

Politécnico Grancolombiano  
Facultad de Negocios, Gestión y Sostenibilidad  
Antioquia

Docente:  
Andrés Chavarro Velandia

**Caracterización de los Insolubles de Cal en la Planta Manantiales**

Presentado por:  
Molina Macías Jorge Iván

Práctica - Homologación por Vinculación Laboral  
6to Semestre

Medellín - 24 de septiembre de 2019

## Tabla de Contenido

Introducción.....	9
Palabras Claves.....	10
1. CONTEXTO DEL LUGAR.....	11
1.1 Misión.....	11
1.2 Visión .....	11
1.3 Objeto Social .....	11
1.4 Sector Económico.....	12
1.5 Reseña Histórica.....	12
2. PLANEACIÓN ESTRATÉGICA .....	13
2.1 Planeación del Área.....	13
2.2 Organigrama General de Epm .....	14
2.3 Organigrama de Área.....	16
2.4 Certificaciones.....	16
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	17
4. OBJETIVOS.....	18
4.1. Objetivo general .....	18
4.2 Objetivos específicos .....	18
5. PERIODO ABARCADO .....	19

5.1 Funciones Asignadas .....	19
5.2 Diagnóstico y Hallazgos .....	20
5.3 Generalidades del Apagado de la Cal en la Planta Manantiales.....	21
Sistema de apagado de cal en la Planta Manantiales (sub proceso en la que se genera el residuo).....	21
5.4 Actividades Realizadas.....	25
5.4.1 Determinación de la cantidad de residuos insolubles .....	25
5.4.2 Determinación de la composición fisicoquímica de los residuos insolubles.....	30
5.4.2.1 Muestreo y número de muestras .....	30
5.4.2.2 Metodología de Muestreo .....	31
5.4.2.3 Homogenización de la muestra.....	35
5.4.2.4 Condiciones climáticas .....	38
5.4.2.5 Análisis Realizados .....	38
5.4.2.6. Resultados.....	40
5.4.2.7 Comparación de los resultados obtenidos respecto al Decreto 4741 del 2005 para clasificar los insolubles de cal como residuo peligroso o no peligroso. ....	42
6. ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA.....	43
6.1 Descripción de la situación a mejorar de acuerdo con el interés de la práctica .....	43
6.2 Alcance .....	43
6.3 Propuesta de mejora #1 .....	44

6.3.1 Plan de Acción – Primer Alternativa:.....	44
Producción de Cal agrícola.....	44
6.3.2 Cronograma de Actividades .....	46
6.3.3 Presupuesto Financiero Básico.....	48
6.4 Propuesta de mejora #2.....	48
6.4.1 Plan de Acción – Segunda Alternativa:.....	48
Reproceso de los Insolubles de Cal .....	48
6.4.2 Cronograma de Actividades .....	51
6.4.3 Presupuesto Financiero Básico.....	53
7. RECOMENDACIONES .....	54
8. CONCLUSIONES.....	55
9. ANEXOS.....	56
9. BIBLIOGRAFÍA.....	57

## Tablas

Tabla 1. Codificación de muestras .....	31
Tabla 2. Resultados obtenidos en laboratorio control calidad villa hermosa epm .....	40
Tabla 3. Velocidad de Apagado .....	40
Tabla 4. Análisis en la planta de potabilización manantiales .....	41
Tabla 5. Beneficios de la propuesta para epm .....	45
Tabla 6. Cronograma de actividades .....	46
Tabla 7. Presupuesto financiero básico para llevar a cabo la propuesta.....	48
Tabla 8. Beneficios de la propuesta para epm .....	49
Tabla 9. Cronograma de actividades .....	51
Tabla 10. Presupuesto financiero básico para llevar a cabo la propuesta.....	53

## Tabla de Figuras

Figura 1. Planeación estratégica Epm 2018 – 2022. ....	13
Figura 2. Organigrama General de Epm.....	14
Figura 3. Gestión de Negocios Epm.....	14
Figura 4. Organigrama Agua y Saneamiento Epm.....	15
Figura 5. Organigrama del Área de aguas epm .....	16
Figura 6. Funciones del ayudante de plantas aguas.....	19
Figura 7. Almacenamiento de insolubles de Cal .....	30
Figura 8. Muestras para laboratorio de insolubles de cal .....	31
Figura 9. Recolección de las muestras .....	32
Figura 10. Muestra #1.....	32
Figura 11. Muestra #2.....	33
Figura 12. Muestra #3.....	33
Figura 13. Esquema puntos y profundidad de toma de muestras .....	34
Figura 14. Identificación de piedras en las muestras.....	35
Figura 15. Esquema del cuarteo de la muestra cada punto azul representa el sitio de toma de cada alícuota.....	36
Figura 16. Foto de pila alargada.....	37
Figura 17. a) Muestras empacadas y selladas.....	37
Figura 18. % pureza.....	38
Figura 19. Granulometría .....	39
Figura 20. % de insolubles .....	39
Figura 21. Velocidad de Apagado .....	39

## Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1.Silos de almacenamiento de cal. Fuente: Propia .....	22
Ilustración 2.Apagador de cal. Fuente: Propia .....	23
Ilustración 3.Suspensión de cal apagada. Fuente propia .....	23
Ilustración 4.Extracción de los insolubles de cal mediante tornillo sin fin. Fuente: Propia.....	24
Ilustración 5.Recolección de los insolubles de cal en costales. Fuente propia.....	24
Ilustración 6. 3x3 secciones cuarteo .....	36
Ilustración 7. Esquema de pila alargada. ....	37

## Tabla de Gráficas

Gráfica 1.Pesaje de insolubles de cal junio de 2019.....	25
Gráfica 2.Pesaje de insolubles de cal julio de 2019 .....	26
Gráfica 3.Pesaje de insolubles de cal agosto de 2019 .....	27
Gráfica 4. Pesaje de insolubles de cal septiembre de 2019 .....	28
Gráfica 5. Pesaje de insolubles de cal de junio a septiembre 2019. Gráfica comparativa. ....	29
Gráfica 6.Diagrama de Gantt de las actividades a desarrollar por la propuesta #1 .....	47
Gráfica 7.Diagrama de Gantt de las actividades a desarrollar por la propuesta #2.....	52

## **Introducción**

El agua es un componente de características únicas y fundamental para el desarrollo de la vida en la tierra. Es el elemento natural más abundante de la naturaleza y es determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos del medio ambiente. Una molécula de agua está compuesta por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno lo que permite la vida terrestre. Sin embargo, el agua cruda; es decir, en su estado natural sin tratamiento superpone un alto índice de contaminación con virus, bacterias o parásitos para el consumo humano, lo que determina la incidencia de enfermedades y padecimientos para la vida de las personas.

Para evitar que mediante el agua sean transmitidas enfermedades al ser humano, ésta debe ser tratada para convertirla en potable y que sea apta para el consumo humano. El proceso de potabilización del agua consta de varias sub procesos, entre las cuales están: adsorción, coagulación, floculación, sedimentación, filtración, desinfección y estabilización del pH.

En la Planta de potabilización Manantiales, en la sub proceso de estabilización de pH se utiliza cal viva, la cual es aplicada después de un proceso de apagado, en el cual se obtiene una suspensión de cal apagada que es la que permite obtener un pH adecuado en agua potable y simultáneamente se generan unos residuos sólidos insolubles.

En esta práctica se realizará la caracterización físico química de los residuos sólidos insolubles, se determinará la cantidad de residuos sólidos insolubles generados y se cruzarán los resultados obtenidos con variables operativas. De acuerdo a los resultados que se obtengan se determinará si es un residuo peligroso o no y si existen alternativas de aprovechamiento de los mismos.

## **Palabras Claves**

Insolubles de cal, cal viva, residuo peligroso, potabilización.

## **1. CONTEXTO DEL LUGAR**

### **1.1 Misión**

Somos un grupo empresarial multilatinos, de origen colombiano y naturaleza pública, que genera bienestar y desarrollo con equidad en los entornos donde participa, mediante la prestación responsable e integral de soluciones en energía, aguas, aseo y tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC).

### **1.2 Visión**

En el 2022 el Grupo EPM habrá logrado posicionarse entre las 50 primeras multilatinas por ingresos, con énfasis en Colombia, Centroamérica, Brasil, Chile, Perú y México, siendo referente en excelencia operativa, reputación y transparencia; ofreciendo a los clientes y al mercado un portafolio integral de soluciones competitivas en energía, aguas, aseo y tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), fundamentadas en prácticas socialmente responsables con todos los grupos de interés (epm F. , 2014).

### **1.3 Objeto Social**

Epm tiene como objeto social brindar servicios públicos domiciliarios a base de la responsabilidad social y ambiental (epm, Quiénes somos, 2019).

## **1.4 Sector Económico**

Epm es una empresa del sector de servicios públicos haciendo parte a su vez del sector de energía y agua a través del uso intensivo de los recursos naturales (epm, Relación con el Sector de Servicios Públicos, 2019).

## **1.5 Reseña Histórica**

Empresas Públicas de Medellín, es una empresa industrial y comercial colombiana de servicios públicos domiciliarios. Fue creada en 1955 bajo la fusión de un establecimiento autónomo que incluía cuatro entidades que hasta ese entonces eran independientes: Energía, Acueducto, Alcantarillado y Teléfonos. Desde 1998, EPM se transformó en “Empresa Industrial y Comercial del Estado, y hoy, para el ejercicio de sus actividades, se encuentra sometida a las disposiciones de la ley comercial” (epm, 2013). Elegida como la mejor empresa del siglo XX en Colombia, EPM dispone de una sólida proyección nacional e internacional, debido a su calidad y eficiencia en el campo de los servicios públicos. EPM busca el mejoramiento continuo en la entrega de sus servicios mediante los principios del ciclo Deming (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), el cual le permite involucrar la variable ambiental en sus procesos organizacionales. Así, EPM se enfoca en el cumplimiento de sus obligaciones legales y en las actuaciones discrecionales que contribuyen a la viabilidad social, económica y ambiental, a través de relaciones de mutuo beneficio con las comunidades de los territorios donde actúa. Su principal valor institucional es la responsabilidad, definida como “Anticiparse y responder por las consecuencias que los actos y decisiones puedan tener sobre los demás, así como sobre el medio ambiente y el entorno” (epm, 2019).

## 2. PLANEACIÓN ESTRATÉGICA

Epm tiene como direccionamiento estratégico el buscar orientar la gestión corporativa y competitiva del grupo empresarial con el objetivo de lograr sus metas y un posicionamiento a nivel nacional e internacional, como una de las mejores compañías de servicios públicos y que contribuye al desarrollo de los territorios sostenibles y competitivos. Su plan estratégico está plateado desde el 2018 hasta el 2022 e incluye conceptos como la recuperación, consecución, rentabilización, crecimiento y transformación.

**Desarrollo de nuestra Estrategia**

**En el periodo 2018-2022 el Grupo EPM:**

- **Optimizará las operaciones**, garantizando la seguridad, la eficiencia, la calidad y el cumplimiento de la promesa de valor al cliente/usuario mediante:
  - La recuperación del proyecto Hidroituango.
  - La consecución de fuentes de liquidez (desinversiones, créditos, otros).
  - La rentabilización de las operaciones y del portafolio de proyectos, apoyados en la innovación.
  - La atención del crecimiento orgánico como respuesta a las necesidades del mercado que atendemos o por requerimientos normativos.

**Adicionalmente, desarrollará iniciativas que apalanquen el crecimiento, considerando las restricciones financieras, mediante:**

- La continuidad de las iniciativas de Visión 2025 que se prioricen.
  - Los fondos de capital privado existentes.
  - Las nuevas alternativas de negocio apalancadas en la innovación.
  - El crecimiento inorgánico.
- Avanzará en la transformación de la cultura organizacional

**Nota:** estos enfoques serán revisados según la evolución de la situación.

6

Figura 1. Planeación estratégica Epm 2018 – 2022.

### 2.1 Planeación del Área

Epm tiene como planeación del área de agua y saneamiento el propósito de rentabilizar el negocio con una operación segura y crecer de manera orgánica en los mercados actuales;

permitiendo así, orientarse hacia una operación eficiente, rentable y segura y hacia nuevas opciones de crecimiento acordes con la evaluación de su situación financiera (epm G. , 2018).

## 2.2 Organigrama General de Epm

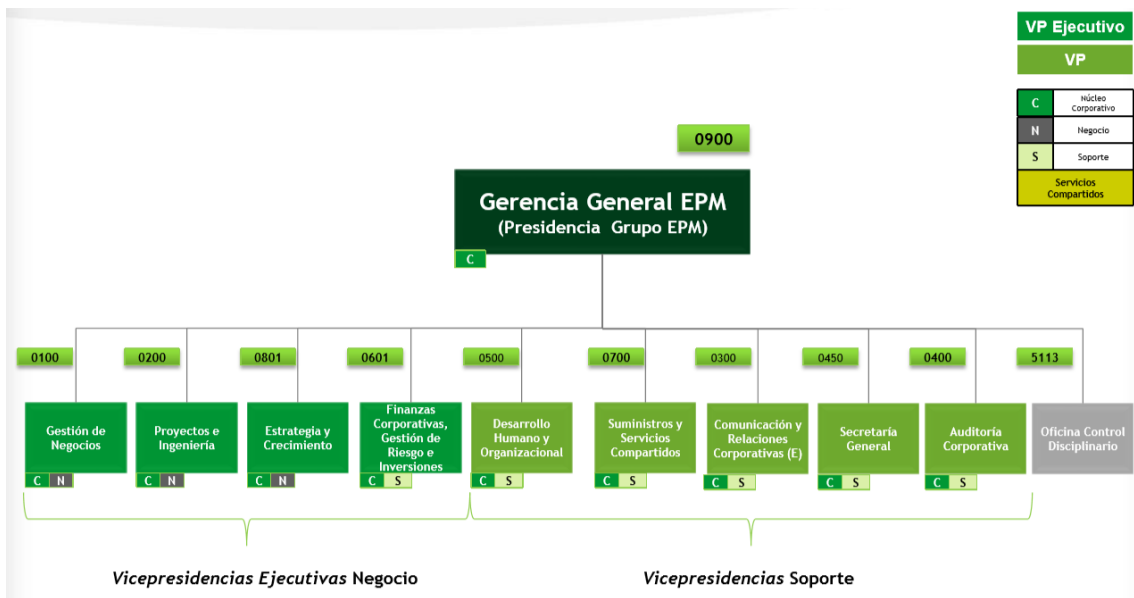


Figura 2. Organigrama General de Epm

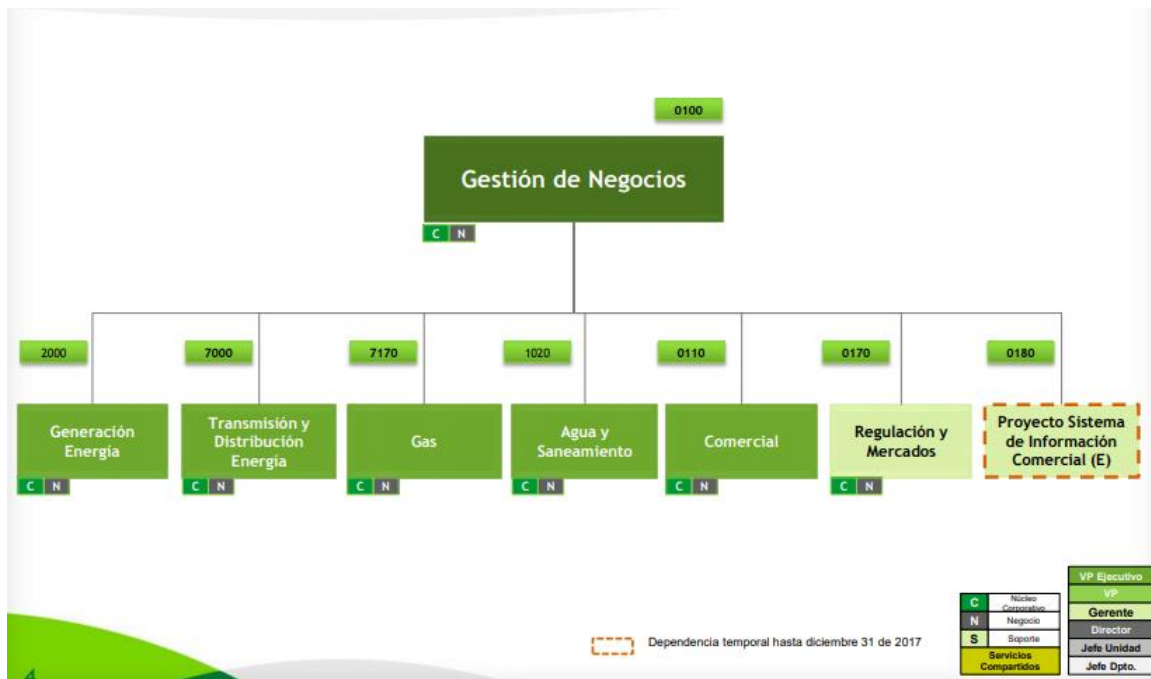


Figura 3. Gestión de Negocios Epm

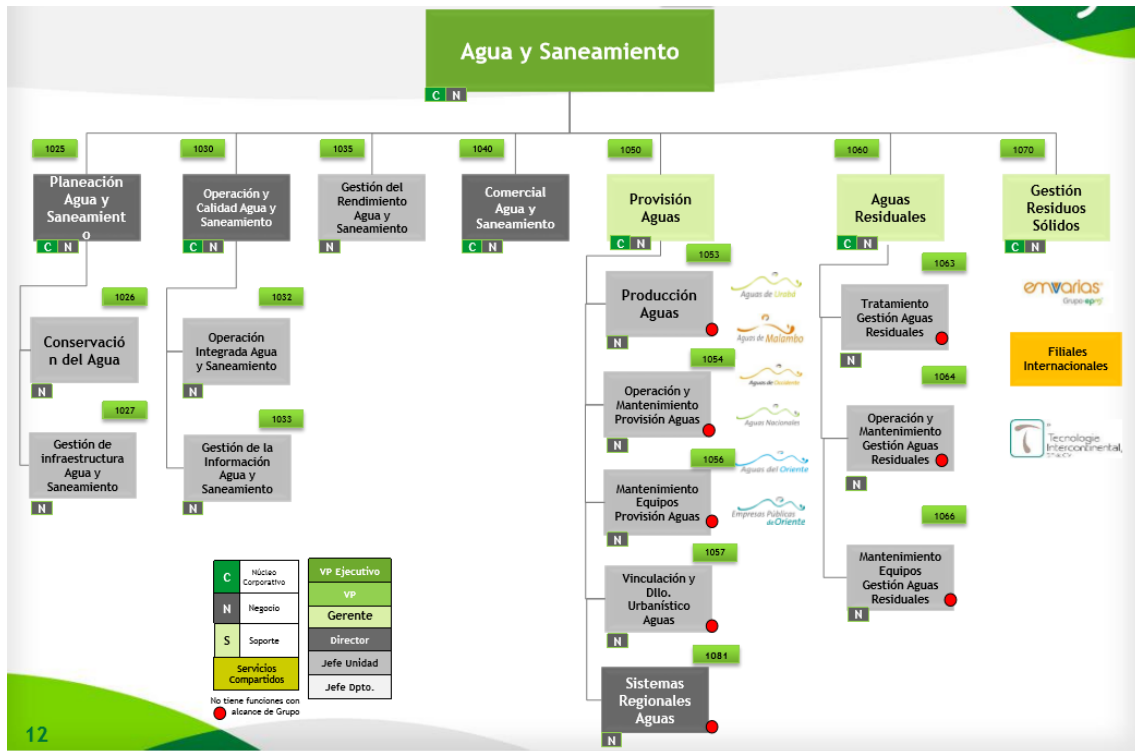
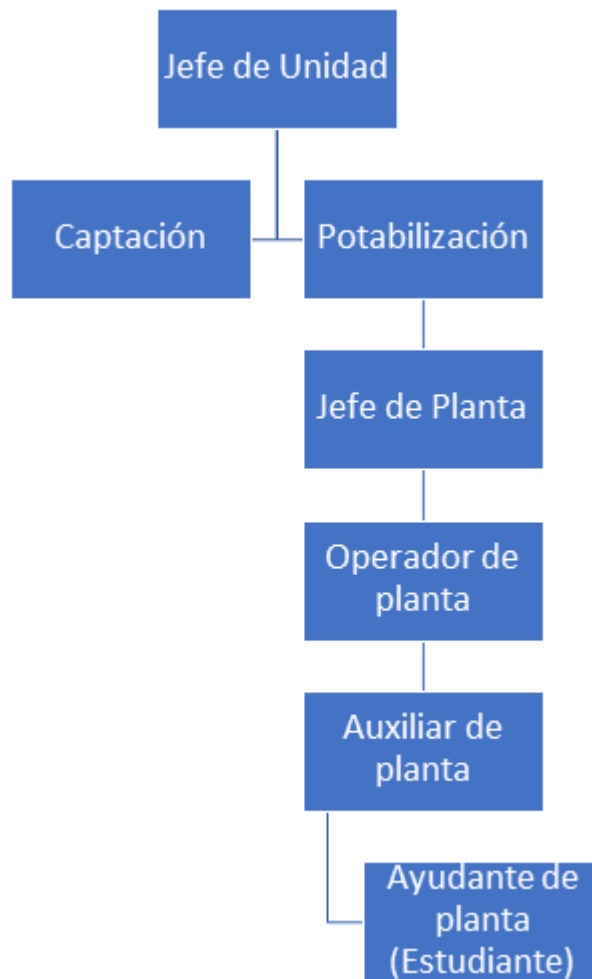


Figura 4. Organigrama Agua y Saneamiento Epm

## 2.3 Organigrama de Área



*Figura 5. Organigrama del Área de aguas epm*

## 2.4 Certificaciones

- Certificación en Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001
- Certificación ambiental de calidad ISO 14001
- Certificado de Calidad NTC/ISO 9001/2008 al proceso Generar Energía
- certificación internacional a la actividad de Auditoría Interna por parte de IIA Global

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

En la sub proceso de estabilización del pH en la potabilización del agua en la planta Manantiales, luego de apagar la cal, se generan unos residuos sólidos que son entregados al proveedor.

Es necesario determinar la cantidad, la calidad y las alternativas de aprovechamiento de estos residuos. Se hará el pesaje de los residuos generados durante cuatro meses y se conformarán tres muestras, a las cuales se le realizarán análisis de laboratorio como granulometría, % de óxido de calcio, % de humedad, velocidad de apagado, entre otros y revisión bibliográfica sobre alternativas de aprovechamiento del residuo insoluble.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo general**

Proponer una alternativa viable para el aprovechamiento de los residuos insolubles de cal generados en la planta de potabilización Manantiales de EPM.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la cantidad de residuos insolubles de cal generados en la planta de potabilización Manantiales de EPM, durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre del año 2019.
- Determinar la composición fisicoquímica de los residuos insolubles de cal generados en la planta de potabilización Manantiales de EPM, durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre del año 2019.
- Comparar los resultados obtenidos respecto al Decreto 4741 del 2005 para clasificar los insolubles de cal como residuo peligroso o no peligroso.
- Hacer una revisión bibliográfica sobre las alternativas de aprovechamiento de residuos insolubles de cal, que se hallan implementado a nivel nacional o mundial, ya sea en el mismo proceso o en otros procesos.

## 5. PERIODO ABARCADO

Se tomaron muestras de insolubles de cal de los meses de junio, julio, agosto y septiembre. Se presentará el diagnóstico en el mes de noviembre. Y la elaboración de la propuesta de mejoramiento se hará en el mes de diciembre.

### 5.1 Funciones Asignadas

A continuación, se presentan las funciones a desarrollar por el personal ayudante de plantas de aguas:

Funciones del ayudante de plantas aguas:
Verificar la terminación de productos químicos para proceder con la carga.
Cargar cubas o recipientes con productos químicos en cantidades adecuadas con base en los procedimientos e instrucciones definidas.
Recolectar muestras en los diferentes sitios de la planta con base en los procedimientos e instrucciones definidas.
Hacer medición de parámetros físico-químicos básicos como PH, turbiedad, color y medición cloro cuando se requiera.
Operar equipos, abrir y cerrar válvulas de acuerdo con instrucciones y teniendo en cuenta los procedimientos y normas definidas.
Tomar las muestras de productos químicos y de agua en las diferentes etapas del proceso, cuando le sean solicitadas por el superior inmediato o de acuerdo con las normas, manuales, procedimientos e instructivos establecidos.
Funciones del Tecnólogo Auxiliar Operación:
Realizar análisis fisicoquímicos a muestras de agua cruda, tratada y en proceso
Realizar inventario físico de productos químicos e informar al superior inmediato
Inspeccionar el correcto funcionamiento de los equipos de la planta e instalaciones en general, e informar las anomalías observadas, de acuerdo con las instrucciones recibidas
Recibir y verificar los productos químicos según los procedimientos establecidos
Efectuar, registrar y verificar los análisis de laboratorio que determinan la calidad del agua y subproductos, en las diferentes etapas del proceso
Proponer mejoras a los procesos, a los sistemas de gestión (calidad, seguridad y salud en el trabajo, ambiental, entre otros) e implementarlas
Proponer el mejoramiento de procesos y procedimientos de la dependencia
Cumplir las normas de Seguridad y Salud en el trabajo, velar por la seguridad de los demás

*Figura 6. Funciones del ayudante de plantas aguas.*

## **5.2 Diagnóstico y Hallazgos**

En la planta de potabilización Manantiales, el proceso de estabilización de pH se realiza mediante la aplicación de cal viva granular, a la cual se le adiciona agua para ser aplicada en suspensión como cal apagada.

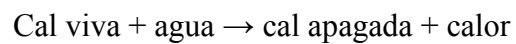
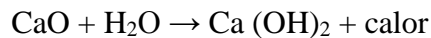
El proceso de apagado se realiza en reactores (apagadores) bajo condiciones controladas de temperatura, agitación e inyección de agua; la cal es alimentada desde unos silos de capacidad de 130 toneladas que contienen cal viva sólida y granulada y se aplica de acuerdo a la dosis requerida en la planta Manantiales.

En esta actividad se generan unos sólidos insolubles, de los cuales no se tiene información histórica precisa sobre la cantidad generada, además no se conoce la composición físico química de los mismos. Se ha observado que la cantidad de residuos insolubles ha ido en aumento, de igual manera se ha determinado que la calidad de la cal viva granular ha sido desmejorada por parte del proveedor.

Los residuos insolubles son entregados al proveedor, quien los recoge, transporta, aprovecha o les da una disposición final. Se pretende dar una recomendación de alternativas de aprovechamiento de los insolubles, ya sea en el proceso o en otros procesos.

### 5.3 Generalidades del Apagado de la Cal en la Planta Manantiales

El apagado de la cal es el proceso que ocurre en un reactor, mediante el cual la cal viva (CaO) es convertida a cal apagada (Ca (OH)<sub>2</sub>) mediante la adición controlada de agua, este proceso ocurre de acuerdo con la siguiente reacción:



Además de la cal apagada, la cual se encuentra en forma de suspensión en agua (lechada), también se generan unos residuos sólidos insolubles, que deben ser retirados de los reactores y deben tener una disposición final adecuada.

**Sistema de apagado de cal en la Planta Manantiales (sub proceso en la que se genera el residuo)**

Para la sub proceso de alcalinización en la planta de potabilización Manantiales, se dispone de tres silos de almacenamiento de cal viva (óxido de calcio, CaO), con capacidad de 140 toneladas cada uno, en los cuales se recibe la cal del proveedor, la cual viene en una presentación granular.

*(Ilustración 1. Silos de almacenamiento de cal).*



*Ilustración 1. Silos de almacenamiento de cal. Fuente: Propia*

Se dispone de tres apagadores de cal (Ilustración 2. Apagador de cal.). Los apagadores están divididos en tres compartimientos:

- El primer compartimiento es donde se realiza el apagado de la cal, en este se recibe la cal granular, que es descargada desde el silo en la cantidad de cal necesaria para el proceso de estabilización del pH, acá se aplica la cantidad de agua necesaria para el apagado de la cal, generalmente en una relación cal: agua de 1:4 en peso, en este reactor se controla rigurosamente la temperatura, que debe estar entre 80 °C y 100 °C, la reacción y homogenización de la suspensión se hace mediante un agitador mecánico. (Ilustración 3. Suspensión de cal apagada.)



*Ilustración 2. Apagador de cal. Fuente: Propia*



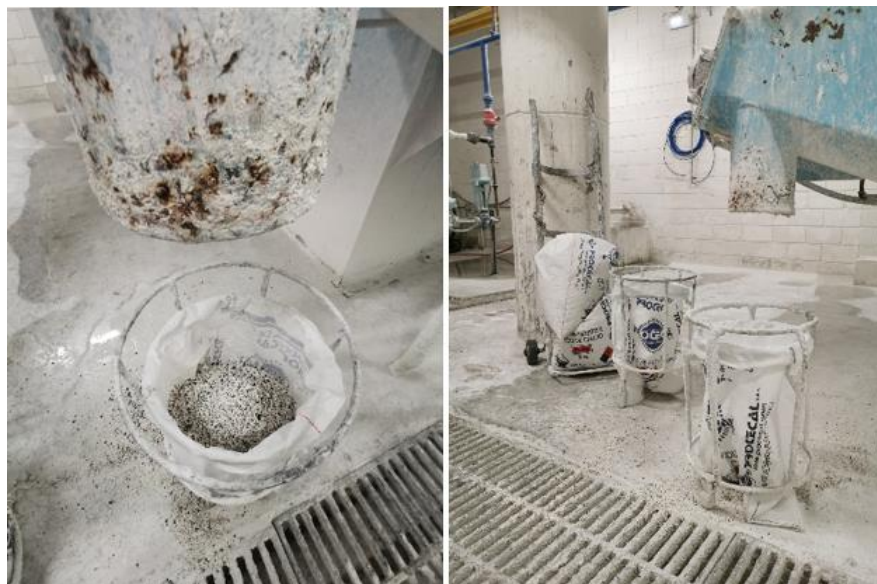
*Ilustración 3. Suspensión de cal apagada. Fuente propia*

- En el segundo compartimiento a la suspensión inicial se adiciona más agua y se agita con agitador mecánico.
- Y el tercer compartimiento recibe la lechada de los dos primeros compartimientos, desde acá es dosificada hacia los tanques de almacenamiento de agua para estabilizar el pH.
- Este tercer compartimiento cuenta con un tornillo sin fin que retira los insolubles de la cal (Ilustración 4. Extracción de los insolubles de cal mediante tornillo sin fin).



*Ilustración 4.Extracción de los insolubles de cal mediante tornillo sin fin. Fuente: Propia*

Los insolubles de cal retirados del apagador con el tornillo, son recogidos en costales para ser almacenados en una celda hasta cuando son retirados de la planta. (Ilustración 5. Recolección de los insolubles en costales)



*Ilustración 5.Recolección de los insolubles de cal en costales. Fuente propia*

## 5.4 Actividades Realizadas

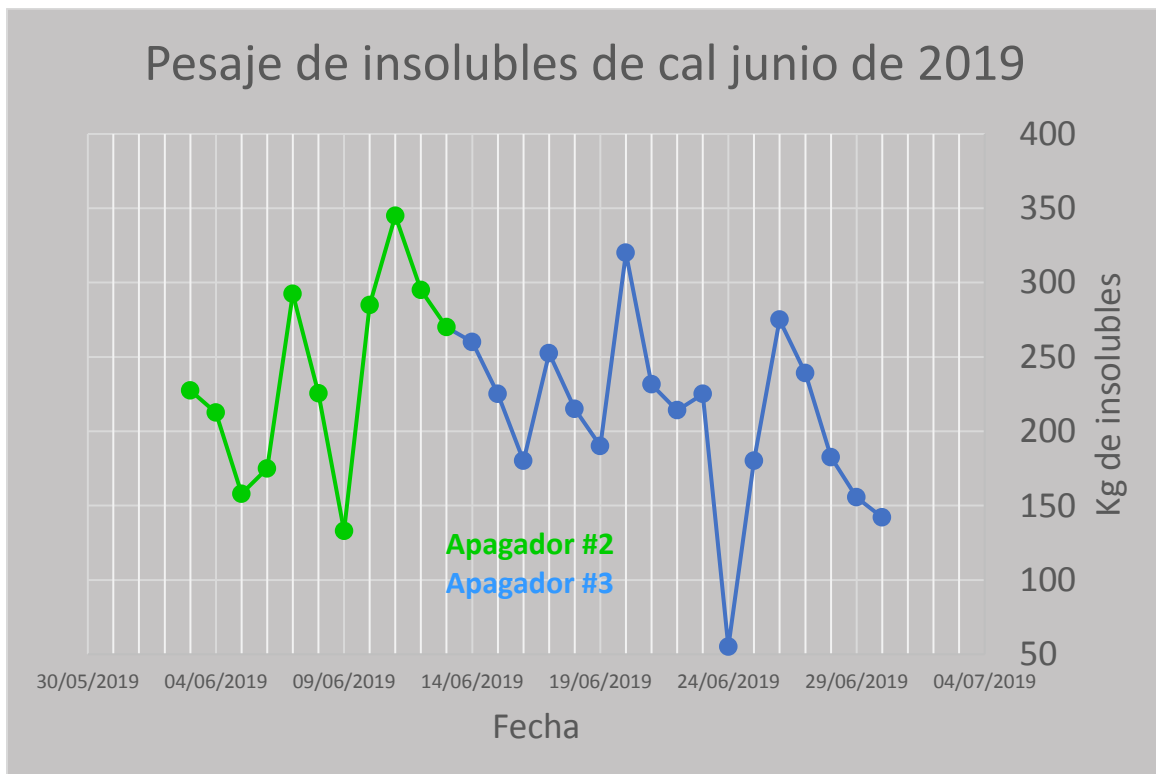
### 5.4.1 Determinación de la cantidad de residuos insolubles

Se determinó la cantidad de residuos insolubles de cal generados en la planta de potabilización Manantiales de EPM, durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre del año 2019, mediante pesaje de éstos.

- **Pesaje de insolubles 2019**

Se realizó el pesaje de los insolubles de cal generados en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, obteniendo los siguientes resultados presentados de forma gráfica.

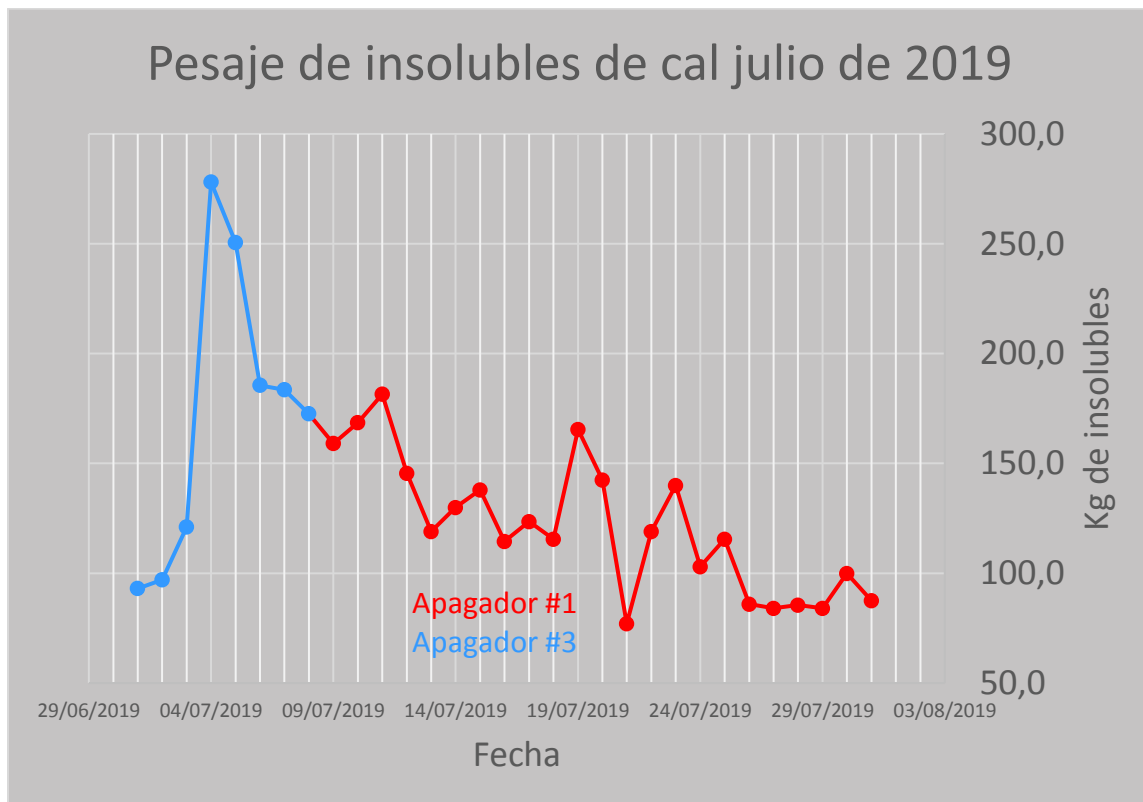
Los datos tabulados se presentan en un documento de Excel.



Gráfica 1. Pesaje de insolubles de cal junio de 2019

En la gráfica 1, observamos lo siguiente:

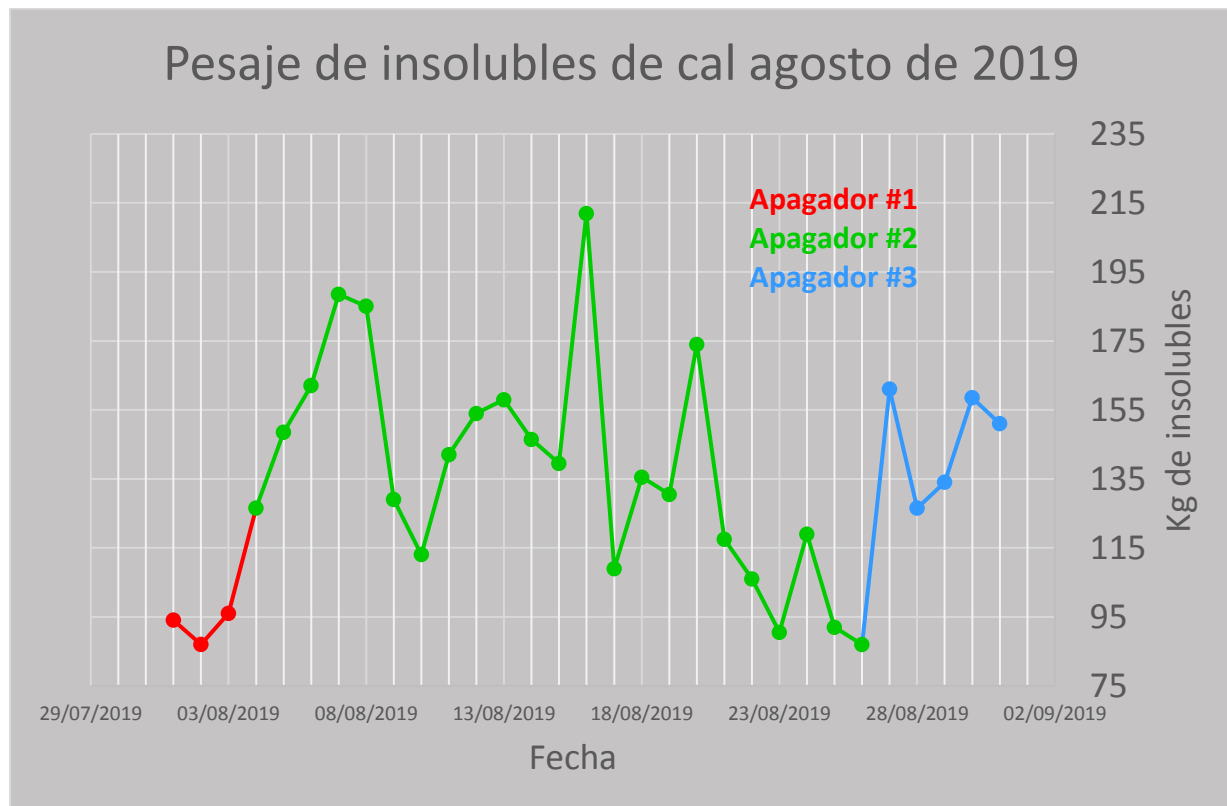
- La cantidad de insolubles de cal generados diariamente en la planta Manantiales, expresado en kg, en el mes de junio de 2019.
- Desde el 3 de junio al 13 de junio se trabajó en la planta con el apagador # 2 (puntos de la gráfica de color verde); y del 14 de junio al 30 de junio se trabajó en la planta con el apagador #3 (puntos de la gráfica en color azul)
- La cantidad de residuos generados varía diariamente, esto puede deberse a diferentes factores como son la calidad de la cal, entre otros.
- Se llegaron a generar hasta 345 kg de insolubles en un día.



Gráfica 2. Pesaje de insolubles de cal julio de 2019

En la gráfica 2, observamos lo siguiente:

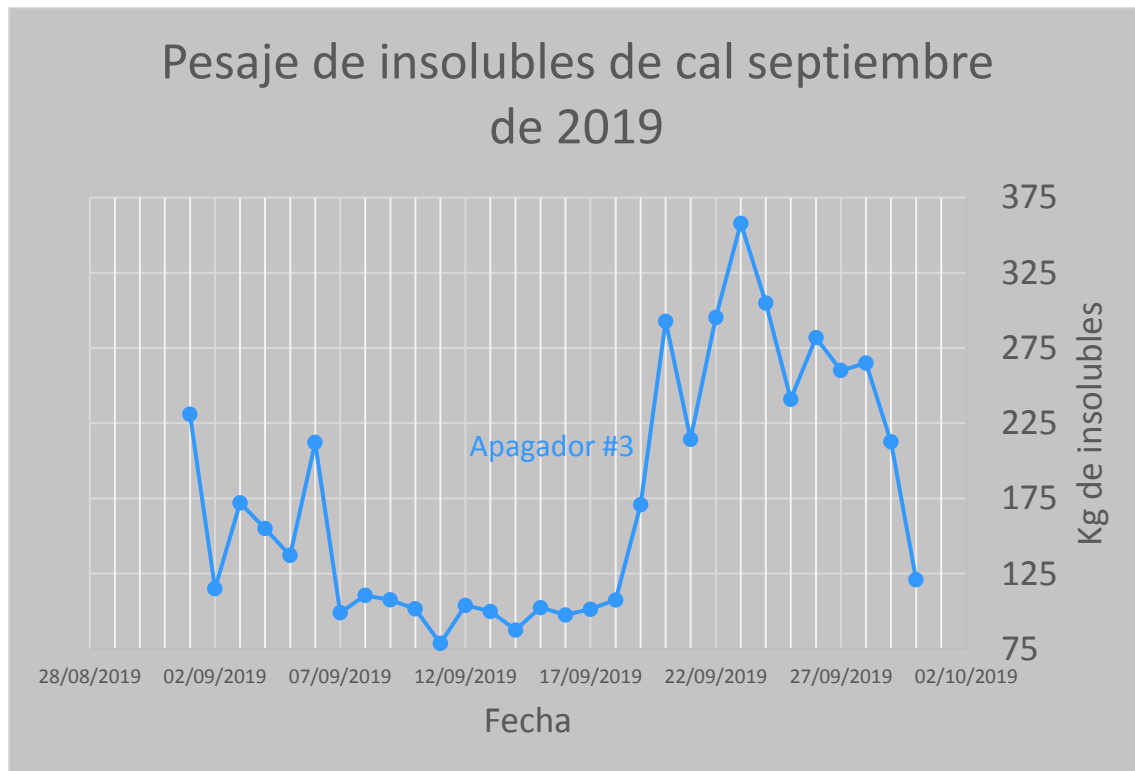
- La cantidad de insolubles de cal generados diariamente en la planta Manantiales, expresado en kg, en el mes de julio de 2019.
- Desde el 1 de julio al 8 de julio se trabajó en la planta con el apagador # 3 (puntos de la gráfica de color azul); y del 9 de julio al 31 de julio se trabajó en la planta con el apagador #1 (puntos de la gráfica en color rojo)
- La cantidad de residuos generados varía diariamente, esto puede deberse a diferentes factores como son la calidad de la cal, entre otros.
- Se llegaron a generar hasta 278 kg de insolubles en un día.



Gráfica 3. Pesaje de insolubles de cal agosto de 2019

En la gráfica 3, observamos lo siguiente:

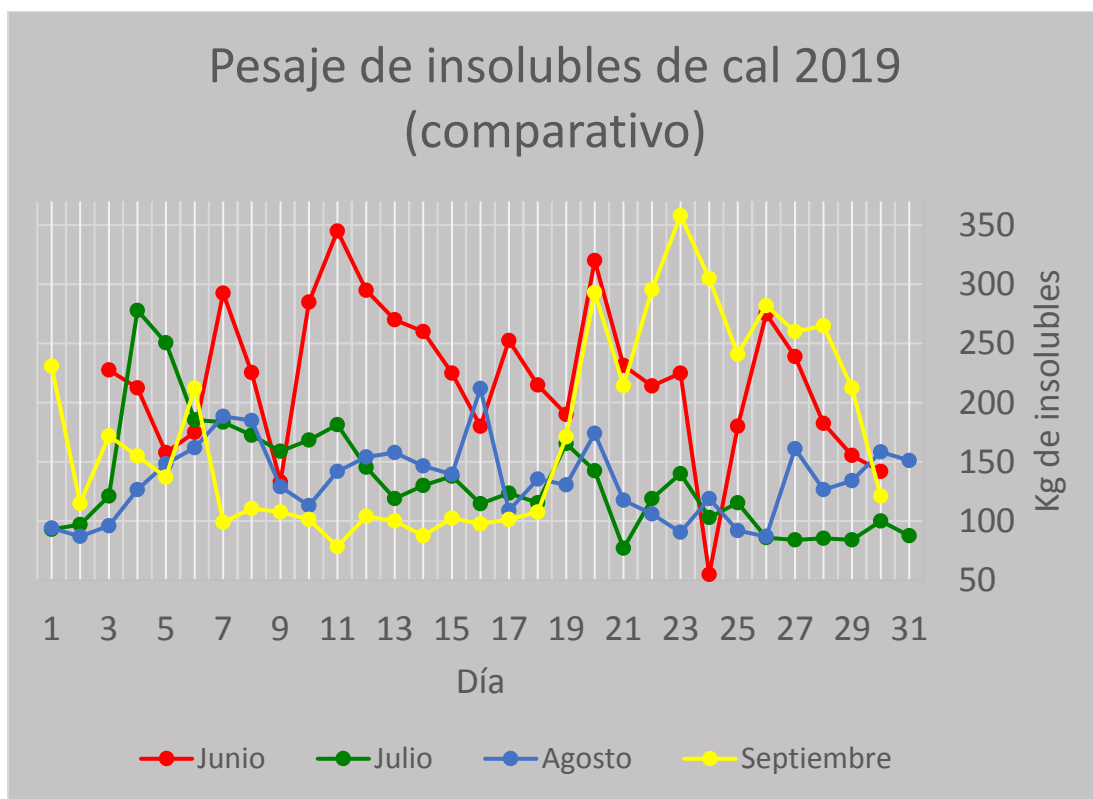
- La cantidad de insolubles de cal generados diariamente en la planta Manantiales, expresado en kg, en el mes de agosto de 2019.
- Desde el 1 de agosto al 3 de agosto se trabajó en la planta con el apagador # 1 (puntos de la gráfica de color rojo); del 4 de agosto al 26 de agosto se trabajó en la planta con el apagador #2 (puntos de la gráfica en color verde); y del 27 de agosto al 31 de agosto se trabajó en la planta con el apagador #3 (puntos de la gráfica en color azul);
- La cantidad de residuos generados varía diariamente, esto puede deberse a diferentes factores como son la calidad de la cal, entre otros.
- Se llegaron a generar hasta 212 kg de insolubles en un día.



Gráfica 4. Pesaje de insolubles de cal septiembre de 2019

En la gráfica 4, observamos lo siguiente:

- La cantidad de insolubles de cal generados diariamente en la planta Manantiales, expresado en kg, en el mes de septiembre de 2019.
- Todo el mes de septiembre se trabajó en la planta con el apagador #3 (puntos de la gráfica en color azul);
- La cantidad de residuos generados varía diariamente, esto puede deberse a diferentes factores como son la calidad de la cal, entre otros.
- Se llegaron a generar hasta 358 kg de insolubles en un día.



Gráfica 5. Pesaje de insolubles de cal de junio a septiembre 2019. Gráfica comparativa.

En la gráfica 5, se presenta un comparativo de la generación diaria en kg, de residuos de insolubles de cal de los meses de junio, julio, agosto y septiembre de 2019, en la planta Manantiales.

#### **5.4.2 Determinación de la composición fisicoquímica de los residuos insolubles**

La determinación de la composición fisicoquímica de los residuos insolubles de cal generados en la planta de potabilización Manantiales de EPM, durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre del año 2019, se realizó de la siguiente manera:

##### **5.4.2.1 Muestreo y número de muestras**

- Codificación De las Muestras

Los insolubles de cal son colocados en el acopio de insolubles que es una celda construida en concreto, que cuenta un con techo que protege el residuo de las condiciones atmosféricas.



*Figura 7. Almacenamiento de insolubles de Cal*

Se recolectaron cuatro muestras que se codificaron de la siguiente manera:

Muestra #	Correspondiente a los meses de
1	Junio
2	Julio
3	Agosto
4	Septiembre

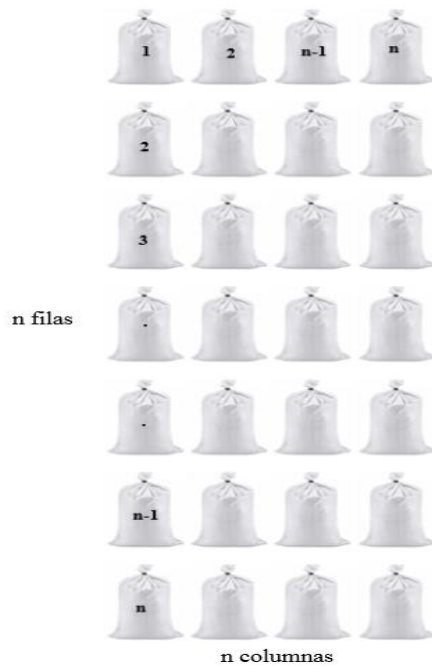
Tabla 1. Codificación de muestras



Figura 8. Muestras para laboratorio de insolubles de cal

#### 5.4.2.2 Metodología de Muestreo

Para garantizar que el monitoreo se realizara de una manera representativa, se aplicó un Muestreo probabilístico sistemático en el espacio sobre unidades independientes o separadas. Insolubles almacenados en costales. Para ello, las poblaciones se organizaron en una configuración matricial, y se realizó la apertura de los sacos de forma simultánea.



*Figura 9. Recolección de las muestras*

Los porcentajes de representatividad fueron mayores a 10 % (IDEAM, 2007) para las cuatro muestras, como se presenta a continuación:



*Figura 10. Muestra #1: 45 sacos de las 300 unidades almacenadas en la celda, los cuales fueron organizados en una configuración matricial de  $11 \times 4 (+1)$  y se realizó la apertura de los mismos de forma simultánea. Con un porcentaje de representatividad del 15%.*



*Figura 11. Muestra #2: 42 sacos de las 139 unidades almacenadas en la celda, los cuales fueron organizados en una configuración matricial de 10x4 (+2) y se realizó la apertura de los mismos de forma simultánea. Con un porcentaje de representatividad del 30%.*



*Figura 12. Muestra #3: 58 sacos de las 192 unidades almacenadas en la celda, los cuales fueron organizados en una configuración matricial de 11 x 5 (+3) y se realizó la apertura de los mismos de forma simultánea. Con un porcentaje de representatividad del 30%.*

En cada una de las unidades se definió un punto de toma de muestra recolectando una (1) alícuota en cada uno de los sacos hasta una profundidad 0,3 m, es decir, en total se tomaron:

- Cuarenta y cinco (45) alícuotas (muestra #1), representativas de los insolubles de cal.
- Cuarenta y cinco (42) alícuotas (muestra #2), representativas de los insolubles de cal.

- Cincuenta y ocho (58) alícuotas (muestra #3), representativas de los insolubles de cal.

Las alícuotas se tomaron con la ayuda de una pala previamente descontaminada, luego, fueron depositadas al interior de un costal previamente lavado y seco y recubierto con una bolsa plástica nueva y limpia.

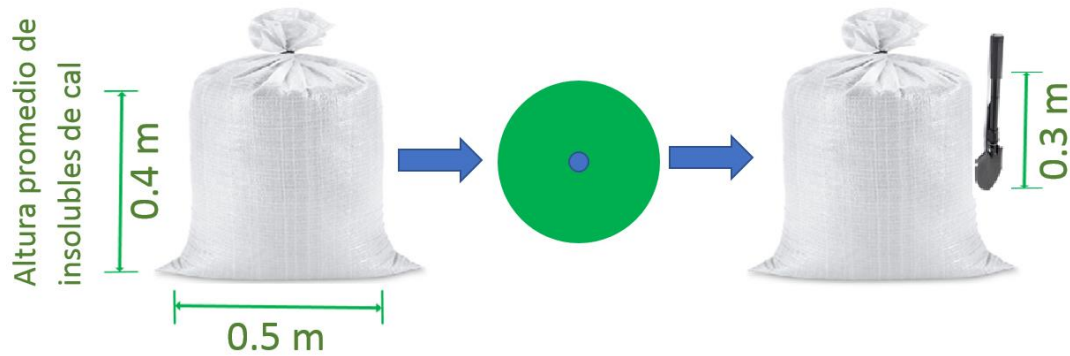


Figura 13. Esquema puntos y profundidad de toma de muestras

Durante el proceso de toma de muestras se pudo identificar que los insolubles presentaban las características variables en cuanto a la forma y al tamaño, de color blanco-grisáceo, con cierto porcentaje de humedad y sin olor característico.



*Figura 14. Identificación de piedras en las muestras*

Luego de tomar todas las alícuotas, se obtuvo 1 costal por cada muestra, con el contenido de insolubles recolectados, que se depositaron al interior de un recipiente previamente lavado y seco.

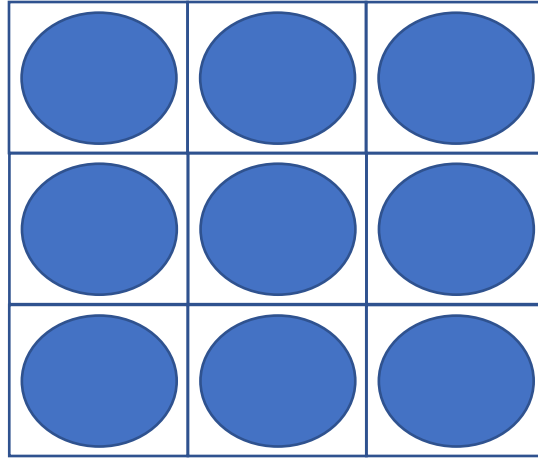
#### **5.4.2.3 Homogenización de la muestra**

Los insolubles así recolectados, se depositaron sobre un plástico de alta densidad limpio y se mezclaron hasta obtener una muestra homogénea y representativa del insoluble. El peso de la muestra compuesta fue de 10 kg para las cuatro muestras.

Una vez finalizada la homogenización de cada una de las muestras de insolubles de cal se procedió como se describe a realizar el cuarteo como se describe a continuación:

- **Cuarteo**

- a) El residuo se distribuyó formando una pila rectangular de espesor uniforme, de donde se obtuvo una cuadrícula de 3x3 secciones, luego del centro de cada una de ellas, se tomó una muestra individual con la pala.



*Ilustración 6. 3x3 secciones cuarteo*



*Figura 15. Esquema del cuarteo de la muestra cada punto azul representa el sitio de toma de cada alícuota*

- b) Luego de haberse tomado todas las alícuotas, estas se mezclaron nuevamente sobre un plástico limpio, se homogenizaron y se conformó una nueva pila de forma alargada y de ancho y espesor uniforme, luego se tomó una porción del residuo del centro de la pila con la pala, bisecándola de forma perpendicular al eje más largo, procurando abarcar todo su espesor (ver Figura 23); esta porción recogida se depositó en un contenedor plástico en el cual se almacenó la muestra.

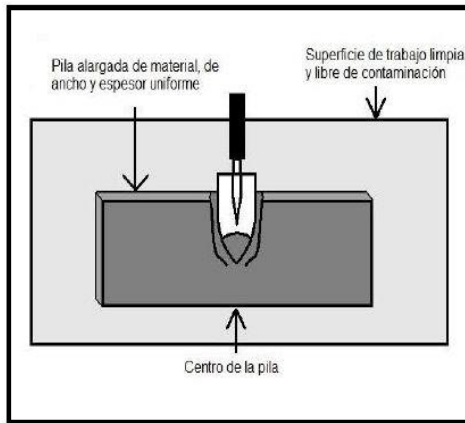


Ilustración 7. Esquema de pila alargada.



Figura 16. Foto de pila alargada

- c) Luego se redistribuyó la pila, repitiendo el paso b hasta alcanzar la cantidad de muestra requerida para realizar los análisis en el laboratorio, garantizando que se hicieran por lo menos 10 repeticiones del procedimiento.
- d) Las muestras fueron empacadas en bolsas selladas y recipientes plásticos cerrados, para evitar derrames o que agentes extraños ingresaran a la muestra durante su transporte al laboratorio.

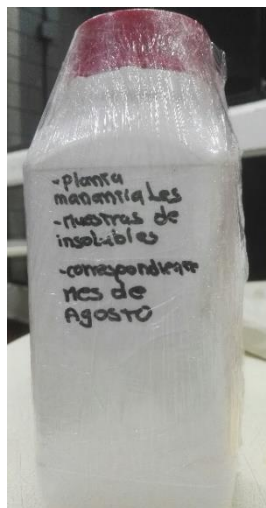


Figura 17. Muestras empacadas y selladas.

- e) Posteriormente, las muestras se almacenaron en una nevera de icopor, en donde se preservaron hasta su entrega a los respectivos laboratorios encargados de la medición de los parámetros a evaluar.

#### 5.4.2.4 Condiciones climáticas

Durante la realización del muestreo no se presentaron inconvenientes por condiciones climáticas que interfirieran con las muestras o con la toma de las mismas. Además, las muestras en todo momento fueron protegidas bajo techo.

#### 5.4.2.5 Análisis Realizados

- a) **Análisis básicos:** A las cuatro muestras se le realizaron los siguientes análisis:



*Figura 18. % pureza*



*Figura 19. Granulometría*



*Figura 20. % de insolubles*



*Figura 21. Velocidad de Apagado*

### 5.4.2.6. Resultados

CONSECUTIVO	1 Insolubles 001 (Junio-Julio)	2 Insolubles 002 (Agosto)	3 Insolubles 003 (Septiembre)
MUESTRA	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
FECHA Analisis mes muestra	06/09/2019	06/09/2019	18/10/2019
<b>% de Pureza</b>			
peso de Muestra, mg	1501	1503,1	1510,6
Normalidad HCL	0,1781	0,1781	0,1661
vol. HCL consumido en titulacion, ml	123,4	131,2	157,75
<b>% CaO titulador</b>	<b>40,4</b>	<b>42,9</b>	<b>49,4</b>
<b>prueba escritorio</b>	<b>40,4</b>	<b>42,9</b>	<b>47,8</b>
<b>Granulometria</b>			
peso de Muestra, gr	1100	1100	1100
peso retenido en tamiz 19 mm, gr	0	0	0
peso que pasa tamiz de 2 mm, gr	178,8	575,8	430,9
<b>% retenido tamiz 19</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>
<b>% pasa tamiz 2</b>	<b>16,3%</b>	<b>52,3%</b>	<b>39,2%</b>
Sumatoria Fraccion retenida- Fracción pasa	<b>16,3%</b>	<b>52,3%</b>	<b>39,2%</b>
<b>% de Insolubles</b>			
Peso de muestra, gr	125	125	125
peso capsula vacia, gr	74,5897	74,1951	80,7264
peso capsula+ insolubles, gr	149,254	169,352	192,7468
<b>% insolubles calculado</b>	<b>59,73%</b>	<b>76,13%</b>	<b>89,62%</b>

Tabla 2. Resultados obtenidos en laboratorio control calidad villa hermosa epm

<b>VELOCIDAD DE APAGADO</b>			
Tiempo min	temperatura	temperatura	temperatura
<b>inicial</b>	25	25	25,7
<b>0,5</b>	26,1	25,4	25,2
<b>1</b>	26,2	25,5	25,4
<b>1,5</b>	26,2	25,5	25,4
<b>2</b>	26,2	25,4	25,4
<b>2,5</b>	26,2	25,4	25,4
<b>3</b>	26,2	25,4	25,4
<b>3,5</b>	26,2	25,4	25,8
<b>4</b>	26,2	25,4	25,3
<b>4,5</b>	26,2	25,4	25,2
<b>5</b>	26,2	25,4	25,1
<b>6</b>	26,2	25,4	24,8
<b>7</b>	26,2	25,4	24,7
<b>8</b>	26,2	25,4	24,6
<b>9</b>	26,2	25,3	24,6
<b>10</b>	26,2	25,3	24,4
<b>Incremento Temperatura en 6 min.</b>	<b>1,2</b>	<b>0,4</b>	<b>-1</b>

Tabla 3. Velocidad de Apagado

- **Humedad y pH:** Se realizaron los análisis de humedad a las muestras (por triplicado) y el pH se hizo tomando una relación de 1:2, insolubles: agua destilada. Se obtuvieron los siguientes resultados:

MUESTRA	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
<b>FECHA Análisis mes muestra</b>	12/08/2019	08/09/2019	09/10/2019
<b>% de Humedad</b>			
peso 1 de Muestra, g	5,00	5,00	5,00
peso 2 de Muestra, g	5,00	5,05	
peso 3 de Muestra, g	5,00	5,00	5,00
% humedad 1	81,8%	84,1%	83,9%
% humedad 2	81,2%	85,9%	
% humedad 3	83,2%	85,4%	83,2%
<b>% humedad promedio</b>	<b>82,1%</b>	<b>85,1%</b>	<b>83,6%</b>
<b>pH</b>	<b>12,51</b>	<b>12,55</b>	<b>12,57</b>

*Tabla 4. Análisis en la planta de potabilización manantiales*

#### **5.4.2.7 Comparación de los resultados obtenidos respecto al Decreto 4741 del 2005 para clasificar los insolubles de cal como residuo peligroso o no peligroso.**

El decreto 4741 de (2005), en el ANEXO III, CARACTERÍSTICAS DE PELIGROSIDAD DE LOS RESIDUOS O DESECHOS PELIGROSOS, define las características que hacen a un residuo o desecho peligroso por ser corrosivo, reactivo, explosivo, inflamable, infeccioso, radiactivo o tóxico. Los insolubles de cal presentan características que se ajustan a la definición de residuo peligroso por ser corrosivo, cuya definición es la siguiente:

“Característica que hace a un residuo o desecho peligroso por ser corrosivo: Característica que hace que un residuo o desecho por acción química, pueda causar daños graves en los tejidos vivos que estén en contacto o en caso de fuga puede dañar gravemente otros materiales, y posee cualquiera de las siguientes propiedades:

- a) Ser acuoso y presentar un pH menor o igual a 2 o mayor o igual a 12.5 unidades.
- b) Ser líquido y corroer el acero a una tasa mayor de 6.35 mm por año a una temperatura de ensayo de 55 °C.”

Comparando los resultados fisicoquímicos de los insolubles de cal con los parámetros establecidos en el decreto 4741 de 2005, vemos que se ajustan al numeral a) del anexo III, podemos concluir que los insolubles de cal son un residuo o desecho peligroso por ser corrosivo, ya que es un residuo acuoso y presentar un pH mayor o igual a 12.5 unidades.

## **6. ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA**

### **6.1 Descripción de la situación a mejorar de acuerdo con el interés de la práctica**

En la planta de potabilización Manantiales, se genera gran cantidad de residuos sólidos insolubles, provenientes de los apagadores de cal, llegando a tener hasta 358 kg de insolubles en un día, y hasta 6,181 toneladas por mes.

Estos residuos sólidos insolubles por tener un pH mayor a 12.5, se consideran como un residuo peligroso que puede llegar a causar daños graves en los tejidos vivos que estén en contacto o en caso de fuga puede dañar gravemente otros materiales.

### **6.2 Alcance**

Bajo la parametrización de los insolubles generados en el apagado de cal, del subproceso de estabilización de pH en la planta Manantiales, se logra conocer si la cal viva está cumpliendo con el parámetro de insolubles de cal establecido por el proveedor, luego de esta caracterización se busca aprovechar estos insolubles en el área agrícola mediante su transformación en un fertilizante.

También, puede obtenerse una compensación por parte del proveedor debida al incumplimiento de especificaciones.

## **6.3 Propuesta de mejora #1**

### **6.3.1 Plan de Acción – Primer Alternativa:**

#### **Producción de Cal agrícola**

La propuesta va encaminada a la “donación de los insolubles de cal a una empresa que utiliza este material para el ciclo de producción de Cal agrícola”. En la agricultura con el pasar del tiempo los suelos tienden a cambiar su pH y a convertirse en ácidos por diversos factores ambientales como la descomposición de la materia orgánica, llevando a un impacto negativo en la productividad de los cultivos, el cual consiste en la disminución de producción o la muerte de los cultivos. Debido a esto, la Cal agrícola se utiliza como un acondicionador para el suelo disolviéndose con este para disminuir su acidez y conservar un pH neutro que aumente el potencial de ganancias generando beneficios a los agricultores.

Por lo tanto, se propone donar los insolubles de cal resultantes en el proceso de potabilización del agua en la planta Manantiales, a fin de generar una alternativa ambiental, ya que los insolubles por sí solos no tienen precio alguno y, por el contrario, se llevaría a cabo la última etapa del ciclo de vida del producto “Cal viva”, como reciclaje y reutilización de desechos insolubles por parte de una empresa alterna.

#### **Beneficios de la propuesta**

Los beneficios ante la alternativa se encuentran tanto para epm como para la empresa recicladora de los insolubles de cal.

<b>Beneficios</b>
<b>Epm</b>
Donación para la reutilización de insolubles de cal
Intervención positiva ante alternativas ambientales como el reciclaje
Cumplimiento del ciclo de vida de la materia prima “Cal viva”
Proceso de entrega de insolubles de cal para el no desperdicio
Salida de insolubles de Cal de la empresa sin costo adicional al almacenamiento

*Tabla 5. Beneficios de la propuesta para epm*

### **Impactos internos y externos**

La propuesta de donación de insolubles de Cal trae consigo diversos impactos tanto internos como externos. Los impactos internos hacen referencia a los beneficios económicos que se obtienen al no tener que destinar fondos para las últimas etapas del ciclo de vida de la Cal viva, como su empaquetado o salida de estos de la empresa; sino que también, se desarrolla un programa para la alternativa ambiental del reciclaje dentro de otra empresa. De este modo, epm contribuiría con su responsabilidad ambiental y el cumplimiento de normativas ambientales mediante las donaciones de insolubles de cal viva.

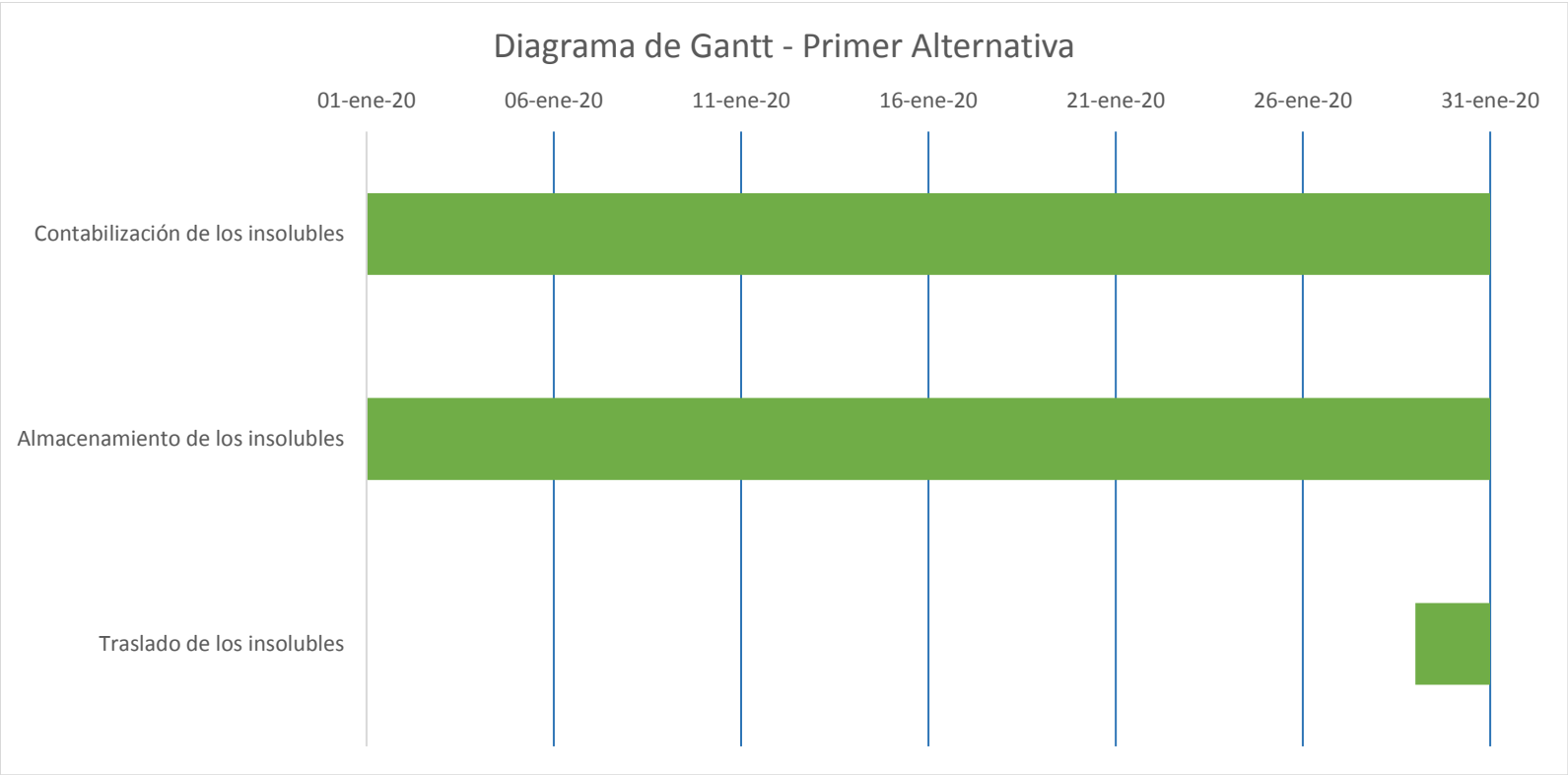
Por otra parte, los impactos externos están enfocados en el reconocimiento de estas alternativas y en la utilidad que la empresa de Cal agrícola tenga para estos insolubles. Así, los impactos van desde el empoderamiento del mercado con alternativas ambientales de donación, conocimiento de otras organizaciones para que desarrollen actividades para la conservación ambiental y la reutilización de materia prima, la motivación de empresas como la de producción de Cal agrícola para establecerse en el mercado y el apoyo a emprendimientos o a pymes para sus procesos de producción.

### 6.3.2 Cronograma de Actividades

A continuación, se muestran las tareas que deben realizarse mensualmente, logros esperados y la duración de la propuesta a través del planteamiento de un diagrama de Gantt.

<b>Tarea</b>	<b>Día de inicio</b>	<b>Duración en días</b>	<b>Ultimo día</b>	<b>Logro esperado</b>
<b>Pesaje de los insolubles</b>	1° de cada mes	30 o 31	30° o 31° de cada mes	Tener registro de la cantidad de insolubles de cal que se generan mensualmente a tener un control de generación de estos residuos
<b>Almacenamiento de los insolubles</b>	1° de cada mes	30 o 31	30° o 31° de cada mes	Organizar el acopio de insolubles de cal
<b>Traslado de los insolubles</b>	Últimos días del mes	2	Últimos días del mes	Retiro de los insolubles de cal de las instalaciones de epm, para ser transportados en camión por el personal encargado de la empresa productora de Cal agrícola hacia sus instalaciones

*Tabla 6. Cronograma de actividades*



Gráfica 6. Diagrama de Gantt de las actividades a desarrollar por la propuesta #1

### 6.3.3 Presupuesto Financiero Básico

A continuación, se elabora una tabla con información del presupuesto básico requerido para la realización de la propuesta.

<b>Presupuesto Financiero Básico</b>	
<b>Recursos</b>	<b>Costo</b>
<b>Acopio de almacenamiento</b>	Sin costo adicional al ya presupuestado por epm
<b>Personal para el acopio</b>	Sin costo adicional al ya presupuestado por epm
<b>Traslado de insolubles</b>	Realizado por la empresa de Cal agrícola
<b>Volqueta</b>	300.000 por viaje. Costo asumido por la empresa de cal agrícola
<b>Conductor</b>	100.000 por día. Costo asumido por la empresa se cal agrícola
<b>2 ayudantes</b>	140.000 por día. Costo asumido por la empresa se cal agrícola

*Tabla 7. Presupuesto financiero básico para llevar a cabo la propuesta.*

## 6.4 Propuesta de mejora #2

### 6.4.1 Plan de Acción – Segunda Alternativa:

#### Reproceso de los Insolubles de Cal

La propuesta va encaminada a la “entrega de los insolubles de cal a la empresa proveedora de la Cal viva”. La búsqueda de nuevas alternativas para satisfacer los problemas ambientales es de gran importancia en los ciclos de producción de las empresas que tienen conocimiento concreto del daño y deterioro que hacen determinadas sustancias o elementos al medio ambiente. Teniendo también conciencia del agotamiento de los recursos naturales se hace necesario soluciones que constituyan prácticas amables con el medio ambiente. Debido a esto, los insolubles de Cal pueden

ser considerados para un reproceso y así obtener un nuevo producto empleado en el tratamiento de aguas, para ajuste del pH.

Por lo tanto, se propone pactar un acuerdo de entrega de los insolubles de Cal resultantes del proceso de potabilización del agua a la empresa proveedora de cal viva, a cambio de una retribución de cal viva a epm, de acuerdo a la cantidad de insolubles entregados.

### **Beneficios de la propuesta**

Los beneficios ante la alternativa se encuentran tanto para epm como para la empresa recicladora de los insolubles de cal.

<b>Beneficios</b>
<b>Epm</b>
Entrega de insolubles de cal para su reutilización
Intervención positiva ante alternativas ambientales como la reutilización
Cumplimiento del ciclo de vida de la materia prima “Cal viva”
Proceso de entrega de insolubles de cal para el no desperdicio
Salida de insolubles de Cal de la empresa sin costo adicional al almacenamiento
Materia prima adicional por la entrega de insolubles de Cal
Aprovechamiento neto de los insolubles de Cal

*Tabla 8. Beneficios de la propuesta para epm*

### **Impactos internos y externos**

La propuesta “entrega de insolubles de Cal a la empresa proveedora de Cal viva” trae consigo diversos impactos tanto internos como externos. Los impactos internos hacen referencia a los

beneficios en materia prima que se obtienen al no tener que destinar fondos para las últimas etapas del ciclo de vida de la Cal viva, como su empaquetado o salida de estos de la empresa; sino que también, se desarrolla un programa para la alternativa ambiental a base de la reutilización dentro de la empresa proveedora. De este modo, epm contribuiría con su responsabilidad ambiental y el cumplimiento de normativas ambientales mediante la entrega de insolubles de cal viva destinados a ser componentes de la producción de Cal viva.

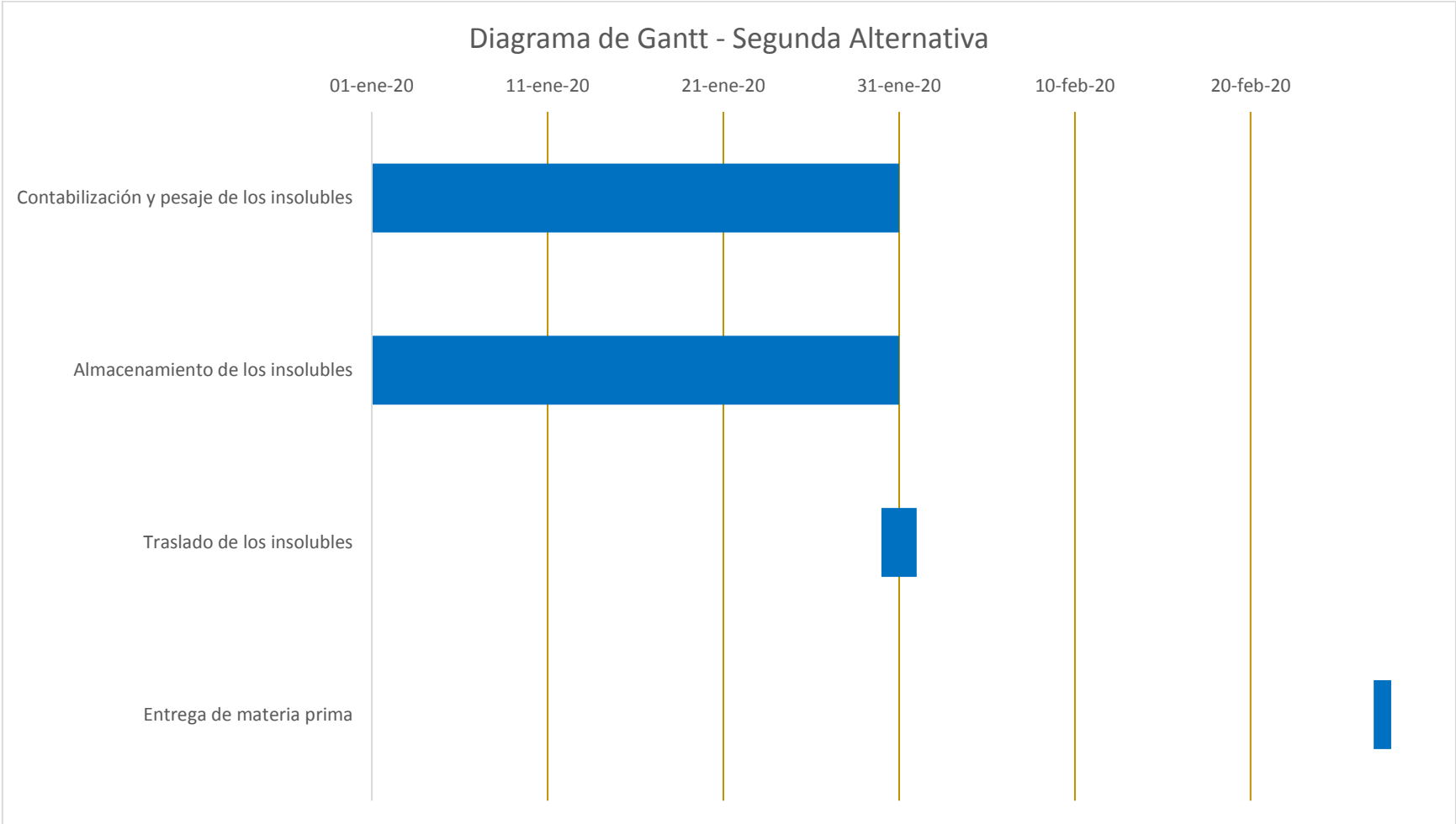
Por otra parte, los impactos externos están enfocados en el reconocimiento de estas alternativas y en la utilidad que la empresa proveedora tenga para estos insolubles. Así, los impactos van desde el empoderamiento del mercado con alternativas ambientales de reutilización, conocimiento de otras organizaciones para que desarrollen actividades para la conservación ambiental, la motivación de empresas como la de producción de Cal para establecerse en el mercado y los acuerdos empresariales entre empresas para un beneficio mutuo.

### 6.4.2 Cronograma de Actividades

A continuación, se muestran las tareas que deben realizarse mensualmente, logros esperados y la duración de la propuesta a través del planteamiento de un diagrama de Gantt.

<b>Tarea</b>	<b>Día de inicio</b>	<b>Duración en días</b>	<b>Ultimo día</b>	<b>Logro esperado</b>
<b>Pesaje de los insolubles</b>	1° de cada mes	30 o 31	30° o 31° de cada mes	Tener registro de la cantidad de insolubles de cal que se generan mensualmente a tener un control de generación de estos residuos
<b>Almacenamiento de los insolubles</b>	1° de cada mes	30 o 31	30° o 31° de cada mes	Organizar el acopio de insolubles de cal
<b>Traslado de los insolubles</b>	Últimos días del mes	2	Últimos días del mes	Retiro de los insolubles de cal de las instalaciones de epm, para ser transportados en camión por el personal encargado de la empresa productora de Cal Viva hacia sus instalaciones

*Tabla 9. Cronograma de actividades*



Gráfica 7. Diagrama de Gantt de las actividades a desarrollar por la propuesta #2

### 6.4.3 Presupuesto Financiero Básico

A continuación, se elabora una tabla con información del presupuesto básico requerido para la realización de la propuesta.

<b>Presupuesto Financiero Básico</b>	
<b>Recursos</b>	<b>Costo</b>
<b>Acopio de almacenamiento</b>	Sin costo adicional al ya presupuestado por epm
<b>Personal para el acopio</b>	Sin costo adicional al ya presupuestado por epm
<b>Traslado de insolubles</b>	Realizado por la empresa productora de Cal viva
<b>Volqueta</b>	300.000 por viaje. Costo asumido por la empresa productora de Cal viva
<b>Conductor</b>	100.000 por día. Costo asumido por la empresa productora de Cal viva
<b>2 ayudantes</b>	140.000 por día. Costo asumido por la empresa productora de Cal viva

*Tabla 10. Presupuesto financiero básico para llevar a cabo la propuesta*

## **7. RECOMENDACIONES**

Realizar un estudio posterior a este trabajo, para determinar si es posible reutilizar los insolubles de cal, en el subproceso de estabilización de pH, ya que se determinó que el % CaO es alto, entre 40.4% y 49.4%, y así establecer si puede generar aumento en el pH del agua tratada.

Estudiar si reutilizar los insolubles en el proceso es ventajoso, ya que el % de insolubles finales, determinados a los insolubles de cal son altos.

Revisar si la granulometría de la cal está incidiendo en el volumen generado de insolubles, porque se halló que en algunos lotes (meses) el % de cal retenido por el tamiz de 2 mm fue alto.

Analizar cuales parámetros y en qué proporción están relacionados con la generación de insolubles, como son el diseño y el estado de las partes mecánicas de los apagadores, la operación de los apagadores o la calidad de la cal.

Blindar el manual de proveedores, de aquellos que llegan con bajo nivel de calidad de las materias primas mediante ensayos o análisis, previos a la contratación.

## 8. CONCLUSIONES

- Durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre de 2019, se generaron 6181, 4084, 3614 y 4597 kg de residuos insolubles de cal en la planta Manantiales, respectivamente.
- Los residuos insolubles de cal generados en la planta de potabilización Manantiales, durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre del año 2019, tienen un %CaO entre 40.4% y 49.4%
- Los residuos insolubles de cal generados en la planta de potabilización Manantiales, durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre del año 2019, tienen una granulometría entre 16.3% y 52.3% de la fracción retenida-fracción que pasa por el tamiz de 2 mm.
- Los residuos insolubles de cal generados en la planta de potabilización Manantiales, durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre del año 2019, tienen un % de insolubles entre 59.73% y 86.62%
- Los residuos insolubles de cal generados en la planta de potabilización Manantiales, durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre del año 2019, no presentaron un aumento en la temperatura durante la prueba de apagado, como consecuencia lógica de que ya pasaron por un proceso de apagado.

- Los residuos insolubles de cal generados en la planta de potabilización Manantiales, durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre del año 2019, tienen un % de humedad entre 12.51% y 12.57%
- Los residuos insolubles de cal generados en la planta Manantiales pueden ser catalogados como residuos peligrosos por ser corrosivos, ya que son residuos acuosos y poseen un pH mayor a 12.5 unidades.
- Los residuos insolubles de cal generados en la planta Manantiales pueden ser utilizados en la industria agrícola como complemento en productos acondicionadores del pH del suelo.
- Los residuos insolubles de cal generados en la planta Manantiales pueden ser reprocesados para transformarlos en un nuevo producto empleado en el tratamiento de aguas, para ajuste del pH.

## **9. ANEXOS**

Anexos adjuntos en documentos de Excel.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

epm. (2013). *Historia*. Obtenido de <https://www.epm.com.co/site/home/institucional/historia>

epm. (2019). *Modelo de gestión ambiental en EPM*. Obtenido de <https://www.epm.com.co/site/comunidadymedioambiente/>

epm. (2019). *Quiénes somos*. Obtenido de <https://www.epm.com.co/site/home/nuestra-empresa>

epm. (2019). *Relación con el Sector de Servicios Públicos*. Obtenido de <https://www.epm.com.co/site/home/nuestra-empresa/relacion-con-el-sector>

epm, F. (2014). *Misión y Visión*. Obtenido de [https://www.epm.com.co/site/portals/0/centro\\_de\\_documentos/proveedores\\_y\\_contratistas/Evento\\_P&C\\_Febrero\\_26\\_2014\\_web.pdf](https://www.epm.com.co/site/portals/0/centro_de_documentos/proveedores_y_contratistas/Evento_P&C_Febrero_26_2014_web.pdf)

epm, G. (2018). *Direccionamiento Estratégico 2018-2022*. Obtenido de [https://www.epm.com.co/site/Portals/0/documentos/14-09-2018\\_Direccionamiento\\_Estrategico.pdf?ver=2018-09-18-164006-297](https://www.epm.com.co/site/Portals/0/documentos/14-09-2018_Direccionamiento_Estrategico.pdf?ver=2018-09-18-164006-297)

IDEAM. (2007). *Protocolo para el monitoreo y el seguimiento del agua*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021172/Protocoloparaelmonitoreoyseguimientodelagua.pdf>

Ministerio de Ambiente, V. y. (2005). *Decreto 4741 de 2005*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/526371/Decreto+4741+2005+PREVENCION+Y+MANEJO+DE+REIDUOS+PELIGROSOS+GENERADOS+EN+GESTION+INTEGRAL.pdf/491df435-061e-4d27-b40f-c8b3afe25705>