

**SISTEMAS INNOVADORES BASADOS EN LA NATURALEZA PARA EL
TRATAMIENTO DE LODOS PROVENIENTES DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**



**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**

AUTOR

LAURA JULIANA ESPINOSA ANGEL - 1102823

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

INGENIERA CIVIL

Tutora:

ADELA TATIANA RODRIGUEZ CHAPARRO

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

BOGOTÁ, 15 DE FEBRERO 2021

RESUMEN

Las aguas residuales han sido un tema abordado por la ingeniería civil desde mucho tiempo, durante su tratamiento existen diferentes parámetros y residuos provenientes dentro de su proceso, los cuales son necesarios tratar de manera adecuada para no generar un impacto ambiental mayor al que hubiera ocurrido si las aguas residuales fueran arrojadas directamente a fuentes hídricas, y durante el transcurso del tiempo y con las tendencias actuales ambientales, se ha estado buscando una solución innovadora para esta problemática, el objetivo del presente trabajo es demostrar por medio de un modelo de planeación de innovación, que la mejor alternativa para el tratamiento de los lodos residuales provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales son aquellos basados en la naturaleza, puesto que no presentan un impacto negativo y su tratamiento es totalmente efectivo.

ABSTRACT

Wastewater has been a subject addressed by civil engineering for a long time, during its treatment there are different parameters and waste from within its process, which need to be dealt with in an appropriate manner so as not to have a greater environmental impact than would have been the case if the waste water were dumped directly into water sources, and over time and with current environmental trends, an innovative solution to this problem has been sought; the objective of this paper is to demonstrate by means of an innovation planning model that the best alternative for the treatment of waste sludge from waste water treatment plants are those based on nature, since they do not have a negative impact and their treatment is totally effective.

INTRODUCCIÓN

En el transcurso de nuestra historia, los ingenieros civiles se han centrado en la evolución e innovación de las diferentes infraestructuras que son usadas en nuestro diario vivir, y que día a día requieren un nuevo reto de innovación. Pero, ¿cómo un ingeniero civil toma el rol de innovador dentro de su trabajo?

La innovación se puede definir como el resultado de la transformación de diferentes demandas en un valor añadido, un “*plus*”, utilizando conocimientos y herramientas existentes, dentro de estas se pueden encontrar distintos métodos, que según el fin buscado pueden ser aplicados. Ahora bien, en la ingeniería civil, se pueden optar por la utilización de diferentes herramientas, las cuales se plantean desde un modelo de innovación EMOI, este se encuentra basado en 4 criterios (Entender, Definir, Desplegar, Evaluar). Estos son encargados de gestionar y evaluar si la propuesta de innovación es rentable, y si en realidad la sociedad la requiere o no; es por esto que se comienza con la búsqueda de los diferentes retos que la ingeniería civil con lleva diaria y permanentemente como lo es el bien común y la protección del medio ambiente en el que se ejerce, tal como la Sociedad Estadounidense de ingenieros civiles, (American Society of Civil Engineers, ASCE), determina “*La ASCE ha considerado durante mucho tiempo la sostenibilidad como un tema estratégico al que se enfrentan los ingenieros civiles en ejercicio. Su integración en la práctica profesional es necesaria para abordar las cambiantes condiciones ambientales, sociales y económicas de manera ética y responsable*”(ASCE, 2021) en Colombia, siendo un país tan biodiverso, el cuidado ambiental entra a cobrar un papel muy importante dentro de las obras civiles, ya que el trabajo que se busca debe ser equitativo y además de acuerdo con una evaluación del reto planteada por el ingeniero Juan Jose mariño, “*el principal reto es ético: asumir plenamente una ética profesional que incorpore valores ambientales, anteponiendo a los intereses particulares y sectoriales los intereses de la sociedad en general, incluyendo las generaciones actuales y futuras*”(Mariño, 2007).

Actualmente en Colombia cerca del 43% de los municipios cuentan con sistema de saneamiento básico que se encarga del manejo de las aguas residuales producidas por la comunidad; Pero, ¿qué son las aguas residuales? se denominan aguas residuales a todas aquellas aguas que han sido afectadas de manera negativa por diferentes agentes, ya sean naturales, industriales o de cualquier índole; estas requieren de un conjunto de tratamientos óptimos los cuales son llevados a cabo por estructuras específicas para su recuperación y disposición final, estas requieren de un proceso y enumeración para que su tratamiento sea efectivo y se tenga un buen manejo. Dentro de este proceso se generan diferentes residuos que deben ser tratados para que puedan ser utilizados nuevamente y no generen un mayor impacto ambiental, como los son los lodos residuales, los cuales están compuestos de agua,

sólidos y diferentes nutrientes. Este conjunto de procesos se debe llevar a cabo dentro de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR); no obstante, existen diferentes PTAR que no cuentan con un sistema óptimo para el tratamiento de los lodos residuales, los cuales son arrojados de manera directa a los receptores finales, causando así un mayor impacto al cuerpo de agua al que se disponen.

Los lodos residuales producidos dentro de las PTAR, se arrojan de manera directa a fuentes hídricas tales como ríos y lagunas; debido a la carga que estos poseen, la contaminación en dichos recursos hídricos aumenta. Esto se debe porque existe una mayor presencia de nutrientes y contaminantes tales como los metales pesados que al actuar allí generan toxicidad en el agua, y un alto riesgo de afección a la salud ya que puede procrear enfermedades, irritaciones en el estómago, riñones y demás órganos, adicionando el daño medio ambiental que genera. Lo nombrado anteriormente es en virtud de que ello puede llegar a causar envenenamiento de los seres vivos presentes en dichas aguas.

Con base en lo anterior en este documento se pretende dar respuesta a cómo y porqué por medio de una herramienta del modelo propuesto por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), el reto de innovación se plantea como “CREAR SISTEMAS BASADOS EN LA NATURALEZA PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS PROVENIENTES DE UNA PTAR”. Con esta idea, se busca un tratamiento de bajo impacto ambiental, que sea adecuado para los lodos residuales producidos en las PTAR que no poseen un manejo para estos.

INNOVACIÓN

Para poder iniciar con el desarrollo es necesario definir y explicar que es innovar, el proceso de innovación y que abarca la gestión de la innovación. Cuando se piensa en la palabra innovar, se imagina el signo igual junto a la palabra crear, pero innovar no es solo crear, es transformar las diferentes demandas existentes dentro del mercado en un valor extra, a partir de allí se maneja la innovación, diferentes autores han dado las diversas definiciones que la innovación genera, pero es según el manual Oslo, manual que se encarga de la recopilación y uso de estadísticas innovadoras, que se define la innovación como: *“Una nueva o un producto o proceso mejorado (o una combinación de los mismos) que difiere significativamente del de la unidad productos o procesos anteriores y que se ha puesto a disposición de los usuarios potenciales (producto) o puesto en uso por la unidad (proceso)”*. (OECD, 2018).

La innovación no es algo que se dé una sola vez y se detenga, tal como se mencionó anteriormente, innovar es transformar demandas, y dentro del diario vivir la sociedad exige diferentes y nuevas demandas con lo cual se realiza una categorización de diferentes tipos de innovación, la cual se genera según los espacios donde esta requiera ser aplicada, para esto, la Universidad Politécnica de Valencia,

España (UPV) , creo el *Hexágono para la innovación*, con el cual se realiza una ubicación de la idea de innovación que se busca y así poder desarrollar con ayuda de herramientas específicas de cada parte, la innovación de manera tangible.

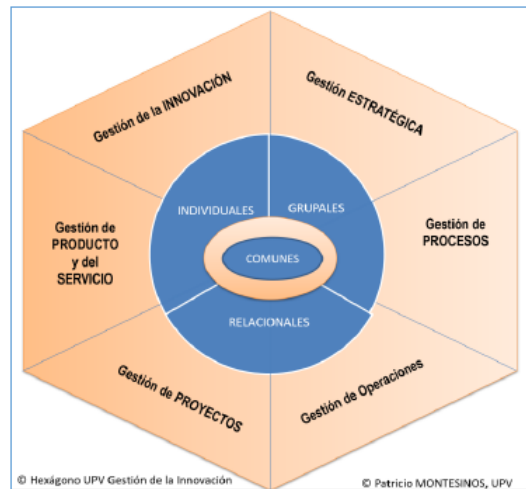


Figura 1 Hexágono para la innovación; Fuente:(Valencia, 2020)

Partiendo de este hexágono, y seleccionando como partes innovadoras, la gestión de la innovación y gestión del producto y del servicio, se definen las herramientas pertenecientes a estos.

La UPV define diferentes herramientas y metodologías para la innovación, dentro de ellas se encuentran las herramientas de METAPLANIFICACIÓN, definen como el conjunto de herramientas con las cuales se da respuesta a procesos PDCA, planificar, hacer, chequear y aprender, en tiempos cortos de manera desconectada u OFFLINE; Para que esta herramienta sea óptima de uso, se soporta de la metodología del ciclo MPDCA, con la cual a partir de un esquema permite reunir de manera clasificada y ordenada las diferentes ideas, partes objetivos y resultados de la innovación que se espera plantear, esta metodología cuenta con un orden de 5 pasos:

1. Metaplanificación: reúne los diferentes objetivos de la búsqueda y el problema al que se enfrenta.
2. Planificación: Se realiza la planeación de la innovación
3. Despliegue: Se demuestran los diferentes enfoques de la innovación para que al momento de ser implementada sea exitosa
4. Chequeo: Análisis del alcance de la innovación
5. Aprendizaje: Revisar los resultados que fueron obtenidos por la innovación.

Para que los pasos sean presentados de manera ordenada, se relaciona el siguiente cuadro.

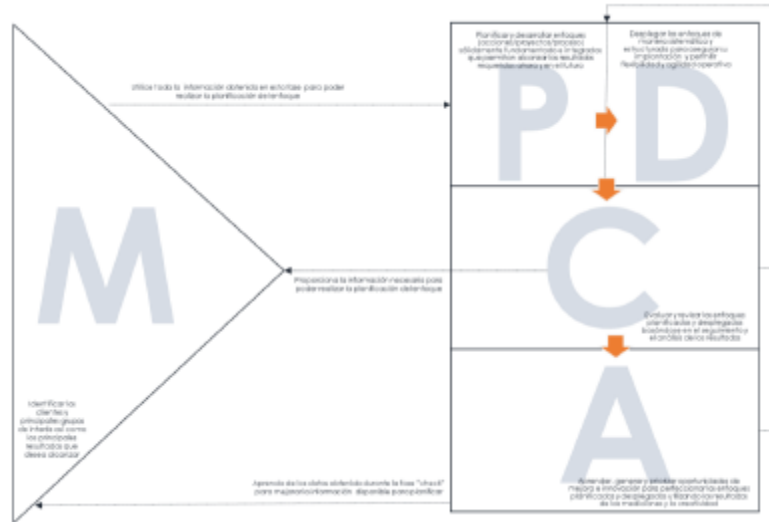


Figura 2 Esquema ciclo MPDCA; Fuente:(Valencia, 2020)

MATERIAL Y MÉTODO

Dentro de la profesión de la ingeniería civil, existen diversos campos en los cuales se puede ejercer para contribuir con el avance e innovación dentro de la sociedad. El área de agua potable y saneamiento básico se encarga de brindar a la población y su entorno, las diferentes condiciones óptimas para su funcionamiento en salubridad, y es allí donde se encarrila y trabaja de la mano con los recursos hídricos que son pertenecientes a este.

Ahora bien, de acuerdo con los objetivos de la investigación previamente descritos, se comienza la recolección de la información necesaria para encontrar una solución óptima para tratar los lodos residuales sin generar vulnerabilidad ambiental, partiendo de la metodología de innovación MPDCA, con la cual se define una ruta de búsqueda a través de un esquema planteado y proporcionado por parte de la Universidad Politécnica de Valencia España, y de esta manera demostrar como por medio de esta estructura se llega a una excelente generación de innovación dentro de un proyecto de plantas de tratamiento.

Para el desarrollo de la estructura se llevan a cabo 5 pasos.

1. Metaplanificación:

Para poder llevar a cabo la innovación es necesario definir los objetivos y los problemas por los cuales se quiere llevar a cabo dicha búsqueda; Actualmente En la sociedad, se generan distintos residuos que van quedando debido a los diferentes procesos cotidianos que se realizan, ya sean en casa (domésticos), en empresas (industriales) o instituciones prestadoras servicios de salud (hospitales), los cuales son tratados antes de ser arrojados, estos residuos al ser mezclados con las aguas que se tienen, generan las denominadas aguas residuales, las cuales como se mencionó anteriormente son aguas afectadas negativamente por agentes externos sean domésticos o industriales , al estar estas contaminadas requieren un tratamiento.

El tratamiento se lleva a cabo por un tren de tratamiento cuyos procesos son determinados de acuerdo al tipo de agua residual que se tenga que tratar. Es así como en la mayoría de procesos se producen nuevos residuos que requieren ser tratados debidamente, todos estos son llevados a cabo dentro de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Esta es construida y diseñada con el fin de devolver el agua que fue contaminado a un receptor hídrico final con la menor carga de contaminación posible, sin embargo esto conlleva la producción de residuos sólidos, los cuales son generados por la acumulación de los sedimentos procedentes de estas aguas, denominados *lodos residuales*.

Los lodos residuales producidos dentro de la planta contienen materia orgánica, nitrógeno, fosforo, y potasio, los cuales se encuentran en altas cantidades y de forma concentrada, es por esto que deben ser tratados, a pesar de esto existen diferentes PTAR que no cuentan con el debido tratamiento para los lodos y son arrojados como un lodo normal a fuentes hídricas tales como ríos o lagunas, donde entran a generan un mayor impacto medio ambiental; El tratamiento de lodos requiere 3 pasos, estabilización, deshidratación y mineralización, si las PTAR contaran con su tratamiento se realizaría con sistemas físicos, ahora bien, estos producen más gastos energéticos y económicos, a lo que se lleva a la búsqueda de un tratamiento que se pueda aplicar a estos para su correcto manejo sin aumentar el impacto ambiental.

2. Planificación:

A partir de la búsqueda de un tratamiento óptimo, se comienza la investigación de nuevas tendencias globales que estén acordes con el propósito y se encarrilen con la disminución del impacto ambiental.

Actualmente y debido al gran impacto que estos han causado, las investigaciones sobre su aprovechamiento y tratamiento de manera natural han aumentado; De acuerdo con una charla

suministrada por la empresa BIOLODOS, empresa perteneciente al grupo internacional Scandroots, la tecnología que es requerida por las plantas de tratamiento de aguas residuales sean cual sea su origen de aguas, es la tecnología de *Laminas Filtrantes*, una tecnología innovadora que según la empresa Biolodos, usa la capacidad de limpieza de la naturaleza para la remoción de contaminantes y el reciclaje, cuyo objetivo es el de promover todos aquellos procesos bioquímicos que son generados por las plantas y los microorganismos para descomponer los contaminantes existentes de forma natural e invasiva, actualmente en Colombia se cuenta con diferentes proyectos en 10 lugares diferentes, donde se maneja el tratamiento de las aguas residuales y lodos residuales. Dentro de los estudios que se han llevado a cabo por parte de la empresa, se resalta el uso de la planta *phragmites communis*, ya que esta posee diferentes ventajas en cuanto a trabajo eficiencia y economía.

A partir de lo reportado por Biolodos, los lodos contienen aproximadamente un 95% de humedad, y su 5% restante consta de materia seca, las láminas filtrantes trabajan de manera vertical y horizontal, ya que pueden ser también usadas para el tratamiento de las propias aguas residuales, para el caso de los lodos residuales, el tratamiento de las misma se desarrolla horizontal. Su estructura se basa así:

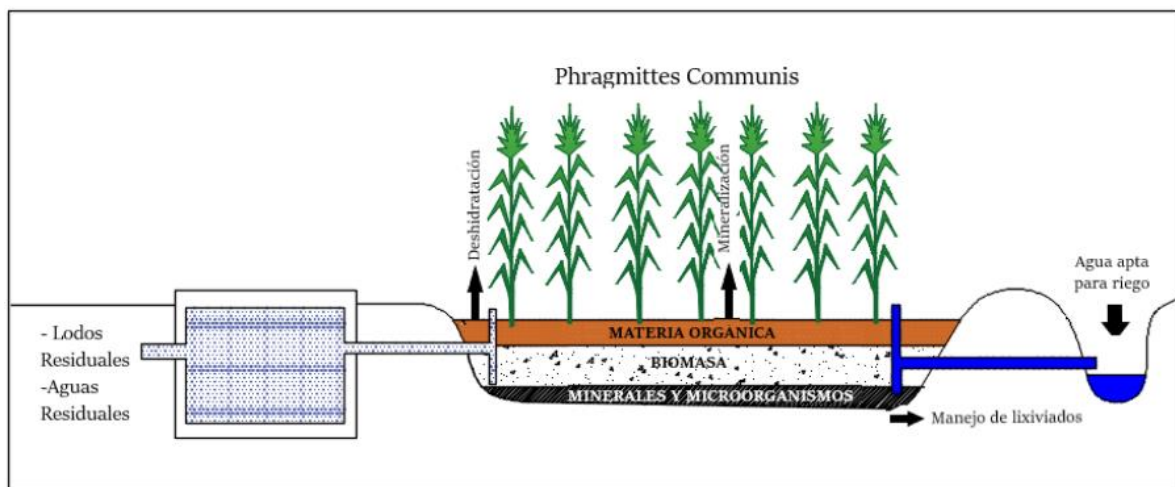


Figura 3 Sistema de Laminas Filtrantes; Fuente:(BIOLODOS & León, 2020)

El sistema consta de un espacio de entrada donde los lodos son depositados e inicia con el primero de los tres procesos. Todo comienza con la homogenización de los lodos, en donde se realiza un engrosamiento de los mismos dentro de un tanque con ayuda de diferentes hongos y bacterias, a continuación se continua con la deshidratación del lodo, cuya forma de manera física en maquinaria se lleva a cabo por medio de una centrifuga, sin embargo, dentro de este sistema natural se transforma por medio de la evapotranspiración que las plantas allí presentan, generando

que el agua se drene hacia el fondo de las láminas o como es denominada por Biolodos piscina, finalizando así con el tercer proceso denominado mineralización, el cual es originado y sustentado a partir del oxígeno que entra a través de las plantas y causa que los microorganismos existentes inicien con la degradación de los minerales presentes.

Este último proceso es el que encierra los diferentes metales pesados que los lodos poseen, como lo son la plata, plomo y selenio, Biolodos dentro de su planta principal ubicada en Mosquera-Cundinamarca, llevó a cabo un muestreo de lodos tratados de aguas residuales, obteniendo la tabla a continuación presentada:

BIOLODOS S.A. ESP-MOSQUERA, CUNDINAMARCA VEREDA BALSILLAS CELDA 1 MUESTRA CÓDIGO: 62604				
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS	CONCENTRACIONES MÁXIMAS PERMISIBLES EN EL LIXIVIADO (mg/L)	CUMPLIMIENTO
Plata	mg/L	< 0,05	5.0	Cumple
Plomo	mg/L	< 0,02	5.0	Cumple
Selenio	mg/L	< 0,006	1.0	Cumple
Inflamabilidad	°C	86	> 60	Cumple
Reactividad	-	No Reactivo	No reactivo	Cumple

Tabla 1 Resultados muestras; Fuente:(BIOLODOS & León, 2020)

De acuerdo con los parámetros determinados por el Decreto 4741 de 2005 expedido por la Presidencia de la República de Colombia “*Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.*” (Distrital, 2005) donde se estipulan los parámetros máximos para el manejo de los residuos y desechos peligrosos, los valores para los parámetros evaluados luego del tratamiento de lodos se encuentran dentro de los rangos permisibles, además es de resaltar que los resultados son valores bajos frente a las máximas concentraciones.

Al igual que este sistema de láminas filtrantes, existen diferentes humedales basados en la naturaleza, dentro de estos se destaca un sistema de flujo vertical elaborado en Marseille, sur de Francia los cuales surgen de la investigación llevada a cabo por la unión de los laboratorios del Instituto Mediterráneo de Ecología y Paleontología y los laboratorios de la Universidad Aix-Marseille.

Según lo expuesto dentro de sus investigaciones, fue por medio de 20 diferentes Mesocosmos que llevaban a cabo la simulación de humedales con funcionamiento de flujo vertical a través de tanques de polipropileno, los cuales eran llenados de guijarros y un sustrato orgánico compuesto por turba y corteza de pino además de la adición de lodos residuales y aguas residuales provenientes de una PTAR procesadora de alimentos.

El objetivo de esa investigación fue determinar y observar la forma en la que por medio de un sustrato orgánico dentro de los humedales, los lodos residuales pueden ser tratados y su composición orgánica y de nutrientes disminuya para así calificar el agua final del tratamiento como apta, dicha investigación se llevó a cabo durante un año en el cual, se observó que dentro de los Mesocosmos que tenían plantados los *phragmites*, aumentaban los valores de los ácidos fúlvicos, con los cuales aumentaba la degradación de la materia orgánica presente en los lodos, todo esto se debía a que en el sistema de raíces de las plantas, el sustrato hacía que la aireación mejorara debido al transporte de oxígeno que se lleva en las plantas, en cuanto a la liberación de Nitrógeno, registraron valores menores a 1mg/L durante todo el año de prueba.

El siguiente artículo que se expone fue elaborado por el instituto de investigación del agua en Pisa, y la empresa prestadora de servicios de acueducto y alcantarillado en Italia, y al igual que la empresa Biolodos acá en Colombia buscó demostrar el uso de las plantas *Phragmites Australis* como eficiente para el uso dentro de los sistemas naturales para el tratado de lodos residuales producidos por una planta de tratamiento de aguas residuales.

El tiempo de estudio empleado fue de 1 año y se llevó a cabo en dos plantas de tratamiento de cañaverales, Italia, allí se realizó la evaluación de las diferentes bioestabilizaciones de los lodos y el análisis de la absorción de nutrientes y metales pesados, de donde se pudo determinar la eficiencia de disminución de los lodos en un promedio del 95%, la disminución del nitrógeno total a partir de 3 los procesos concomitantes, mineralización y amonificación los cuales llevados a cabo por parte de la absorción de las plantas, resaltando además el proceso de lixiviación que aumentaba durante la temporada de lluvias, concluyendo así que los lechos y humedales eran eficaces para la eliminación de los nutrientes y metales presentes en los lodos residuales, y de acuerdo con lo concluido *“The systems may be innovative because it allows, with very low maintenance and operation costs (no sludge disposal), to close the depuration cycle inside the wastewater treatment plant with relevant benefits from economical and ecological point of view”*(Peruzzi et al., 2008).

Con esta información se pretende demostrar como los sistemas de láminas filtrantes, y humedales artificiales, reflejan ser la mejor manera de tratar de manera eficaz y natural los lodos residuales, cautivando así a las empresas y constructoras encargadas del diseño de plantas de tratamiento.

Dentro de la planificación, se muestra el procedimiento que debe ser llevado a cabo para la construcción de un sistema de láminas filtrantes y/o humedales artificiales.

- Inicialmente se debe realizar la adecuación del terreno:
Por medio de máquinas motoniveladoras se lleva cabo una adecuación del terreno determinado para instalar y crear las láminas filtrantes y/o humedales artificiales, de acuerdo con las medidas establecidas y requeridas por el sistema de tratamiento de aguas residuales



Figura 4 Adecuación del terreno; Fuente:(BIOLODOS & León, 2020)

- Se continúa con la impermeabilización del terreno por medio de un geo sintético el cual no permite el paso ni la filtración del agua, evitando así la contaminación del subsuelo por parte de los residuos y componentes pertenecientes a los lodos residuales.



Figura 5 Impermeabilización del terreno; Fuente:(BIOLODOS & León, 2020)

- A continuación se continúa con la ubicación de los filtros y el llenado de Biomasa dentro de la denominada piscina.



Figura 6 Llenado y filtros de la piscina; Fuente(BIOLODOS & León, 2020)

- Finalmente se lleva a cabo la siembra de las plantas que serán las encargadas del tratamiento



Figura 7 Siembra de plantas; Fuente:(BIOLODOS & León, 2020)

Cabe resaltar que el proceso de construcción es muy importante para el correcto funcionamiento de dicho sistema, pues si alguno de los pasos es inequívoco, dicho proceso será obstruido y no será llevado a cabo de manera eficiente. Ahora bien para llevar a cabo todo el proceso, puede añadirse dentro de este sistema de láminas filtrantes, el sustrato elaborado y estudiado es Francia, compuesto por corteza y turba

3. Despliegue

Dentro del despliegue se materializan los diferentes procedimientos que se deben realizar para que la innovación se lleve a cabo de manera estructurada, en la figura 8 se expone un diagrama de flujo que pretende ser la guía para la implementación de los sistemas naturales de tratamiento de lodos:

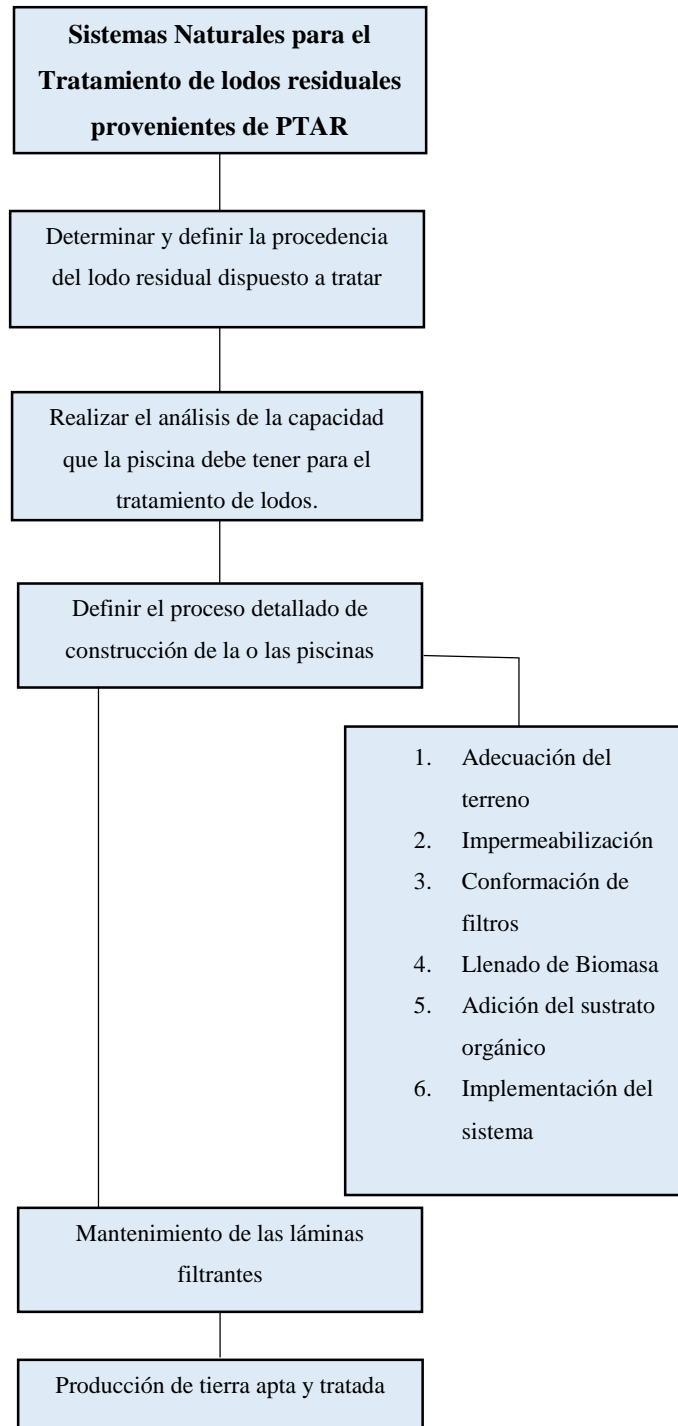


Figura 8 Despliegue de acuerdo a la metodología MPDCA ; Fuente: propia, (BIOLODOS & León, 2020)

4. Chequeo

Ya que el modelo de innovación aún no se ha implementado se presenta de manera teórica la medición que la innovación generaría, debido a que se deben realizar diferentes chequeos periódicamente sobre la aplicación de la innovación, dado que este tratamiento de lodos conlleva un largo tiempo de progreso el chequeo puede llevarse a cabo de manera anual.

Planteando las preguntas estipuladas para este ítem se resuelve:

¿Se han planificado de manera eficaz y eficiente los objetivos y actividades?

De acuerdo con el objetivo principal planteado inicialmente como la búsqueda de un sistema natural, eficiente en cuanto al tratamiento de lodos residuales de PTAR, con el uso de las láminas filtrantes y/o humedales artificiales se obtiene un tratamiento capaz de remover y dejar los lodos residuales óptimos para su continuo uso.

¿La planificación se llevó a cabo de manera efectiva?, debido a que el proceso de implementación del sistema natural conlleva un proceso el cual no posee un cambio de ruta, la planificación de trabajo está implementada de manera correcta.

¿Qué problemas hemos tenido? Dentro de los problemas que pueden llegar a presentarse son de manera técnica, si el proceso constructivo de la piscina no es llevado a cabo de manera acertada, se pueden presentar daños ambientales mucho mayores a los que se presentan si los lodos son arrojados de manera directa a las fuentes hídricas.

5. Aprendizaje:

A través de todo el proceso de análisis y ejecución, se puede evidenciar que la planificación se da de la manera más óptima y eficiente.

Los objetivos de búsqueda innovación son claros y en lo que se debe profundizar es en la asignación y división del trabajo dentro del proceso constructivo.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la metodología aplicada de búsqueda para la innovación, se plantea dentro de la estructura del esquema MPDCA de la figura 2 designado por la UPV, la organización del proceso de innovación anteriormente expuesta y se materializa el proceso en la figura 9, a continuación presentada.

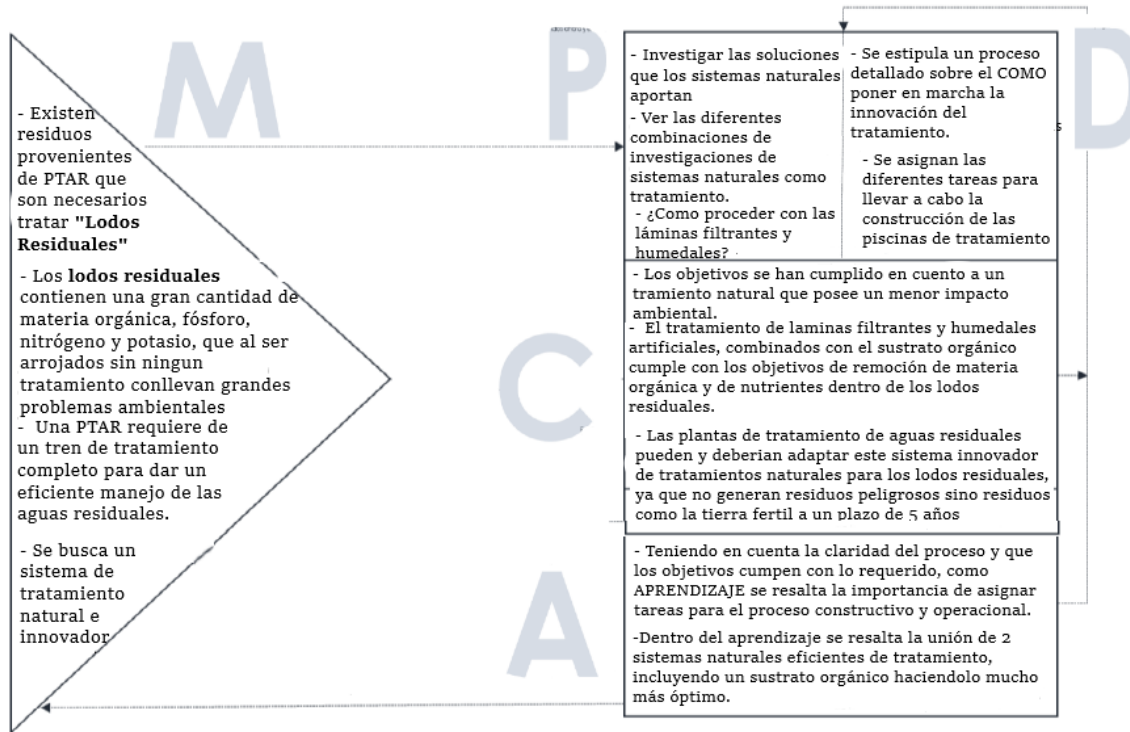


Figura 9 Modelo MPDCA; Fuente: propia,(Valencia, 2020)

CONCLUSIONES

De acuerdo con la información recolectada por medio de los diferentes recursos bibliográficos, se evidencio la forma en la cual los sistemas naturales pueden trabajar de manera óptima en el tratamiento de lodos residuales, se demostraron los resultados obtenidos de remoción dentro de estudios llevados a cabo en *láminas filtrantes*, en los cuales se resaltan los valores obtenidos de metales pesados y tóxicos luego del tratamiento siendo menores en un 90% a los valores máximos estipulados por la norma, caracterizando así el uso de plantas *phragmites communis* como aptas y óptimas para el tratamiento natural, sin embargo no son las únicas plantas efectivas, *Phragmites Australis*, otro tipo de planta implementada dentro de diferentes estudios de remoción en lodos residuales dentro de una planta de tratamiento en Italia, demostró la remoción de los residuos de materia orgánica y adecuado proceso de amonización existente, finalmente se expuso el rendimiento de un sustrato orgánico agregado dentro de estos sistemas naturales con el cual se busca que el agua

obtenida dentro de este proceso sea apta para riego y el material resultante (tierra) se encuentre lista para su uso; Es de resaltar que la única información encontrada en Colombia y los casos de estudio llevados a cabo, fueron los expuestos por la empresa Biolodos, dando aún más motivos para emprender con dicha innovación.

Para el debido tratamiento de los datos a recolectar para presentar esta innovación, se llevó a cabo el uso de la metodología MPDCA creada por la UPV con la cual, se estipulo paso por paso la manera con la que la innovación seria llevada a cabo de forma tal que no existiera ninguna falla dentro del proceso de elegir, generar y materializar la innovación, para lograr así una innovación excelente, esta herramienta establecida dentro del modelo EMOI estudiado en la misión académica Gestión de la Innovación fue la columna central de la estructura y planteamiento del tema de innovación, como se dijo en un comienzo, la innovación no es de solo un momento, diariamente la sociedad demanda nuevos retos y no son solo en el ámbito de negocios, sino en lo esencial de la vida, por esto se recomienda el uso de las láminas filtrantes y humedales artificiales para el tratamiento de los lodos residuales provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales con la combinación de plantas *Phragmites communis* y *Phragmites Australis*, más el sustrato orgánico, para dar así un debido cierre al tren de tratamiento de las PTAR aprovechando los recursos naturales disminuyendo en gran medida el impacto ambiental y reutilizando lo extraído del procedimiento final, lo cual al ser implementado dentro de las PTAR en Colombia, nos llevaría a un cambio e integración de la ingeniería civil, con la innovación y el impacto ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

ASCE. (2021). *SUSTAINABILITY ROADMAP*. <https://www.asce.org/sustainability-roadmap/>

BIOLODOS, & León, P. (2020). Laminas Filtrantes. In D. C. Ramirez & M. A. Velancia (Eds.), *Tratamiento de lodos con el sistema de laminas filtrantes* (p. 41).

Distrital, S. (2005). *Alcaldía Mayor De Bogotá*.
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18718>

Mariño, J. J. (2007). Reflexiones sobre el papel de la Ingeniería Civil en la evolución del medio ambiente en Colombia. *Revista de Ingeniería*, 9.
<http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n26/n26a9.pdf>

OECD. (2018). Oslo Manual 2018. *Guidelines for Collecting Reporting and Using Data on Innovation*, 4, 2. <https://www.oecd.org/sti/inno/oslo-manual-2018-info.pdf>

Peruzzi, E., Macci, C., Doni, S., Aiello, M., & Ceccanti, B. (2008). Phragmites australis for sewage sludge stabilization. *Science Direct*, 10.

Runying, W., Korboulewsky, N., Prudent, P., Domeizel, M., Rolando, C., & Bonin, G. (2009). Feasibility of using an organic substrate in a wetland system treating sewage sludge: Impact of plant species. *Science Direct*, 7.

Valencia, U. P. de. (2020). GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN. In *MISIÓN ACADÉMICA 2020* (p. 119).