



Valoración de la Implementación de principios de economía circular en la gestión del recurso hídrico en empresas de Zipaquirá, con miras a innovar estructuralmente para reducir las presiones de tratamiento en la PTAR

En el marco del Curso internacional o diplomado titulado:

Diplomado en Gestión Ambiental

Celebrado en la ciudad de *Cajicá* entre el *08* de *11* del año *2021* y el *15* de *12* del año *2021*.

Presentado por:

Sara Catalina Suárez Pereira

Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Ingeniería Campus Nueva Granada
Programa Académico de Ingeniería Civil
Cajicá, Colombia

Septiembre, 2022

Valoración de la Implementación de principios de economía circular en la gestión del recurso hídrico en empresas de Zipaquirá, con miras a innovar estructuralmente para reducir las presiones de tratamiento en la PTAR

Sara Catalina Suárez Pereira

Ensayo científico-académico para obtener el título de:
Ingeniero Civil

Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Ingeniería Campus Nueva Granada
Programa Académico de Ingeniería Civil
Cajicá, Colombia

Septiembre, 2022

Valoración de la Implementación de principios de economía circular en la gestión del recurso hídrico en empresas de Zipaquirá, con miras a innovar estructuralmente para reducir las presiones de tratamiento en la PTAR

El agua como recurso hídrico de gran valor, se ha convertido en un tema de suma importancia para la comunidad, desde su utilización en acueductos para la distribución a zonas urbanas e industriales, hasta la purificación de esta, una vez cumple el ciclo de manejo en las viviendas y grandes empresas. Para estas últimas, el agua tras ser implementada en procesos productivos se reconoce como agua residual; y a partir de allí, atraviesa diferentes procesos de limpieza, desinfección y purificación para su futuro vertimiento en zonas específicas de tal manera que disminuya el impacto que esta tiene respecto a los parámetros de toxicidad permitidos a nivel mundial. Sin embargo, el manejo de este mismo recurso una vez se “desecha” como última instancia, genera incrementos en los costos de producción de los empresarios ya que esto se considera una pérdida respecto al aprovechamiento y reutilización de recursos no renovables dentro de la misma industria. Por tal motivo, como medidas correctivas y de compensación por el gasto desmesurado de agua potable y el exceso de agua residual creada, la economía de las grandes industrias ha buscado soluciones a nivel ambiental, social y económico donde se implemente la regla de las tres erres de Kozáni Junichiro (reducir, reutilizar y reciclar) (Bonilla, 2018), para así disminuir los niveles de contaminación en el agua y hacer uso de esta en otros procesos del ser humano.

Dentro del tema del recurso hídrico se debe analizar la utilización de este en la productividad industrial ya que se utiliza tanto para la elaboración de productos como para el mantenimiento de materiales y equipo; adicionalmente, el agua implementada para cada proceso puede variar según la pureza y la higiene que se requiere para llevar a cabo dicha actividad; por lo mismo, el sector con mayor gasto de agua tanto potable como contaminada es el industrial, con un consumo de 70% (Excelencia, 2019), como consecuencia de esto se proyecta un déficit de recurso hídrico del 40% para los próximos 15 años por el mal manejo y las problemáticas por la gestión del agua en dichas actividades según los reportes de la UNESCO dentro del Programa Mundial de los Recursos Hídricos. Por tal motivo, se busca la reducción de gastos excesivos de agua, evitar la contaminación descontrolada en vertimientos y mejorar los sistemas de limpiezas en plantas de tratamiento a través de la concientización y la implementación de nuevas medidas dentro y fuera de las industrias.

Para la productividad industrial dentro del manejo adecuado del recurso hídrico, se debe tener en cuenta la manera de reducir gastos y aprovechar todos los recursos implementados dentro del proceso. Así, la economía circular, se convierte en un método para manejar cada fase de la manera más eficaz posible, esta economía se describe como un “sistema regenerativo que minimiza la entrada de recursos, la salida de residuos y las fugas de energía a través de un diseño duradero implementando las tres erres” (Romero & Carvajalino, 2020) con la finalidad de que se cierre el ciclo de los bienes (materias primas, diseño, producción, distribución, consumo y uso y finalmente recogida) desde cada ámbito estudiado y los ciclos que este maneja para convertir los desechos en materia prima nuevamente.

Por consiguiente, se implementó el término de economía circular en las industrias donde se busca que los residuos pasen a ser una materia prima de ciertos procesos, reduciendo los desechos generados, minimizando así el impacto ambiental y de la misma forma ahorrar energía, reducción en costos para ambas partes de la industria, es decir, productor y consumidor; además, el uso de nuevas tecnologías permite un mejor manejo de los residuos y desechos, de la misma manera que la optimización de los recursos naturales para lograr una mitigación en la contaminación producida por las mismas empresas, donde la estrategia principal de la economía circular es “considerar y valorizar el residuo como un recurso” (Graziani, 2018). De tal manera y teniendo en cuenta lo descrito con anterioridad, este ensayo plantea una evaluación de la implementación de principios de economía circular en la gestión del recurso hídrico en plantas industriales para reducir la presión de tratamiento en la PTAR de Zipaquirá.

Para desarrollar esta evaluación se ha planteado una estrategia que valora dos criterios esenciales a saber: la evaluación de la aplicación de criterios de economía circular en la gestión del recurso hídrico en los procesos industriales y la estrategia de innovación estructural con miras a reducir las presiones en la planta de tratamiento de aguas residuales. Asimismo, se ha tomado como referencia las cuatro actividades industriales más importantes en el municipio de Zipaquirá según la actividad económica expedida por la Cámara y Comercio, donde se establece que la agricultura, la caza, la ganadería y la industria manufacturera cuentan con aproximadamente 728 empresas en el municipio, siendo el mayor ingreso económico del sector. Así, dentro de estas actividades importantes de economía se desarrollará la evaluación para la industria de producción de sal de mesa, la productora de papel, la industria de ganado beneficiado e industria de producción de leche dado que estas industrias tienen un gasto significativo de agua en todo el proceso de producción iniciando con la definición de su uso en cada etapa de elaboración.

1. EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE CRITERIOS DE ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN LOS PROCESOS INDUSTRIALES:

1.1. UTILIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE CADA INDUSTRIA:

De tal forma, el primer aspecto para tener en cuenta es la caracterización y diagnóstico de la utilización del recurso hídrico de acuerdo con proceso productivo analizado.

1.1.1 INDUSTRIA PAPELERA:

Dentro de la industria de papel se ve la utilización de agua en todo el proceso de producción debido a que la materia prima para el papel, es decir, la fibra de celulosa se activa al ser mezclada con agua durante todo el procedimiento hasta el momento en el que se somete a secado para su entrega final. A continuación, se describe de manera más detallada el proceso de producción del papel y la utilización del agua en ciertas etapas (Kimberly-Clark, 2006-2009):

- 1.1.1.1. Preparación de la pasta de papel: En esta etapa, se realiza la limpieza y purificación de las fibras tanto vírgenes como recicladas, debido a que anteriormente se pasa la materia prima por el pulper, con el fin separar las fibras de celulosa; en este proceso se utiliza gran cantidad de agua puesto que esta permite retirar el pegamento tanto natural como artificial que tiene la celulosa. Por otro lado, se usa mayor cantidad de agua tanto para el blanqueamiento de las fibras y la eliminación de impurezas durante el cribado y la centrifugación.
- 1.1.1.2. Formación: Seguido a la preparación de la pasta, se pasa esta a través de tejido sintético para moldearla siendo una tela formadora, donde se aplanan la pasta para finalmente en la última maquinaria de esta etapa, se elimine la humedad excedente por un fieltro específico.
- 1.1.1.3. Secado: En este paso de la producción de papel, se utiliza cantidades importantes de energía para la alimentación de los tubos de aire, tanto de frío como caliente, para la eliminación de toda el agua que permanezca aun en la pasta; por lo tanto, al eliminar ese exceso de humedad, implica un residuo adicional de este recurso durante la producción.
- 1.1.1.4. Crepado: Durante la etapa de micro plegado, no se emplea agua debido a que, durante este proceso, la pasta de papel previamente secada

pasa a que sea grabada con algún relieve, esto para que obtenga mayores características de absorción.

1.1.1.5. Bobinado y des bobinado: En este proceso, se enrolla toda la pasta de papel creada y ya con el relieve establecido de la etapa anterior para posteriormente moldear para el tamaño adecuado para el tipo de papel a fabricar.

1.1.1.6. Gofrado y corte: Para esta etapa de producción se realiza un relieve adicional que le permite mayor absorción al papel y la separación pertinente para posteriormente dar el tamaño adecuado según la funcionalidad del papel. Este procedimiento no genera desperdicio de agua.

1.1.1.7. Empaquetado: Finalmente se procede al empaque de cada uno de los productos finales según la necesidad y la producción que se esté realizando.

De todo el proceso descrito con anterioridad, se tiene en cuenta que el proceso donde mayor gasto de agua se genera es la preparación de la pasta de papel por la necesidad de limpiar la materia prima; sin embargo, durante las etapas de formación y secado, se elimina agua, en este caso, residual por los contaminantes que posee y esto hace que dicho desecho sea llevado a plantas de tratamiento para posteriormente sea vertido en cuerpos de agua distintos.

Específicamente para Familia S.A., el mayor gasto del recurso hídrico se maneja dentro de los procesos de preparación y secado debido a que dicha empresa utiliza en algunas ocasiones, fibras de papel reciclado con ciertos químicos que requieren de gran cantidad de agua para lograr eliminar excesos y así asegurar una buena calidad en los productos.

1.1.2. INDUSTRIA DE PRODUCCIÓN DE SAL DE MESA:

Antes de iniciar con la extracción de la sal, se debe evaluar el método de obtención de esta, ya sea por unidades de cristalización, por disolución o cámara y pilares; a continuación, se establece el tipo de extracción para cada forma de encontrarla como recurso tangible.

1.1.2.1. Extracción: En el primer tipo de obtención, se pulveriza hasta el tamaño de partícula deseado todo el material obtenido de la cantera; la siguiente, donde se ve afectado nuestro recurso hídrico por el uso excesivo de este, se maneja a través de la inyección de agua a elevada temperatura para disolver la mineralización y así formar una salmuera (agua – sal) para

posteriormente se realice la evaporación donde como resultado final se obtiene la sal; para el último tipo de obtención, se hace la extracción a través de trituración y tamizaje, preparándola para consumo humano (RENAPRA, 2020).

- 1.1.2.2. Acopio y estacionamiento: Una vez se tiene la sal del proceso de extracción se procede a reunir en grandes cantidades por un tiempo aproximado de 18 a 24 meses con el fin que elimine el exceso de agua.
- 1.1.2.3. Transporte hasta la planta y lavado: Para ambos procesos de la producción, se tiene en cuenta la utilización del recurso hídrico, donde en la primera etapa, el transporte debe estar completamente limpio y purificado para que la sal dentro de él no quede con impurezas; en el caso del lavado, el agua debe ser potable para mantener la concentración adecuada de cada componente químico.
- 1.1.2.4. Secado, clasificación y molienda: Para esta etapa del proceso de la sal, se debe realizar el secado a fondo del producto, utilizando una centrifugadora de lecho fluido para que pueda eliminarse cualquier tipo de bacteria que se encuentre en el producto, esto a través de la elevación de temperatura por un tiempo determinado y por el proceso de movimiento del material granular húmedo presente en la secadora. Una vez se encuentra limpia y seca la sal, se procede a clasificarla según el uso, en este caso para sal de mesa y seguir con la molienda para conseguir un grano más fino.
- 1.1.2.5. Enriquecimiento: Durante este proceso, se debe enriquecer la sal de mesa para su consumo con los componentes necesarios y que sea apta para el ser humano con yodato de potasio en solución, para que así todo el producto quede uniformemente distribuido y con la dosificación adecuada para obtener así el producto final.
- 1.1.2.6. Almacenamiento y transporte: Para esta última etapa, se debe tener en cuenta las condiciones de almacenaje de la sal, donde no haya presencia de agua, humedad y sol excesivo para preservarla contando de la necesidad que sea un ambiente fresco y con ventilación adecuada.

Por consiguiente, se determinó que el mayor gasto de agua presente en el proceso de producción de la sal de mesa, parte desde el tipo de extracción que se utiliza para iniciar con las etapas descritas anteriormente. Esta extracción al poderse realizar por medio de inyección de agua a altas temperaturas genera un consumo adicional de este recurso hídrico, puesto que el agua como residuo contiene

contaminantes por la exposición de la sal al ambiente y por lo mismo, no podrá ser utilizada en demás procesos como la purificación y lavado de esta.

De la misma manera, en el proceso de lavado se utiliza ciertas cantidades de agua con el fin de limpiar impurezas de los acopios para proseguir al secado y la molienda; así el desperdicio en esta etapa produce que los niveles de agua residual generada por estos procesos aumenten mediante la producción también lo haga.

Para el estudio de caso de los gastos hídricos que se tienen para la elaboración de la sal de mesa se analiza la productora de sal Brinsa S.A con el fin de determinar las etapas de producción en las que esta compañía tiene mayor consumo de agua. Así, las etapas con mayor implementación de dicho recurso hídrico empiezan en el proceso de extracción, debido a que Brinsa S.A. cuenta con pozos de sal para la extracción con inyección de agua a altas temperaturas y de la misma manera estos pozos son utilizados para el secado y enriquecimiento.

Por otro lado, otras etapas con mayor uso y desperdicio de agua para Brinsa S.A. son tanto lavado como el secado de la sal, esto se debe a que, en la primera etapa mencionada, el agua implementada no puede ser usada en otros procesos de elaboración puesto que se encuentra contaminada por compuestos tóxicos para el consumo humano y en la segunda, como se realiza la centrifugación del elemento a producir, el agua que esta libera aun contiene sustancias que produce que el agua no sea completamente útil para incluirla en procesos adicionales de la sal de mesa.

1.1.3. INDUSTRIA DE PRODUCCIÓN DE LECHE:

Dentro del proceso de producción de la leche, se analiza desde la extracción de la leche del ganado, hasta el punto de comercialización y distribución, debido a que este es un alimento perecedero así que como primer ítem dentro del proceso de producción será alargar la vida útil y asegurar la calidad de esta hasta llegar a la mesa del consumidor.

Para mantener la calidad de la leche durante todo el proceso de producción deben realizarse controles obligatorios de las condiciones higiénico-sanitarias de la leche justamente después de la extracción de esta del ganado seleccionado, para la comprobación de los parámetros adecuados y así proseguir al proceso de producción de leche cruda al producto final (ya sea leche o derivados lácteos); para realizar los respectivos análisis, se debe tener en cuenta la inspección visual, el control de temperatura de la cisterna, de tal manera que no se haya roto la cadena de frío durante el transporte hasta la planta; se continua con el control de limpieza de la cisterna, las condiciones de transporte de las muestras y la acidez de esta.

Como resultado de estos análisis previos a la producción, se tiene conocimiento de la limpieza y desinfección de todas las áreas en donde haya presencia de la materia prima para evitar la proliferación de bacterias contaminantes por lo que

durante cada uno de estos procesos es requerido el gasto del recurso hídrico potable y de soluciones de ciertos ácidos para mantener la calidad de cada procedimiento; el agua que es empleada en primera instancia, no es reutilizable dentro de la fabricación del producto final debido a que esta industria de maneja alimentos perecederos y de alto consumo por lo que un mal manejo de cada etapa trae consigo inconvenientes directamente a la salud (Pascual, 2018).

A continuación, se desarrolla el proceso de producción de la leche por cada etapa presente en esta industria descrito por Leche Pascual “Dar lo mejor”:

- 1.1.3.1. Recogida, transporte y recepción: Durante esta etapa se tiene como objetivo reunir la leche de diferentes puntos de recolección para proseguir con los análisis de inspección de las condiciones higiénicas de tal manera que se pueda prever cualquier deterioro o mala conservación desde la extracción a la planta, esto tiene que estar regularizado por el Reglamento (CE) No 853 de 2004 del Parlamento Europeo y del Consejo. Para un transporte exitoso, se deben utilizar los camiones cisterna previamente desinfectado y con las condiciones de temperatura y tiempo de reposo, asegurando siempre que el producto no pierda su calidad en todo el proceso de arribo, sin embargo, se llevan a cabo cada una de las pruebas de calidad incluyendo la prueba *in situ* de antibióticos.
- 1.1.3.2. Limpieza y estandarización: Una vez se tiene la calidad correcta de la leche, se procede a descargar la materia prima a los silos de almacenamiento; dichos silos, deben estar completamente desinfectados y lavados con anterioridad para asegurar la conservación de la leche. Durante el primer filtrado se elimina cualquier tipo de sustancia extraña que pueda contener la leche. Para esta etapa al igual que en la mayoría del proceso, se usa el agua para la limpieza de todos los componentes envueltos en el desarrollo correcto de esta industria.
- 1.1.3.3. Homogeneización: Para esta etapa se debe iniciar con el uso de la centrifuga para retirar la nata de la leche de tal forma que se distribuya uniformemente el contenido graso de la leche según el tipo a producir, adicionalmente, se eliminan imperfecciones de la misma manera que la grasa en exceso.
- 1.1.3.4. Pasteurización: Dentro del proceso de tratamiento térmico y posterior envasado como una de las etapas de mayor importancia en la producción de la leche; se realiza la pasteurización de la leche cruda, partiendo del ingreso de esta por la tubería desde los tanques de alimentación del proceso anterior a los tanques de balance. Este tanque se conecta directamente a la bomba de alimentación para trasladar el producto al intercambiador de placa con el fin de que la leche aumente su temperatura

de 72° a 80°C, para dicho aumento se emplea agua caliente a 90°C proveniente del caldero (Guaraca & Guaraca, 2019). Posteriormente, se lleva a las tuberías de retención para nivelar la temperatura a 72°C garantizando una correcta pasteurización; una vez se obtiene dicha pasteurización, se realiza el “*shock térmico*”, alcanzando una temperatura de 4° a 6°C haciendo uso de agua helada proveniente de la válvula de alimentación específica.

Para la limpieza de los procesos de producción de la leche tanto en la compañía Algarra S.A. conocida también como Gloria S.A, cerca al municipio de Zipaquirá y para Alquería en el municipio de Cajicá, se realiza específicamente cinco pasos de limpieza dentro de la etapa de pasteurización siendo este el procedimiento de mayor importancia, puesto que, en este punto, la leche obtiene el punto de calidad para el consumo humano. Por lo anterior, se describen los métodos de limpieza como un circuito cerrado en un equipo sin desmontar, para prevenir la concentración de contaminantes en la unión de las piezas, evaluando así cada proceso y el gasto de agua en los mismos.

- a. Enjuague Preliminar: Circula agua potable sin contaminantes y en algunos casos la que se haya recuperado del proceso de paso alcalino de los tanques anteriores, preferiblemente a altas temperaturas para la desinfección de las partes del sistema. De tal forma, el agua durante esta etapa debe ser prácticamente limpia o con alguna solución que la convierta en alcalina para que no haya cultivos de bacterias provenientes de la materia prima.
- b. Limpieza Alcalina: Para la limpieza con soda caustica (NaOH) al 2%, es necesario la dilución de esta en agua limpia ya que se debe mantener la circulación de la solución durante 20 minutos en el sistema completo, manteniendo el pH del sistema durante este punto se encuentra en un valor básico, sin proliferación de bacterias, esto como consecuencia de las altas temperaturas de lavado del sistema (65° a 70°C).
- c. Enjuague: Durante el enjuague, se coloca nuevamente agua potable a una temperatura de 65° a 72°C, para asegurar que se retire toda la soda caustica (NaOH), para temas de reutilización de agua, se emplea parte de esta en el enjuague preliminar. Aun cuando no se registre un gasto mayor de agua en esta etapa, es importante aclarar que toda el agua empleada en las limpiezas realizadas, son eliminadas para con el fin de que el sistema mantenga su desinfección.
- d. Limpieza Ácida: Al igual que la limpieza alcalina, se debe hacer que la solución circule por 20 minutos, en este caso, se usará una solución de ácido nítrico (HNO₃) entre 1% y 1.5% a una temperatura promedio de 35 – 40°C para lograr que el sistema quede en un pH neutro, puesto que anteriormente

se usa la base como método de limpieza, y una vez se emplea el ácido, este buscará el balance para una correcta pasteurización.

- e. Enjuague Final: Para este proceso, se debe utilizar agua completamente limpia, sin utilizar con anterioridad en cualquier proceso de limpieza, esta debe tener una temperatura de 32° a 49°C y se debe poner a circular una cantidad considerable para la eliminación correcta de cualquier residuo, ya sea solido (presente dentro de la materia prima) o del mismo ácido nítrico del proceso anterior.

En el caso directamente de Gloria S.A., se tiene en cuenta que el uso del recurso hídrico se hace en todo el proceso de producción específicamente en el paso de limpieza y estandarización debido a que desde esta etapa la leche debe tener la calidad requerida para el consumo humano sin ser perjudicial para la salud; adicionalmente, dentro de la etapa de pasteurización tal como se menciona anteriormente, debe realizarse una limpieza a profundidad de las unidades empleadas, por lo que implicaría un gasto adicional de agua por las características que esta debe tener para la desinfección correcta.

1.1.4. INDUSTRIA DE GANADO BENEFICIADO:

Para iniciar el proceso de producción de vacunos, se debe tener en cuenta desde la recepción del ganado a la planta de producción hasta los procesos en caliente y refrigerado para proseguir con el despacho de la carne a las centrales de abastos. Por lo tanto, para la entrada a la planta se clasifica el ganado entrante en vacunos a pie, es decir, ganado en buenas condiciones físicas; vacunos caídos, por lo que se maneja como una res caída para su aprovechamiento; ganado enfermo, el cual se mantiene en cuarentena a la espera de la revisión médica veterinaria y vacunos con vigilancia y control especial (Moncayo, 2006).

Después de la clasificación y la elección del vacuno a sacrificar para el consumo humano según las inspecciones ante-mortem, se procede a empezar con el proceso de producción del ganado beneficiado descrito a continuación, aclarando a la vez, el uso del agua en cada una de las etapas para la identificación del gasto de este recurso no renovable:

- 1.1.4.1. Ducha ante-mortem: Para la primera etapa del proceso, el animal ingresa al “box” de insensibilización para la ducha después del transporte de este en camión, con el fin de limpiar la suciedad que pueda traer de las heces en las que se encuentran dentro del medio de transporte; por lo tanto, se presenta gasto de agua ya que la empleada para dicha actividad es considerada residual para tratamiento por la presencia de microbiológicos causados por las heces que este transporte.

- 1.1.4.2. Insensibilización: En esta parte del proceso se debe lograr que el animal en sacrificio pierda el conocimiento evitando así el estrés y lesiones en la canal para que se produzca una exanguinación rápida; por lo tanto, se usa una pistola neumática de perno cautivo o una puntilla succionando la medula espinal evitando lesiones a la masa cerebral, dicha pistola se dispara directamente en el hueso frontal del animal para lograr el aturdimiento instantáneo.
- 1.1.4.3. Izado: Durante esta etapa, se debe sostener al animal por su pata izquierda utilizando un grillete accionando el polipasto de izado que se encuentra sobre el riel de sangría para el proceso a continuación. También se debe limpiar al animal de posibles microorganismos que posea de la etapa anterior, todo esto incurre a uso de agua potable sin posibilidad de reutilización en demás procesos, puesto que trae riesgos de contaminación tanto al animal como al operario.
- 1.1.4.4. Sangría: Para este punto del proceso de producción, se debe desangrar al animal durante aproximadamente seis minutos por espacio de desangre para garantizar las buenas condiciones de las carnes obtenidas, adicionalmente, la sangre de este proceso es llevada a un tanque receptor para posteriormente ser utilizada como compostaje dentro de los residuos sólidos de la planta. Por lo explicado anteriormente, se debe emplear agua potable y agua con dilución de hipoclorito para la limpieza del área de desangre y debe realizarse mínimo este procedimiento de desinfección una vez al día, de esta manera el gasto de agua dentro de la planta será mayor dependiendo de la cantidad de vacunos que ingresen por día.
- 1.1.4.5. Corte de cabeza: Se procede a decapitar al animal para hacer los cortes de manera limpia y eliminando el contenido rumial del esófago. Para este proceso, se debe llevar la cabeza al tanque de lavado, con el fin de reducir los gastos del recurso hídrico si este fuera empleado durante la etapa de corte dentro de la planta. Por esta razón aun cuando se presenta un gasto de agua potable para el lavado de este subproducto comestible, se minimiza el impacto por la implementación del tanque dentro de este subproceso.
- 1.1.4.6. Corte y desuelle de manos, patas y tren posterior y transferencia: En esta etapa se debe realizar los cortes más precisos posibles, puesto que un corte cerca al tracto intestinal puede contaminar toda la carne y la proliferación de bacterias en el producto y/o la planta; de esta manera, se debe hacer el procedimiento en seco y dado que se necesite limpieza inmediata por malos procesos, se debe utilizar agua purificada a presión para posteriormente llevar la carne a proceso de corte. Por lo tanto, el gasto

del recurso hídrico dependerá en esta etapa de una buena manipulación por parte del personal.

- 1.1.4.7. Corte de lujo, de esternón y desuello: Durante estos cortes en el proceso de producción de carne, se debe desprender la piel de la región ventral con el fin de identificar el canal izquierdo y derecho de la sobrebarriga para posteriormente “romper” el esternón continuando así con la evisceración del vacuno. Dado el caso que, durante el corte, se llegue a generar desprendimiento y desgarre del tracto digestivo, se debe lavar con agua potable con disolución de ácido acético, cítrico y láctico como método de desinfección de frente a proliferación microbiológica en el canal.
- 1.1.4.8. Evisceración: Para esta etapa, se crean dos subprocesos de extracción para las vísceras blancas y para las rojas, en ambos casos se debe procurar limpiar las vísceras después de su extracción con lavado de agua a presión y con dilución de cal para vísceras blancas, con el fin de eliminar sustancias en proceso de descomposición y presencia de contenido rumial. Durante esta etapa de producción, se debe hacer uso del agua para la limpieza de las vísceras una vez se extraen del vacuno, también de la desinfección de la cavidad abdominal y la limpieza para la comercialización de ciertas partes de las vísceras como subproducto de esta industria.
- 1.1.4.9. Corte, limpieza, desgorde y pesaje de canales: Durante estas etapas, se procede a cortar el área del espinazo para poder dividir la parte superior del vacuno con el fin de que se formen dos partes para su comercialización. Tanto para la limpieza como el desgorde se emplea agua potable como método de desinfección y eliminación del sebo según las especificaciones que se tienen para dicha venta. Por último, el tema del pesaje se realiza para temas de control por el operario para el área de postventa.
- 1.1.4.10. Lavado de los canales: Este es la etapa más importante dentro del sacrificio, puesto que de aquí parte la calidad del producto a comercializar. Por lo mismo, se utiliza agua potable y purificada a presión para eliminar sangre, especulas de hueso y otros contaminantes presentes en los canales y después de dicha limpieza, se debe hacer un enjuague para eliminar toda la sangre que sea posible para evitar contaminaciones en la superficie tanto externa como interna.
- 1.1.4.11. Oreo: Se continua con el reposo de las canales para la disminución de la temperatura del producto con el fin de cumplir con un transporte de calidad.

Cabe aclarar que, en cada etapa del proceso de producción del frigorífico, se debe realizar una limpieza profunda para la desinfección y eliminación de bacterias ya que al ser un proceso de sacrificio, cada sector utilizado para la preparación del producto para el comercio cuenta con probabilidades de proliferación de bacterias; así, el lavado de las áreas con agua limpia y con disolventes tales como ácidos acético y e hipoclorito se convierten en altos contaminantes para el recurso hídrico que se esté empleando en la producción.

Para el caso en particular de la Empresa Frigorífico y plaza de ferias de Zipaquirá, además de utilizar el agua en los procesos de producción de suma importancia y para mantener consumible la carne de vacuno procesada, estos emplean el recurso hídrico desde el consumo de agua para el vacuno entrante antes del sacrificio hasta los procesos de desinfección de cada área desde la recepción del ganado hasta su transporte final, incluyendo cada resultado llámese subproductos de comercialización como lo son las vísceras, cabeza, entre otros con el fin de establecer el gasto total de agua una vez se complete el ciclo de producción (Vargas, 2016).

Una vez se aclaran los procesos de producción de cada actividad industrial de importancia en el municipio de Zipaquirá, se realizó la identificación de la implementación de los principios de economía circular en cada una de las industrias; buscando así, si dentro de las etapas de producción se usa actualmente alguna metodología de reducción y reutilización de agua con el fin de disminuir los costos de operación y la eliminación excesiva de desechos cuando aún tienen utilidad en la empresa; esto con base en los objetivos de desarrollo sostenible planteados por la Asamblea General de las Naciones Unidas, usando como indicador de un uso óptimo de la economía circular, el gasto anual del agua dentro de la empresa, las metas de reducción de desechos y su debido cumplimiento, como las ideas propuestas y/o implementadas para el aprovechamiento correcto de cada materia prima necesaria. Estos parámetros se evalúan con el fin de realizar una valoración del uso de este recurso y determinar si este debe ser tratado en las plantas de tratamiento de aguas residuales aledañas o si las soluciones ingenieriles diseñadas por las industrias permiten su purificación dentro del mismo proceso productor para no generar una sobrecarga en estas unidades de la PTAR.

1.2. EVALUACION DE IMPLEMENTACION DE ECONOMIA CIRCULAR EN LOS PROCESOS DE PRODUCCION:

Inicialmente, se establecen los principios de la economía circular para identificar su uso dentro de cada industria; por lo tanto, se realiza una definición de estos principios de la siguiente manera: primero, se busca preservar y mejorar el capital natural, es decir, el manejo adecuado de los recursos no renovables para tener una compensación entre los renovables y los que no haciendo que el sistema

circular de la economía utilice procesos de mayor rendimiento. El segundo principio trata sobre la optimización de los recursos a través de la prolongación de la vida útil de los productos, siendo causa de la reestructuración del producto para que cada componente de este, una vez sea “desechado” inicie un ciclo para mayor utilidad; y finalmente el tercer principio fomenta la eficacia del sistema, buscando eliminar las etapas productivas que afectan tanto al consumidor como al empresario, es decir, contaminación ambiental y efectos negativos.

Aclarados los conceptos claves de este tipo de economía, se explica como cada industria ha efectuado los principios de economía circular con el fin de reducir los costos de producción, aprovechar correctamente los recursos renovables y no renovables y por último las estrategias que han empleado específicamente en el tema del recurso hídrico.

1.2.1. INDUSTRIA PAPELERA:

Dentro de la industria papelera, en este caso como ejemplo específico Grupo Familia S.A. ubicado en el municipio de Zipaquirá, han manejado la política de “*Hacemos más con menos*”, esta hace referencia a la creación de soluciones con el fin de promover el consumo sostenible y minimizar el impacto al medio ambiente, priorizando el uso eficiente de los recursos naturales en cada etapa de elaboración y transporte de los productos finales. Como consecuencia de querer un cambio frente al impacto generado, se han explorado materiales más sostenibles en la producción y disminución de la huella de carbono dentro de todo el proceso industrial.

Otro de los pilares de Grupo Familia dentro de la gestión ambiental es “*Promovemos la circularidad*” donde se busca la reutilización de la mayor cantidad de materiales dentro de todos los ciclos de productos y empaques, esto a partir del incremento de los niveles de captación del material recuperado en cada etapa de producción y mejorando las condiciones de los recicladores. Una vez planteadas estas políticas de sostenibilidad como fundamento para la implementación de economía circular con énfasis en la protección el medio ambiente, se manejan estrategias dependiendo la meta a alcanzar y así objetivos de cifras para hacer el seguimiento de cada una.

En el caso del recurso hídrico exactamente, dentro de las plantas de producción, se logró reducir el consumo de agua por toneladas en un 16.1%, gracias al mejoramiento de los sistemas de tratamiento de agua residual dentro de la industria, para así cerrar el ciclo del agua en la empresa (Familia, 2021). Para darle cumplimiento a los principios de economía circular y la implementación de la política de reducir, reutilizar y reciclar, el grupo Familia ha logrado reutilizar el agua del proceso de producción directamente del papel higiénico, a partir de la unificación de

etapas generando un ciclo cerrado de elaboración; generando así la recirculación de alrededor de 89% del agua de la planta. Conjuntamente, se cumplió con la meta en el tema del aprovechamiento de los residuos, donde para este caso, se recicló el 95.8% de los residuos industriales debido a la consolidación de ecosistemas aliados y la recuperación del suelo evitando el envío de agua a plantas de tratamiento y rellenos sanitarios.

1.2.2. INDUSTRIA DE PRODUCCION DE SAL DE MESA:

En el tema de producción de sal de mesa, en el caso de estudio de la marca Refisal en la empresa Brinsa S.A., se tiene conocimiento del sistema de gestión integral que se emplea en esta empresa, basándose en las normativas de calidad y de la política de salud, seguridad y medio ambiente tales como ISO 9001 y responsabilidad integral Colombia (Compromiso Social y ambiental con el desarrollo sostenible). A pesar de contar con estas políticas para la conservación del medio ambiente, de propender el desarrollo sostenible y beneficio de la empresa; se ha buscado la implementación de la ISO 14001 teniendo como objetivo principal el conseguir beneficios ambientales a través de la adopción de un sistema de gestión ambiental, minimizando los residuos peligrosos, teniendo un control sobre los residuos y los gastos de recursos renovables y no renovables dentro del proceso de producción de la industria para obtener dicha certificación haciendo uso de las ideas de responsabilidad integral para incorporar la economía circular en pro de cumplir los objetivos de desarrollo sostenible (Cortes, Montes, & Ramirez, 2018).

Para el caso de la industria de sal de mesa, Refisal no presenta un informe de sostenibilidad que muestre el manejo del recurso hídrico dentro de la compañía; por lo tanto, no se puede determinar las estrategias que utiliza para reducir, reutilizar y reciclar el agua dentro de Refisal, las cifras por toneladas de agua que emplean para la producción de sal de mesa y de la misma forma la cantidad ahorrada por la implementación de la economía circular y el principio de las tres erres. Aún, cuando tienen certificaciones de ISO 9001 y de responsabilidad integral Colombia, esta compañía no especifica la forma del consumo y eliminación del agua; siendo así, se debería implementar como primer paso para incluir la economía circular, etapas de pretratamiento de limpieza de aguas residual en procedimientos como el transporte de agua y construcción de sistemas de conducción descentralizados, esto siendo la primera medida preventiva y de mitigación en la planta de producción reduciendo así costos operativos y el impacto ambiental generado. Dicha estrategia se plantea debido a que no se cuenta con evidencias suficientes de la implementación de economía circular, por lo que se establece que el desempeño de dichos principios no es óptimo dentro de esta industria.

1.2.3. INDUSTRIA DE PRODUCCION DE LECHE:

Para la industria de obtención de leche Gloria S.A., especialmente en la planta de producción de Algarra ubicada en Cogua, Cundinamarca; dicha empresa maneja tres dimensiones en el compromiso con la sostenibilidad para la preservación del medio ambiente, del consumidor y tanto de socios como de empleados. Estas dimensiones son “*Nutrición para todos*”, “*Crecer juntos*” y “*Protección del planeta*”; en esta última etapa se mantienen propósitos del medio ambiente basados en la gestión del agua, la gestión de residuos, control de emisiones, ecoeficiencia, energía, empaques y cambio climático (Gloria, 2020).

Directamente en el tema del recurso hídrico en la industria de producción de leche de Gloria S.A. y Alquería, se determinó la disminución de consumo de agua en más de 31 millones de litros, es decir, se redujo en un 4.87% respecto a las cifras de 2019 al implementar la recirculación de agua en el proceso de UHT (Ultra pasteurización – Ultra High Temperature), optimización en los procesos de lavado, entre otros. También se incluyeron sustancias químicas formuladas con el fin de reducir el consumo de agua en ciertos procesos, dicha estrategia permitió consumir 30% menos de lo presupuestado y de la misma forma se optimizó en el último ciclo de vida en la planta, al modificar los sistemas de limpieza generales de la planta donde se ahorro fue de aproximadamente de un millón de litros de agua (Alquería, 2020).

Adicionalmente, en el tema de la reutilización del recurso hídrico en la planta de producción de leche Alquería, se logró reciclar el 55% de los residuos líquidos, especialmente del agua de la etapa de limpieza de la planta, esto como resultado de la reutilización de dicho recurso hídrico en procesos de gestión integral y de técnicas cerradas con purificación interna para mayor aprovechamiento. Por consiguiente, al mejorar la producción de la leche y sus envases, tanto Alquería como Gloria S.A., han realizado análisis de reciclabilidad para el producto, obteniendo una puntuación de 9.3 de 10 y al tener envases de nuevo acero, estos pueden ser 100% reciclables por el material empleado.

Por otro lado, Gloria S.A. es miembro internacional del DSF (Dairy Sustainability Framework), siendo esta una organización que promueve el compromiso del desarrollo sostenible para el sector lácteo del mundo a partir de abordar los criterios claves de la sostenibilidad dentro de este sector, siendo prioridad el manejo adecuado del recurso hídrico. Dentro de los hitos más relevantes para esta organización dentro de la industria láctea son:

- Controlar y medir el uso de agua para los cultivos y ganado.
- Evaluar y obtener estrategias de mitigación de contaminación de cuerpos hídricos.

- Realizar una reprogramación de producción, con el fin de reducir el número de veces de limpieza de la planta.
- Obras de infraestructura para el mejoramiento del proceso de producción y de optimización del agua de desperdicio (DSF, 2020).

Estos hitos implementados por Gloria S.A. para la inclusión de economía circular en su producción cumplen a cabalidad con los principios y/o criterios que esta plantea, debido a que relacionan tanto estrategias de control ambiental como ideas de reducción, reutilización y el reciclaje del agua dentro de la industria; como resultado de dichos hitos, se ha convertido de gran importancia a nivel productivo, puesto que le brinda a la empresa la oportunidad de recuperar costos y recursos no renovables debido a reutilizar dentro del proceso agua que ya ha sido previamente implementada; sin embargo, es importante incluir un tratamiento primario ya sea un reactor UASB o un tipo de laguna para la purificación debido a la cantidad de sustancias químicas que este maneja al buscar la fabricación de un producto perecedero y para el consumo humano.

1.2.4. INDUSTRIA DE GANADO BENEFICIADO:

En la industria de ganado beneficiado, se debe evaluar la importancia de manejar una estrategia de reutilización y de uso adecuado del agua en el proceso de producción, por tal motivo, en la empresa frigorífico y plaza de ferias de Zipaquirá se hace un análisis con base en el informe de gestión presentado por esta industria obteniendo así que esta cuenta con la recertificación en ISO 9001:2015 en el tema de calidad y medio ambiente respecto al funcionamiento de la planta. Adicionalmente, se realizaron auditorías internas en los sistemas integrados en gestión HSEQ, normas ISO 14001: 2015 y ISO 45001: 2018 para una futura certificación en estas cumpliendo con los parámetros nacionales para una empresa de comercialización de carne bovina para el consumo humano, incluyendo así dentro de su gestión ambiental la disminución del uso del agua y la energía, para reducción de costos empresariales a través de la correcta disposición de aguas no domesticas haciendo un uso responsable de los recursos renovables tal como lo describe el decreto 0631 del 2015 (EFZ, 2021).

Aun cuando cuenta con las certificaciones en las normativas ambientales para el correcto funcionamiento de la planta, no se determina que estas cumplan a cabalidad con los principios de economía circular y de la misma manera con las pautas para la gestión del recurso hídrico. Como consecuencia, no se tiene informes de gestión de sostenibilidad que establezcan parámetros de consumo de agua, la eliminación de esta en la planta y metas de reducción de este recurso hídrico para evaluar si han incluido algún principio de economía circular en la producción. Por lo

tanto, debería buscarse estrategias ingenieriles dentro de la industria de ganado beneficiado para asegurar la implementación de una economía que permita la reutilización de sus productos y genere menos gastos; dicha idea de infraestructura que puede ser útil al incluirse en la industria de ganado beneficiado, implementada en Brasil exactamente en Minerva Foods, habla sobre una ETE (Estación de tratamiento de efluentes) para realizar el pretratamiento físico-químico y biológico para así cumplir con los parámetros establecidos por órganos ambientales y normativas ya establecidas.

Una vez se realizó la identificación de las estrategias de la economía circular en cada industria estudiada y establecer aquellas que ya han implementado los principios que este tipo de economía manejan; se procede a realizar una síntesis de la evaluación del manejo del recurso hídrico en las grandes industrias del municipio de Zipaquirá, basándose en la regla de las tres erres y la manera que han sido implementadas internamente; dicha evaluación se consigna en la siguiente tabla donde se determinará si dan cumplimiento a dichos principios por empresa y aquellas que no cuentan con un sistema de economía circular implementado:

Tabla 1: Evaluación de implementación de la regla de las tres erres en cada industria.

INDUSTRIA	REDUCIR	REUTILIZAR	RECICLAR
Papelera	Disminución en un 16,1% de consumo de agua por mejoras en sistemas de tratamiento de agua	Recirculación de 89% del agua de la planta por optimización de procesos internos.	Reciclaje del 95,8% de recursos industriales por consolidación de ecosistemas.
Sal de Mesa	No se cuenta con evidencia suficiente. Por lo tanto, no cumple con dicho principio.	No se cuenta con evidencia suficiente. Por lo tanto, no cumple con dicho principio.	No se cuenta con evidencia suficiente. Por lo tanto, no cumple con dicho principio.
De Leche	Reducción del 4,87% del gasto de agua anual por la recirculación de esta dentro del proceso	Reutilización de 55% de residuos líquidos por la inclusión de procesos de gestión integral.	Envases 100% reciclables con puntuación de 9.3 de 10 en reutilización.
Ganado beneficiado	No se cuenta con evidencia suficiente. Por lo tanto, no cumple con dicho principio	No se cuenta con evidencia suficiente. Por lo tanto, no cumple con dicho principio	No se cuenta con evidencia suficiente. Por lo tanto, no cumple con dicho principio

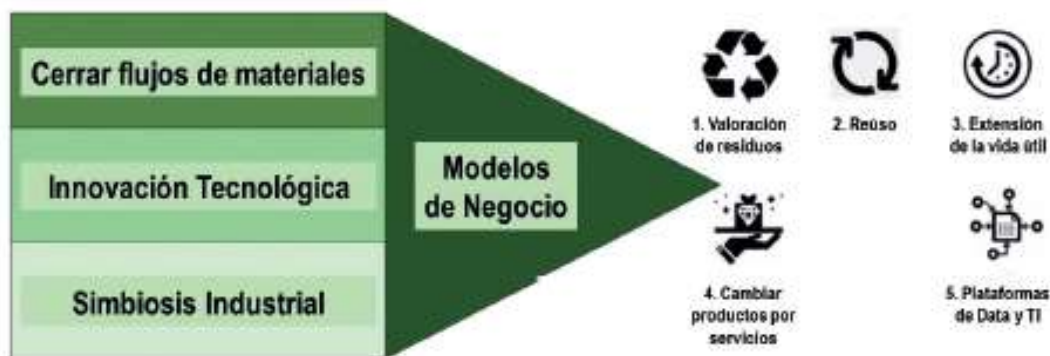
2. ESTRATEGIA DE INNOVACION ESTRUCTURAL CON MIRAS A REDUCIR LAS PRESIONES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES:

Haciendo uso de la identificación de estrategias y políticas para el correcto desarrollo de la sostenibilidad en cada una de las industrias expuestas en el cuerpo de este ensayo y después de realizar una evaluación de las medidas establecidas por las industrias, se han buscado propuestas tanto de actualización como de implementación de los principios de economía circular, tanto en el ámbito económico como una solución en el sector infraestructura de la industria involucrada incluyendo una alternativa en la ubicación de esta para un mayor impacto positivo.

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito y con miras a reducir las presiones en las PTAR donde se examina, evalúa y se eliminan impurezas del agua residual de los procesos industriales, se debe implementar la estrategia nacional de economía circular descrita en el plan de gobierno del ex presidente Iván Duque donde se busca “promover la transformación productiva para maximizar el valor agregado de los sistemas industriales, agropecuarios y las ciudades sostenibles en términos ambientales” (Gobierno de la Republica de Colombia, 2019); partiendo de la investigación, el incentivo a organizaciones para su funcionamiento, en el diseño para impulsar e informar la economía a través de un control de indicadores para finalmente llevar a la ciudad al uso constante de este tipo de economía.

Aun cuando actualmente se cuenta con un nuevo contexto político y nuevas políticas de gobierno a causa del reciente presidente electo Gustavo Petro, este continua con la ideología de la promoción de la transformación productiva planteada por Iván Duque en el plan de gobierno anterior; no obstante, como valor agregado a dicha iniciativa, se establece una propuesta específica, “hacia una sociedad con basura cero”, estableciendo un modelo de economía circular basado en la producción y consumo responsable (Petro & Marquez, 2022). De esta forma, en esta nueva estrategia gubernamental, se busca maximizar la separación de la fuente con el fin de reducir y reutilizar los residuos generados, generar el mayor aprovechamiento de material orgánico e inorgánico a pequeña y gran escala involucrando a cada ciudadano para que sea parte del cambio y que pueda dar ejemplo a generaciones futuras.

Ilustración 7. Dimensiones elementales de iniciativas de economía circular.



Fuente: Van Hoof, 2019

Imagen 1. Tomada de Estrategia Nacional de Economía Circular

Teniendo en cuenta las estrategias del gobierno nacional frente al tema del recurso hídrico, se obtienen las siguientes metas e indicadores del informe presentado para saber cómo a partir de las ideas de reducción expuestas más adelante, pueden cumplirse desde los sectores industriales.

Tabla 2: Indicadores y metas propuestos por el Gobierno Nacional

Nombre del Indicador	Meta
Número total de proyectos de reúso de agua (uso seguro del agua residual) autorizados / año	Aumentar en 50% el número de proyectos autorizados de reúso de agua residual tratada a 2022.
Productividad hídrica	Aumentar a \$5.495,0 pesos de valor agregado por volumen en m3 de agua extraída al 2030
Porcentaje de aguas residuales urbanas tratadas / total de aguas residuales generadas	Aumentar a 54,3% el porcentaje de aguas residuales urbanas tratadas al 2022
Número de Puntos de monitoreo con Índice de Calidad de Agua -ICA- malo	Disminuir a 20 el número de puntos de monitoreo con índice de Calidad del Agua -ICA- malo AL 2022

Por lo tanto, se han identificado las siguientes propuestas para la reducción de agua en las plantas de tratamiento desde el ámbito de la ingeniería civil, con la implementación de infraestructura en las industrias como en zonas aledañas, para que usen de forma adecuada la teoría de la economía circular:

- a. Implementación de estaciones de tratamiento de efluentes, proporcionando un tratamiento físico y biológico al agua usada en las industrias, para cumplir con los parámetros de indicadores ambientales ya sea con el fin de reutilizarla en el proceso de producción o para un realizar un vertimiento seguro en cuerpos de agua. Así, se deberá construir dentro de la planta, estas estaciones para la reducción de costos por uso de recursos no renovables y para mitigar el impacto ambiental (Minerva Foods, 2020).



Imagen 2. Estaciones de efluentes. Tomada de Condorchem Envitech

- b. Reducción de agua residual dentro de las etapas de elaboración de cada producto final, innovando con los procesos de limpieza y desinfección de las maquinas a partir del mejoramiento de cada equipo empleado para evitar las fugas de agua, las cuales se consideran una perdida formidable al momento del control de indicadores ambientales. Adicionalmente, para complementar esta propuesta se deberá incluir una infraestructura de recolección de agua, es decir, una etapa adicional del proceso de producción, para la purificación de agua lluvia recogida y esta pueda ser usada en algunos procedimientos, buscando así la disminución de captaciones de fuentes naturales (Alquería, 2020).
- c. Sustituir las plantas de tratamiento de aguas residuales por instalaciones de recuperación de recursos no renovables, para aprovechar el valor del agua residual, es decir, replantear el uso de las PTAR, desde la construcción, donde se pueda implementar procedimientos de purificación, oxigenación y limpieza del agua con el fin de que esta pueda ser reutilizada en los mismos procesos industriales de su origen sin causar gastos adicionales (Grupo Banco Mundial, 2020). Sin embargo, al no ser una

solución factible por la normativa de manejo de aguas residuales, se considera implementar dichas instalaciones de recuperación de recursos dentro de la industria, para que el agua pueda ser reutilizada y reciclada en el proceso de producción y así reducir la cantidad de esta misma que es enviada a las plantas de tratamiento.

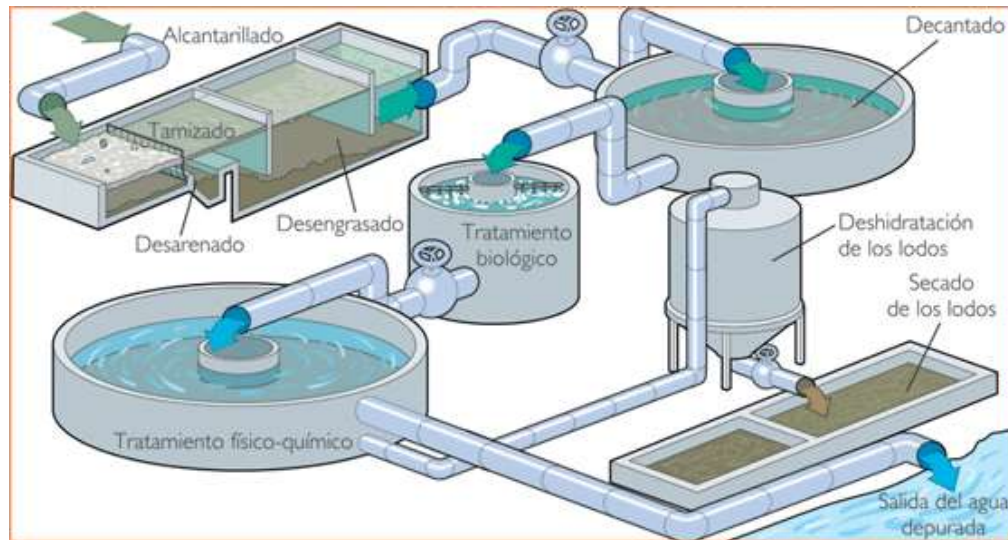


Imagen 3. Estación Depuración agua Residual EDAR.

- d. Construcción de sistemas de recolección de agua descentralizados y separación correcta de los tipos de efluentes de aguas residuales, con el fin de darle un tratamiento adecuado según los indicadores ambientales de las muestras recogidas y que estas puedan ser utilizadas nuevamente en procesos industriales.
- e. Construcción de tratamientos secundarios dentro de las grandes industrias para que el agua empleada en todo el ciclo de producción pueda ser reutilizada, con los parámetros ambientales y de sanidad exigidos, en cualquier proceso de la empresa, esto con el fin de que haya una reducción de agua enviada a la PTAR y se produzca por ende una disminución de costos, ya sea en que existía la necesidad de un diseño de alcantarillado especializado para el transporte de agua hacia la planta de tratamiento como en la reducción del consumo del recurso hídrico de fuentes naturales ya que se le daría una vida útil más larga al agua inicialmente empleada, por lo que los impuestos por gasto desmesurado del recurso no renovable bajaría gradualmente para la empresa (Grupo Banco Mundial, 2020).



Imagen 4. Usos del agua tratada al salir de la PTAR. Tomada del GBM

- f. Implementación de sistemas de fertirrigación, donde se busca que el agua anteriormente tratada pueda tener un segundo uso en zonas aledañas de la empresa, siendo este el riego de cultivos, donde el agua usada cuenta con los nutrientes requeridos para el suelo en tratamiento, a través de la dilución de fertilizantes solubles que permitan el crecimiento adecuado de la siembra y no perjudique a la tierra en eventos futuros (Minerva Foods, 2020).

Finalmente, basándose en los dos criterios establecidos: la evaluación de la aplicación de criterios de economía circular en la gestión del recurso hídrico en los procesos industriales y la estrategia de innovación estructural con miras a reducir las presiones en la planta de tratamiento de aguas residuales; se determina si se podría hacer un correcto uso e implementación de la economía circular y de las bases de la ingeniería civil en las plantas de tratamiento como un sector de innovación y actualización estructural; se parte desde la implementación de normativas ambientales con el fin de que las empresas estudiadas cuenten con los permisos requeridos para el uso adecuado del agua como materia prima dentro de todos los procesos de producción descritos. Por esta razón, se determina que cada industria debe contar al menos con una certificación de las entidades de manejo ambiental de tal forma que se incluyan dentro de las políticas de desarrollo sostenible y de uso adecuado de fuentes de energía, agua, disposición correcta de residuos sólidos, todos los objetivos y metas ambientales para cumplir con los parámetros establecidos por dicha normativa, esto con el fin de controlar y llevar a cabo estrategias para la mitigación del cambio climático y así volverse una empresa más amigable con el medio ambiente.

Dentro de estas normativas vigentes y con las que cuentan las empresas estudiadas son: la norma ISO 14001:2015; ISO 9001:2015, esta busca el equilibrio a través de un sistema de gestión de calidad que relacione en un método cíclico la responsabilidad de la dirección, la gestión adecuada de los recursos, realización del producto o del servicio y la medición del análisis de mejora buscando siempre la satisfacción del cliente, basándose en una mejora continua y un aprovechamiento de cada materia prima empleada (NORMAS ISO, 2018). Adicionalmente, se maneja una certificación ambiental de **Responsabilidad Integral Colombia, Compromiso Social y Ambiental con el Desarrollo Sostenible**, siendo esta una organización líder en la implementación de la economía circular para mejorar la relación de la industria con el ambiente, a partir de la generación de metas internas en las empresas y controles de indicadores, cumpliendo con cada parámetro para dicha certificación.

Por otro lado, desde las normativas nacionales para el control de vertimientos de aguas residuales no domésticas, siendo el caso específicamente para el ganado beneficiado debido a que al ser un sacrificio de seres vivos, este tiene mayor impacto ambiental, por lo que debe regirse al decreto 0631 de 2015 donde se especifica los valores límites máximos permisibles para todo tipo de parámetro estudiado al momento de generar un vertimiento. Por esta razón y haciendo seguimiento a cada parámetro, se plantea la necesidad de implementar tratamientos primarios y secundarios de una PTAR, para disminuir costos por compensaciones ambientales a entes nacionales y costos de producción por la reutilización.

Otro ítem para el desarrollo de la evaluación es la reducción de presiones en las plantas de tratamiento a partir de la innovación estructural dentro de las industrias señaladas, esto se lograría a través de la implementación de la economía circular dentro de todo el sistema cíclico de fabricación; un ejemplo de este es la empresa de leche Alquería S.A., donde se ha logrado disminuir el consumo de agua de fuentes naturales a partir de la optimización de los procesos de limpieza y de la innovación en los equipos en cada etapa para así, mejorar las maquinarias de producción, darles un tiempo más prolongado de vida útil, lo que conlleva a no invertir mayor cantidad de dinero en las unidades requeridas, menor costo por el uso y reúso adecuado del agua y finalmente, controlar las fugas del recurso hídrico que se presenten para optimizar aún más la cantidad de agua usada.

Ante esta necesidad de reducir los costos de producción y presiones en las PTAR, las empresas también han implementado como parte de la etapa completa de elaboración del producto, es decir, desde que la materia prima ingresa a la planta hasta tu proceso de transporte y entrega, estaciones de tratamientos físicos y biológicos con el fin de que los costos de purificación disminuyan con respecto a

distribuir el agua a plantas de tratamiento, ya que la implementación de infraestructura de operaciones y procesos unitarios dentro de la empresa permite que toda el agua usada, sea potable y/o residual, pueda emplearse en otra etapa dentro de la misma, ya sea para el lavado de vehículos, limpieza general, entre otros.

Y finalmente, para la verificación del cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible frente a las afectaciones a las plantas de tratamiento de aguas residuales, se deben evaluar y hacer control sobre el ODS 6: Agua limpia y saneamiento; ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura, ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles y ODS: Producción y consumo responsables (Naciones Unidas, 2017). Estos objetivos se evalúan a través de la implementación de la economía circular, ya que cada uno busca mejorar la calidad de los recursos renovables y no renovables, a partir de su correcto uso y extracción desde las empresas como sector económico, de infraestructura, de producción y comercialización de bienes hasta las ciudades y comunidades siendo estas la parte social, ambiental y de desarrollo sostenible a futuro.

Por esta razón, uno de los objetivos que cumplen las empresas con estrategias de economía circular y de desarrollo sostenible evaluadas es el 6.4. donde menciona aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores, asegurando así la sostenibilidad de la extracción y abastecimiento del agua desde un buen manejo ambiental; por otra parte, se buscará reducir la contaminación, eliminando el vertimiento con productos químicos y materiales peligrosos, esto para que se disminuya el porcentaje de agua residual a tratar y se aumente la campaña de reutilización de cada recurso (Naciones Unidas, 2017).

CONCLUSIONES

La implementación de la economía circular en la gestión del recurso hídrico en el sector industrial con énfasis en la innovación a nivel estructural internamente para la reducción de presiones en las plantas de tratamiento de aguas residuales, ha sido un importante avance para estos sectores; puesto que permitió la reducción, la reutilización y el reciclaje apropiado de recursos en las grandes industrias comercializadoras, disminuyendo la tasa de agua residual creada y llevada a tratamiento, aumentó la productividad respecto a la mejora de la infraestructura en los equipos de producción, reguló la extracción en fuentes naturales de recursos hídricos, al convertirse este recurso en un ciclo industrial y por último permitió la construcción de nuevas etapas en las empresas diseñadas exclusivamente para el tratamiento de agua, reduciendo costos de producción.

Al ser una estrategia de economía con poco uso actualmente en Colombia y viendo la necesidad de controlar el uso del recurso hídrico en la productividad industrial y de la misma forma reducir presiones en el tratamiento de esta en las PTAR, se plantearon tácticas de innovación incluyendo la construcción de etapas para la purificación de agua directamente en las empresas, buscando así mantener durante todo el proceso de producción, cantidades similares de agua con respecto a la captación inicial; por lo mismo, y desarrollando este estudio específicamente en las empresas de Zipaquirá y su planta de tratamiento para aguas residuales, se llegó a la conclusión de que las grandes industrias del sector (empresas de papel, sal de mesa, productoras de leche y de ganado beneficiado), deben incluir dentro del mismo proceso de elaboración del producto a comercializar, la etapa de limpieza de agua residual no doméstica, para que la cantidad tratada pueda emplearse nuevamente en el ciclo de producción y haya reducción de impacto ambiental como costos operativos.

Sin embargo, aun cuando grandes industrias del sector han implementado la economía circular dentro de los procesos de producción y cumplen con lo establecido en el desarrollo de este tipo de economía, es decir, sus principios y la reglas de las tres erres (reducir, reutilizar y reciclar), haciendo uso de las estrategias anteriormente mencionadas; cabe resaltar que empresas como la producción de sal de mesa y del ganado beneficiado no proporciona información sobre si actualmente se implementa esta economía internamente, por lo que es apropiado mencionar que no se puede realizar una valoración a profundidad de las estrategias que esta llegase a manejar y dado el caso verificar si cumple con los principios establecidos por dicha economía.

Por consiguiente, una de las soluciones ingenieriles para lograr la reducción en las presiones hacia la planta de tratamiento y como idea inicial de implementación para las industrias que no cuentan con una técnica de economía circular en ellas, es la construcción de sistemas de pretratamientos con costos más accesibles y sistemas de conducción descentralizados y separados para el transporte del agua a tratar hasta dichas construcciones; esto con el fin de que se logre disminuir la temperatura de esta para su reutilización y reciclaje dentro de la misma industria y también sea un sistema de menor costo operativo, ya que los pretratamientos al ser unidades diseñadas para un control estricto del agua, tienen mayor vida útil, generan revisiones previstas eliminando así sobre costos por lo que la empresa generaría más ganancias internas al limitar el uso de agua potable extraída de otras fuentes con controles rigurosos.

Otra solución de carácter ingenieril que brindaría más ventajas frente a la reducción de costos y presiones, sería un tratamiento primario de bajo costo dentro de los procesos de elaboración de cada producto final según la industria respectiva, en este caso, la opción más viable es el reactor UASB (también podrían implementarse algunos similares como los filtros percoladores, lagunas aireadas y laguna anaeróbicas cubiertas) ya que es conveniente para la limpieza de aguas residuales de tipo industrial por su alta concentración de microorganismos y de sólidos, por lo que este reactor al contar con una formación de lodo granular tiene mejor capacidad de sedimentación cumpliendo a cabalidad con el tratamiento biológico y químico en una sola etapa (Lorenzo & Obaya, 2006).

Otra solución enfocada en la construcción, puede ser las estaciones de tratamiento de efluentes, esto debido a que estas estructuras suelen ser de bajo costo ya que permiten ser implementadas directamente en la producción como paso final antes de la comercialización, y por la oportunidad de realizar el tratamiento de agua para su uso nuevamente en la producción, lo que hace que la captación de agua de las fuentes superficiales disminuyen a medida que la ingresada anteriormente sea tratada para su reuso.

Por último y como valor agregado a la importancia de la economía circular para la ingeniería civil y las grandes industrias nacionales; después del uso de tratamientos especializados, los subproductos de este tal como el biogás (para el caso específico de la industria de ganado beneficiado, esto debido al aprovechamiento del estiércol a través de biodigestores), el agua tratada y los biosólidos se convierten en una venta y/o recurso adicional a cada empresa, puesto

que el biogás es usado para la creación de energía térmica y eléctrica, los biosólidos se convierten en fertilizantes para la agricultura usados en la fertirrigación y el agua tratada puede emplearse como se ha mencionado en lo largo de este ensayo (reúso en sectores energéticos, procesos industriales y reabastecimiento de acuíferos) (GROUP WORLD BANK, 2018).

BIBLIOGRAFIA

- Agroindustria, S. d. (2019). *SAL PARA CONSUMO HUMANO, PROVENIENTE DE SALINAS*. Argentina: Ministerio de Producción y Trabajo.
- Alquería. (2020). *Informe de Sostenibilidad: Nutrimos el futuro de Colombia, transformando sueños en realidades*. Bogotá: Alquería.
- Bonilla, N. (2018). Las 3 R' s de la Gestión Integral de Residuos. *CEGESTI*, 1-3.
- Cortes, L., Montes, M., & Ramirez, F. (2018). *Brinsa Implementacion ISO 14001*. Bogota: Universidad Agustiniana.
- DSF. (2020). *Informe Anual Dairy Sustainability Framework*. DSF.
- EFZ. (2021). *Acta de Informe de Gestion EFZ*. Zipaquirá: EFZ.
- Excelencia, E. E. (13 de Mayo de 2019). *Nueva ISO 14001*. Obtenido de <https://www.nueva-iso-14001.com/2019/05/gestion-del-agua-en-la-industria/>
- Familia, G. (2021). *Reporte integrago 2021 Rompiendo barreras por el bienestar*. Zipaquirá: Grupo Familia S.A.
- Gloria. (2020). *Reporte de Sostenibilidad 2020*. Cogua: Gloria S.A.
- Gobierno de la Republica de Colombia. (2019). *Estrategia Nacional de Economía Circular, Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio*. Bogotá: Gobierno de la Republica de Colombia.
- GROUP WORLD BANK. (2018). *Showcasing the River Basin Planning Process through a Concrete Example: The Río Bogotá Cleanup Project*. Bogota: GROUP WORLD BANK.
- Grupo Banco Mundial. (2020). *Cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes para la gestión de aguas residuales en América Latina y el Caribe*. Washington: Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial.
- Guaraca, E., & Guaraca, L. (2019). *Guía Técnica del proceso de Pasteurización de leche*. Tambo, Ecuador: Planta de Lacteos VIGLAC.
- Kimberly-Clark. (2006-2009). *Proceso de fabricación del papel*. Lima, Perú.
- Lara, J., & Hernández, A. (2003). Reutilización de aguas residuales: Aprovechamiento de los nutrientes de riego agrícola. *Seminario Internacional sobre Métodos Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales*, 237-242.

- Latina, B. d. (22 de Marzo de 2017). *caf.com*. Obtenido de *caf.com*:
<https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2017/03/el-tratamiento-de-aguas-residuales-bajo-un-enfoque-de-economia-circular/>
- Lorenzo, Y., & Obaya, C. (2006). *La digestión anaerobia y los reactores UASB*. Ciudad de la Habana, Cuba: Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar.
- Minerva Foods. (2020). *Informe de Sostenibilidad* . Minerva Foods.
- Moncayo, M. (2006). *BASES DOCUMENTALES PARA EL DISEÑO DEL CODIGO DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURAS Y DE SALUD OCUPACIONAL EN LA CENTRAL DE SACRIFICIO FRIGOCAFE S.A.* Quindio: Facultad de ciencias básicas y tecnologías de la Universidad del Quindio.
- Naciones Unidas. (2017). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
- NORMAS ISO. (2018). *ISO 9001 SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD*. Madrid.
- Pascual. (27 de Noviembre de 2018). *Leche Pascual Dar lo Mejor*. Obtenido de <https://lechepascual.es/articulos/nutricion/calidad-de-la-leche/>
- RENAPRA. (2020). *Red Nacional de Proteccion de Alimentos* . Obtenido de El sodio en los alimentos y su relación con la salud:
<https://sodioenlosalimentos.wordpress.com/como-es-el-proceso-de-elaboracion-de-sal/>
- Romero, F. A., & Carvajalino, J. D. (2020). *Impacto de la economía circular en los objetivos de desarrollo sostenible: análisis de organizaciones adheridas a Pacto Global Red Colombia de las Naciones Unidas*. Bogotá: Universidad EAN.
- Uriarte, J. M. (9 de Marzo de 2020). *Caracteristicas.co*. Recuperado el 14 de 5 de 2021, de <https://www.caracteristicas.co/ensayo-cientifico/>
- Vargas, P. (2016). *EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LOS CORRALES DE RECEPCIÓN EN LA EMPRESA FRIGORÍFICO DE ZIPAQUIRÁ*. Fusagasugá: Universidad de Cundinamarca.