estar presentes en el gas, la

etapa de enfriamiento del gas debe ser brusca (si no es brusco el enfriamiento las dioxinas y furanos pueden reaparecer y estar presentes en la salida de gases), adicionalmente, tiene que tratarse el gas con hidróxido de calcio u otra sustancia básica con el fin de eliminar cualquier elemento presente. Una buena práctica es pasar el gas por un filtro de mangas que tenga la capacidad de retener material particulado de menor diámetro y así evitar que el mismo vaya a la chimenea. Algunos hornos utilizan reactores, antes de la salida de los gases, con el fin de eliminar cualquier tipo de dioxina o furano. Por norma se debe emitir el gas por debajo de 200ºC.

Una vez son tratados los gases y las cenizas, se disponen los residuos en una celda de seguridad según la caracterización dispuesta en el Decreto 4741 de 2005 y la Resolución 0062 de 2007.

En Colombia el 56,3% de los residuos se gestionan mediante este tipo de tratamiento (Cardozo, 2020). En la figura 8 se evidencian las ventajas y desventajas.

Figura 8. Ventajas y Desventajas del Tratamiento térmico con combustión.

Fuente: Diseño propio basado en Segundo seminario internacional sobre contaminantes orgánicos persistentes – (Cardozo, 2020).

Tratamiento Químico

Este tratamiento utiliza desinfectantes químicos para destruir patógenos en el residuo. El proceso consiste en sumergir los residuos sólidos en una solución química, la cual en un tiempo determinado logra desactivar los contaminantes patógenos. Los tanques utilizados para la solución química deben ser resistentes a la corrosión y de fácil desinfección.

La diferencia con los otros tratamientos ya vistos es que este método no utiliza la temperatura como variable de esterilización.

Para el tratamiento químico se pueden utilizar sustancias oxidantes o ácidos, estos últimos siendo los más utilizados por su fácil manejo y alta capacidad de inactivación de los residuos.

Las condiciones técnicas del tratamiento exigen que los residuos sean triturados antes de ser sumergidos en el componente desinfectante.

En Colombia es utilizado este tipo de tratamiento (Cardozo, 2020). En la Figura 9 se presentan las ventajas y desventajas.

Figura 9. Ventajas y Desventajas del Tratamiento químico

Fuente: Diseño propio basado en Segundo seminario internacional sobre contaminantes orgánicos persistentes – (Cardozo, 2020).

Tratamiento por Irradiación

Este tratamiento utiliza la radiación UV para destruir los patógenos en el residuo.

Mediante la radiación UV se desactivan los microorganismos alterando el ADN de las células impidiendo así su reproducción. La efectividad depende del tiempo y la intensidad de exposición a la cual es sometida el RcRBOI.

No se tiene conocimiento que exista este tipo de tratamiento en Colombia. En la Figura 10 se presentan las ventajas y desventajas.

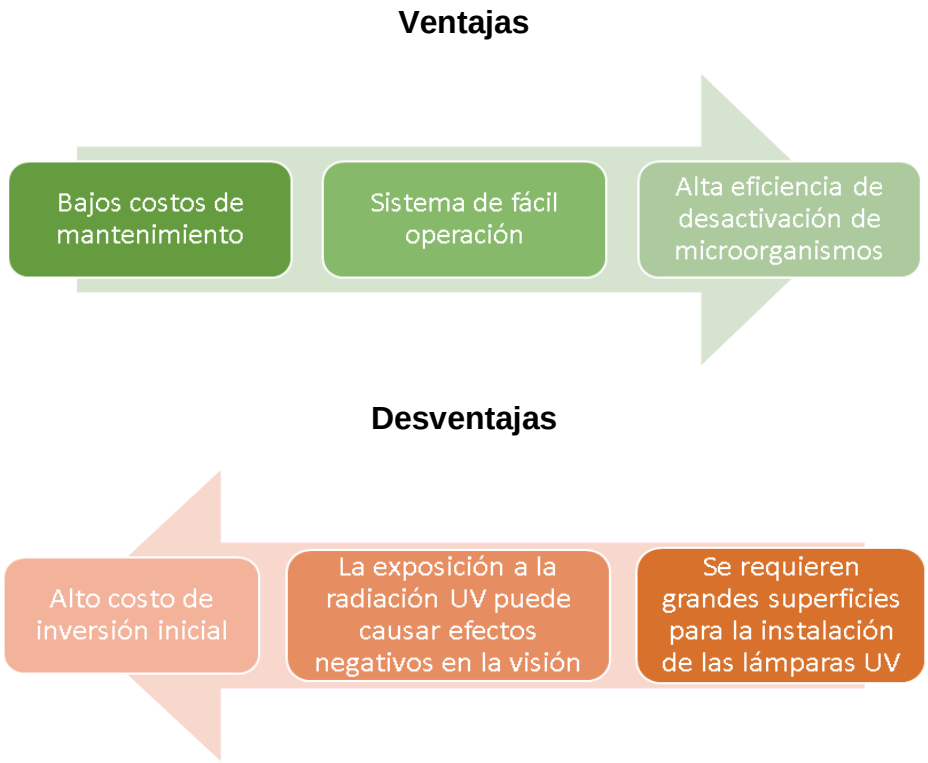


Figura 10. Ventajas y Desventajas del Tratamiento por irradiación.

Fuente: Diseño propio basado en Segundo seminario internacional sobre contaminantes orgánicos persistentes – (Cardozo, 2020).

Otros Tratamientos

- ✓ Biodegradador: Innovador proceso de alta tecnología basado en un principio de biodegradación acelerada de residuos peligrosos, tales como sangre, suero y grasa humana; provenientes de laboratorios especializados, hospitales, clínicas, salas de cirugía y bancos de sangre. El objetivo de este tratamiento es convertir cada litro de sangre en un litro de agua, garantizando la eliminación de la carga contaminada en un 98% y produciendo un efluente limpio y listo para ser reutilizado.

Los biodegradadores se instalan directamente en las IPS, el sistema se compone de tres etapas, dos etapas biológicas y una de desinfección. Para las etapas biológicas se tiene un tanque receptor inicial o ecualizador antes del tanque de reacción, en el tanque de reacción se alimentan los microorganismos especializados que han sido modificados para consumir este tipo de carga orgánica, estos microorganismos se cultivan con unas condiciones de temperatura adecuadas para que puedan crecer, se aplican sobre el tanque en unas concentraciones específicas de acuerdo al fabricante y lo que hacen, a través de una o dos etapas de biodegradación, es consumir la carga orgánica del residuo (primera etapa 94%, segunda etapa 98%). Finalmente, el fluido es desinfectado y se genera un residuo líquido que se puede reutilizar o verter al alcantarillado previa verificación de tratamiento UV.

En Colombia algunas IPS utilizan estos biodegradadores. En la Figura 11 se presentan las ventajas y desventajas de este tratamiento.

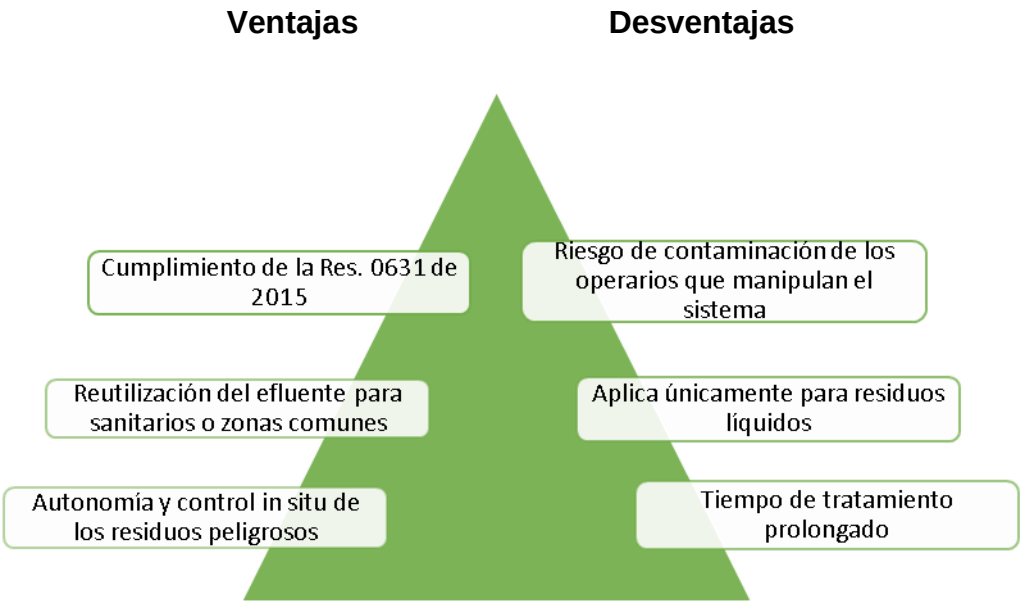


Figura 11. Ventajas y Desventajas del Tratamiento por biodegradación.

Fuente: Diseño propio basado en Segundo seminario internacional sobre contaminantes orgánicos persistentes – (Cardozo, 2020).

- ✓ Tratamiento con plasma térmico: Es un proceso que convierte materia orgánica en gas sintético, electricidad, escoria mediante el uso de plasma. Un soplete de plasma alimentado con un arco eléctrico es utilizado para ionizar gas y catalizar la materia orgánica en gas sintético y residuos sólidos. Comercialmente es utilizado como una forma de tratamiento de residuos y ha sido probado con hidrocarburos.

  No se tiene conocimiento de este tipo de tratamiento en Colombia. En la Figura 12 se presentan las ventajas y desventajas de este tratamiento.

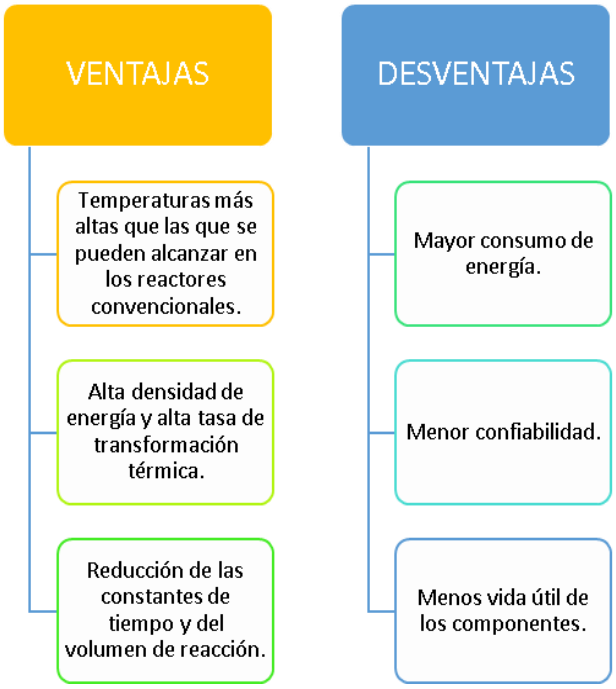


Figura 12. Ventajas y Desventajas del Tratamiento con plasma térmico.

Fuente: Diseño propio basado en Segundo seminario internacional sobre contaminantes orgánicos persistentes – (Cardozo, 2020).

Después de realizar el tratamiento para eliminar la característica de peligrosidad de los RcRBOI y con el objetivo de reutilizar estos elementos, se debe hacer un control microbiológico para verificar el proceso de esterilización. Algunas recomendaciones para este control son:

- ✓ Los equipos usados para los procesos de tratamiento de residuos de atención en salud deben ser calibrados una vez al año para garantizar que el material allí tratado sea estéril.
- ✓ El proceso de esterilización debe ser monitoreado con una frecuencia de al menos una vez al mes.
- ✓ El uso de controles químicos (cinta esterilométrica) es obligatorio en todo el material a tratar para monitorear el proceso de autoclavado y de esta manera aceptar o rechazar los lotes de esterilización.
- ✓ Debe hacerse un monitoreo de bacterias injuriadas en el material tratado por lo menos dos veces al año.

En Colombia, de la generación total de residuos en el país el 11,3% son RcRBOI (cifras del 2010 al 2017 – Ministerio de Ambiente). Existen 2.000 establecimientos que se encuentran registrados como gestores de este tipo de residuos, de los cuales 195 empresas abarcan el 80% de la generación total. Es importante tener en cuenta que el umbral colombiano para el registro de residuos peligrosos es de 10 kg/mes, por lo tanto, muchos establecimientos de salud no cumplen con el umbral y no están obligados a registrarse en el registro de residuos peligrosos.

Después de realizar el tratamiento para eliminar la característica de peligrosidad de los RcRBOI y con el objetivo de reutilizar estos elementos, se debe hacer un control microbiológico para verificar el proceso de esterilización. Algunas recomendaciones para este control son:

- ✓ Los equipos usados para los procesos de tratamiento de residuos de atención en salud deben ser calibrados una vez al año para garantizar que el material allí tratado sea estéril.
- ✓ El proceso de esterilización debe ser monitoreado con una frecuencia de al menos una vez al mes.
- ✓ El uso de controles químicos (cinta esterilométrica) es obligatorio en todo el material a tratar para monitorear el proceso de autoclavado y de esta manera aceptar o rechazar los lotes de esterilización.
- ✓ Debe hacerse un monitoreo de bacterias injuriadas en el material tratado por lo menos dos veces al año.

Teniendo en cuenta la regulación colombiana, los tipos de tratamiento para gestionar RcRBOI y los controles a aplicar para el aprovechamiento de estos, se realizó un benchmarking como herramienta de evaluación (Cárdenas, 2006) con el fin de conocer las soluciones o estudios realizados en otros países para la problemática presentada, encontrando lo siguiente:

En Japón, se realizó una encuesta a 645 oficinas de enfermería sobre la manera en la cual se gestiona la recolección de residuos de atención médica domiciliaria. Los resultados muestran que las jeringuillas y agujas usadas, exceptuando las agujas de auto inyección tipo bolígrafo, fueron recolectadas por más del 50% de las enfermeras de atención médica domiciliaria. En Japón los municipios son los responsables de la recolección de los residuos generados por la atención médica domiciliaria pero los elementos contopunzantes o con riesgo biológico o infeccioso deben ser recogidos por los médicos o enfermeras de atención en salud domiciliaria. En las grandes ciudades la tasa de recolección de las jeringas es baja a comparación de las ciudades pequeñas (Ikeda, 2017).

Las enfermeras que realizan su labor con atención médica domiciliaria pueden influenciar positivamente a los pacientes con diabetes para la correcta disposición de sus residuos, de igual manera, ellas mismas pueden disponer de ellos ya que no necesitan licencia de transporte debido a que los residuos no superan las 50 libras (Gold & Schumann, 2007).

En Israel, solo el 14% de las personas devuelven los medicamentos que no fueron gastados a las farmacias de la Organización de Mantenimiento de la Salud ya que la normatividad del país no lo exige. Sin embargo, se evidencia que en otros países existen programas de recolección de residuos médicos domésticos ya sea porque el usuario lleva el residuo a un centro de atención en salud o porque se aplica la política de “quien contamina paga” y esto obliga a los fabricantes de los productos a realizar la recolección y destrucción de estos residuos (Barnett-Itzhaki et al., 2016).

En Estambul, se realizó un estudio a 40 pacientes con úlceras de pie diabético dando como resultado que el 90% de los diabéticos utilizaban insulina como su tratamiento principal y el 86,1% de ellos se inyectaban dos o más veces al día. El 80,6% indicaron que realizaban la disposición de las agujas en la basura doméstica sin ninguna separación de otro tipo de residuos, de igual manera, el 86,1% de los pacientes afirmó que arrojaba su basura del hogar a los contenedores públicos. El 87,5% informó que desechaban de la misma manera las lancetas utilizadas para medir los niveles de glucosa en la sangre. Por otra parte, se evidenció en el estudio que el 80% de los pacientes no recibió una capacitación adecuada sobre la manera en la cual se deben eliminar los residuos médicos generados en sus lugares de residencia (Bicer PhD, RN, 2019).

En Nueva Delhi, se realizó un estudio a 303 hogares de diabéticos tipo 2 para identificar los factores que repercuten en las prácticas sobre la disposición de residuos cortopunzantes. El 84,1% manifestó que desechaban estos residuos en la basura de sus hogares y solo el 16,9% le informaba a los recolectores de

basura que en sus residuos se encontraban elementos punzantes que podrían llegar a ser infecciosos (Raina, 2010).

En Pakistán, se realizó un estudio en las clínicas para diabéticos en donde se incluyeron todos los pacientes con más de un mes con tratamiento de insulina para un total de 375 participantes. El 88,3% de los pacientes utilizaban jeringas para aplicarse la insulina y el 92% desechaban estos residuos directamente en el bote de la basura de su hogar (Ishtiaq et al., 2012).

En Estados Unidos, aproximadamente 21 millones de personas tienen diabetes y requieren de un régimen que incluya 2 tipos diferentes de insulina que no se pueden aplicar con la misma jeringa, es decir que en promedio se requieren 4 jeringas de insulina al día, esto sin contar que de 4 a 10 veces al día los pacientes se miden sus niveles de glucosa mediante lancetas, lo que aumenta el número de residuos cortopunzantes generados en el hogar (Gold & Schumann, 2007).

En un estudio realizado por educadores de la diabetes en Estados Unidos se evidenció que el 93% de los encuestados desechaban sus agujas de insulina directamente en la basura, el 3% declaró que las arrogaban al retrete y solo el 4% manifestó que disponían de estos residuos mediante un guardián el cual es un contenedor resistente a los pinchazos (Gold & Schumann, 2007).

La Agencia de Protección Ambiental en diciembre de 1998 en Estados Unidos publica la guía “Disposal Tips for Home Health Care” en la que se establece el manejo que se le deben dar a los residuos cortopunzantes generados en los hogares. Se indica que deben ser almacenados e identificados en contenedores especial (Cárdenas, 2018).

En Estados Unidos es habitual que los pacientes depositen sus agujas, jeringuillas y otros residuos médicos en la basura de su comunidad. Posteriormente, estos residuos son transportados a un centro de recuperación de materiales y se clasifican entre material reciclable y residuos sólidos. Esta separación es importante ya que disminuye el riesgo a los trabajadores de tener lesiones con cortopunzantes siendo este tipo de lesiones por pinchazo de aguja una de las tres principales que se registran en los centros de recuperación de materiales (Gold, 2011).

A menudo, a las personas con diabetes no se les indica cómo desechar adecuadamente las agujas que utilizan en la aplicación de insulina, sin embargo, en algunos casos los centros de salud les brindan el guardián para sus disposición, pero, no se toman las medidas necesarias para eliminarlo de manera segura. Anteriormente, los hospitales y consultorios médicos solían aceptar

residuos cortopunzantes, pero, debido al alto costo de su tratamiento y disposición, este servicio ya no se ofrece a los pacientes con diabetes (Gold & Schumann, 2007).

Como aspecto positivo, un número cada vez mayor de instalaciones públicas, como aeropuertos y hoteles, ofrecen soluciones para la eliminación de agujas utilizadas en sus instalaciones (Gold & Schumann, 2007).

En los estados de Oregon y Wisconsin llevan más de una década prohibiendo la eliminación de residuos médicos en la basura doméstica. En Nueva York la ley exige que todas las residencias de ancianos y hospitales reciban los residuos cortopunzantes, por lo tanto, las personas que requieren de agujas por causa de la diabetes tienen formas seguras de deshacerse de ellas. Sin embargo, no es común tener esa facilidad en la disposición de las agujas, en realidad, la gran mayoría de las personas que sufren esta enfermedad no disponen de opciones de eliminación segura en su propia comunidad (Gold & Schumann, 2007).

El éxito de los programas de recolección de residuos domésticos peligrosos depende de la participación de los pacientes en la separación y clasificación de los mismos en sus hogares (Lim-Wavde et al., 2019).

En Sudáfrica, se realizó un estudio a 132 pacientes diabéticos que utilizaban insulina encontrando que cada mes generaron 850 agujas, las cuales se reutilizaron entre 2 y 20 veces. En cuanto a la disposición de las agujas utilizadas, el 88% de los pacientes las desecharon directamente en la basura doméstica, 6% las tiraron por el inodoro y 3% enterraron las agujas, es decir que, solo el 2,2% de los pacientes dispusieron correctamente de sus residuos cortopunzantes devolviéndolos a los hospitales en contenedores resistentes a la punción. Como punto a resaltar, solo el 3,8% de los encuestados informó que recibió algún tipo de capacitación para la correcta eliminación de los residuos cortopunzantes (Govender & Ross, 2012).

Otro estudio realizado a 105 pacientes con diabetes mellitus dio como resultado que el 57.1% de los pacientes realizaban la eliminación de las jeringas directamente en la basura doméstica. Asimismo, se desprende del estudio que el 93,3% de los pacientes reutilizaron agujas de insulina. Por otra partes, los pacientes que recibieron instrucciones de las enfermeras sobre cómo deshacerse de estos desechos tenían 21 veces más probabilidades de hacerlo correctamente. (Cunha et al., 2017).

No todas las personas con diabetes siguen escrupulosamente los procedimientos de eliminación seguros. Un estudio ha demostrado que solo el 33% de los objetos

punzantes usados van en contenedores hechos específicamente para la eliminación de objetos punzantes; el 12% va a una botella o cartón de leche vacío, el 46% va directamente a la basura después de volverse a tapar y el 3.5% va a la papelera sin ni siquiera volverse a tapar. El cuestionario de técnicas de inyección realizado a 13.289 diabéticos pertenecientes a 42 países diferentes menciona que el 15% de los encuestados admiten que personas cerca de su entorno pueden pincharse accidentalmente con las agujas utilizadas para inyectar la insulina. De igual manera, se preguntó como desechaban estos cortopunzantes usados y el resultado fue que la gran mayoría terminan en la basura general (Frid et al., 2016) aumentando la contaminación ambiental que, causados por la eliminación inadecuada de los residuos domésticos peligrosos, pueden extenderse por las zonas geográficas aledañas (Lim-Wavde et al., 2019).

En la ciudad de Bogotá se diseñó un modelo para la recolección de residuos hospitalarios de los hogares de la localidad de Engativá, inicialmente se incentivó a realizar la separación de los residuos de manera correcta con el fin de almacenar los residuos biosanitarios en puntos especializados denominados puntos rojos los cuales se ubicaron en las grandes cadenas de droguerías. El modelo plantea que allí estos residuos son recolectados por una empresa gestora de residuos peligrosos (Cárdenas, 2018).

De acuerdo con lo establecido en el manual para el manejo de residuos hospitalarios en Colombia, los contenedores de residuos cortopunzantes deben tener cierre hermético, tapa ajustable o de rosca, boca angosta, paredes gruesas, deben ser desechables y preferiblemente de polipropileno de alta densidad (Cárdenas, 2018).

El basurero Doña Juana tiene su licencia vigente hasta el 2022, por lo tanto, hay que evitar la generación de tantos residuos y buscar la disposición correcta de los mismos (Cárdenas, 2018).

Como lo podemos evidenciar, la gestión de los residuos generados por el tratamiento de la diabetes en los hogares es un tema de preocupación a nivel mundial y se le debe dar solución por el bien del medio ambiente. Hay una tendencia marcada a eliminar este tipo de residuos directamente en la basura de los hogares, sin ninguna protección ni separación, de igual manera, se evidencia que hay una mínima capacitación a los pacientes respecto a la forma adecuada de realizar la disposición de estos residuos identificándose una oportunidad de mejora en las políticas de salud pública enfocadas en la educación para la gestión de estos residuos. Por consiguiente, la temática se presenta como una oportunidad de investigación para brindar una alternativa segura de manejo de cortopunzantes generados en los hogares.

1.3 Revisión de la Literatura

Con el propósito de darle solución a la problemática presentada se implementan las metodologías de Design Thinking y Systemic Design las cuales se han utilizado en las siguientes investigaciones:

1.3.1 Design Thinking

Design Thinking puede ser una herramienta valiosa para rediseñar los sistemas de salud, varios hospitales hoy en día sufren de procesos ineficientes y es debido a que estos no están diseñados correctamente. En el artículo “A design thinking framework and design patterns for hospital pharmacy management” se presenta un modelo de solución para cartografiar y analizar procesos en el entorno sanitario (Chanpuypetch & Kritchanchai, 2020).

Design Thinking también puede ser utilizado en momentos de crisis como la pandemia Covid 19, ya que en estos momentos se requiere romper con los patrones tradicionales. En el artículo “Using design thinking to responde to crises: B2B lessons from the 2020 Covid-19 pandemic” se identificó un proceso de design thinking de tres etapas: interrumpir, desarrollar, entregar y transformar (Cankurtaran & Beverland, 2020).

En cuanto al desperdicio de alimentos en los hogares, el artículo “Creating resilient interventions to food waste: Aligning and leveraging systems and design thinking” presenta diez estrategias prácticas para abordar factores subyacentes que contribuyen al desperdicio de alimentos y producir un cambio más inclusivo, eficaz y sostenible (Lake et al., 2020).

En el diseño de soluciones para el sistema de gestión de residuos orgánicos, Rois et al. aplica la metodología Design Thinking y concluyen que conocer los stakeholders e identificar las necesidades del sistema son condiciones clave para lograr soluciones eficaces (Rois et al., 2020).

1.3.2 Systemic Design

La metodología Systemic Design surgió como un enfoque dinámico de soluciones a escenarios complejos, abarcando contextos económicos, ambientales y sociales (Battistoni et al., 2019).

SD es una metodología integradora e interdisciplinaria capaz de integrar la teoría de sistemas a través de un pensamiento innovador, produciendo conocimiento técnico, habilidades estéticas y expresión creativa. (Jones & Kijima, 2018).

Uno de los grandes temas a abordar en la industria de la salud es la transición del sector a un ambiente más sostenible en el que los diseñadores se involucren de manera activa en el proceso de cambio. El artículo “Systemic Design for Sustainable Healthcare” presenta la aplicabilidad de la metodología por el equipo de investigación Systemic Innovation Design Network del Departamento de Arquitectura y Diseño del Politecnico di Torino y analiza el potencial de aplicabilidad que tiene el enfoque de Diseño Sistémico a la atención médica, como una forma efectiva para lidiar con la complejidad del problema (Barbero & Pallaro, 2017).

El artículo “Systemic Design for Food Sustainability” investiga la contribución en el sector alimentario que tienen las teorías de sistemas en la calidad de vida teniendo en cuenta la complejidad de sus elementos, manteniendo la capacidad ecológica global para generaciones futuras (Schwaninger, 2018).

La mayoría de los modelos existentes de investigación en el sector de la salud son modelos lineales, ya que están basados en la manera que funciona el sistema actual. En el artículo “Systemic design research for hospital laundry” se presenta un modelo que ayuda a identificar las relaciones entre los elementos del sistema, de esta manera se identifican nuevas oportunidades de diseño lo que se refleja en cambios en el sistema (Min & Long, 2014).

1.3.3 Design Thinking y Systemic Design

Teniendo en cuenta lo anterior, esta investigación busca ser un ejemplo de caso exitoso en el uso y combinación de estas metodologías.

Design Thinking diseña desde y hacia el cliente o usuario, pero esta metodología no utiliza los datos de forma sistemática, es decir no desarrolla productos o servicios 100% inteligentes por sí sola (Dinngo, 2021).

Al complementar DT con la metodología SD, se logra construir un modelo basado en el estudio de las relaciones que existen entre las partes del sistema teniendo en cuenta las necesidades de los usuarios e involucrando a cada stakeholder como parte diseñadora de soluciones.

Por otra parte, SD logra un cambio de mentalidad cultural permitiendo ver las situaciones como sistemas, sin embargo, la implementación de la metodología presenta una resistencia al cambio debido al comportamiento natural de los seres humanos. A pesar de esta barrera, SD promete ser de gran utilidad para proyectos enfocados en la reducción de impactos ambientales (Battistoni & Barbero, 2020).

Este proceso de integración de DT y SD, teniendo en cuenta las características y aspectos de valor de cada una de las metodologías, permite que los contextos se comprendan más profundamente con una perspectiva amplia obteniendo soluciones simples a problemas complejos y minimizando el impacto de las barreras de implementación.

De la implementación de este modelo híbrido de metodologías se espera obtener soluciones a problemas complejos como la gestión y aprovechamiento de residuos peligrosos cortopunzantes generados en hogares de los pacientes con diabetes aplicando el concepto de economía circular que, de acuerdo con (Barbero, 2017), genera cambios significativos en el uso de recursos duraderos para evitar que sean convertidos en desechos demasiado pronto.

1.4 Objetivos y Pregunta de Investigación

Objetivo General:

Desarrollar, a través de Design Thinking y Systemic Design, un modelo para la recolección y aprovechamiento de los residuos cortopunzantes con riesgo biológico o infeccioso generados por pacientes con Diabetes en la ciudad de Bogotá.

Objetivos específicos:

- ✓ Identificar, a través de las técnicas de la fase de “empatizar” de Design Thinking, las necesidades de la población respecto a la disposición de los residuos generados por el tratamiento de la Diabetes.

- ✓ Analizar la información recolectada en la primera fase de Design Thinking mediante la implementación de “Holistic Diagnosis” de Systemic Design para el desarrollo de la etapa “definir”.

- ✓ Integrar las necesidades del usuario para generar ideas del modelo de solución mediante Systemic Design en la etapa de “idear” y “prototipar” de Design Thinking con un enfoque en la recolección y aprovechamiento de los residuos.

- ✓ Evaluar el modelo desarrollado luego de haber aplicado las técnicas disponibles de cada una de las 4 primeras etapas de la metodología de Design Thinking. La evaluación se realizará mediante las herramientas propuestas en la etapa “testear” definidas en la metodología.

Pregunta de Investigación

¿Cómo diseñar el modelo de recolección y aprovechamiento de residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso generados por pacientes de Diabetes en la ciudad de Bogotá mediante el uso de Design Thinking y Systemic Design?

1.5 Alcance y Limitaciones

El alcance del proyecto de investigación se localiza en pacientes con diabetes que requieren insulina debido a que este tipo de residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso representan mensualmente para la ciudad de Bogotá un aproximado de 14 millones de agujas de acero inoxidable. Adicionalmente, es una de las enfermedades crónicas más comunes que utiliza tratamientos con cortopunzantes desde los hogares de los pacientes.

El modelo propuesto es un piloto que incluye los actores de recolección, tratamiento y aprovechamiento de los residuos peligrosos realizando un análisis con los stakeholders del sistema. Para este estudio no se realizará la implementación del modelo.

Para la evaluación del modelo se implementan las herramientas de la última etapa de la metodología Design Thinking.

1.6 Metodología

Design Thinking (DT) es una metodología que se centra en entender y dar solución a las necesidades reales de los usuarios. Se empezó a desarrollar de forma teórica en la Universidad de Stanford en California a partir de los años 70. Según Tim Brown, actual CEO de IDEO, el DT es una disciplina aplicada por diseñadores que busca encontrar un punto en el cual las necesidades de los usuarios se acoplen con las herramientas tecnológicas disponibles para crear una estrategia viable de negocio que sea de valor para el cliente y el mercado (Brown, 2012).

El proceso de DT se compone de 5 etapas, las cuales no son lineales y cada una de ellas está compuesta por un conjunto de técnicas o herramientas propuestas por la metodología:

1. Empatizar
2. Definir
3. Idear
4. Prototipar
5. Testear

Empatizar: El proceso de la metodología inicia con el entendimiento de las necesidades del usuario al cual se le está brindando la solución, el objetivo es generar soluciones que sean consecuentes con sus realidades. Para esta etapa se va a realizar un análisis de las técnicas propuestas por la metodología y se seleccionará la que se ajuste para conocer las necesidades de la población respecto a la disposición de los residuos cortopunzantes con riesgo biológico o infecciosos que generan en sus hogares.

Definir: En la segunda etapa de la metodología se analiza la información recolectada y se selecciona lo que realmente aporta valor para el desarrollo de la solución. En esta etapa se va a implementar Systemic Design (SD) a través de Holistic Diagnosis (HD) el cual consiste en realizar un proceso para analizar y representar de manera gráfica todos los factores que influyen en el escenario actual, teniendo en cuenta tanto el contexto adyacente como las conexiones del sistema, permitiendo así identificar las potencialidades y problemas, para así generar la mejor solución (Battistoni et al., 2019).

Idear: Esta etapa tiene como objetivo generar la mayor cantidad de soluciones a la necesidad presentada, a mayor cantidad de ideas mejores resultados innovadores. Para esta etapa se implementará el paso de Systemic Project (SP)

de la metodología de Systemic Design la cual integra el pensamiento sistémico y el diseño centrado en el usuario. El principio fundamental de SD es comprender como las variables de un sistema interactúan entre sí en una situación particular a lo largo del tiempo. En otras palabras, es considerar los problemas como un sistema y analizar la complejidad en función de las conexiones de sus factores. (Barbero & Pallaro, 2017). De igual manera, se complementa esta etapa con la selección e implementación de una de las técnicas propuestas por la metodología Design Thinking.

Prototipar: En la cuarta etapa de la metodología se construyen prototipos para visualizar las ideas de mejor manera, el objetivo es ajustar la solución antes de llegar al resultado final. Para esta etapa se implementará el paso de Análisis de los Posibles Resultados de la metodología de Systemic Design generando un modelo de la situación actual y comparándolo con el modelo propuesto.

Testear: En la última etapa de la metodología se va a evaluar el modelo poniendo a prueba su prototipo con los usuarios, esto permite identificar fallos a resolver y mejoras significativas. Durante esta etapa la idea evoluciona para convertirse en la solución al problema planteado. Para el testeo del modelo propuesto se analizan las diferentes técnicas que la metodología propone y se selecciona la más indicada para esta investigación.

En la Tabla No. 2 se presenta el esquema metodológico que consolida la información presentada anteriormente.

El complementar estas dos metodologías proporciona soluciones para escenarios complejos, teniendo en cuenta que SD permite una identificación de los flujos de entrada y salida del sistema y busca que estas salidas se conviertan en las entradas de otro sistema, que es precisamente el objetivo de aprovechamiento de los recursos. Adicionalmente, DT enmarca el proceso investigativo en 5 características diferenciales o etapas enfocadas al diseño de soluciones innovadoras basadas en necesidades reales de los usuarios.

El abordar problemas complejos dentro de un enfoque transdisciplinario, promueve la conexión entre las metodologías fomentando sinergias entre áreas como el diseño, la tecnología y el desarrollo sostenible, lo cual es necesario para encontrar soluciones creativas y proactivas a cambios complejos e integrales (Battistoni et al., 2019).

Tabla 2. Esquema Metodológico.

Etapas Design Thinking	**Herramientas por utilizar**	**Objetivos de la etapa**	**Resultados de la etapa**
Empatizar	La metodología DT presenta 58 opciones de técnicas las cuales serán estudiadas para seleccionar la adecuada a la investigación.	Entender las necesidades del usuario respecto al problema planteado.	Necesidades y puntos de dolor del proceso actual de la gestión de los residuos cortopunzantes.
Definir	Holistic Diagnosis de la metodología de Systemic Design.	Analizar la información recolectada en la etapa 1 para definir potencialidades y problemas.	Puntos clave de las necesidades de los usuarios para iniciar con el desarrollo de la mejor solución posible.
Idear	Systemic Project de la metodología de Systemic Design y se complementa con 59 opciones de herramientas de DT de las cuales se seleccionará la adecuada para la investigación.	Generar la mayor cantidad de ideas de solución a la(s) necesidad(es) presentada(s).	Lluvia de ideas de soluciones para el desarrollo del modelo del problema planteado.
Prototipar	Análisis de los posibles resultados de la metodología de Systemic Design.	Visualizar las ideas planteadas de la mejor manera con el fin de ajustar la solución y llegar al modelo deseado.	Modelo de solución al problema planteado.
Testear	La metodología DT presenta 25 opciones de técnicas las cuales serán estudiadas para seleccionar la adecuada a la investigación.	Evaluar el modelo propuesto como solución al problema.	Evaluación del modelo desarrollado con el fin de identificar oportunidades de mejora y lineamientos de implementación.

Fuente: Diseño propio adaptado de Dinngo – Design Thinking.

2 Desarrollo del modelo y resultados de la investigación aplicando las metodologías de Design Thinking y Systemic Design

2.1 Implementación y resultados de la Metodología

La metodología Design Thinking se apoya en herramientas y técnicas que pueden usarse en una o más etapas del proceso creativo. Estas herramientas ayudan a descubrir los insights necesarios para realizar con éxito el proyecto, ayudan a seguir un hilo conductor, y potencian la creatividad al mismo tiempo que el análisis.

Con base en la revisión bibliográfica realizada en (Tarsis Lozano, 2021) se determinan las herramientas más utilizadas en cada una de las etapas de la metodología. Para la etapa “Empatizar” las herramientas más utilizadas son las entrevistas y los Focus Groups, en “Definir” se utiliza el mapa de contexto y árbol de problemas, en la etapa “Idear” se utiliza principalmente el Brainstorming; para “Prototipar” se utilizan bocetos y, finalmente, en la etapa “Evaluar” se utilizan herramientas de feedback.

Design Thinking se trata de innovación y para lograr mejores resultados en el proceso creativo, Arana en su “Guía de creatividad en la empresa” plantea que las herramientas visuales potencian la habilidad para generar ideas, alternativas y soluciones a un determinado problema. (Arana et al., 2008).

Con base en lo anterior, se seleccionan las herramientas a utilizar en cada una de las etapas de Design Thinking. Las etapas definir, idear y prototipar se complementan con las herramientas de Systemic Design.

Los siguientes son los criterios de selección de las herramientas:

a. Se descartan las herramientas que no cuentan con una plantilla visual ya que se busca potencializar el proceso creativo y la implementación de herramientas gráficas.

b. Se descartan las herramientas que no están enfocadas al cliente y/o usuario.

En la metodología se proponen herramientas que están enfocadas en los stakeholders, estas no se tienen en cuenta ya que la investigación está dirigida a darle solución a la problemática con enfoque en el cliente y/o usuario, sin embargo, las herramientas seleccionadas serán aplicadas a lo largo de las diferentes etapas a todas las partes involucradas en el sistema.

c. Se priorizan las herramientas que se encuentran categorizadas dentro del grupo de herramientas más utilizadas en cada etapa, buscando que sean herramientas innovadoras y prometedoras que son poco conocidas en el desarrollo de la metodología (Tarsis Lozano, 2021).

Para la selección de las herramientas se consultaron las bases de datos Springer, Science Direct, Scopus, Google Scholar y Scielo teniendo en cuenta un periodo de 10 años en la búsqueda.

En cada una de las etapas de la metodología se detallan las herramientas analizadas y seleccionadas.

2.1.1 Empatizar

Para la etapa “Empatizar”, la metodología ofrece 58 herramientas diferentes de las cuales 19 cuentan con una plantilla para su desarrollo e implementación (Dinngo, 2021)

Dentro de las 19 herramientas con plantillas se descartan las que no cumplen con los criterios de selección definidos y, finalmente, se selecciona una herramienta que permite conocer la experiencia del usuario con el producto y el uso de este.

La herramienta seleccionada es “Entrevistas cualitativas”. En este tipo de entrevistas el objetivo es entender cómo el usuario y los stakeholders interactúan con el producto, la forma de uso y la disposición que se le da. Esta herramienta se centra en obtener información sobre experiencias reales: problemas, necesidades y deseos (Dinngo, 2021).

Esta herramienta de DT es una de las más utilizadas para la primera etapa de la metodología ya que permite identificar las necesidades de las partes involucradas teniendo en cuenta la problemática presentada (Tarsis Lozano, 2021).

Las entrevistas se aplicaron a los usuarios, que son los pacientes con diabetes, y a los stakeholders: doctores que diagnostican y envían el tratamiento para la

enfermedad, personal en droguerías los cuales distribuyen los elementos cortopunzantes, recolectores de residuos, gestores de residuos peligrosos y microbiólogos especializados en esterilización de materiales. La cantidad de participantes, método de contacto y aplicación de las encuestas para cada uno de los stakeholders es diferente y se detalla a lo largo del documento.

Las preguntas efectuadas en las encuestas son de autoría propia y se diseñaron teniendo en cuenta las recomendaciones de la herramienta en el tipo y la formulación de las preguntas para no incidir en las respuestas de los participantes. Cada grupo de preguntas realizadas a los stakeholders se encuentran como anexo del estudio desde el anexo 1 hasta el anexo 7.

Un aspecto importante en la metodología de la investigación es el cálculo de los participantes que se incluyen en el estudio.

En el sector de la salud el tamaño de la población es grande y no es posible analizarla en su totalidad por costos y la logística que esto representa. La muestra permite estudiar solo una parte de la población la cual es representativa para el alcance del estudio (López, 2004).

Para muestras de estudios piloto se recomiendan entre 30 y 50 participantes en total los cuales deben clasificar dentro de las características que se desean medir en la población objetivo (García-García et al., 2013).

Un estudio se considera piloto cuando sus resultados pueden ser replicables a mayores escalas. Asimismo, son estudios enfocados en probar aspectos metodológicos que permitan anticiparse al funcionamiento de las propuestas y eviten invertir grandes cantidades de recursos en investigaciones con muestras de mayor magnitud (Díaz-Muñoz, 2020).

Por lo anterior, en este estudio el tamaño de las muestras fue entre 3 y 17 personas para cada uno de los actores involucrados en el sistema. Es decir, un total de 52 participantes en las 8 encuestas realizadas a los diferentes stakeholders.

La muestra se considera representativa y replicable en la ciudad de Bogotá ya que, teniendo en cuenta las características de un estudio piloto, en esta investigación se implementa la combinación de las metodologías de DT y SD en el marco del sector médico siendo una propuesta innovadora que debe ser probada

y de la cual se generarán estudios complementarios más complejos que permitan robustecer los resultados.

Por otra parte, los usuarios participantes en el estudio se encuentran dentro de la población objetivo, es decir, están ubicados en la ciudad de Bogotá, tienen diferentes experiencias en cuanto a los métodos de aplicación de la insulina, presentan tiempos variados de diagnóstico, amplio rango de edades y hay una buena participación tanto de hombres como de mujeres siendo un grupo diverso que se compone de las casuísticas que los pacientes con diabetes pueden presentar, por lo tanto, es una muestra replicable a los demás pacientes de la ciudad de Bogotá.

El detalle de los participantes por cada stakeholder se encuentra en la Tabla 3.

Tabla 3. Participantes etapa "Empatizar"

Stakeholders	No. de participantes
Pacientes con diabetes	17
Personal médico	12
Microbiólogos	3
Farmacias	5
Gestores de residuos peligrosos	3
Recolectores de residuos	4
Empresa de servicios para respel	1
Metalúrgicas y fundidoras de metal	7

Fuente: Diseño propio.

En muestreos probabilísticos se debe tener en cuenta la voluntad de los participantes de la investigación. Se espera que la cantidad de participantes iniciales disminuya levemente en el transcurso del estudio, esto es esperable y en principio no tendría por qué afectar la representatividad y validez de la muestra (Argibay, 2009).

El muestreo del estudio se considera probabilístico ya que las encuestas se realizaron al azar a los diferentes stakeholders considerando la voluntad de los participantes en la investigación.

Otro punto importante para tener en cuenta en el muestreo del estudio es el sesgo. Una encuesta presenta menor sesgo cuando se aplica diversificando las ubicaciones, medios y horarios donde se entrevistan a los participantes (Argibay, 2009).

En esta investigación la encuesta a los usuarios se divulgó mediante redes sociales. Con respecto a la encuesta aplicada a doctores y microbiólogos se utilizó el voz a voz mediante los mismos profesionales de la salud que participaron en el estudio.

De manera presencial se realizaron las encuestas a las droguerías y recolectores. Se aplicaron diversificando las ubicaciones y horarios.

En cuanto a los gestores, se remitió la encuesta a los contactos relacionados en el Ministerio de Ambiente.

Por la forma de selección de los participantes de las encuestas se evidencia que las muestras son significativas ya que, si los sujetos de la población tuvieron la misma posibilidad de ser seleccionados e incluidos en el estudio se considera una muestra representativa (Otzen & Manterola, 2017).

De igual manera, en las encuestas se aplica un diseño secuencial en donde se pretende minimizar el número de pacientes a incluir en el estudio, ya que la decisión de continuar reclutando a individuos se basa en el resultado obtenido de los que ya han entrado (Marrugat et al., 1998).

Para estudios clínicos con tiempos de evaluación cortos existe la posibilidad de obtener respuesta rápidas mediante un diseño secuencial o un estudio experimental con un solo caso (Marrugat et al., 1998).

Las encuestas se aplicaron de manera simultánea a los siguientes stakeholders:

1. Personal de salud – médicos.
2. Farmacias.
3. Gestores de residuos peligrosos.
4. Microbiólogos.

5. Recolectores de residuos.
6. Empresa Ecocapital.
7. Pacientes con diabetes (usuarios).

Con respecto a las metalúrgicas y fundidoras de metal, las encuestas se aplicaron posteriormente ya que este stakeholder se identificó en una etapa adelante en la metodología.

Encuesta dirigida a médicos

Para la encuesta dirigida a médicos que diagnostican la enfermedad y formulan el tratamiento respectivo, se enfocó el estudio en médicos demográficamente ubicados en la ciudad de Bogotá, sin sesgo en el tipo de especialidad o años de experiencia. Con estos criterios se obtuvieron 12 participantes de manera voluntaria contactados mediante redes sociales y utilizando el voz a voz entre los profesionales de la salud, por otra parte, se aplicó la encuesta mediante Forms.

Las preguntas se enfocaron en el tratamiento formulado al paciente, el impacto que este tiene en la generación de residuos y en el conocimiento en gestión de residuos peligrosos.

En primera instancia, se indagó en el método de aplicación de la insulina. Existen tres métodos diferentes para la aplicación de la insulina, los cuales son: bomba de insulina, bolígrafos de insulina y jeringas; en cuanto a los bolígrafos existen los desechables y los recargables.

Estos métodos pueden combinarse dependiendo de la necesidad del paciente y del tratamiento requerido para el manejo de la enfermedad.
En general se evidencia que los bolígrafos son la opción más recomendada por parte de los profesionales de la salud. Este elemento requiere de una aguja hipodérmica para la aplicación de la insulina.

Al ser una pregunta de opción múltiple se evidencia que uno de los participantes opta por dar dos opciones a los pacientes las cuales son bomba de insulina y bolígrafos de insulina desechables. Los resultados de esta pregunta se evidencian en la Figura 13.

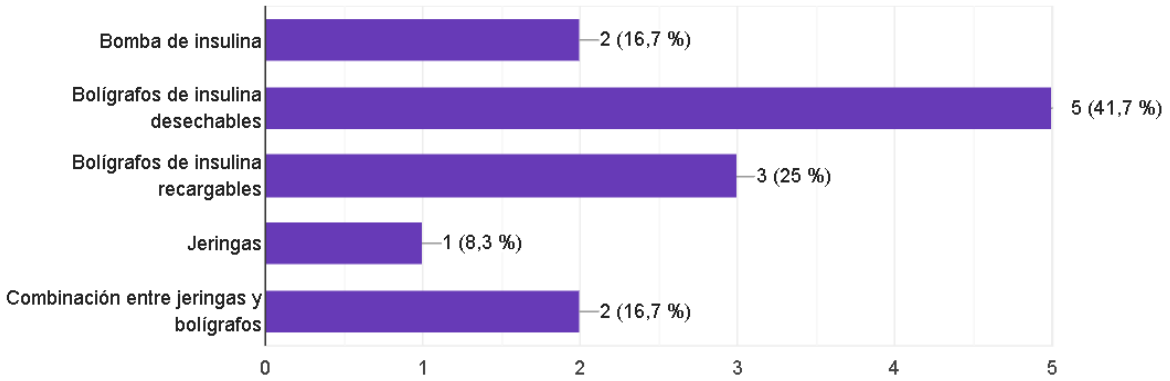


Figura 13. Resultados preferencia de diagnóstico para el método de aplicación de insulina.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la encuesta – etapa “Empatizar”.

Al profundizar en el motivo por el cual recomiendan cada método de aplicación de la insulina se realiza una pregunta abierta con el fin de no sesgar las respuestas dadas por los médicos participantes de la encuesta.

En general el motivo por el cual se priorizan los bolígrafos para suministrar insulina es por la facilidad en la aplicación y seguridad de la dosis al momento de la inyección.

Sin embargo, uno de los participantes manifiesta que no tenía conocimiento que existían bolígrafos recargables.

Al momento de recomendar un método para el tratamiento, cada profesional de la salud considera diferentes aspectos los cuales se evidencian en la Figura 14.

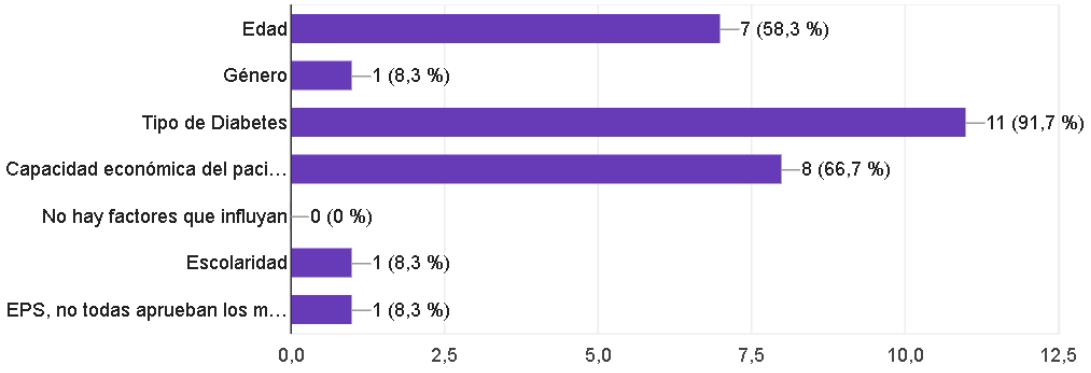


Figura 14. Resultados de los aspectos importantes para el diagnóstico del tratamiento con insulina.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la encuesta – etapa “Empatizar”.

El factor principal para determinar el tratamiento es el tipo de diabetes ya que la tipo 1 es insulinodependiente, en cambio, la tipo 2 es posible manejarla con dieta y ejercicio. Posteriormente le sigue la capacidad económica del paciente ya que ciertos métodos son más costosos que otros y no son cubiertos por el sistema de salud. Finalmente, el tercer factor importante es la edad debido al cuidado que se debe realizar en la dosis a suministrar.

Una vez definido el tratamiento, el método a utilizar y los factores que impactan en estas decisiones se averiguó sobre el impacto que estas decisiones tienen en la cantidad de agujas que se requieren al día para llevar a cabo el tratamiento, los resultados se presentan en la Figura 15.

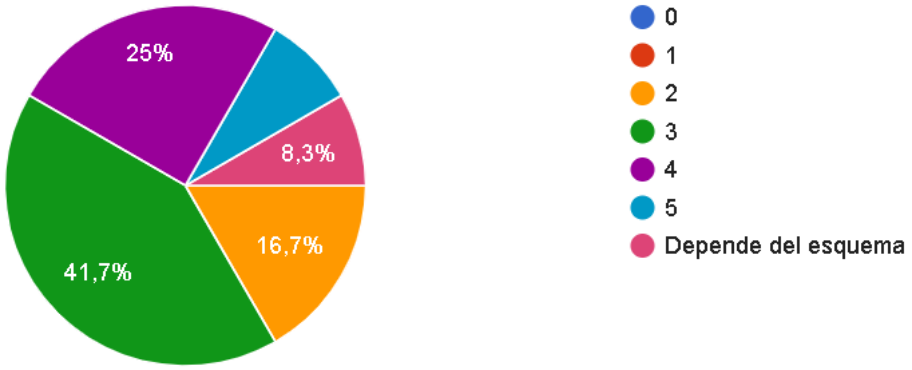


Figura 15. Resultados cantidad de agujas requeridas para tratamiento de la diabetes.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la encuesta – etapa “Empatizar”.

5 de los 12 participantes, equivalente al 41,7%, contestaron que al día se requieren 3 agujas para aplicar la insulina, 3 participantes (25%) consideran que se requieren 4 agujas al día, 2 participantes (16,7%) consideran que se requieren 2 agujas al día, 1 de los participantes (8,3%) contestó que utiliza 5 agujas al día para la administración del tratamiento y, finalmente, el último participante, equivalente al 8,3%, considera que depende del esquema formulado.

En cuanto a los residuos generados por el tratamiento, el 75 % de los participantes manifestaron que tienen conocimiento de la forma correcta de disposición de este tipo de residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso y que les transmiten este conocimiento a sus pacientes. La indicación dada a los pacientes es que estos residuos se deben depositar en guardianes, sin embargo, no tienen

conocimiento del lugar al cual se pueden llevar estos residuos para gestionarlos correctamente.
Para los 3 participantes (25%) que no tienen conocimiento de la manera que se desechan este tipo de residuos se les preguntó si estarían dispuesto a recibir capacitación en el tema para poderlo compartir con sus pacientes a lo que todos contestaron de manera afirmativa.

Finalmente, se realizaron dos preguntas enfocadas en el sistema de salud y las facilidades que se les brinda a los pacientes para la gestión de este tipo de residuos.

La primera pregunta se enfoca en los elementos que el sistema de salud facilita a los pacientes para la disposición de elementos cortopunzantes. El 58.3% de los participantes declararon que el sistema de salud no proporciona ningún elemento para este propósito, el 25% declararon que si se proporcionan los elementos necesarios y el 16.7% manifiestan que no tienen conocimiento. Estos resultados se evidencian en la Figura 16.

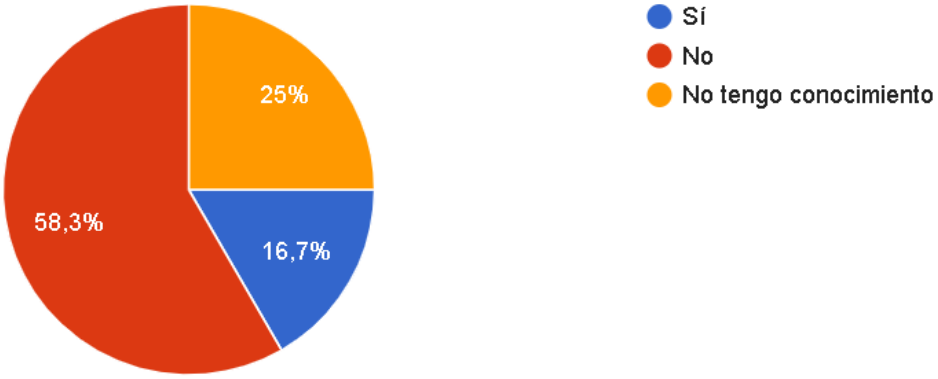


Figura 16. Resultados elementos dados por el sistema de salud para la disposición de cortopunzantes.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la encuesta – etapa “Empatizar”.

Con respecto a la recolección de los residuos cortopunzantes generados, el 41.7% de los participantes manifestaron que el sistema de salud no los recibe para gestionarlos, el 25% informó que si se reciben para gestión y el 33.3% indicó que no tienen conocimiento. Estos resultados se evidencian en la Figura 17.

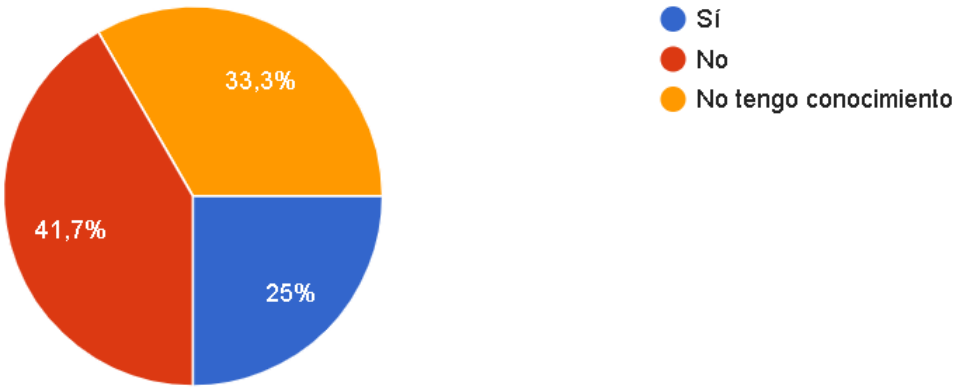


Figura 17. Resultados recolección de residuos cortopunzantes por el Sistema de Salud.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la encuesta – etapa “Empatizar”.

En las últimas dos preguntas se evidencia una oportunidad de mejora en la gestión de residuos peligrosos generados por pacientes en sus hogares. Una vez que son entregados los elementos cortopunzantes a los pacientes no se facilita el guardián o elemento necesario para su disposición y no se realiza una trazabilidad ni seguimiento de estos residuos generados para darles una correcta disposición.

Encuesta dirigida a farmacias

La encuesta realizada a establecimientos de entrega de medicamentos se aplicó a cinco entidades de manera presencial ubicadas en la ciudad de Bogotá:

- Cruz Verde
- Droguerías Cafam
- Farmatodo
- Droguerías Colsubsidio
- Droguerías Santa Rosa

Como primera instancia si investigó sobre el método más común utilizado por los pacientes para la aplicación de la insulina, obteniendo los resultados de la Figura 18.

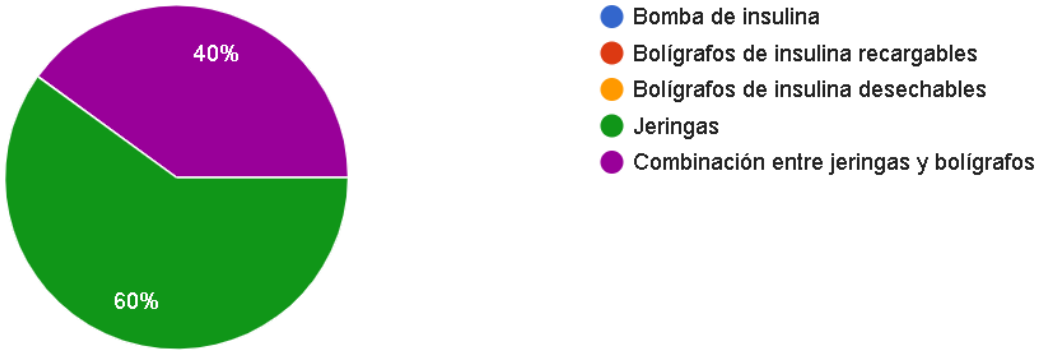


Figura 18. Resultados del método más solicitado en farmacias por pacientes para la aplicación de insulina.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la encuesta – etapa “Empatizar”.

Se evidencia que únicamente se hace entrega de jeringas y bolígrafos en las farmacias más grandes de la ciudad de Bogotá.

Al profundizar un poco en la razón por la cual no se realiza entrega de bombas de insulina los encuestados manifestaron que ese elemento requiere de su instalación en un centro médico especializado, en cambio, las jeringas y los bolígrafos son manipulados directamente por el paciente.

Con respecto a la disposición de los residuos cortopunzantes generados por la aplicación de insulina, las entidades participantes en la encuesta manifestaron que tienen conocimiento de la forma correcta en la que se deben disponer, sin embargo, el 20% manifestó que no comparte esta información con el paciente al momento de hacer la entrega y el 80% indicó que solo lo comparte cuando el cliente lo pregunta. Sin embargo, todos estarían dispuestos a dar la información al tener una capacitación al respecto.

Al profundizar en la instrucción que se le da al paciente para la disposición de los residuos los encuestados manifestaron que debe ser en un guardián, pero no tienen conocimiento del lugar al cual pueden llevar ese guardián para la gestión de los residuos.

Para la adquisición del guardián, el 40% de los participantes manifiestan que no lo tienen para venta en sus instalaciones y el 60% de las entidades encuestadas que si lo tienen disponible manifiestan que no es un producto que rote frecuentemente en el inventario.

Finalmente, en ninguna de las 5 farmacias encuestadas, las cuales son de las más grandes de la ciudad, reciben residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso para gestionarlos. Sin embargo, si se reciben otro tipo de residuos como lo son medicamentos vencidos.

Esto evidencia una gran dificultad para el usuario que necesita disponer residuos cortopunzantes ya que no hay un lugar accesible para que un gestor realice una recolección y gestión de estos elementos.

Encuesta dirigida a gestores de residuos peligrosos

La encuesta dirigida a los gestores de residuos peligrosos obtuvo una participación de tres entidades y fueron contactados mediante Forms. A las entidades a las cuales se les remitió la encuesta son las relacionadas en la página del Ministerio de Ambiente.

Como primera pregunta se indagó en el tipo de gestión que se les realiza a los residuos. Uno de los gestores manifestó que realiza recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final; el segundo gestor manifestó que efectúa incineración en los residuos y el tercer gestor mencionó que normalmente se mandan a incinerar pero actualmente se está llevando a cabo una prueba piloto que consiste en: triturar los guardianes, realizar el proceso de esterilización por autoclave y luego disponerlas en unas canecas metálicas con encamado de cemento de 5cm y selladas, en el relleno sanitario.

Se evidencia que ninguno de los gestores realiza el aprovechamiento del residuo ya que el tratamiento con incineración destruye por completo la materia prima y el remanente de este tratamiento se dispone en rellenos sanitarios.

En segunda instancia, se consultó por el tratamiento que estas entidades consideran viable para aplicarle a residuos peligrosos cortopunzantes y así quietarles su característica de peligrosidad. Las respuestas se evidencian en la Figura 19, se debe tener en cuenta que fue una pregunta de selección múltiple:

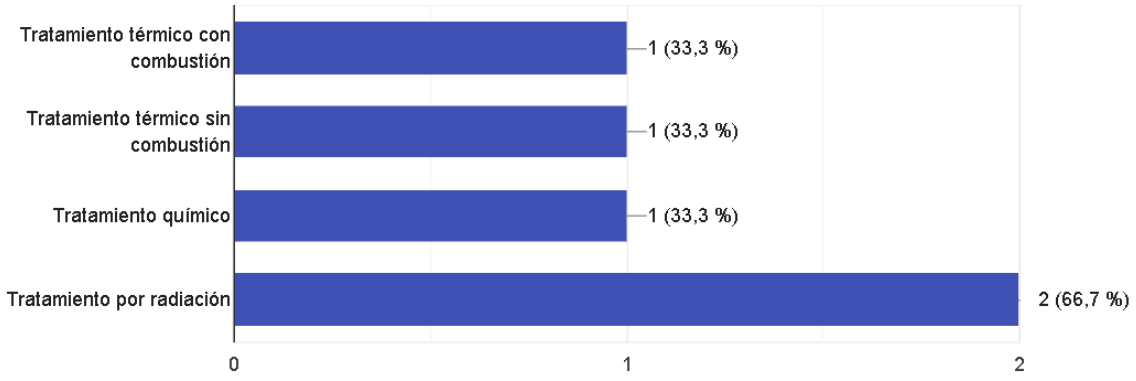


Figura 19. Resultados de los tratamientos viables aplicables a los residuos para esterilización según microbiólogos.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la encuesta – etapa “Empatizar”.

Es importante destacar que, hasta el momento, el tratamiento por radiación no se encuentra disponible en Colombia.

Una vez esterilizado el residuo, el 66.7% de los participantes manifestaron que es viable el aprovechamiento del material, es decir, el acero inoxidable.

El gestor que no lo ve viable manifiesta que en este tipo de residuos se presenta un incremento de la accidentalidad por la mala clasificación por parte del generador. Adicionalmente, se presentan dificultades para la trituración y separación de los residuos lo cual impide el aprovechamiento de la materia prima.

Encuesta dirigida a microbiólogos

La encuesta se dirigió mediante Forms a tres microbiólogos especializados en estudios de esterilización que fueron contactados mediante el voz a voz entre los profesionales de salud.

Como primer paso se contextualizó del tipo de residuo a tratar y se consultó por la viabilidad de un tratamiento de esterilización y reutilización de material obteniendo como resultado que el 66.7% consideran que si es viable.

El profesional que no vio viable realizar un tratamiento para esterilizar y reutilizar el acero inoxidable de las agujas manifestó que:

> *“porque los procesos de esterilización no siempre son satisfactorios y los pacientes con diabetes son muy delicados en cuanto a heridas, y si se llegan a someter a algún implemento mal esterilizado pueden correr riesgos más altos.”*

Al aclararle al profesional que el material sería utilizado en otro tipo de elementos estuvo de acuerdo en que es viable la reutilización.

Uno de los aspectos más importante de la esterilización es el tratamiento utilizado, los tres microbiólogos que contestaron la encuesta sugieren que el tratamiento térmico con combustión es el más adecuado para garantizar la esterilización del material, sin embargo, con este método se dificulta el aprovechamiento de la materia prima.

Por último, el método que por unanimidad consideran el adecuado para determinar la carga microbiológica en las agujas utilizadas es el análisis de recuento microbiano.

Encuesta dirigida a recolectores de residuos

Para la encuesta dirigida a los recolectores de residuos se obtuvieron 4 participantes: un reciclador, un todero en un edificio de la ciudad de Bogotá y dos recolectores de residuos por parte de la Alcaldía de Bogotá. La encuesta se aplicó de manera presencial a cada uno de los voluntarios.
Primeramente, se investigó sobre la frecuencia de bolsas rojas en los residuos recolectados. En todos los casos manifestaron que no es frecuente encontrar separación de residuos con una identificación de colores en bolsa.

Sin embargo, en caso de encontrar una bolsa roja con residuos peligrosos, todos los participantes manifestaron que los han capacitado para darle un manejo adecuado.

El manejo que se le da a este tipo de elementos es la separación de la bolsa o contenedor rojo para evitar el contacto con este tipo de residuos y disminuir accidentes, no obstante, los participantes en la encuesta indicaron que no tienen conocimiento de la empresa que realiza la recolección de estos elementos para darle un tratamiento adecuado.

Un aspecto importante por resaltar es que el 50% de los participantes manifestaron haber presentado accidentes con elementos cortopunzantes encontrados en residuos orgánicos. Si bien, no es común que se presente este

tipo de accidentes ya que el elemento que se manipula generalmente es el contenedor de basuras y se realiza con elementos de protección personal.

Estos accidentes en su totalidad han sido reportados a las empresas respectivas, sin embargo, uno de los participantes manifestó que no se realizó exámenes médicos ya que no le brindaron el tiempo para hacerlo y se vio la necesidad debido a que no se presentaron síntomas de alerta.

Encuesta dirigida a Ecocapital

Ecocapital es una empresa dedicada a la recolección y gestión de residuos peligrosos. La encuesta a esta compañía se realizó de manera presencial en sus instalaciones.

En primera instancia se investigó sobre los clientes a los cuales la entidad le presta el servicio de recolección y gestión de residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso, obteniendo los resultados de la Figura 20.

Ecocapital presta el servicio a entidades de salud, personas que contratan el servicio de manera particular y solicitudes que se presentan para espacios públicos. Siendo de menor frecuencia los servicios particulares en los hogares.

El servicio prestado a estos clientes es la recolección, incineración y disposición de los residuos en rellenos sanitarios.

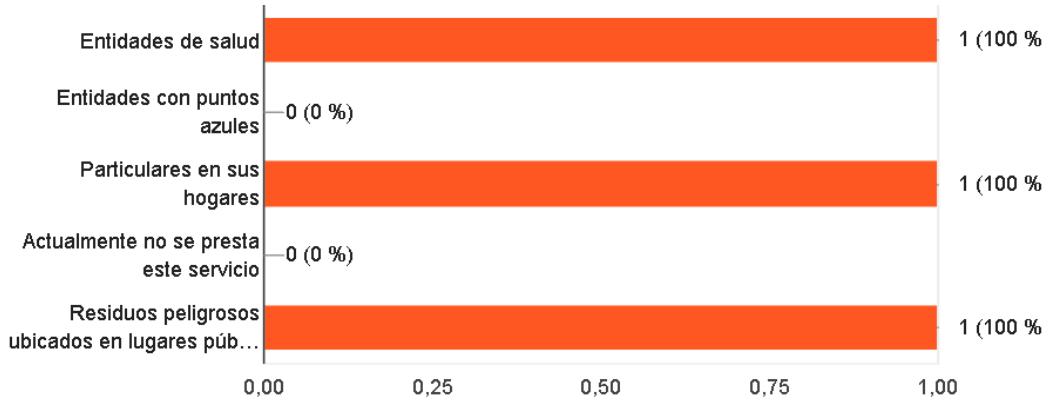


Figura 20. Resultados de los tipos de cliente que solicitan servicio de recolección para residuos cortopunzantes.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la encuesta – etapa “Empatizar”.

Cabe destacar que, las entidades con puntos azules únicamente reciben medicamentos vencidos, por lo tanto, no son puntos que apliquen para recolección de residuos cortopunzantes.

Ahora bien, estos residuos cortopunzantes por su característica de peligrosos deben estar en un guardián o bolsa roja al momento de la recolección y al tratarse de cortopunzantes es importante que se recolecten con su tapa protectora para evitar accidentes.

En cuanto a la viabilidad de realizar una ruta para la recolección de residuos cortopunzantes en hogares de pacientes con Diabetes, la entidad manifiesta que es posible prestar el servicio de recolección puerta a puerta en hogares, definiendo frecuencia de entrega y forma de recolección. El servicio prestado es de pago.

Posterior a la recolección del residuo se debe aplicar un tratamiento que permita eliminar la característica de peligrosidad, para esto la entidad considera que los tratamientos adecuados serían el térmico con combustión y sin combustión tal como se muestra en la Figura 21.

Los tratamientos recomendados son los más utilizados en el país. El tratamiento térmico sin combustión permite la posibilidad de realizar el aprovechamiento del material ya que no se destruye como en el tratamiento térmico con combustión.

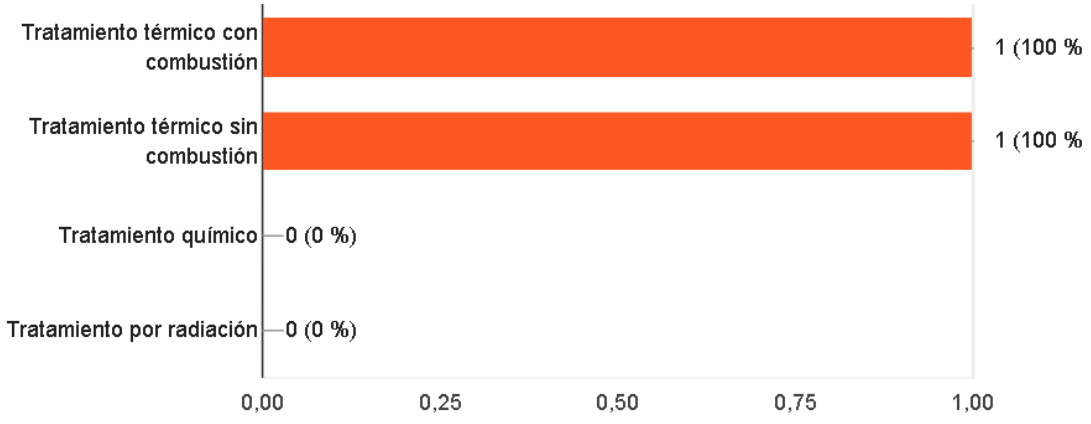


Figura 21. Resultados de los tratamientos viables aplicables a los residuos para esterilización según empresa recolectora.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la encuesta – etapa “Empatizar”.

Una vez se tiene el residuo esterilizado el paso siguiente es la reutilización del material, en este caso del acero inoxidable a lo cual la compañía manifiesta que actualmente no se presta el servicio de aprovechamiento de este tipo de residuos, sin embargo, la entidad presta el servicio de realizar el estudio para determinar la viabilidad y la manera de realizar el aprovechamiento de la materia prima.

Encuesta dirigida a usuarios

La encuesta dirigida a los usuarios de los cortopunzantes se realizó de manera virtual mediante entidades de tratamiento de la diabetes y grupos de apoyo en redes sociales. Dentro de los encuestados se descartaron 3 participantes debido a su tipología de diabetes en la cual no requerían de un manejo con insulina de manera frecuente.

En total participaron 20 personas, es decir que se obtuvieron 17 respuestas válidas para análisis.

Inicialmente se recolectó información de los participantes del estudio con datos como el rango de edad (Figura 22) y el tiempo de diagnóstico.

- Rango de edad

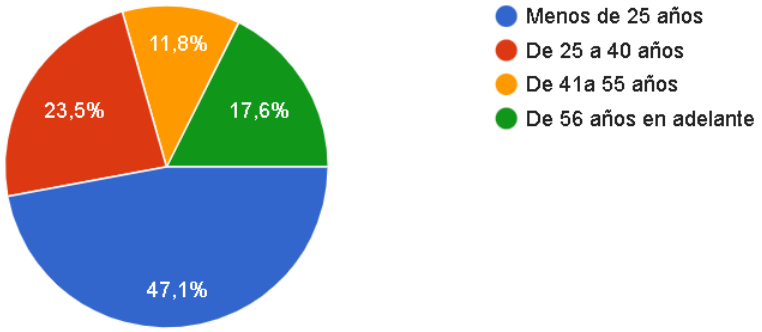


Figura 22. Rango de edad de los usuarios participantes de encuesta en etapa "Empatizar"

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la encuesta – etapa "Empatizar".

Dentro del estudio se presenta una buena diversificación de los usuarios por rangos de edad, presentándose la mayor cantidad de participantes dentro del rango de menos de 25 años.

- Tiempo de diagnóstico

Se evidencia un rango de diagnóstico desde las 3 semanas hasta los 35 años, lo cual evidencia diversificación en el tiempo de diagnóstico.

Posteriormente se indagó en el método utilizado para la aplicación de insulina, obteniendo los resultados de la Figura 23.

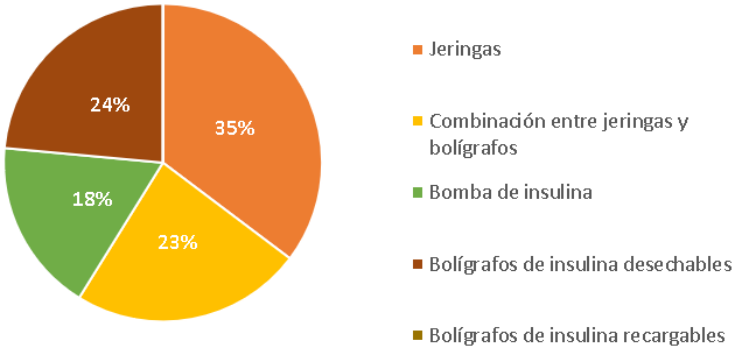


Figura 23. Resultados del método más utilizado por los pacientes en la aplicación de insulina.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la encuesta – etapa “Empatizar”.

El método menos utilizado para la aplicación de insulina, de acuerdo con los resultados de la encuesta, es el de los bolígrafos recargables y el más utilizado es el de las jeringas con un 35% correspondiente a 6 de los 17 participantes.

Es importante tener en cuenta que los bolígrafos requieren de una aguja por aplicación, por lo tanto, el 82% de los participantes utilizan un método que requiere del manejo de elementos cortopunzantes.

En cuanto a la bomba de insulina, no se requiere de agujas para la administración de la insulina ya que el dispositivo regula directamente las dosis en el paciente, sin embargo, se puede llegar a necesitar inyectar insulina de manera esporádica lo cual genera, posteriormente, el residuo cortopunzante con riesgo biológico e infeccioso.

Ahora bien, es importante considerar que el 53% de los usuarios, correspondiente a 9 personas, cambiaron de método de aplicación de la insulina durante su tratamiento. Los métodos que han utilizado anteriormente para la aplicación de insulina se representan en la Figura 24.

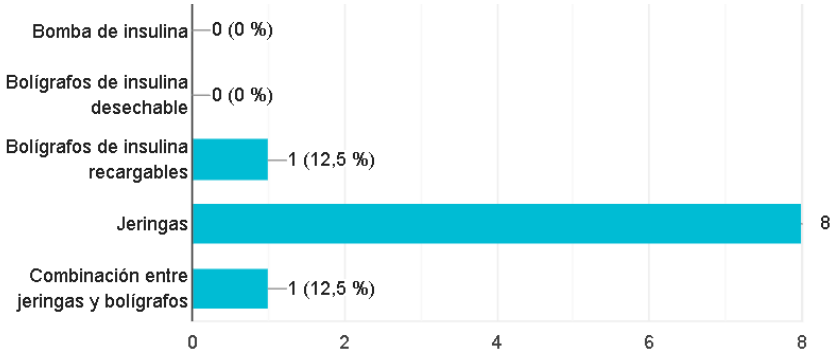


Figura 24. Resultados de cambio en el método de la aplicación de insulina.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la encuesta – etapa "Empatizar".

Al ser una pregunta de selección múltiple los participantes seleccionaron los diferentes métodos utilizados, siendo el más común las jeringas.

Dentro de los principales motivos para cambiar de método de aplicación de la insulina los participantes manifestaron la comodidad en la aplicación y la reducción de los cortopunzantes. Dentro de las respuesta destacaron 2 participantes por el detalle dado, estas respuestas se presentan a continuación:

> *"Con las jeringas la aplicación de insulina era constante, alrededor de 7 u 8 veces al día, y cada día había que utilizar una nueva entonces en el mes me gastaba más o menos 30 a veces incluso más, esto representaba un promedio de 210-240 inyecciones mensuales, lo que generaba muchísima sensibilidad en la piel y dolor. Después de esto pasé a los lapiceros recargables y la aguja era un poco más grande, sin embargo, esta se debía cambiar muchísimas más veces entonces era mayor número de agujas para utilizar y botar. Por último, me encuentro con la bomba de insulina, dónde solo utilizo una aguja cada tres días y es para la aplicación del dispositivo que va dentro de la piel para el paso de la insulina, por lo que he notado la reducción en la cantidad de implementos que necesito para el control de la diabetes, además de que disminuye el promedio de aplicaciones mensuales, pues pasé de 240 a 10"*

> *"Utilizaba solo jeringas porque fue la recomendación inicial del médico, después me cambié a combinación entre jeringas y bolígrafos porque es más fácil la aplicación con y no necesito de tantas aplicaciones al día."*

Como se presentó en el capítulo 1 de este documento, los elementos cortopunzantes pueden ser transmisores de enfermedades que son contagiosas por medio de la sangre, por lo tanto, dentro de las preguntas planteadas a los usuarios se incluyó la presencia de patologías adicionales a la diabetes.

En la Figura 25 se presentan los resultados a esta pregunta. Dos de los participantes presentan Hepatitis, virus que se transmite mediante el contacto directo con fluidos corporales infectados, especialmente en la sangre, generalmente a través de un pinchazo de aguja o por contacto sexual.

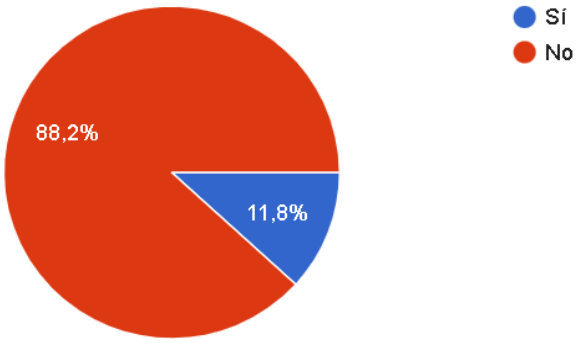


Figura 25. Resultados de patologías presentadas por pacientes.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la encuesta – etapa “Empatizar”.

Continuando con la investigación, se les consultó a los usuarios sobre la cantidad de agujas utilizadas al día para la administración de la insulina, obteniendo los resultados de la Figura 26.

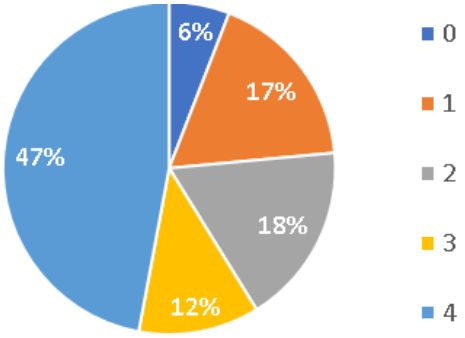


Figura 26. Cantidad de agujas utilizadas al día por pacientes con diabetes.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la encuesta – etapa “Empatizar”.

Uno de los participantes, correspondiente al 6%, manifiesta que no utiliza agujas diariamente para administrarse la insulina, esto debido a que utiliza la bomba lo cual reduce significativamente la cantidad de pinchazos necesarios con agujas.

El 47% de los usuarios encuestados, correspondiente a 8 participantes, mencionan que utilizan cuatro agujas al día, lo que se convierte en 120 al mes y 1.440 unidades al año.

El 47% de los usuarios restantes utilizan entre 1 a 3 agujas al día, sin embargo, para complementar el análisis de la cantidad de agujas utilizadas se profundizó en la cantidad de veces que se reutiliza una misma aguja.

Como se evidencia en la Figura 27, el 76% de los usuarios no reutilizan la misma aguja para inyectarse insulina. Únicamente 4 participantes reutilizan agujas, práctica que aumenta el riesgo de infección.

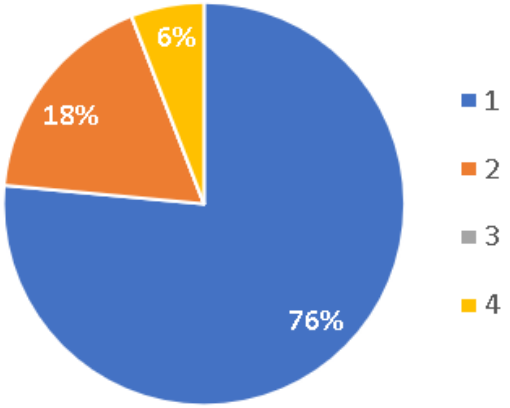


Figura 27. Resultados de reutilización de agujas por pacientes con diabetes.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la encuesta – etapa “Empatizar”.

Estos cuatro usuarios manifestaron que reutilizan agujas por economía y practicidad en la aplicación.

Posterior a la aplicación del medicamento viene el desecho de los residuos. En la Figura 28, se muestran los resultados de los lugares utilizados por los usuarios para desechar las agujas.

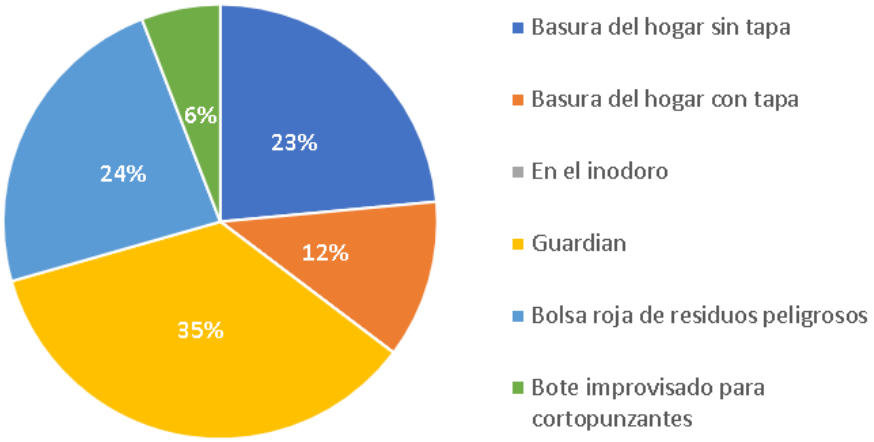


Figura 28. Resultados de los lugares utilizados para dispones de las agujas.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la encuesta – etapa “Empatizar”.

Al momento de desechar los cortopunzantes utilizados, el 35% de los usuarios utiliza un guardián, sin embargo, este guardián lo desechan en la basura del hogar lo cual disminuye el riesgo de accidentes para los recolectores de residuos, pero anula la posibilidad de gestionar el residuo correctamente.

El 24% de los usuarios desecha los cortopunzantes en bolsa roja la cual se identifica como residuos peligrosos, estas bolsas, si son bien manejadas, llegan a un gestor de residuos peligrosos que les realiza un tratamiento para quitarles su característica de peligrosidad. Es importante tener en cuenta que las agujas depositadas en bolsas deben estar con su tapa protectora, de lo contrario, se aumenta el riesgo de accidentes al momento de gestionar los residuos.

Aunado a lo anterior, el 23% de los usuarios desechan las agujas en la basura del hogar sin su tapa protectora. Estos elementos llegan a un relleno sanitario sin ningún tratamiento previo para quitarles su característica de peligrosos.

De igual manera, el 12% de los usuarios depositan estos residuos en la basura del hogar, pero con el elemento protector lo cual disminuye significativamente el riesgo de un accidente. No obstante, el residuo no es tratado correctamente para su segura disposición.

Finalmente, el 6% de los participantes utiliza un bote improvisado para simular un guardián, sin embargo, estos elementos tienen sustancias que al ser gestionadas

mediante tratamientos térmicos pueden generar gases tóxicos para el ser humano y el medio ambiente.

Para esta disposición de los residuos el 76.5% de los participantes los desecha con algún tipo de protección, siendo la forma más utilizada las tapas de las agujas.

Teniendo en cuenta la forma de disposición de los residuos se preguntó a los usuarios si tiene conocimiento de la forma correcta en la que se deben desechar este tipo de elementos.

El 41.2 % de los participantes del estudio, correspondiente a 7 usuarios, no tienen conocimiento de la manera correcta en la que se deben disponer los residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso.

El restante 58.8% manifiesta que la forma de desechar las agujas utilizadas es en recipientes que sean resistentes a perforaciones, sin embargo, no tienen conocimiento del lugar y la forma en la cual se debe gestionar este recipiente.

El motivo por el cual se presentan estos datos en el conocimiento de los usuarios para la gestión de residuos es porque el 88.2% de los participantes de la encuesta no han recibido orientación respecto al manejo de residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso, esto evidencia una gran oportunidad de mejora.

Un aspecto muy importante con el manejo de elementos cortopunzantes es la seguridad. El 23.5% de los usuarios manifiesta que se han presentado accidentes en sus hogares con estos residuos, sin embargo, se presentan de manera esporádica.

Una vez analizada la situación actual de la gestión de los residuos por parte de los usuarios, se les plantean las preguntas relacionadas con la disposición de realizar acciones que permitan un manejo adecuado de los residuos,

El 94.1% de los participantes estaría dispuesto a gestionar correctamente los residuos peligrosos generados en sus hogares. El participante que no está dispuesto a hacerlo menciona que el motivo es porque no tiene el conocimiento del cómo hacerlo.

Por lo tanto, con una correcta orientación el 100% de los usuarios estarían dispuestos a gestionar y darles un manejo especial a sus residuos.

En cuanto al lugar de gestión de los residuos, el 100% de los encuestados están dispuestos a llevar sus residuos a un gestor para su respectivo tratamiento.

En este punto hay una gran oportunidad de mejora ya que, actualmente, en los diferentes puntos de salud como hospitales y droguerías no se presta el servicio de recolección de este tipo de residuos, únicamente hay puntos de recolección de medicamentos vencidos.

En cuanto a otro tipo de residuos peligrosos como lo son las pilas alcalinas ya se han implementado puntos de recolección en supermercados y centros comerciales, por lo tanto, una buena estrategia de recolección de residuos peligrosos es implementar un punto para cortopunzantes.

Adicionalmente, todos los participantes de la encuesta estarían dispuestos a recolectar y entregar a un gestor sus residuos peligrosos, sin embargo, manifiestan que si el servicio es de pago no estarían dispuestos a realizarlo.

Para llevar a cabo esta gestión, el 35.3% de los participantes requieren de un beneficio para realizar esta gestión de los residuos. Dentro de los beneficios más solicitados, como se evidencia en la Figura 29, sería un contenedor para recolección de agujas el cual permite que los usuarios tengan los elementos necesarios para disponer de manera correcta las agujas utilizadas.

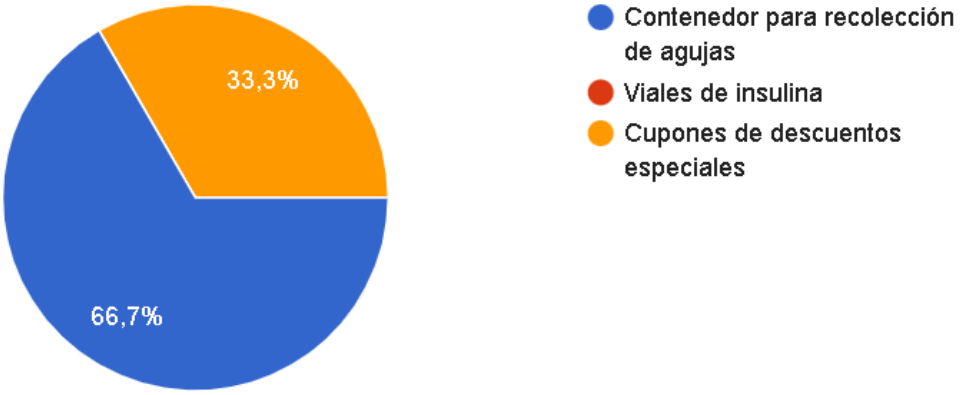


Figura 29. Resultados de los beneficios solicitados por pacientes para la disposición de las agujas.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la encuesta – etapa “Empatizar”.

Posteriormente, los usuarios expresaron cuáles son los principales problemas y necesidades que tiene respecto al uso y disposición de las agujas, de lo cual se resaltaron las siguientes respuestas:

> *“Los principales problemas que tengo al usar y disponer las agujas es que precisamente a veces no vienen o no quedan bien tapadas o selladas y*

pinchan la piel o en mi caso los dedos que es lo más cercano a estos implementos. Las necesito para poder aplicarle la insulina y tener un control de mis niveles de glucosa adecuado."

"Son muchas agujas y es difícil de manejar ese volumen."

"No conozco cómo se deben desechar."

Finalmente, se les solicitó a los usuarios una recomendación para el modelo ideal de gestión de sus residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso:

"Para mí el modelo ideal es un tipo de aguja que viene con la bomba precisamente y es que viene como en forma de T y cuando ya la aguja ha sido utilizada simplemente uno de los laditos de la arriba de la T se dobla y la aguja queda protegida o hay otro sistema también de la bomba de insulina que es que apenas la aguja entra en contacto con la piel y se retira el dispositivo que la inserta en la piel esta se guarda dentro del dispositivo que la contiene y ya no se puede volver a sacar de allí."

"Que me den un contenedor y que cada vez que se llene me recojan las agujas y me den otro contenedor."

"Recibir orientación de la forma de hacerlo y que me faciliten los medios."

Con base en las encuestas aplicadas en la etapa "Empatizar", se ratifica la necesidad de realizar un modelo para la recolección y aprovechamiento de los residuos peligrosos generados en los hogares por pacientes con diabetes.

Dentro del análisis de los resultados de la etapa "Empatizar" se identificó que los aspectos en común que desean los stakeholders para el modelo a desarrollar es que debe ser novedoso, útil y factible; parámetros que serán utilizados al momento de evaluar el modelo de solución.

Adicionalmente, por parte de los usuarios, los requisitos para el modelo de solución con base en sus principales necesidades es que el modelo debe priorizar la disminución de la generación de residuos, debe ser seguro el proceso de disposición, la entrega de los residuos debe ser fácil y en lo posible disminuir los desplazamientos.

2.1.2 Definir

Teniendo en cuenta los resultados de la etapa “Empatizar”, se realiza el análisis de la información recolectada para identificar los aspectos que aportan valor al estudio, considerando el sistema como un todo, definiendo los stakeholders y las conexiones que se presentan entre ellos.

En esta etapa se aplica la herramienta de Holistic Diagnosis (HD) de Systemic Design. Esta herramienta se utiliza para definir el problema a través de una secuencia analítica en la que los desarrolladores tienen en cuenta los parámetros del sistema para darle solución a la situación considerando todos los elementos que interactúan entre sí. De igual manera, mediante esta herramienta se realiza un proceso para analizar y representar de manera gráfica todos los factores que influyen en el escenario actual, teniendo en cuenta tanto el contexto adyacente como las conexiones del sistema, permitiendo así identificar las potencialidades y problemas, para así generar la mejor solución (Battistoni et al., 2019).

Un estudio bibliográfico realizado en (Battistoni et al., 2019) detalla 40 documentos que utilizan el término Holistic Diagnosis, de los cuales se resalta que 21 registros son de carácter médico (5 de medicina alternativa) y 9 de carácter técnico (2 de medicina e ingeniería).

Fase 1 del diagnóstico holístico: Esta primera fase del HD implica el análisis de todo lo utilizado por la producción, el intercambio y el consumo de bienes y servicios.

Fase 2 del diagnóstico holístico: La segunda fase de HD es un análisis de cada relación generada de manera directa o indirecta, incluido el entorno donde se ubica el sistema, para descubrir las relaciones entre las actividades y los contextos que las rodean.

En todos los estudios de caso, se presentan grandes desafíos en la accesibilidad a los datos, la barrera cultural, el pensamiento lineal y el lenguaje (Battistoni et al., 2019).

Al hacer uso de SD en esta segunda etapa de DT se logra un análisis de la problemática de manera holística obteniendo una visión completa y detallada del modelo actual y del modelo esperado, lo cual permite entender el comportamiento del usuario, identificar patrones, conocer los puntos críticos y las oportunidades de mejora.

- **Modelo actual:**

De la investigación se identifica que en el modelo actual no hay un ciclo que conecte los residuos generados con los insumos requeridos para la fabricación de agujas. Es decir que, actualmente no se aprovecha el acero inoxidable de las agujas, siendo un material de muy alta calidad que puede volver a utilizarse en el sector de los cortopunzantes o en el sector metalúrgico.

Como parte inicial del análisis del sistema se identificaron los actores, el entorno y la conexiones que se presentan entre estos stakeholders.

Hay tres factores importantes del entorno que influyen en el sistema, el primero es que no existe una normativa establecida para el manejo de residuos peligrosos generados en hogares, siendo así la normatividad el segundo factor que influye en el sistema ya que ésta debe estar enfocada en cuidar el medio ambiente, el cual es el tercer factor influyente.
Estos tres factores deben estar estrechamente relacionados con un objetivo en común el cual es la disminución de residuos peligrosos no gestionados ni aprovechados de la manera correcta.

De las encuestas se evidencia que no se tiene establecida una normativa para el manejo de este tipo de residuos cuando son manipulados en los hogares de los pacientes, por lo tanto, las entidades de salud no le hacen seguimiento a los cortopunzantes que salen de sus instalaciones y los usuarios no tienen conocimiento del tratamiento adecuado que se les debe dar a los residuos.

Dentro del sistema se identifican diferentes actores, en primera instancia está la entidad de salud la cual viene acompañada del profesional médico que realiza el diagnóstico y formula el tratamiento de la enfermedad. Al existir la necesidad de regular los niveles de azúcar en la sangre mediante insulina, los pacientes requieren de un medio para efectuar este tratamiento el cual es inyectarlo mediante bomba de insulina, bolígrafos o jeringas las cuales tienen como elemento cortopunzante la aguja de acero inoxidable. En este punto encontramos el segundo actor del sistema que es la fábrica de agujas que utiliza recursos naturales para su proceso de producción.

Una vez los pacientes obtienen de la entidad de salud estos elementos para el tratamiento de su enfermedad, se dirigen a sus hogares en donde hacen uso de estos.

Un punto para resaltar evidenciado en las encuestas es que, en algunas ocasiones, en la entidad de salud y la farmacia se le indica al paciente que debe depositar los residuos en guardianes , sin embargo, el profesional de la salud que lo diagnostica y el profesional que le entrega los elementos para el tratamiento no tienen conocimiento del lugar al cual se deben remitir los recursos para su tratamiento y disposición.

Por lo anterior, al momento de realizarse la disposición de los elementos utilizados para el tratamiento de la diabetes se presentan irregularidades las cuales generan un riesgo para todos los actores que tienen contacto con este tipo de residuos peligrosos.

Una parte importante del sistema son los recolectores y personas que prestan sus servicios al transporte de los residuos de la ciudad ya que se encuentran expuestos directamente al riesgo de sufrir un accidente con estos elementos cortopunzantes. De las encuestas se evidencia que este tipo de accidentes se presentan debido a que lo residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso no se identifican correctamente y se mezclan con los residuos comunes.

Los residuos que se identifican correctamente son recolectados por una entidad especializada en el manejo de este tipo de residuos, no obstante, el tratamiento que se les aplica es de combustión y no de aprovechamiento de la materia prima. Adicionalmente, este servicio es de pago y lo identificado en la encuesta es que los usuarios no están dispuestos a pagar por esto.

De esta manera se definieron los actores, el entorno y las conexiones que tiene el sistema actual desde que surge la necesidad del tratamiento hasta la disposición de los residuos generados.

En la Figura 30 se representa de manera gráfica el modelo actual con las partes involucradas y las conexiones que se generan entre ellas.

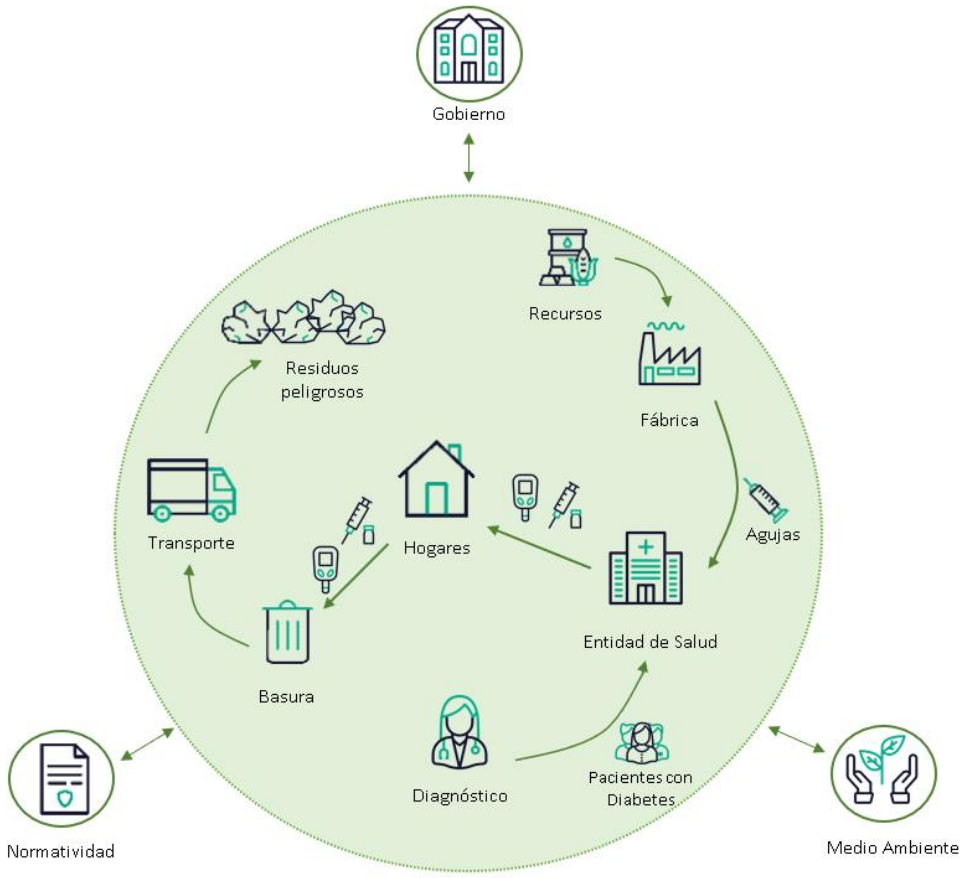


Figura 30. Modelo actual para la disposición de residuos cortopunzantes generados en hogares por pacientes con diabetes.

Fuente: Diseño propio basado en el análisis de resultados de la etapa “Definir”.

- **Modelo de la solución idealizada:**

Para el modelo idealizado, se identificaron patrones en las entrevistas que mejorarían la experiencia del usuario, logrando así un ciclo para el aprovechamiento del acero inoxidable generado por los residuos de las agujas utilizadas.

En este modelo se tienen los mismos factores del entorno que influyen en el sistema del modelo actual. Sin embargo, en el modelo idealizado se busca que el gobierno normatice la forma en la que se deben gestionar los recursos peligrosos con riesgo biológico e infeccioso generados desde los hogares, brindando la

facilidad a los usuarios de los elementos para la recolección de los residuos e invirtiendo en investigación en el aspecto industrial con la optimización del procedimiento de aprovechamiento de la materia prima y en el aspecto de la salud al encontrar una cura a la enfermedad.

En cuanto a los usuarios, en el sistema idealizado las agujas son recolectadas en un contenedor para cortopunzantes, también llamado guardian, el cual se lleva o se entrega a un gestor de residuos peligrosos para realizar la esterilización del material y de esta manera conseguir aprovechar el acero inoxidable de los residuos cortopunzantes en cuestión. Este acero recuperado regresa al sistema como insumo de la fábrica de agujas o puede ir a un tercer sistema enfocado en el sector metalúrgico. Es importante tener en cuenta que los usuarios esperan una contribución o beneficio en los casos que, por realizar la disposición de manera correcta, le genere un costo de servicio.

De igual manera, en el modelo idealizado se realizan capacitaciones constantes a los profesionales de la salud para que transmitan a los pacientes el conocimiento adecuado de la forma en la que se debe realizar la recolección y disposición de los residuos cortopunzantes. Adicionalmente, se identifica la necesidad de realizar campañas publicitarias para concientizar y reforzar el conocimiento en cuento a la correcta disposición de residuos peligrosos.

De esta manera se logra realizar una correcta recolección y aprovechamiento de los residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso generados por pacientes con diabetes.

En este sistema se disminuye el impacto ambiental al reducir la cantidad de residuos que se disponen de la manera incorrecta y al reducir la cantidad de recursos necesarios para el sector metalúrgico.
Por otra parte, se identifican los parámetros esperados por los stakeholders para el modelo que dé solución a la problemática planteada, los cuales se clasifican en la recolección de los residuos, el aprovechamiento del material, la fase preventiva enfocada en la generación de los residuos, los beneficios por la participación en el modelo y la concientización mediante publicidad y campañas de capacitación.

En la Figura 31 se presenta el modelo esperado el cual tiene en cuenta las necesidades de los stakeholders y cumple con los objetivos propuestos para la investigación.

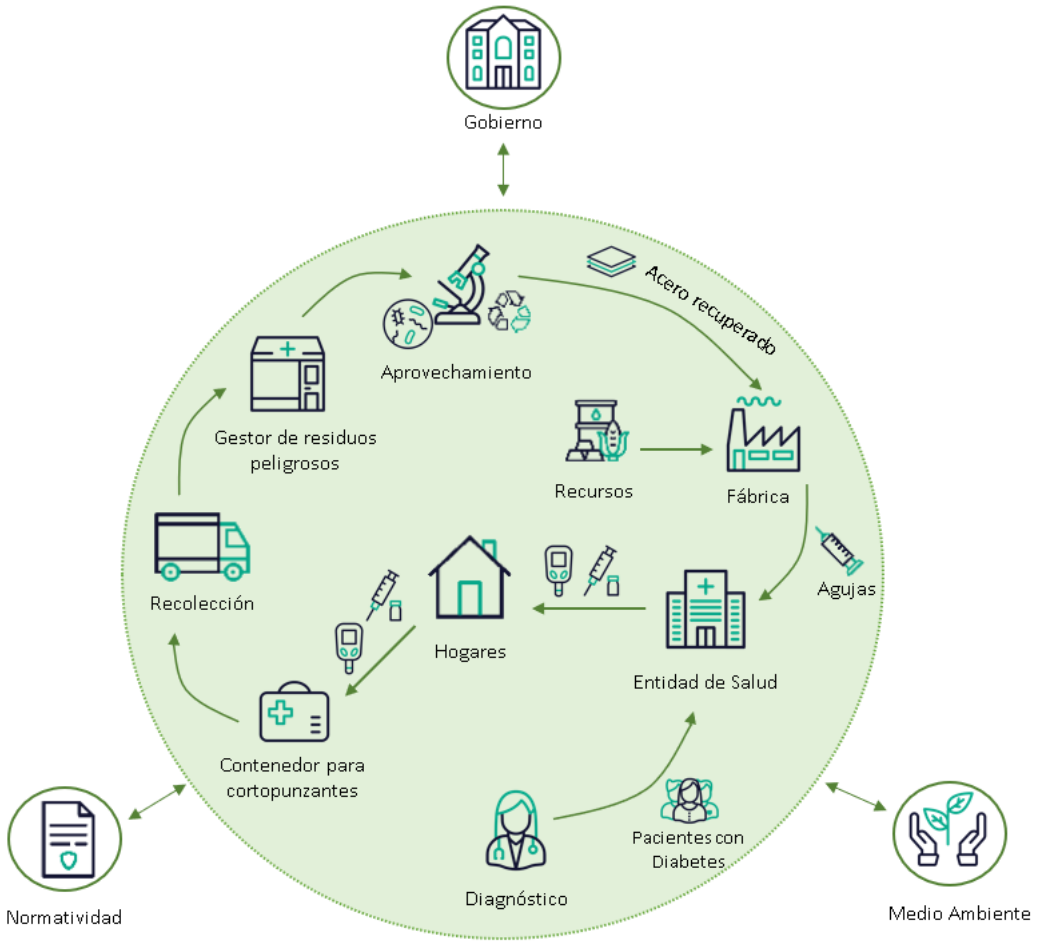


Figura 31. Modelo esperado para la recolección y aprovechamiento de residuos cortopunzantes generados en hogares por pacientes con diabetes.

Fuente: Diseño propio basado en el análisis de resultados de la etapa “Definir”.

Con la implementación de la herramienta Holistic Diagnosis (HD) de Systemic Design, la cual no es originaria de la metodología de Design Thinking, se logra entender la situación problemática considerando al sistema como un todo y se obtiene una visión para el modelo de solución basada en los stakeholders.

2.1.3 Idear

Para la etapa Idear, se implementa la herramienta Systemic Project de Systemic Design y se complementa con cuatro herramientas de Design Thinking relacionadas con la generación de preguntas para creación de ideas de modelo.

Systemic Project

Un enfoque sistémico de la gestión de proyectos comienza con la suposición de que todo son suposiciones. Esta herramienta también debe proporcionar un método para identificar y gestionar esos supuestos enfatizando la comprensión del sistema y sus complejidades con el fin de generar estrategias en pro a la adaptabilidad al cambio. El desafío central de hacer tales cambios es alinear los supuestos y las acciones de los actores involucrados (Bell & Christina, 2006).

En otras palabras, Systemic Project consiste en un conjunto de supuestos, como se destacó anteriormente, que se aplican en un ambiente creativo en el que los desarrolladores pueden compartir historias entre sí para generar nuevas herramientas y definir métodos de acción con un mismo propósito enfocado en cada paso del ciclo de vida de la gestión de proyectos (Bell & Christina, 2006).

Esta herramienta de SD implementada en la tercera etapa de DT permite eliminar las barreras mentales al momento de generar ideas, ya que se parte de la base de supuestos para diseñar el modelo de solución el cual unifica al sistema, sus stakeholders y sus conexiones con las necesidades identificadas en las etapas anteriores. La siguiente tarea dentro de la etapa “Idear” es definir un camino de menor resistencia para el logro de la meta con base en los supuestos planteados, para esto, se implementan cuatro herramientas de Design Thinking enfocadas en la generación de ideas mediante preguntas diseñadas con el supuesto de no tener límites al momento de diseñar el modelo de solución. Las categorías de preguntas son las siguientes:

1. Preguntas Osborn
2. Preguntas antítesis
3. Preguntas de misión imposible
4. Preguntas ¿Y sí?

Preguntas Osborn

Las “Preguntas Osborn” se llaman así, ya que fueron definidas por Alex Osborn. Él es considerado el creador del Brainstorming o Lluvia de ideas cuando, al parecer, reunió a su equipo para generar ideas que consiguieron salvar su agencia de publicidad a principios del S. XX (Dinngo, 2021).

Alex Osborn definió que, si antes de utilizar una técnica de generación de ideas se lanzan una serie de preguntas sobre el problema a resolver, se obtendrá una

perspectiva más amplia y clara de dicho problema, facilitando así la generación de ideas o soluciones por parte de los involucrados (Dinngo, 2021).

La lista de preguntas es la siguiente y deben asociarse al problema:

- ¿Cuándo?
- ¿Qué clase de...?
- ¿Con qué?
- ¿Por qué? / ¿Por qué causa?
- ¿Para qué?
- ¿Cuáles?
- ¿En qué?
- ¿Qué?
- ¿Para qué? / ¿Para cuál?
- ¿Acerca de qué?
- ¿Por medio de qué?
- ¿Quién? / ¿Con quién? / ¿A quién? / ¿Para quién?
- ¿De qué?
- ¿Qué clase de...?
- ¿Dónde? / ¿De dónde? / ¿Hacia dónde? / ¿En qué otro lugar?
- ¿Por cuánto tiempo?
- ¿Más? / ¿Más a menudo?
- ¿Cómo?
- ¿Menos?
- ¿Todos? / ¿Nadie?
- ¿Cuánto? / ¿Cuántas veces?
- ¿A qué distancia?
- ¿Otra vez?
- ¿Más difícil? / ¿Más fácil?

Preguntas antítesis

Este tipo de preguntas se realizan con el fin de dar un cambio de perspectiva a los participantes, es decir, se le da la vuelta a las preguntas que se quieren responder, buscando su antítesis. Por ejemplo, si el objetivo es encontrar ideas para obtener más visitas a una web, puede pasar a preguntarse -:"¿Cómo podríamos asegurar que nadie va a visitar la web?". De esta manera puede volver a activar la lluvia de ideas, y encontrar puntos de vista que de otra manera no se tendrían en cuenta (Dinngo, 2021).

Preguntas de misión imposible

Esta herramienta modifica las preguntas base para la ideación hasta convertirlas en hipótesis imposibles. Si, por ejemplo, partimos de la pregunta "¿Cómo podríamos mejorar el control de seguridad en los aeropuertos?", podemos convertirla en: "¿Cómo podríamos no necesitar controles de seguridad?".

Gracias a estas nuevas hipótesis podremos identificar limitaciones que quizás puedan romperse para crear soluciones o perspectivas que sean realmente disruptivas e innovadoras.

Esta técnica ha sido creada por James Macanufo (Dave Gray; Sunni Brown; James Macanufo, 2010).

Preguntas ¿Y sí?

Esta herramienta sirve para plantear soluciones a partir de las áreas de oportunidad generando hipótesis extremas. Fomenta por excelencia el pensamiento disruptivo.

En primer lugar, se deben determinar cuáles son las necesidades de los usuarios y clasificarlas por temas para identificar las áreas de oportunidad. Posteriormente, formular preguntas para cada una de ellas utilizando la estructura "¿Y si…?". Todas las preguntas que se realicen deben empezar de esta manera y plantear hipótesis extremas.

Estos interrogantes suscitarán respuestas que servirán como ideas para solucionar las áreas de oportunidad detectadas (Dinngo, 2021).

Análisis de resultados – Etapa "Idear"

Las preguntas realizadas a los stakeholders se relacionan en el Anexo 8. Estas preguntas son de autoría propia teniendo en cuenta la herramienta Systemic Project para eliminar esas barreras mentales y realizar preguntas que puedan generar ideas innovadoras.

Para cada stakeholder se implementó una estrategia diferente al momento de realizar las preguntas.

Con los usuarios se realizaron dos sesiones – Focus Group, cada una de una hora mediante zoom, en las cuales participaron 14 personas de las 17 que participaron en la etapa de Empatizar. La tesista como moderadora de las sesiones realizó las preguntas y dio el espacio para que cada participante diera su opinión y, de esa manera, se generaron diferentes ideas a las cuales se les realizó el análisis de la información para llegar a definir tres ideas de modelos de solución a la problemática presentada.

En cuanto a los recolectores y las farmacias, las preguntas se realizaron de manera presencial en los mismos lugares en los cuales se implementó la etapa de Empatizar, es decir, con el mismo número de participantes que la etapa de Empatizar.

Por otro lado, al personal médico, a los microbiólogos, a los gestores de residuos y a las empresas de servicio de residuos peligrosos se les realizaron las preguntas mediante forms.

Adicionalmente, se identificó en esta etapa que se hacía necesario regresar a la etapa 1 de la metodología ya que se identificó un stakeholder que no se tuvo en cuenta inicialmente. Este stakeholder son las metalúrgicas y fundidoras de metales a las cuales se les realizaron las preguntas tipo encuesta mediante forms aplicando la herramienta seleccionada de la etapa 1 para conocer la interacción, el manejo y la comercialización que tienen con el acero inoxidable, obteniendo 7 entidades participantes. Las preguntas realizadas a este stakeholder se encuentran en el anexo 9.

Como resultado a las preguntas realizadas, se evidencia que las metalúrgicas y fundidoras de metal estarían dispuestas a comprar acero inoxidable obtenido del proceso de aprovechamiento de los residuos cortopunzantes y consideran que no afectaría la calidad de la pieza a fabricar.

Con base en las respuestas dadas por los stakeholders a las preguntas planteadas en esta etapa, se identificaron tres ideas de modelo las cuales abarcan diferentes parámetros que se relacionan en la Tabla No. 4.

Tabla 4. Parámetros ideas de modelos de solución.

Parámetros / Modelos	Publicidad	Fase preventiva	Recolección	Aprovechamiento	Beneficios tributarios
Idea de modelo 1 – App de servicios	X		X	X	X
Idea de modelo 2 – Bomba de insulina		X	X	X	
Idea de modelo 3 – Residuos domésticos			X	X	

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la etapa “Idear”.

El detalle de las tres ideas de modelo de solución se presenta a continuación. Se detalla en cada uno de los modelos los parámetros mencionados en la Tabla 4.

Idea de modelo 1 – App de servicios:

- ✓ Publicidad

Se implementa una campaña publicitaria en medios de comunicación, redes sociales y sitios frecuentados por los usuarios como centros médicos, farmacias, centros comerciales, transporte público, entre otros. La campaña va enfocada al impacto que tiene en el ambiente y en la salud el manejo inadecuado de residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso, también se enfoca en la forma en la cual se deben disponer los residuos y los lugares o formas habilitadas para hacerlo. Para esta campaña se requiere la capacitación de los funcionarios que interactúan con los usuarios.

- ✓ Recolección

En cuanto a la recolección de los residuos, se implementa una aplicación en la cual se encuentran las diferentes empresas recolectoras que prestan el servicio y los usuarios tienen la oportunidad de comparar los precios y los beneficios otorgados por cada compañía, una vez el usuario selecciona la compañía se suscribe para que, de manera programada, la recolectora pase por los residuos en sus lugares de residencia. Este servicio se puede solicitar de manera esporádica o con un plan de recolección programado con la recolectora.

Dentro de la aplicación se encuentran las instrucciones de la forma en la cual se deben depositar los residuos para que el recolector pueda gestionarlos. Se plantea la opción de que los guardianes tengan compartimentos separados para las agujas y para las tapas plásticas ya que así es más sencillo realizar el tratamiento de los residuos.

- ✓ Beneficios tributarios

Como beneficios otorgados a los pacientes por disponer de manera correcta los residuos se propone el suministro de guardianes por parte de las recolectoras (guardianes de plástico los cuales son reciclados) y un certificado de manejo de residuos peligrosos el cual es como un bono para demostrar la manera en la que, como ciudadano, contribuye a la disminución de las emisiones de carbono alineándose así con el objetivo del país de la reducción del 51 % de las emisiones de carbono al 2030 y ser carbono neutro al año 2050.

- ✓ Aprovechamiento

El recolector y gestor de los residuos separa las agujas de las tapas plásticas y les realiza a las agujas un tratamiento térmico sin combustión mediante autoclave con

el fin de eliminarle la característica de peligrosidad. Posteriormente, este material es fundido y se generan láminas de acero inoxidable las cuales se venden a las metalúrgicas como insumo para la elaboración de piezas, es decir que, los residuos se aprovechan en la elaboración de productos diferentes a la cadena inicial.

En la Figura 32 se representa el modelo de solución de la idea No. 1 la cual tiene en cuenta los parámetros de recolección, aprovechamiento, publicidad y beneficios tributarios.

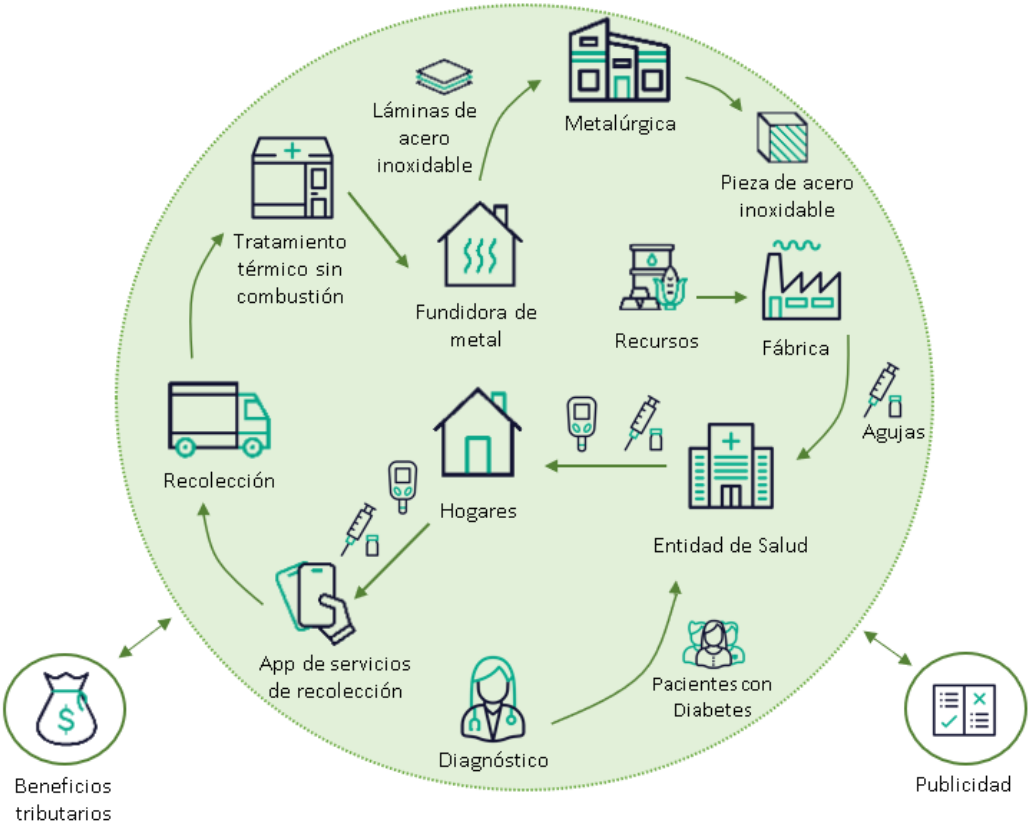


Figura 32. Modelo de solución App de servicios – Idea 1.
Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la etapa "Idear".

Idea de modelo 2 – Bomba de Insulina:

- ✓ <u>Recolección:</u>

Se colocan puntos en los centros médicos y farmacias en los cuales los pacientes pueden acercarse a entregar sus residuos peligrosos, en estos puntos deben

encontrarse personas capacitadas para revisar y aceptar si los residuos se encuentran correctamente recolectados, en caso de que sea así, se aceptan los residuos, en caso contrario, se le indica a la persona como debe recolectarlos para que puedan ser aceptados y continúe el proceso de gestión.

Los puntos son ubicados en los centros médicos y farmacias teniendo en cuenta el principio de el que lo genera lo gestiona y, por lo tanto, el gobierno determina que esos residuos que salen del establecimiento deben regresar y ser gestionado con base en la norma establecida para el manejo de residuos peligrosos generados en entidades prestadoras de salud.

- ✓ Fase preventiva:

Con el objetivo de disminuir la cantidad de agujas utilizadas para el tratamiento, se debe aumentar la utilización de bombas de insulina, las cuales están incluidas dentro del POS, es decir que, los médicos deben diagnosticar este método de tratamiento.

Otra forma para disminuir la utilización de agujas es con la prevención de la diabetes, para el tipo 2 se puede seguir un plan de alimentación saludable, realizar ejercicio, mantener un peso adecuado, tomar agua regularmente, optimizar niveles de vitamina D, incluir cafeína en la dieta sin azúcar.

Para la diabetes tipo 1, actualmente no hay conocimiento de cómo prevenirla, por lo tanto, se debe aumentar el presupuesto de investigación científica enfocada en este aspecto.

Otro punto importante es incluir el guardián dentro del POS para que sea otorgado a los pacientes.

- ✓ Aprovechamiento

Los residuos recolectados se funden directamente sin pasar por un proceso de esterilización anterior ya que la temperatura para fundir acero inoxidable es muy alta lo que asegura que el material pierde la característica de peligrosidad. Sin embargo, es importante que el proceso de transporte a los hornos de fundición se realice con todas las medidas de seguridad para evitar accidentes con los operarios.

En este proceso, debido al riesgo en la manipulación de los residuos, se realiza la fundición de las agujas incluido los elementos plásticos y, al momento de comercializar el material tratado, se realiza un estudio de pureza para identificar el sector en el cual se puede reutilizar las placas del material fundido.

En la Figura 33 se representa el modelo de solución de la idea No. 2 la cual tiene en cuenta parámetros de recolección, aprovechamiento y fase preventiva.

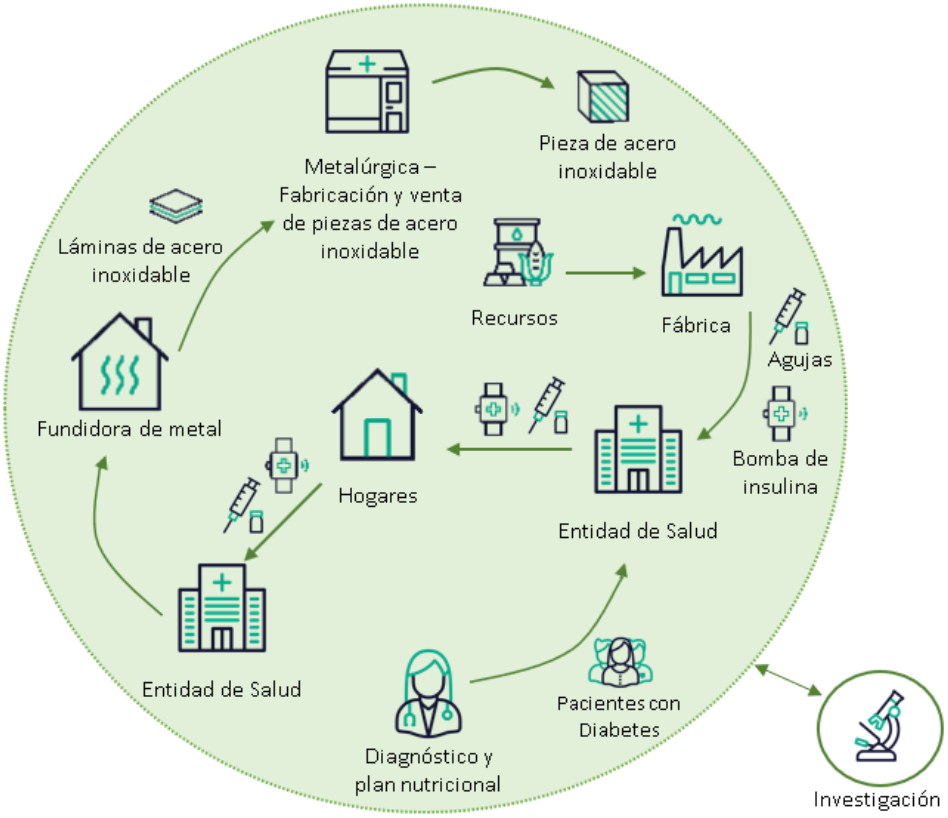


Figura 33. Modelo de solución bomba de insulina – Idea 2.
Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la etapa "Idear".

Idea de modelo 3 – Residuos Domésticos:

- ✓ <u>Recolección:</u>

Teniendo en cuenta el nuevo código de separación de residuos generados en casa (blanco, negro y verde), se puede implementar el rojo para residuos peligrosos generados en los hogares con el fin de que este tipo de residuos se puedan identificar y gestionar correctamente.

Los residuos en bolsa roja serán recolectados por el servicio público de la ciudad el cual llevará los residuos al gestor correspondiente.

- ✓ <u>Aprovechamiento</u>

Los residuos recolectados deben pasar por un proceso de trituración que se efectúa tanto a las agujas como a los elementos plásticos, posteriormente, esta masa que se genera pasa a un proceso de desinfección mediante un tratamiento térmico sin combustión. Este proceso puede realizarse mediante la adquisición de las máquinas Ecosteryl las cuales son utilizadas en Europa para el manejo de los residuos peligrosos.

El residuo generado después del proceso de trituración y desinfección se considera desecho doméstico y, por lo tanto, se puede utilizar para reciclaje, combustible o materia prima en procesos de construcción.

En la Figura 34 se representa el modelo de solución de la idea No. 3 la cual tiene en cuenta parámetros de recolección y aprovechamiento.

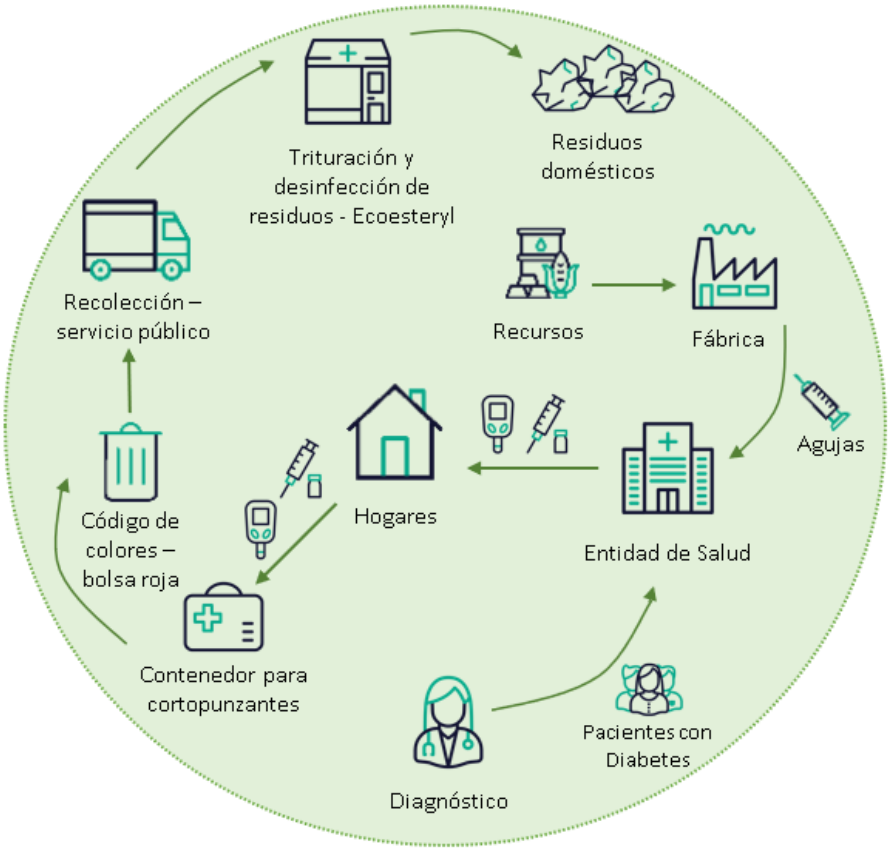


Figura 34. Modelo de solución residuos domésticos – Idea 3.
Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la etapa “Idear”.

La combinación de las metodologías de SD y DT en esta etapa genera resultados innovadores ya que se le proporcionan a los stakeholders las herramientas para un proceso creativo de generación de ideas en donde se entiende al sistema como un todo y se consideran las necesidades de las partes involucradas para crear un modelo novedoso, útil y viable.

2.1.4 Prototipar

Para la etapa Prototipar, se implementa la herramienta “Análisis de los posibles resultados” de Systemic Design y se complementa con 2 herramientas de Design Thinking, “Storyboard y Selección N.U.F”.

Estas dos herramientas de DT fueron seleccionadas, de acuerdo con los criterios definidos inicialmente, de un grupo de 5 herramientas relacionadas en Dinngo (Dinngo, 2021).

La herramienta “Análisis de los posibles resultados” de Systemic Design permite realizar una evaluación previa de las ventajas que el sistema de solución pueda brindar a nivel ambiental, económico y social. (Battistoni et al., 2019)

Teniendo en cuenta el alcance de la investigación, y considerando que el modelo no será implementado, en esta etapa se realiza la selección del modelo de solución, entre los tres modelos generados en la etapa Idear, teniendo en cuenta su utilidad, viabilidad y factibilidad mediante la herramienta “Selección N.U.F”. Es importante mencionar que la viabilidad es vista desde un punto social, en cuanto a la viabilidad económica y ambiental se plantean estudios complementarios a esta investigación.

La herramienta de “Selección N.U.F” fue utilizada con éxito en el caso de estudio de la Universidad ORT de Uruguay (García et al., 2021).

Una vez seleccionado el modelo óptimo el cual da solución a la situación problemática, este se evaluará en la última etapa de la metodología de DT.

Selección N.U.F

Esta herramienta es utilizada para evaluar ideas en base a su viabilidad, novedad, y aporte de valor.

Para la implementación de la herramienta, se socializaron con los stakeholders los tres modelos generados en la etapa “Idear” y se le solicitó que realizaran una puntuación a cada uno de los modelos valorando del 1 al 10, en enteros, tres aspectos distintos: si es novedoso o innovador, si es útil y aporta valor, y si es factible. Posteriormente, se suman el número total de puntos que haya obtenido cada modelo, pudiendo llegar a un máximo de 30, y se promedia por cada grupo de stakeholders para finalmente seleccionar el modelo con mayor potencial. Es decir que, se realiza un promedio y se consolidan las respuestas dadas de cada stakeholder para finalmente realizar el promedio definitivo y así seleccionar el modelo óptimo de solución a la problemática.

Es importante tener en cuenta que para los promedio se redondearon las cifras a cero decimales para mantener la valoración del modelo dentro de números enteros.

Para los casos que en las etapas anteriores se han implementado las herramientas de manera presencial con los stakeholders se mantiene este sistema. Con los grupos de stakeholders que se han manejado de manera virtual, se implementa esta herramienta mediante Forms.

En las tablas de la No. 5 a la No. 11 se presentan los resultados obtenidos por cada grupo de stakeholders y, finalmente, en la tabla No. 12 se encuentran los resultados de la ponderación general de los participantes.

- **Usuarios**

Modelo	*Novedad*	*Utilidad*	*Factibilidad*	*Total*
1 - App de servicios	9	8	8	25
2 - Bomba de insulina	7	7	7	21
3 - Residuos domésticos	6	7	6	19

Tabla 5. Resultados herramienta “Selección N.U.F” – usuarios.
Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la etapa “Prototipar”.

- **Farmacias**

Modelo	*Novedad*	*Utilidad*	*Factibilidad*	*Total*
1 - App de servicios	8	9	7	24
2 - Bomba de insulina	8	6	4	18
3 - Residuos domésticos	6	8	8	22

Tabla 6. Resultados herramienta “Selección N.U.F” – farmacias.
Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la etapa “Prototipar”.

- **Personal de salud – Médicos**

Modelo	*Novedad*	*Utilidad*	*Factibilidad*	*Total*
1 - App de servicios	7	8	7	22
2 - Bomba de insulina	7	5	4	16
3 - Residuos domésticos	8	7	7	22

Tabla 7. Resultados herramienta "Selección N.U.F" – personal de salud.
Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la etapa "Prototipar".

- **Gestores**

Modelo	*Novedad*	*Utilidad*	*Factibilidad*	*Total*
1 - App de servicios	10	8	8	26
2 - Bomba de insulina	6	4	4	14
3 - Residuos domésticos	8	7	5	20

Tabla 8. Resultados herramienta "Selección N.U.F" – gestores.
Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la etapa "Prototipar".

- **Recolectores**

Modelo	*Novedad*	*Utilidad*	*Factibilidad*	*Total*
1 - App de servicios	7	7	5	19
2 - Bomba de insulina	6	7	8	21
3 - Residuos domésticos	6	5	5	16

Tabla 9. Resultados herramienta "Selección N.U.F" – recolectores.
Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la etapa "Prototipar".

- **Microbiólogos**

Modelo	*Novedad*	*Utilidad*	*Factibilidad*	*Total*
1 - App de servicios	10	10	9	29
2 - Bomba de insulina	7	5	5	17
3 - Residuos domésticos	9	7	6	22

Tabla 10. Resultados herramienta "Selección N.U.F" – microbiólogos.
Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la etapa "Prototipar".

- **Metalúrgicas y Fundidoras de Metal**

Modelo	*Novedad*	*Utilidad*	*Factibilidad*	*Total*
1 - App de servicios	9	8	8	25
2 - Bomba de insulina	6	5	3	14
3 - Residuos domésticos	9	7	6	22

Tabla 11. Resultados herramienta "Selección N.U.F" – metalúrgicas y fundidoras de metal.
Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la etapa "Prototipar".

- **Ponderación General**

Modelo	*Novedad*	*Utilidad*	*Factibilidad*	*Total*
1 - App de servicios	9	8	7	24
2 - Bomba de insulina	7	6	5	18
3 - Residuos domésticos	7	7	6	20

Tabla 12. Resultados herramienta "Selección N.U.F" – Ponderación General.
Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la etapa "Prototipar".

De acuerdo con los resultados de la suma ponderada de las calificaciones de los modelos, se evidencia que el Modelo No.1 es el que los stakeholders consideran más novedoso, útil y factible para darle solución al problema. Sin embargo, los usuarios manifiestan que consideran algunos aspectos innovadores en los dos modelos con menor puntuación, por lo tanto, se implementa la herramienta de concept scoring propuesta por Ulrich (Ulrich & Eppinger, 2013) la cual permite filtrar, ordenar y seleccionar los mejores conceptos o parámetros de cada modelo. Es decir que, esta herramienta permite mejorar y combinar conceptos importantes para llegar a una combinación de modelos que dé como resultado el modelo ideal de solución. El artículo de investigación (Castiblanco Jimenez et al., 2021) utiliza de manera exitosa esta herramienta dentro del desarrollo de diseño de un sistema de esterilización de residuos sostenible en Piamonte - Italia.

El siguiente paso para establecer el modelo de solución ideal teniendo en cuentas las necesidades de los stakeholders, es descomponer los parámetros de los tres modelos que surgieron de la etapa idear y así obtener una fusión entre los modelos aprovechando lo mejor de cada uno.

Los parámetros de recolección y aprovechamiento no se incluyen en la evaluación con la matriz de Ulrich ya que los stakeholders manifestaron que estos parámetros del Modelo 1 son los más novedosos, útiles y factibles.

El grupo evaluó los conceptos de los modelos bomba de insulina y residuos domésticos contra el concepto de referencia del modelo 1 – app de servicios usando una escala de 1 a 5, siendo 1 el peor y 5 el mejor.

La implementación y los resultados de la herramienta concept scoring se presentan en la tabla No. 13.

		Conceptos					
		Modelo 1 – App de servicios (Referencia)		**Modelo 2 – Bomba de insulina**		**Modelo 3 – Residuos domésticos**	
Criterios de selección	**Peso**	**Calificación**	**Evaluación Ponderada**	**Calificación**	**Evaluación Ponderada**	**Calificación**	**Evaluación Ponderada**
Facilidad en la entrega de los residuos	50%	4	2,00	2	1,00	3	1,50
Disminución en la cantidad de agujas	25%	1	0.25	5	1,25	1	0,25
Seguridad en la disposición de las agujas	25%	4	1,00	4	1,00	2	0,50
Puntaje Total		3,25		3,25		2,25	
Rango		1		1		2	
¿Continuar?		Combinar				No	

Tabla 13. Resultados herramienta "concept scoring".

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la etapa "Prototipar".

Después de analizar los parámetros de los modelos 2 y 3 en comparación con el modelo 1, y teniendo en cuenta los tres requerimientos de los usuarios que se identificaron en la etapa “Empatizar”, los resultados muestran que el modelo ideal de solución combina al modelo 1 con el parámetro de la disminución en la cantidad de agujas generadas que tiene el modelo 2.

Una de las características más importantes del modelo 2 es la bomba de insulina, de ahí el nombre del modelo. Al utilizar la bomba se evidencia la disminución en la cantidad de agujas requeridas y muchos usuarios la prefieren por la comodidad y seguridad en las dosis, sin embargo, algunos usuarios mencionaron que no se sienten cómodos utilizándola ya que es un dispositivo que los identifica ante otras personas con la enfermedad.
Adicionalmente, con respecto a la seguridad en la disposición de las agujas, los modelos 1 y 2 tienen en común que una entidad externa realiza la validación de esa disposición y certifica que cumple con los parámetros para continuar con el proceso de aprovechamiento.

Por lo anterior, se combinan los modelos 1 y 2 y se genera el nuevo modelo de solución a la problemática el cual presenta en las siguientes imágenes.

Para la construcción del nuevo modelo de solución se utiliza la herramienta Storyboard la cual consiste en definir las distintas actividades a desarrollar por parte de los stakeholders en el uso de la solución y plasmarlas de forma gráfica mediante bocetos que ayudarán a entender y a evaluar la experiencia. Cuantos más bocetos, más detallado será el proceso y mejor es el entendimiento de la experiencia de los usuarios.

El objetivo de esta herramienta es prototipar la solución de manera gráfica representando la interacción de los usuarios con el modelo que da solución a las necesidades identificadas en la etapa “Empatizar” (Daza Oyuela, 2019).

El diagrama del modelo de solución graficado mediante la herramienta Storyboard se presenta en la Figura 35 y 36.

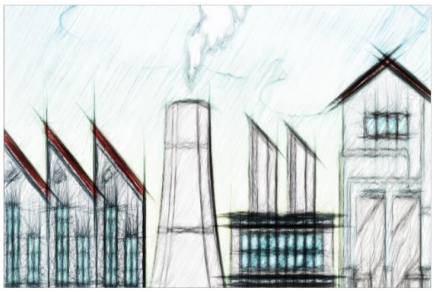
Al implementar la herramienta storyboard el usuario manifestó que logró dimensionar e interiorizar el modelo de solución.

Como complemento al Storyboard, en la Figura 37 se presenta el diagrama del modelo resultado en el cual se evidencian las conexiones entre los stakeholders.

STORYBOARD MODELO DE SOLUCIÓN

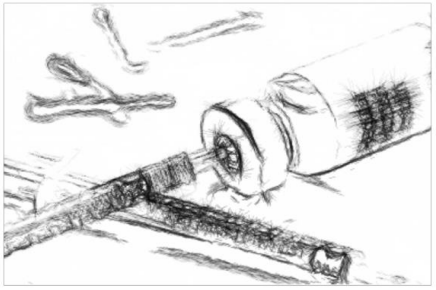
PÁGINA 1 DE 2

FÁBRICA



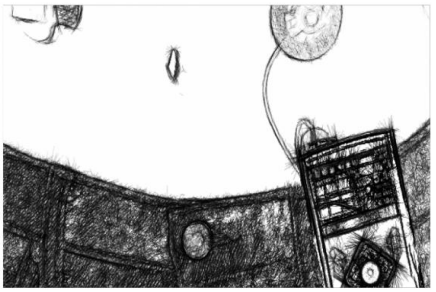
El proceso inicia con la fabricación de las agujas y las bombas de insulina

AGUJAS



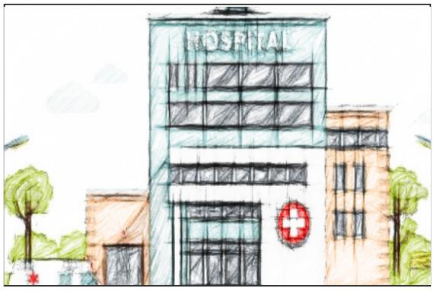
Las agujas hipodérmicas son fabricadas con acero inoxidable de alta calidad y se requieren como apoyo a la bomba de insulina

BOMBA DE INSULINA



La bomba de insulina es un dispositivo que administra insulina de forma continuada a través de un cateter minimizando la necesidad de agujas

HOSPITAL



Los pacientes al ser diagnosticados se les debe formular la bomba de insulina para reducir la cantidad de agujas necesarias

HOGAR

Una vez en casa los pacientes recolectarán las agujas que utilicen como apoyo a la bomba de insulina mediente un Guardián

PUBLICIDAD

Se realizarán campañas de publicidad para darle a conocer a los usuarios las alternativas que tienen para la disposición de estos residuos

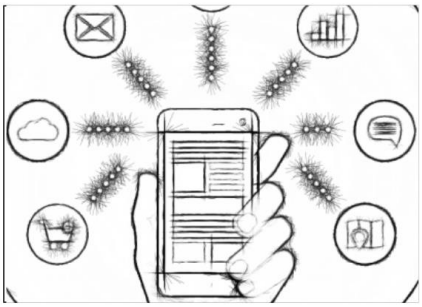
Figura 35. Storyboard modelo de solución – parte 1.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la etapa “Prototipar”.

STORYBOARD MODELO DE SOLUCIÓN

PÁGINA 2 DE 2

APLICACIÓN DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS



Mediante una aplicación el usuario puede seleccionar y programar el servicio de recolección de residuos en su domicilio

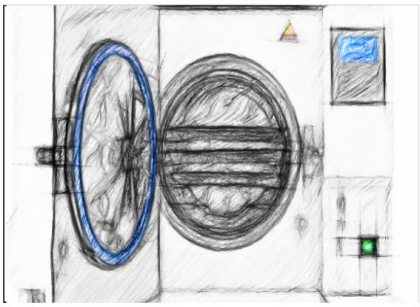
BENEFICIOS TRIBUTARIOS

Al entregar sus residuos para ser gestionados correctamente se obtienen beneficios tributarios como certificados de disminución de huella de carbono

RECOLECCIÓN DE RESIDUOS

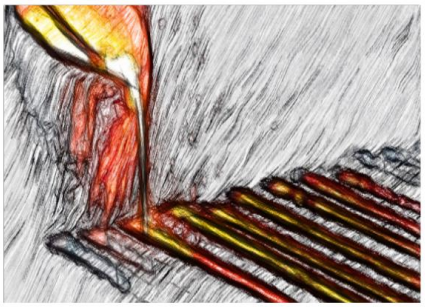
La empresa recolectora lleva los residuos al gestor para el tratamiento respectivo

ESTERILIZACIÓN DE RESIDUOS



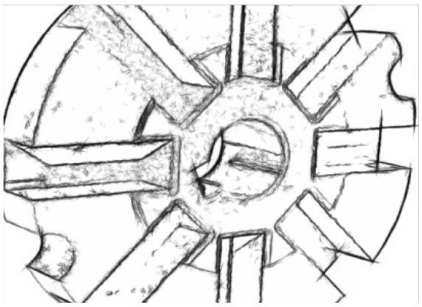
Se esterilizan los residuos mediante el proceso de autoclave

FUNDIDORA DE METALES



Con el producto sin la característica de peligroso, se proceden a fundir las agujas para crear láminas de acero inoxidable.

PIEZA METÁLICA



Finalmente, se elaboran piezas de acero inoxidable reutilizado

Figura 36. Storyboard modelo de solución – parte 2.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la etapa “Prototipar”.

MODELO RESULTADO DE LA COMBINACIÓN DE LAS IDEAS DE SOLUCIÓN

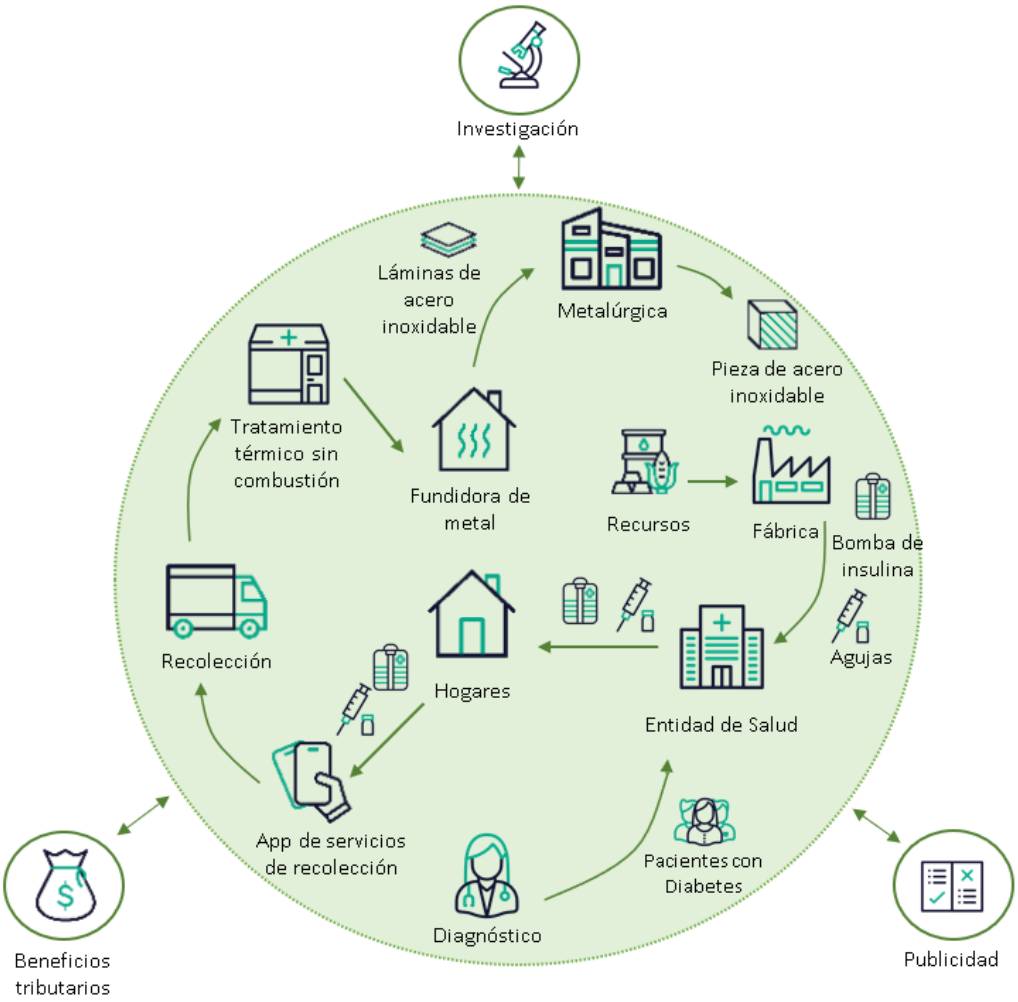


Figura 37. Modelo de solución.

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la etapa “Prototipar”.

Ahora bien, aplicando la herramienta “Análisis de los posibles resultados” de SD, se realiza el análisis del modelo de solución a nivel ambiental, económico y social (Battistoni et al., 2019).

- Ambiental: El modelo de solución generado ataca el problema desde la raíz en el sentido de implementar la bomba de insulina como el primer método de

tratamiento de la diabetes disminuyendo así la cantidad de residuos generados por la utilización de las agujas lo que, por consiguiente, disminuye las emisiones de carbono al generarse menos residuos. Adicionalmente, el modelo plantea el aprovechamiento del acero inoxidable de las agujas que, como apoyo a la bomba de insulina, sean necesarias para el tratamiento; este aprovechamiento permite que los residuos del sistema se conviertan en insumos para la generación de piezas de acero inoxidable, lo cual es sostenible ambientalmente.

- Económico: Al aumentar la cantidad de usuarios que requieren el servicio de recolección y gestión de sus residuos peligrosos generados en casa, se aumenta la demanda por organizaciones que presten este servicio lo cual se traduce como una oportunidad de negocio para generar empleo fomentando la sana competencia entre los prestadores del servicio. Adicionalmente, el aprovechamiento del acero inoxidable en la generación de piezas metálicas tiene como resultado un movimiento nuevo en la economía del sector.

- Social: Mediante el modelo propuesto se da solución a la problemática social presentada y, adicionalmente, se impacta positivamente a la sociedad generando conciencia mediante políticas púbicas de la importancia en la correcta disposición de residuos peligrosos que se generen en los hogares disminuyendo así el riesgo de accidentes para las personas que tienen contacto con este tipo de residuos y disminuyendo las posibles enfermedades que se pueden presentar por una disposición incorrecta de este tipo de residuos.

Esta herramienta combinada con las herramientas de DT permiten un análisis holístico del modelo de solución generado, agregando valor a la investigación.

El análisis holístico en situaciones complejas proporciona herramientas para incentivar la creación de nuevas conexiones de reciprocidad entre las diferentes partes interesadas, generando soluciones más sostenibles (Battistoni et al., 2019).

2.1.5 Evaluar

Para la etapa Evaluar, se implementa la herramienta “Apuntes de Testeo” de Design Thinking. Este herramienta fue seleccionada siguiendo los criterios definidos inicialmente y teniendo en cuenta que ha sido implementada en

diferentes estudios de manera exitosa para la recopilación de información, lista de correcciones y datos claves del diseño del prototipo (Torres Sánchez, 2017).

Los apuntes de testeo o matriz de feedback es una herramienta de evaluación que se utiliza para representar de forma sistemática, ordenada y visual las primeras impresiones que tienen los usuarios seleccionados del prototipo generado. La idea que se va a testear debe estar bien localizada y visible en todo momento para la evaluación de los usuarios.

Con estos apuntes de testeo se localiza de manera rápida y eficiente la información que los usuarios proporcionan, aportando valor al modelo testeado.

Para llevar a cabo apuntes de testeo, se requiere un lienzo que se divide en cuatro partes iguales.

1. En el primer cuadrante, arriba a la izquierda, se colocan aquellos comentarios positivos de los usuarios.

2. En el cuadrante de arriba a la derecha, se escriben las críticas constructivas que realicen los usuarios. Esta información se utiliza para mejorar o corregir errores producidos en el prototipo.

3. Abajo a la izquierda es el cuadrante en el cual se escriben aquellas dudas o inconvenientes que plantean los usuarios.

4. Finalmente, en el último cuadrante, se ubican aquellas ideas nuevas que han surgido del proceso de testeo.

Para la implementación de esta herramienta se presentó el modelo de solución detallado junto con el diagrama storyboard a 4 pacientes con diabetes que fueron participantes voluntarios contactados mediante la fundación Voces Diabetes Colombia.

Estos participantes son diferentes a los usuarios que participaron en las etapas anteriores con el fin de garantizar la imparcialidad en la evaluación del modelo. La implementación de la herramienta se realizó de manera virtual mediante una sesión de Teams.

En la tabla No. 14 se encuentran los resultados de la etapa “Evaluar” los cuales se presentan como un resumen basado en las respuestas dadas por los usuarios.

Apuntes de Testeo	
<u>Aspectos positivos:</u> La propuesta de mejoramiento medio ambiental. La reducción de procesos contaminantes para el planeta. La reutilización de los objetos que pueden servir para darle vida a nuevas cosas a partir de este modelo. La facilidad para recolectar los residuos y facilitar a los usuarios dicha recolección. El manejo sencillo de la aplicación y sus beneficios.	<u>Críticas constructivas:</u> Para el usuario es preferible no realizar un pago para disponer los recursos. Iniciar con la bomba de insulina puede ser abrumador para entender las dosis que el usuario recibe para controlar los niveles de azúcar en sangre.
<u>Dudas del modelo:</u> ¿En qué lugares va a funcionar la aplicación: en el campo, la ciudad, ¿ambas? ¿A qué estratos se beneficiarán con esta propuesta? ¿Que departamentos y ciudades están incluidas en la propuesta? ¿Está diseñado solo para residuos producidos por pacientes diabéticos o para cualquiera que deba usar jeringas y agujas para un tratamiento?	<u>Ideas nuevas:</u> Al momento de entregar los residuos pasarlos a un guardián que la empresa de recolección proporcione para evitar utilizar un guardián con cada entrega de los residuos.

Tabla 14. Resultados herramienta "apuntes de testeo"

Fuente: Diseño propio basado en los resultados de la etapa "Evaluar".

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos con la herramienta “Apuntes de Testeo” se resalta de los aspectos positivos que los usuarios ven el valor medioambiental del aprovechamiento de los residuos y destacan la facilidad en la recolección mediante la implementación de la aplicación.

Con respecto a las críticas constructivas, se evidencia la preferencia por algunos usuarios para realizar la disposición de los residuos de manera gratuita, por lo tanto, se propone que estos usuarios se desplacen y realicen la entrega en puntos autorizados. Esta propuesta combinaría el parámetro de recolección de los modelos 1 y 2.

Otra propuesta relacionada con este punto sería el financiamiento de la recolección de estos residuos en los hogares por parte del Gobierno, idea que se presenta para su análisis en futuros estudios.

En cuanto al segundo punto de las críticas constructivas, para el tratamiento con la bomba de insulina los pacientes son capacitados y tienen un seguimiento constante con el fin de verificar el funcionamiento del dispositivo.

En el tercer cuadrante, los usuarios plantean las dudas que tienen respecto a la aplicabilidad del modelo con el tipo de residuos, la funcionabilidad de la aplicación en diferentes zonas del país y la segregación de usuarios los cuales utilizarían el modelo y serían beneficiados tributariamente. En primera instancia, el modelo es planteado para implementarse en pacientes con diabetes de la ciudad de Bogotá, sin embargo, los aspectos mencionados se tienen en cuenta para futuras investigaciones maximizando así la aplicabilidad del modelo en el país.

Finalmente, en el último cuadrante se plantea una idea nueva relacionada con la recolección de los residuos la cual disminuye la necesidad de guardianes en cada entrega a los recolectores. Teniendo en cuenta la propuesta de los usuarios, se realizó el planteamiento a una de las empresas recolectoras obteniendo como respuesta que no es viable realizar la recolección de esa manera ya que aumenta el riesgo de accidentes por punzadas para los trabajadores.

La implementación de esta herramienta permite obtener un punto de vista diferente por parte de pacientes que no hicieron parte del proceso de diseño del modelo de solución, lo cual es valioso para generar ideas nuevas que complementen el modelo o, como fue el caso, sirvan de base para futuros estudios.

Por otra parte, con esta herramienta se resalta que con la solución final se suple la necesidad de los pacientes de un modelo para la recolección de sus residuos peligrosos cortopunzantes y se impacta positivamente al medio ambiente.

3 Discusión

El modelo inicial del sistema para la gestión de residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infecciosos no contemplaba los residuos generados fuera de las instalaciones médicas, es decir en los hogares de los pacientes, ya que en los centros de atención se tienen procedimientos establecidos para el manejo de residuos peligrosos, sin embargo, no se había considerado un modelo que permitiera una disposición correcta por parte de los usuarios.

La presente investigación contribuyó con un modelo para la gestión de residuos peligrosos cortopunzantes generados en hogares de pacientes con diabetes en la ciudad de Bogotá, implementando como componente innovador la combinaron de las metodologías de DT y SD lo cual permitió el cumplimiento de los objetivos planteados y la propuesta de un modelo de solución que satisface las necesidades de los stakeholders y es innovador para el sector industrial y de gestión de residuos.

Los criterios clave que se identificaron y plasmaron en el modelo de solución abarcan la utilidad, factibilidad e innovación, aspectos importantes para todos los stakeholders, y adicionalmente, se determinaron criterios clave para los usuarios como la disminución en la cantidad de agujas requeridas, la facilidad en la entrega de los residuos y la seguridad en la disposición de las agujas.

Por lo tanto, el modelo de solución comprende a todos los stakeholders del sistema con sus respectivas conexiones de manera holística y los involucra en el proceso de desarrollo de la investigación como fuentes principales de información.

Con la implementación del modelo se considera que se disminuiría sustancialmente la generación de residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso originados en hogares por pacientes con diabetes y se aprovecharía el acero inoxidable de alta calidad de los residuos que pasen a tratamiento y gestión.

Es importante tener en cuenta que en el alcance de esta investigación no se encuentra el realizar un estudio de los costos de implementación del modelo, sin embargo, se recomienda que sea el punto de partida de una segunda etapa para el análisis de la propuesta de solución.

Una vez se determine el costo de implementación de la propuesta, el siguiente paso es preguntarse si es viable económicamente y si el modelo es sustentable a largo plazo.

Para el análisis de viabilidad e implementación del modelo se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Esbozar un plan de acercamiento a inversionistas de capital que estén interesados en financiar el desarrollo de la aplicación y la implementación del modelo.

2. Realizar el cálculo del retorno a la inversión proyectado con el fin de determinar la cantidad de pacientes y recolectores que se requieren para el funcionamiento de la aplicación teniendo en cuenta los ingresos esperados.

3. Realizar un análisis de mercado de las compañías o terceros que prestan el servicio de creación de campañas publicitarias para impulsar la participación en la implementación de la propuesta.

4. Crear alianzas estratégicas con entidades que se encuentren dentro de los 7 grupos de stakeholders involucrados en la investigación con el fin de identificar los servicios que cada entidad puede ofrecer, ajustado con el modelo propuesto, y los costos que esto representa asociado con el estudio de costos inicial.

5. Definir con las entidades su participación en el modelo y hacer un seguimiento del uso de la aplicación, así como de la cantidad de residuos recolectados y aprovechados para la toma de decisiones enfocadas en el aumento de usuarios y stakeholders participantes.

Vale la pena resaltar que como complemento del análisis de viabilidad económico propuesto se recomienda, para la implementación del modelo, incluir un análisis de viabilidad ambiental que tenga en cuenta los flujos de energía que se utilizarían en cada etapa del proceso para así realizar una comparación entre el gasto energético de la implementación versus el beneficio ambiental de la reducción y aprovechamiento de los residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso.

Finalmente, de acuerdo con el estudio realizado, se logró establecer que, dada la necesidad de gestionar correctamente este tipo de residuos generados en hogares, el modelo propuesto responde a la problemática presentada. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el alcance de la investigación no incluye la implementación del modelo, por lo tanto, se pueden presentar cambios de mejora a la propuesta al momento de llevarla a cabo y se debe considerar que, para la implementación, se requiere la participación de los pacientes, el apoyo del Gobierno y las relaciones estratégicas con entidades prestadoras del servicio.

4 Conclusiones

Teniendo en cuenta la problemática presentada respecto a la cantidad de agujas generadas en los hogares de pacientes diabéticos debido al tratamiento de su enfermedad, y considerando que esas agujas son un residuo peligroso con riesgo biológico e infeccioso las cuales no se gestionan correctamente para darles el tratamiento adecuado y el aprovechamiento del acero inoxidable de alta calidad con el cual son manufacturadas, se planteó como objetivo de esta investigación realizar un modelo de recolección y aprovechamiento de residuos peligrosos cortopunzantes generados por paciente con diabetes en la ciudad de Bogotá implementando las metodologías de Design Thinking y Systemic Design.

Para darle solución a la problemática, esta investigación exploró la aplicación de la metodología DT complementándola en las etapas definir, idear y prototipar con herramientas de SD como lo son holistic diagnosis, systemic project y análisis de los posibles resultados.

Durante el proceso de desarrollo de las etapas, se vio la necesidad de retornar a etapas que ya habían sido desarrolladas e implementadas con el fin de aportarle valor al modelo, demostrando así que DT es una herramienta iterativa.

Las primeras dos etapas de DT brindaron información del contexto del sistema de manera holística, de las partes involucradas y las conexiones entre estas permitiendo la identificación de las necesidades de los usuarios e involucrando a los stakeholders en el desarrollo del modelo dando cumplimiento al primer y segundo objetivo de la investigación.

Posteriormente, en la etapa idear, se desarrolló el tercer objetivo de la investigación generando tres ideas de modelo las cuales pasaron por un proceso de selección en la etapa prototipar y se concretó la idea de solución utilizando la herramienta de concept scoring de Ulrich para combinar los aspectos relevantes de cada uno de los tres modelos iniciales.

En la última etapa de DT, un grupo de usuarios evaluó el modelo de solución generado en la etapa prototipar bajo cuatro criterios de evaluación. Finalmente, se analizaron los comentarios recibidos por parte de los usuarios los cuales se presentan como sugerencias para los estudios futuros. Para la evaluación del modelo se implementó la herramienta “apuntes de testeo” de DT completando así a cabalidad con el cumplimiento de los objetivos planteados para el estudio.

De esta manera, el modelo responde a las necesidades de los usuarios, adicionalmente, el modelo tiene en cuenta a los stakeholders y las conexiones que se presentan entre estos obteniendo así una solución que involucra a todo el sistema.

Por otra parte, implementar herramientas de SD en las etapas de la metodología de DT permitió ver al sistema como un todo, se proporcionó un ambiente creativo y de libre pensamiento obteniendo resultados útiles, factibles y viables para todos los stakeholders.

Es importante resaltar que el modelo resultado de esta investigación se enmarcó en un análisis de viabilidad social, por lo tanto, no es definitivo y se espera que este estudio pueda ser utilizado como referencia para futuras investigaciones relacionadas con la viabilidad económica y ambiental aplicando las metodologías de DT y SD en ingeniería y sostenibilidad.

A través de esta investigación, se encontraron oportunidades de mejora y se proporciona un caso de éxito para un modelo que permita la gestión de los residuos peligrosos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso generados en los hogares de pacientes con diabetes en la ciudad de Bogotá.

En conclusión, esta investigación es un ejemplo positivo de cómo aplicar la metodología DT combinada con herramientas de SD como marco para modelos de gestión de residuos. Con la combinación de estas metodologías, fue posible analizar el sistema de manera integral, considerando las necesidades de las partes involucradas y las opiniones de expertos del sector, obteniendo resultados satisfactorios.

5 Estudios Futuros

Finalizando esta investigación se abren las puertas para realizar estudios que permitan expandir el modelo de solución a otras ciudades del país y zonas rurales.

Adicionalmente, para futuros estudios, se pueden incluir parámetros económicos y sociales que en la presente tesis se encuentran fuera del perímetro de alcance definido, pero son importantes para darle valor al modelo de solución.

Por otra parte, la presente investigación es el punto de partida para realizar procesos de desarrollo que permitan la automatización de los procesos de recolección y gestión de residuos peligrosos generados en hogares y lugares de entretenimiento, como bares y gimnasios, los cuales no se limiten a cortopunzantes.

Otro factor que considerar para futuras investigaciones es la cantidad de participantes en las encuestas, para estudios posteriores o complementarios se podría aumentar la muestra de cada uno de los stakeholders.

En esa misma línea, se espera que la implementación de un modelo como este permita generar estudios complementarios a la luz de los resultados obtenidos partiendo de la premisa que, para su implementación, se requiere de un análisis de costos y un estudio de viabilidad económica y ambiental.

Por lo anterior, se pueden generar investigaciones que den respuesta a ¿qué tipo de residuos peligrosos se generan en establecimientos no controlados?, ¿qué requerimientos de tratamiento y gestión tiene los diferentes tipos de residuos peligrosos?, ¿cómo se pueden aprovechar los materiales de otros tipos de residuos peligrosos?, ¿cómo se puede automatizar el proceso de recolección y gestión de residuos peligrosos? y ¿los usuarios que generan residuos peligrosos en zonas rurales presentan necesidades diferentes a los de zonas urbanas?.

Bibliografía

Argibay, J. C. (2009). Subjetividad y procesos cognitivos. *Subjetividad y Procesos Cognitivos*, *13*(1), 13–29. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1852-73102009000100001&script=sci_arttext&tlng=en

Barbero, S. (2017). *Systemic Design Method Guide for Policymaking. A Circular Europe on the Way* (Vol. 1). https://iris.polito.it/bitstream/11583/2685125/1/RETRACE def.pdf

Barbero, S., & Pallaro, A. (2017). Systemic Design for Sustainable Healthcare. *Design Journal*, *20*(sup1), S2473–S2485. https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352762

Barnett-Itzhaki, Z., Berman, T., Grotto, I., & Schwartzberg, E. (2016). Household medical waste disposal policy in Israel. *Israel Journal of Health Policy Research*, *5*(1), 1–8. https://doi.org/10.1186/s13584-016-0108-1

Battistoni, C., & Barbero, S. (2020). Design of an ecosystem to foster systemic eco-innovation. *FormAkademisk - Forskningstidsskrift for Design Og Designdidaktikk*, *13*(2), 1–23. https://doi.org/10.7577/formakademisk.3408

Battistoni, C., Nohra, C. G., & Barbero, S. (2019). A systemic design method to approach future complex scenarios and research towards sustainability: A holistic diagnosis tool. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(16). https://doi.org/10.3390/su11164458

Bautista, N. (2020). *Tres de cada 100 colombianos tienen diabetes.* Ministerio de Salud y Protección Social.

Bell, S., & Christina, A. (2006). Applying systemic project management approaches for the UK national health service. *Systemic Practice and Action Research*, *19*(1), 27–43. https://doi.org/10.1007/s11213-005-9002-4

Bicer PhD, RN, E. K. (2019). Medical Waste Management in Patients with Diabetic Foot Ulcers: A Pilot Study in Turkey. *International Journal of Caring Sciences*, *12*(2), 1–9.

Brown, T. (2012). Design Thinking. *Hardvard Business Review*, *19*.

Cankurtaran, P., & Beverland, M. B. (2020). Using design thinking to respond to crises: B2B lessons from the 2020 COVID-19 pandemic. *Industrial Marketing Management*, *88*(May), 255–260. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.05.030

Cárdenas Cristia, Arianne. (2006). El benchmarking como herramienta de

evaluación. ACIMED, 14(4) Recuperado en 01 de diciembre de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352006000400015&lng=es&tlng=es.

Cárdenas, M. (2018). *Modelo para la recolección de residuos hospitalarios de los hogares*. 1–104.

Cardozo, M. (09-13 de noviembre de 2020). *Segundo seminario internacional sobre contaminantes orgánicos persistentes.* [Sesión de conferencia]. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia.

Castiblanco Jimenez, I. A., Mauro, S., Napoli, D., Marcolin, F., Vezzetti, E., Rojas Torres, M. C., Specchia, S., & Moos, S. (2021). Design thinking as a framework for the design of a sustainable waste sterilization system: The case of piedmont region, italy. *Electronics (Switzerland)*, *10*(21). https://doi.org/10.3390/electronics10212665

Chanpuypetch, W., & Kritchanchai, D. (2020). A design thinking framework and design patterns for hospital pharmacy management. *International Journal of Healthcare Management*, *13*(3), 177–185. https://doi.org/10.1080/20479700.2017.1389479

Cunha, G. H. da, Barbosa, R. V. A., Fontenele, M. S. M., Lima, M. A. C., Franco, K. B., & Fechine, F. V. (2017). Insulin therapy waste produced in the households of people with diabetes monitored in Primary Care. *Revista Brasileira de Enfermagem*, *70*(3), 618–625. https://doi.org/10.1590/0034-7167-2016-0406

Dave Gray; Sunni Brown; James Macanufo. (2010). Gamestorming: 83 juegos para innovadores, inconformistas y generadores del cambio. *Deusto*.

Daza Oyuela, A. E. (2019). *Diseñar una idea de negocio encaminada a ofrecer parqueaderos privados como públicos a la ciudadanía , utilizando la metodología Design Thinking Roberto Mauricio Cárdenas Cárdenas Máster Universitario en Elearning y Tecnología Educativa Universidad Nacion*.

Decreto 351 de 2014. Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades. 19 de febrero de 2014.

Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. 26 de mayo de 2015.

Decreto 1079 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte. 26 de mayo de 2015.

Decreto 780 de 2016. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Salud y Protección Social. 6 de mayo de 2016.

Demir, M., Serin, E., Göktürk, S., Ozturk, N. A., Kulaksizoglu, S., & Yilmaz, U. (2008). The prevalence of occult hepatitis B virus infection in type 2 diabetes mellitus patients. *European Journal of Gastroenterology and Hepatology*, *20*(7), 668–673. https://doi.org/10.1097/MEG.0b013e3282f55e1e

Díaz-Muñoz, G. (2020). Metodología del estudio piloto. *Revista Chilena de Radiología*, *26*(3), 100–104. https://doi.org/10.4067/s0717-93082020000300100

Dinngo Laboratorio de Innovación S.L (2021). *Design Thinking en Español. https://www.designthinking.es/inicio/index.php*

Escobar, D. (09-13 de noviembre de 2020). *Segundo seminario internacional sobre contaminantes orgánicos persistentes.* [Sesión de conferencia]. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia.

Frid, A. H., Hirsch, L. J., Menchior, A. R., Morel, D. R., & Strauss, K. W. (2016). *Cuestionario sobre las técnicas de inyección en todo el mundo: Parámetros de población y prácticas de inyección*. *91*(9), 1212–1223.

Fuentes Romero, C. A. (2019). Día Mundial De La Diabetes. *Revista Científica de La Escuela Universitaria de Las Ciencias de La Salud*, *2*(1), 51–53. https://doi.org/10.5377/rceucs.v2i1.7082

García-García, J. A., Reding-Bernal, A., & López-Alvarenga, J. C. (2013). Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Investigación En Educación Médica*, *2*(8), 217–224. https://doi.org/10.1016/s2007-5057(13)72715-7

García, N., Oxoby, C., & Salinas, W. (2021). *Girls in Tech Uruguay : Banco de Mujeres Científicas*.

Gold, K. (2011). Analysis: The impact of needle, syringe, and lancet disposal on the community. *Journal of Diabetes Science and Technology*, *5*(4), 848–850. https://doi.org/10.1177/193229681100500404

Gold, K., & Schumann, J. (2007). Dangers of used sharps in household trash: Implications for home care. *Home Healthcare Nurse*, *25*(9), 602–607. https://doi.org/10.1097/01.NHH.0000296119.71814.f7

Govender, D., & Ross, A. (2012). Sharps disposal practices among diabetic patients using insulin. *South African Medical Journal*, *102*(3), 163–164. https://doi.org/10.7196/samj.5085

Ikeda, Y. (2017). Current Status of Home Medical Care Waste Collection by Nurses in Japan. *Journal of the Air and Waste Management Association*, *67*(2), 139–143. https://doi.org/10.1080/10962247.2016.1228551

Ishtiaq, O., Qadri, A. M., Mehar, S., Gondal, G. M., Iqbal, T., Ali, S., Mati-ur-

Rahman, & Janjua, N. Z. (2012). Disposal of syringes, needles, and lancets used by diabetic patients in Pakistan. *Journal of Infection and Public Health*, *5*(2), 182–188. https://doi.org/10.1016/j.jiph.2012.02.002

Jones, P., & Kijima, K. (2018). Systemic Design: Theory, Methods, and Practice. In *Translational Systems Sciences Ser.* (Vol. 8).

Lim-Wavde, K., Kauffman, R. J., Kam, T. S., & Dawson, G. S. (2019). Do grant funding and pro-environmental spillovers influence household hazardous waste collection? *Applied Geography*, *109*(April), 102032. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.05.009

López, P. L. (2004). Población Muestra Y Muestreo. *Punto Cero*, *09*(08), 69–74.

Marrugat, J., Vila, J., Pavesi, M., & Sanz, F. (1998). Estimation of the sample size in clinical and epidemiological investigations. *Medicina Clinica*, *111*(7), 267–276. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9789243

Ministerio de Ambiente, V. y D. T. (2017). Política ambiental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos. In Journal of Chemical Information and Modeling (Vol. 110, Issue 9). file:///C:/Users/d19c6730/Downloads/politica ambiental para la gestion integral de respel.pdf

Muñoz Díaz, H. A., Lúquez Mindiola, A. J., & Gómez Aldana, A. J. (2019). Fisiopatología de la hepatitis C y diabetes mellitus. Hacia la cura de dos epidemias en el siglo XXI. *Revista Colombiana de Gastroenterología*, *34*(3), 277–287. https://doi.org/10.22516/25007440.322

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, *35*(1), 227–232. https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037

Raina, A. P. S. (2010). Knowledge, Attitude and Practice on Disposal of Sharp Waste, Used for Home Management of Type-2 Diabetes Mellitus in New Delh. *Το Βημα Του Ασκληπιου*, *9*(1), 288.

Residuos Peligrosos. (2021, junio 7). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/residuos-peligrosos/

RESPEL - IDEAM. (s/f). Gov.co. Recuperado el 24 de noviembre de 2020, de http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/respel

Rincón, O. (2017). Guía para la gestión integral de residuos peligrosos generados por pacientes diagnosticados con diabetes tipo 1 (insulinodependientes). 1, 1–52.

Rodríguez, J., García, C., & Zafra, C. (2016). Residuos hospitalarios: indicadores de tasas de generación en Bogotá, D.C. 2012-2015. *Revista de La Facultad de Medicina*, *64*(4), 625.

Rois, M., Mubarak, A., & Suzianti, A. (2020). Designing Solution for Organic Waste Management System with Design Thinking Approach (Case Study in Depok). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *464*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/464/1/012002

Schwaninger, M. (2018). Systemic design for sustainability. *Sustainability Science*, *13*(5), 1225–1234. https://doi.org/10.1007/s11625-018-0538-5

Tarsis Lozano, C. (2021). *Development of the glass bottle recovery process through Design Thinking applicable to beverage sector*. *1*.

Terapia con insulina. (2000, septiembre 1). familydoctor.org. https://es.familydoctor.org/terapia-con-insulina/

Torres Sánchez, T. (2017). *Memoria de Conceptualización y Diseño de Espacio de Design Thinking para el Laboratorio de Innovación de la Universidad Casa Grande*.

Ulrich, K., & Eppinger, S. (2013). *Diseño y Desarrollo de Productos* (M. G. Hill (ed.); 5th ed., 499 pp).

Abreviaciones

EPA Agencia para la protección Ambiental (Environmental Protection Agency)

DT Design Thinking

ST Systemic Design

HD Holistic Diagnosis

Anexos

Anexo 1. Preguntas definidas y realizadas a los usuarios en la etapa empatizar.

- ¿Es paciente diagnosticado con diabetes?
- Tipo de diabetes
- Rango de edad
- Ciudad de residencia
- Tiempo que lleva diagnosticado con diabetes
- Método utilizado actualmente para la aplicación de insulina
- ¿Anteriormente utilizaba un método diferente al que utiliza actualmente para la aplicación de insulina?
- Seleccione los métodos que ha utilizado anteriormente para la aplicación de insulina
- Describa su experiencia con cada uno de los métodos utilizados y los motivos por los cuales ha cambiado de método
- Adicional a la diabetes, ¿Presenta alguna patología que sea contagiosa por sangre?
- ¿Qué patología presenta?
- Cantidad de agujas utilizadas al día para la administración de la insulina
- ¿Cuántas veces utiliza una misma aguja?
- Motivo por el cual reutiliza agujas
- ¿En qué lugar desecha las agujas utilizadas?
- Al momento de disponer de las agujas, ¿las desecha con algún tipo de protección?
- ¿De qué manera protege las agujas al momento de desecharlas para evitar accidente
- ¿Conoce cómo se deben desechar las agujas teniendo en cuenta que son residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso?
- ¿Cuál es la forma adecuada de desechar las agujas utilizadas?
- ¿Ha recibido orientación en cuento a la correcta disposición de agujas utilizadas?
- ¿En dónde recibió orientación para la disposición de las agujas utilizadas?
- ¿Efectúa algún proceso para la recolección de sus agujas usadas?
- ¿Cómo realiza la recolección de sus agujas utilizadas?
- ¿Algún familiar o persona cercana ha sufrido un accidente con agujas ya utilizadas?
- ¿Con qué frecuencia se presentan estos accidentes?
- ¿Estaría dispuesto a darle un manejo especial a las agujas al momento de desecharla
- ¿Por qué no estaría dispuesto?
- ¿Estaría dispuesto a llevar los residuos a un lugar de recolección para darles un tratamiento especial?
- ¿Por qué no estaría dispuesto?

- ¿Requeriría de un beneficio para recolectar y disponer de manera correcta las agujas utilizadas?
- ¿Qué beneficio le gustaría recibir?
- ¿Estaría dispuesto a que un gestor recolecte en su lugar de residencia las agujas utilizadas para realizarles un tratamiento especial?
- ¿Por qué no estaría dispuesto?
- ¿Cuáles son los principales problemas y necesidades que tiene respecto al uso y disposición de las agujas?
- Si tuviera que dar una recomendación, ¿Cómo sería su modelo ideal para gestionar las agujas utilizadas?
- Nombre completo
- Correo electrónico
- Número de celular

Anexo 2. Preguntas definidas y realizadas a los microbiólogos en la etapa empatizar.

- Teniendo en cuenta que las agujas utilizadas por diabéticos son de acero inoxidable, ¿Ve viable aplicarles un tratamiento para esterilizarlas y poder reutilizar el material?
- ¿Qué tratamiento les aplicaría a estos residuos para quitarles su característica de ser peligrosos por tener un riesgo biológico e infeccioso?
- ¿Por qué no ve viable realizar la esterilización de agujas de acero inoxidable?
- ¿Qué método considera el adecuado para determinar la carga microbiológica en agujas utilizadas por diabéticos?
- Nombre
- Correo electrónico
- Número de celular
- Entidad en la que labora y profesión

Anexo 3. Preguntas definidas y realizadas a Ecocapital en la etapa empatizar.

- ¿Actualmente a que cliente(s) le(s) presta el servicio para la recolección y gestión de residuos cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso?
- En caso de prestar el servicio ¿Qué gestión realiza o realizaría con estos residuos?
- Para hacer una correcta recolección ¿De qué manera deberían estar los residuos cortopunzantes?
- ¿Ve viable realizar una ruta para la recolección de residuos cortopunzantes en hogares de pacientes con Diabetes?
- ¿Por qué no lo ve viable?

- ¿Ve viable la recolección de residuos cortopunzantes en entidades de salud y/o entidades con puntos azules?
- ¿Por qué no lo ve viable?
- ¿Qué tratamiento ve viable aplicar a este tipo de residuos cortopunzantes con riesgo biológico o infeccioso para quitarles su característica de residuos peligrosos?
- Al tener el residuo esterilizado, ¿Ve viable la reutilización del acero inoxidable?
- ¿Por qué no lo ve viable?
- Seleccione los procesos los cuales como entidad podría prestar el servicio para residuos cortopunzantes con riesgo biológico o infeccioso

Anexo 4. Preguntas definidas y realizadas a las farmacias en la etapa empatizar.

- Método más común que los pacientes utilizan para la aplicación de la insulina
- Cantidad promedio de agujas entregadas a un paciente por orden médica
- Frecuencia en la que un paciente reclama agujas e insulina para tratamiento
- ¿Tiene conocimiento de la forma correcta en la que los diabéticos deben desechar los residuos cortopunzantes generados por la aplicación de insulina?
- ¿Estaría dispuesto a recibir capacitación para conocer la forma en la que se deben desechar los residuos cortopunzantes?
- ¿Por qué no estaría dispuesto?
- ¿Al momento de entregar el medicamento le indica al paciente cómo debe desechar estos elementos cortopunzantes teniendo en cuenta que son residuos con riesgo biológico e infeccioso?
- ¿Qué indicación le da al paciente para el desecho de estos residuos?
- Motivo por el cual no le indica al paciente la forma en la que se deben desechar los residuos
- ¿Estaría dispuesto a indicarle al paciente cómo se debe realizar la disposición de los residuos?
- ¿Por qué no estaría dispuesto?
- ¿En el establecimiento que trabaja el paciente tiene la posibilidad de comprar los elementos para realizar una disposición correcta de estos residuos?
- ¿En el establecimiento que trabaja le reciben al paciente los residuos generados por la aplicación de insulina?
- Nombre
- Correo electrónico
- Número de celular
- Entidad en la que labora

Anexo 5. Preguntas definidas y realizadas a los recolectores en la etapa empatizar.

- ¿Es frecuente encontrar bolsas rojas con residuos peligrosos?

- ¿La empresa lo ha capacitado en el tratamiento que debe darles a las bolsas rojas con residuos peligrosos?
- Al encontrar una bolsa roja de residuos peligrosos, ¿Qué hace con ella?
- ¿Ha tenido accidentes con agujas que se encuentran en la basura?
- ¿Con que frecuencia tiene accidentes con agujas?
- ¿Estos accidentes son reportados a la empresa?
- ¿Al tener estos accidentes se realiza estudios médicos para verificar su estado de salud?
- ¿Por qué no se realiza exámenes médicos?
- Nombre completo
- Correo electrónico
- Número de celular

Anexo 6. Preguntas definidas y realizadas a los gestores de residuos peligrosos en la etapa empatizar.

- Como gestor de residuos peligrosos, ¿Recibe cortopunzantes con riesgo biológico e infeccioso generados por el tratamiento de la diabetes?
- ¿Qué gestión realiza con estos residuos?
- ¿Qué tratamiento ve viable aplicar a este tipo de residuos cortopunzantes con riesgo biológico o infeccioso para quitarles su característica de residuos peligrosos?
- Al tener el residuo esterilizado, ¿Ve viable el aprovechamiento del acero inoxidable?
- ¿Por qué no lo ve viable?
- Seleccione los procesos los cuales como Gestor podría prestar el servicio para residuos cortopunzantes con riesgo biológico o infeccioso generados por pacientes con diabetes
- Nombre establecimiento

Anexo 7. Preguntas definidas y realizadas a los médicos en la etapa empatizar.

- Al momento de formularle al paciente el tratamiento para la Diabetes ¿Qué método(s) recomienda para la aplicación de insulina?
- ¿Por qué recomienda este(os) método(s)?
- ¿Qué factores influyen al momento de recomendar un método para la aplicación de la insulina?
- ¿De qué manera influyen o por qué no influyen estos factores?
- Cantidad promedio de agujas que utiliza un paciente al día para la aplicación de insulina
- ¿Tiene conocimiento de la forma correcta en la que los pacientes deben desechar los residuos cortopunzantes generados por la aplicación de insulina?

- ¿Al momento de realizar el diagnóstico le indica al paciente cómo debe desechar estos elementos cortopunzantes teniendo en cuenta que son residuos con riesgo biológico e infeccioso?
- ¿Qué indicación le da al paciente para el desecho de estos residuos?
- ¿Estaría dispuesto a recibir capacitación para conocer la forma en la que se deben desechar los residuos cortopunzantes?
- ¿Por qué no estaría dispuesto?
- Motivo por el cual no le indica al paciente la forma en la que se deben desechar los residuos
- ¿Estaría dispuesto a indicarle al paciente cómo se debe realizar la disposición de los residuos?
- ¿Por qué no estaría dispuesto?
- ¿El sistema de salud le facilita al paciente los elementos para realizar una disposición correcta de estos residuos?
- ¿El sistema de salud le recibe al paciente los residuos generados por la aplicación de insulina?
- Nombre completo
- Correo electrónico
- Número de celular
- Profesión y especialidad

Anexo 8. Preguntas definidas y realizadas a los stakeholders en la etapa idear.

Pregunta	Stakeholder	Tipo de pregunta
¿En qué otro lugar o elemento se pueden disponer los recursos?	Gestor – Empresa recolectora	Osborn
¿Cuántas veces al mes se debe realizar la recolección y entrega de residuos?	Empresa recolectora	Osborn
¿De qué manera se debe programar o solicitar el servicio de recolección de residuos?	Empresa recolectora	Osborn
¿Cómo le gustaría solicitar el servicio de recolección de residuos?	Usuario	Osborn
¿Qué beneficios tributarios se pueden otorgar al disponer correctamente estos residuos tanto para usuarios como para entidades de salud?	Gobierno	Osborn

¿Qué clase de ley ambiental se debe implementar para la separación de estos residuos en los hogares?	Gobierno	Osborn
¿Dónde se puede fundir las agujas utilizadas?	Metalúrgica	Osborn
¿Para qué se utilizará el material aprovechado?	Metalúrgica	Osborn
¿Qué campaña de concientización se puede implementar?	Personal de la salud – Farmacias – Gobierno – Empresa recolectora - Gestor	Osborn
¿Cómo se puede reutilizar el Guardián?	Gestor – Empresa recolectora	Osborn
¿En qué entidades se pueden instalar puntos de recolección de residuos cortopunzantes?	Farmacias – Empresa recolectora – Centros médicos	Osborn
¿Cómo deben entregarse los residuos al recolector para que estos sean aceptados y se pueda prestar el servicio?	Empresa recolectora	Osborn
¿Cómo podemos llevar a cero la utilización de agujas para el tratamiento de la diabetes?	Personal de la salud	Antítesis
¿Cómo se puede prevenir la diabetes?	Personal de la salud	Antítesis
¿Cómo podríamos no necesitar esterilizar el producto para realizar el aprovechamiento del material?	Microbiólogos	Misión Imposible
¿Y si diferentes empresas prestan el servicio de recolección de residuos?	Usuario – Empresa recolectora	¿Y sí?
¿Y si los gestores tienen puntos de recolección de residuos?	Gestor – Empresa recolectora	¿Y sí?
¿Y si las farmacias reciben los residuos peligrosos?	Farmacias	¿Y sí?
¿Y si la farmacia da el guardián a cambio de los residuos?	Farmacias	¿Y sí?
¿Y si el servicio de recolección de basuras de la	Recolectores de	¿Y sí?

ciudad lleva estos residuos a los gestores?	basuras	
¿Y si se vende el material esterilizado sin fundir?	Metalúrgica	¿Y sí?
¿Y si se colocan pendones de información en farmacias y hospitales?	Farmacias – centros médicos	¿Y sí?
¿Y si se depositan las agujas en el guardián sin la tapa plástica?	Gestor – Empresa recolectora - Usuario	¿Y sí?
¿Y si el recolector proporciona el guardián para la recolección de residuos?	Empresa recolectora	¿Y sí?
¿Y si el servicio de salud proporciona bombas de insulina para minimizar la cantidad de agujas para la administración de la insulina?	Gobierno – centros médicos	¿Y sí?
¿Y si los guardianes tienen compartimentos para separar las agujas de las tapas plásticas?	Gestor – Empresa recolectora - Usuario	¿Y sí?
¿Y si se realizan convenios entre las IPS y las empresas de gestión de residuos peligrosos para el financiamiento de la recolección y tratamiento?	Gobierno – centros médicos	¿Y sí?
¿Y si en los lugares para depositar los residuos hay una persona capacitada para aceptarlos o no teniendo en cuenta las condiciones en las que son entregados?	Centros médicos – Farmacias – Empresas recolectoras	¿Y sí?

Anexo 9. Preguntas definidas y realizadas a las metalúrgicas y fundidoras de metal en la etapa empatizar.

- ¿Presta el servicio de fundición para elementos de acero inoxidable?
- Teniendo en cuenta la característica de peligrosidad de las agujas utilizadas, ¿ve viable fundir estos elementos para reutilizar el material?
- ¿Por qué no lo ve viable?
- ¿Recibiría agujas utilizadas sin ningún tratamiento para quitarles su característica de residuo peligroso?
- ¿Por qué no recibiría estos elementos?
- ¿Compraría las agujas esterilizadas para fundir y reutilizar el material?
- ¿Por qué no compraría las agujas esterilizadas?

- ¿Para qué utilizaría el acero inoxidable de las agujas gestionadas?
- ¿Compra material para elaborar elementos de acero inoxidable?
- ¿Compraría láminas de acero inoxidable que fueron generadas mediante la fundición de agujas?
- ¿Por qué no compraría este elemento?
- ¿Utilizaría láminas de acero inoxidable las cuales vienen de un proceso de reutilización para producir elementos con este material?
- ¿Por qué no utilizaría este elemento?
- Entidad
- Correo electrónico