

SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN, DISEÑO Y CONTROL PARA SEDIMENTADOR  
Y AUTOMATIZACIÓN DE DESARENADOR EN LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) DE TUNJA

Jeira Michelle Palacios Moya  
Camilo Alberto Reyes Muñoz.

Universidad Santo Tomás Tunja.  
2020

SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN, DISEÑO Y CONTROL PARA SEDIMENTADOR Y  
AUTOMATIZACIÓN DE DESARENADOR EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) DE TUNJA

Jeira Michelle Palacios Moya  
Camilo Alberto Reyes Muñoz.

Ing. Luis Fredy Sosa Quintero  
Director del Proyecto

Ing. Oscar Eduardo Umaña Méndez  
Codirector del proyecto

Universidad Santo Tomás Tunja.  
2020

## **Nota de aceptación**

Proyecto final de graduación presentado a la facultad de ingeniería electrónica de la Universidad Santo Tomas seccional Tunja para optar por el título de ingeniero electrónico, ante los siguientes evaluadores.

-----  
-  
Ing. Camilo Ernesto Pardo Beainy  
Lector

-----  
-  
Ing. Carlos Alberto Cardona Coy  
Lector

-----  
-  
Ing. Oscar Eduardo Umaña Méndez  
Codirector del Proyecto

-----  
-  
Ing. Luis Fredy Sosa Quintero  
Director del proyecto



## **Dedicatoria**

El presente trabajo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para completar este proceso y obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos, ingenieros. Ha sido un orgullo y el privilegio ser sus hijos, son los mejores padres.

## **Agradecimientos**

Agradecemos nuevamente a nuestros padres quienes son los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

A todas aquellas personas que hicieron este trabajo posible, pues nos han apoyado en el proceso como lo son los ingenieros de la facultad de ingeniería electrónica de la Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja y nuestro equipo de trabajo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Veolia y finalmente a todas las personas que, durante 5 años de carrera, nos han dado fuerzas para no vencer aportando riqueza a nuestra formación profesional y personal.

## Contenido

Dedicatoria	5
Agradecimientos	6
Glosario	10
1. INTRODUCCIÓN	14
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
3.1 ¿Cuáles son las principales problemáticas que exponen los operarios de la PTAR de VEOLIA?	16
3.2 ¿Qué impacto tiene dar soluciones a las problemáticas dadas?	16
4. OBJETIVOS	17
4.1 Objetivo general	17
4.2 Objetivos específicos	17
5. MARCO REFERENCIAL	18
5.1 Marco Teórico	18
5.1.1 Localización	18
5.1.2 Hidrografía de Tunja	18
5.1.3 Ubicación Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR	18
5.1.4 Proceso de tratamiento de aguas residuales	19
5.1.4.1. ¿En qué consiste el proceso de tratamiento de aguas residuales de Veolia?	20
5.1.4.2. Estructura de entrada	20
5.1.4.3. Desarenador	21
5.1.4.4. Reactor Anaerobio de flujo ascendente	21
5.1.4.5. Tanque de aireación	22
5.1.4.6. Sedimentador	22
5.1.4.7. Espesador de lodo y deshidratador centrífugo	23
5.1.4.8. Salida	24
5.2 Marco Histórico	24
5.3 Marco Conceptual	26
6. DISEÑO METODOLÓGICO	29
6.1 Definición de hipótesis	29
6.2 Variables e indicadores	29
6.3 Etapas de los procesos de automatización que realizarán	29
6.3.1 Reconocimiento de los procesos	29
6.3.2. Diseño	30
6.3.3. Aprobación de la estrategia de diseño, por parte de la empresa.	30
6.3.4. Proceso de implementación.	30
6.3.5. Funcionamiento y entrega de planos, manuales técnicos y de usuario.	30
6.3.6. Valores agregados generados	30

7. FACTIBILIDAD Y RECURSOS DISPONIBLES (MATERIALES, INSTITUCIONALES Y FINANCIEROS)	32
7.1 Presupuesto	33
8. CRONOGRAMA (anexo)	34
9. RESULTADOS	34
10. CONCLUSIONES	56
11. REFERENCIAS	57

## TABLA DE ILUSTRACIONES

IMG. 1 LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE TUNJA EN BOYACÁ.	16
IMG. 2. VISTA LOCALIZACIÓN PTAR	17
IMG. 3 MAPA CONCEPTUAL QUE DESCRIBE EL TRATAMIENTO.	17
IMG. 4 PLANTA EN DIAGRAMAS CON SUS PARTES ESPECÍFICAS	18
IMG. 5 ESTRUCTURA DE ENTRADA	19
IMG. 6 PROCESO DE DESARENADOR EN DONDE SE REALIZARÁ EL CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE LIMPIEZA SUPERFICIAL.	19
IMG. 7 VISTA REAL DEL DESARENADOR.	19
IMG. 8 REACTOR ANAERÓBICO.	20
IMG. 9 REACTOR ANAERÓBICO	20
IMG. 10 PROCESO DE SEDIMENTACIÓN DONDE SE REALIZARÁN LOS SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN (ILUMINACIÓN) Y LA LIMPIEZA DEL BARRELODOS.	21
IMG. 11 VISTA REAL DE LOS TANQUES SEDIMENTADORES.	21
IMG. 12 ESPESADOR DE LODO Y DESHIDRATADOR CENTRÍFUGO.	21
IMG. 13 TANQUE DE SALIDA.	22
IMG. 14 FOTOGRAFÍA QUE MUESTRA DESDE UN PLANO ALTO PARTE DE LA PLANTA	22
IMG. 15 SISTEMA SCADA QUE HACE EL CONTROL Y MONITOREO DE LA PTAR	23
IMG. 16 PARTES DE UN TANQUE DE SEDIMENTACIÓN.	24
IMG. 17 DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS.	28
IMG. 18 VISTA PRINCIPAL DE LOS TANQUES DESARENADORES DEL MÓDULO 3.	31
IMG. 19 VISTA DEL SISTEMA DE LIMPIEZA Y LA UBICACIÓN EN EL TANQUE DEL MÓDULO 3.	31
IMG. 20 SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE LA CASCARILLA DEL MÓDULO 2 CUANDO UNO DE SUS TANQUES ESTÁ VACÍO.	32
IMG. 21 DISEÑO INICIAL PROPUESTO PARA EL SISTEMA DE LIMPIEZA	33
IMG. 22 DISEÑO DE DESARENADOR CON SISTEMA AUTOMATIZADO DE LIMPIEZA, UBICACIÓN DE LOS SENSORES.	33
IMG. 23 DISEÑO ELÉCTRICO CON VARIADOR DE VELOCIDAD, AVANCE, RETORNO Y PAUSA A MOTOR CON LOS FINES DE CARRERA INSTALADOS	34
IMG. 24 GIRO HACIA LA DERECHA ACCIONANDO EL BOTÓN START	34
IMG. 25 GIRO HACIA LA IZQUIERDA ESTE SE DA CUANDO SE ACCIONA EL FIN DE CARRERA 1	35
IMG. 26 DIAGRAMA CUANDO SE ACCIONA EL FIN DE CARRERA F2 ESTE APAGA EL MOTOR	35
IMG. 27 DIAGRAMA CON SALIDAS Y ENTRADAS SISTEMA SCADA.	36
IMG. 28 GRAFCET, DIAGRAMA FUNCIONAL QUE DESCRIBE EL PROCESO A AUTOMATIZAR EN EL TANQUE DESARENADOR.	2
IMG. 29 SEGMENTO 1 DE PROGRAMACIÓN	3
IMG. 30 SEGMENTO 2 DE PROGRAMACIÓN	4
IMG. 31 SEGMENTO 3 DE PROGRAMACIÓN	5
IMG. 32 SEGMENTO 4 DE PROGRAMACIÓN	5

IMG.33 CANALES DEL TANQUE SEDIMENTADOR Y EL SISTEMA DE LIMPIEZA QUE UTILIZAN CUANDO LOS OPERARIOS NO LO LIMPIAN.	6
IMG.34 TOMA DE MEDIDAS, DATOS Y VISUALIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y LIMPIEZA.	7
IMG.35 MEDIDAS TOMADAS DEL MÓDULO 2 EN EL SEDIMENTADOR 1.	7
IMG. 36 MEDIDAS TOMADAS DEL MÓDULO 2 EN EL SEDIMENTADOR 2.	7
IMG.37 MEDIDAS TOMADAS DEL MÓDULO 3 EN EL SEDIMENTADOR 1.	8
IMG.38 MEDIDAS TOMADAS DEL MÓDULO 3 EN EL SEDIMENTADOR 2.	8
IMG.39 SIMULACIÓN DEL DISEÑO REALIZADO PARA LA LIMPIEZA DEL CANAL EXTERNO DEL SEDIMENTADOR.	8
IMG. 40 PLANOS ACOTADOS PARA EL SISTEMA PARA LOS BRAZOS DEL CEPILLO.	9
IMG. 41 PLANOS ACOTADOS PARA EL SISTEMA PARA LOS BRAZOS DEL CEPILLO.	9
IMG. 42 PROTOTIPO INSTALADO EN LA PLATA PTAR	10
IMG. 43 SISTEMA DE LIMPIEZA DE CANAL CON INCLINACIÓN Y QUE LLEVA MOVIMIENTO	10
IMG 44 DISEÑO TRIFILAR PARA MOTOR PARTE INCLINADA DEL SEDIMENTADOR	11
IMG. 45 ESTRUCTURA BARRELODOS DEL SEDIMENTADOR DONDE SE ESPERA UBICAR LA ILUMINACIÓN	11
IMG.46 UBICACIÓN PARA LAS LÁMPARAS TIPO TORTUGA EN EL BARRELODOS.	12
IMG. 47 MEDIDAS A TENER EN CUENTA PARA HACER LA BASE QUE SE SUJETARÁN LAS LÁMPARAS	12
IMG. 48 UBICACIÓN DE LA LÁMPARA CON LA BASE QUE DEBE IR SOLDADA A LA PUNTA DEL BARRELODOS.	13
IMG. 49 LÁMPARA DE PRUEBA UBICADA TEMPORALMENTE Y VISTA DEL PANEL SOLAR QUE ESTA LLEVA.	13
IMG.50 TANQUE AMPLIROLL EN EL CUAL SE TRANSPORTA EL LODO DESHIDRATADO	14
IMG.51 SISTEMA DE ELEVACIÓN HECHO POR LOS OPERARIOS.	15
IMG.52 DISEÑO DE LA RAMPA CON ESPACIO PARA EL GATO	15
IMG. 53 VISTA FRONTAL DE LA RAMPA CON AYUDA DE UNA UNIÓN DE TUBOS PARA LA ELEVACIÓN DE LOS GATOS HIDRÁULICOS.	16
IMG.54 VISTA LATERAL DEL SISTEMA.	16
IMG. 55 CILINDRO HIDRÁULICO DE USO GENERAL	16

TABLA.1 COSTOS APROXIMADOS DE MATERIALES REQUERIDOS

TABLA.2 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES PRESENTADAS EN EL PLANO ELÉCTRICO (IMG 25)

TABLA 3 ESPECIFICACIONES DEL CILINDRO HIDRÁULICO

1. ECUACIONES DE LAS VARIABLES ELÉCTRICAS DEL MOTOR.

## Glosario

**Tratamiento de aguas residuales:** Es un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano.

**Sistema de control:** Un sistema de control es un conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema.

**Automatización industrial:** Es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para fines industriales.

**Prevención y Control de la Contaminación Hídrica:** Busca garantizar los niveles de calidad del agua teniendo como referente el establecimiento de objetivos de calidad y su relación con la disponibilidad hídrica, la promoción del reusó y la aplicación de instrumentos económicos, entre otros<sup>1</sup>.

**Seguridad industrial:** Es un área multidisciplinaria que se encarga de minimizar los riesgos de accidentes en la industria, ya que toda actividad industrial tiene peligros inherentes que necesitan de una correcta gestión<sup>2</sup>

**Proceso de sedimentación:** Proceso en el cual se remueven los sólidos que suspenden del agua y separa el agua del lodo.

**Riesgo Ergonómico:** Derivados de la ausencia de una correcta ergonomía laboral, es la probabilidad de desarrollar un trastorno músculo- esquelético, daños físicos a la salud causados por malos movimientos, posturas o acciones.

**Proceso desarenador:** Por medio de un sistema de canales, válvulas y tuberías el agua llega al desarenador donde se buscan separar las cenizas y otras materias pesadas que tenga el agua.

**Escorrentía:** Agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie de un terreno.

**Caudal:** Cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye de un manantial o fuente.

**Residuos sólidos:** Constituyen aquellos materiales desechados tras su vida útil, y que por lo general carecen de valor económico. Principalmente son desechos procedentes de materiales utilizados en la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo. Todos estos residuos sólidos, en su mayoría son susceptibles de aprovecharse

---

<sup>1</sup> Decreto 1076 de 2015, título 3, sección 5, coherente con la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico –PNGIRH (2010). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2020*

<sup>2</sup> *Seguridad industrial*, recuperada el 13 de marzo de 2013, de <http://www.slideshare.net/vimifosrh/manual-seguridad-industrial>

o transformarse con un correcto reciclado. Los principales "productores" de residuos sólidos es el ser humano <sup>3</sup>.

**Patógenos:** Son agentes infecciosos que pueden provocar enfermedades a su huésped. Este término se emplea normalmente para describir microorganismos como los virus, bacterias y hongos, entre otros<sup>4</sup>.

**Infligir:** Causar o producir un daño.

**Diagrama Trifilar:** Son una representación completa de los elementos conectados a las tres fases del sistema, en donde se detalla la simbología adecuada conteniendo la información de cada elemento. En la construcción de instalaciones eléctricas de potencia, subestaciones, entre otras<sup>5</sup>.

**Variador de velocidad:** Es un equipo utilizado en sistemas de accionamiento electromecánicos para controlar la velocidad y el par del motor de CA variando la frecuencia y el voltaje de entrada que tiene el motor.

**Corrosión:** La corrosión es la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo el consiguiente deterioro en sus propiedades tanto físicas como químicas<sup>6</sup>.

**Barrelos:** Son equipos usados para separar los sólidos suspendidos en los efluentes residuales, esta separación se logra por medio de la sedimentación. En estos equipos el agua residual es conducida hasta el centro del depósito por una tubería suspendida en el puente, en el centro del tanque el agua penetra en un tanque circular destinado a distribuir el caudal por igual en todas direcciones <sup>7</sup>

**RETIE:** Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.

---

<sup>3</sup> *Inforeciclaje* de <http://www.inforeciclaje.com/residuos-solidos.php>

<sup>4</sup> *Gut Microbiota & Health* sitio web <https://www.gutmicrobiotaforhealth.com/es/glossary/agente-patogeno/>

<sup>5</sup> *ENGITUBE* sitio web <https://comunidad.udistrital.edu.co/electricityprojectudistrital/tag/diagrama-trifilar-de-potencia/>

<sup>6</sup> *Sistemas Eléctricos en Ambientes Corrosivos* Documento encontrado en <https://new.abb.com/docs/librariesprovider78/documentos-peru/presentaciones-primeras-jornadas-tecnicas-abb-peru/lp/soluciones-para-ambientes-corrosivo-dentro-de-los-procesos-mineros-industriales---nico-gacitua.pdf?sfvrsn=2>

<sup>7</sup> Conocimientos básicos sobre Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Módulo III), blog digital iagua <https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-modulo-iii>

## **Resumen**

Veolia como empresa comprometida con el beneficio y mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad, busca generar nuevas ideas y proyectos que ayuden con el desarrollo íntegro de sus funciones. El presente trabajo tiene como objetivo dar solución a algunos de los procesos que son realizados manualmente por los operarios de la planta de tratamiento de aguas residuales, y que no cuentan con las normas de seguridad industrial, debidas para realizar dichas tareas, además de ser trabajo de carga extra en sus obligaciones y tareas diarias dentro de la planta, se da la opción de dos sistemas mecánico-eléctricos que finalmente también ayudan a mejorar la calidad final del agua tratada y que es devuelta al río.

Dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales, si se siguen los procedimientos adecuados y de forma apropiada harán que el proceso sea efectivo cercano a un 100%; los riesgos a los que está expuesto un empleado en instalaciones de este tipo son principalmente lesiones musculo esqueléticas; las señales de peligro, iluminación nocturna y correcto uso de elementos de protección personal, hacen que no se expongas a dichos peligros. Razón por la cual, se instaura un sistema de advertencia luminosa, para la noche u horas del día en las que por cuestiones climáticas la visibilidad es poca y los operarios requieren ver la ubicación del sistema de barrelos en los tanques sedimentadores.



# 1. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento de la naturaleza, integrante de todos los ecosistemas, esencial para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta ya que forma parte indispensable del desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible, este recurso hídrico es crucial para la humanidad y el resto de los seres vivos del planeta. La contaminación del agua y su escasez generan amenazas para la salud humana y la vida de los hábitats del planeta. El libre flujo del agua no contaminada resulta clave para el sostenimiento de los ecosistemas que dependen de ella<sup>8</sup>.

Para disminuir estos índices de contaminación, es indispensable brindar un tratamiento adecuado a las aguas residuales y eso se da gracias a una Planta de Tratamiento de Agua Residuales (PTAR), minimizando el impacto del vertimiento de aguas residuales a las fuentes de agua<sup>9</sup>.

El presente documento, presenta el trabajo realizado durante un periodo de 6 meses, correspondiente a la pasantía como opción de grado de los estudiantes Camilo Reyes y Jeira Palacios en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tunja de la empresa Veolia, dando solución a necesidades de los operarios que están realizando algunas labores que pueden llegar a provocar un accidente y/o incidente poniendo en riesgo su salud y bienestar como el de otras personas que tienen acceso a la planta. Este proceso se llevó a cabo junto con los operarios y el inspector encargado del proceso de tratamiento del agua, quienes son los encargados directos del proceso. Además, se contó con las observaciones dadas por el jefe encargado de la planta y el ingeniero eléctrico de la empresa.

Es un proyecto realizado para la contribución de mejorar la calidad de trabajo y servicios brindados por la empresa a sus trabajadores y a la comunidad, en pro de la mejora constante, un instrumento que se rige bajo el enfoque constructivista y se pone en marcha con el propósito de la creación de nuevas ideas, productos o servicios y que cuenta con una estrategia de investigación y práctica bien establecida y relevante con respecto a los objetivos propuestos. Siendo entonces un proyecto innovador tecnológico, ecológico-recursivo.

---

<sup>8</sup> El libre flujo de un agua no contaminada resulta clave para el sostenimiento de los ecosistemas que dependen del agua.

<sup>9</sup> AYALA, Rodrigo y GONZALES, Greby. Apoyo didáctico en la enseñanza – aprendizaje de la asignatura de plantas de tratamiento de aguas residuales. Bolivia: Universidad mayor de san simón, facultad de ciencias y tecnología, modalidad trabajo de grado, 2008, p.63.

## 2. JUSTIFICACIÓN

VEOLIA es una empresa transnacional francesa que presta en Colombia hace más de 15 años servicios, en la gestión integral del agua, los residuos y la energía, se especializa en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y complementarios para la ciudad de Tunja, capital del departamento de Boyacá, y a nivel nacional; dirigida al beneficio y mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad. Ahora Veolia se consolida en Colombia como una empresa responsable y comprometida con el futuro del país y atiende las necesidades de cerca de 7 millones de personas en las regiones del territorio nacional en las que opera, generando más de 2.000 empleos. En la actualidad, los recursos naturales escasean al mismo tiempo que las necesidades del ser humano aumentan confrontado al cambio climático. Las personas deben cambiar radicalmente su actitud frente a los recursos e inventar un nuevo modelo de desarrollo económico y social más eficaz, más equilibrado y más sostenible.<sup>10 11</sup>

Con el desarrollo de esta pasantía, se busca dar apoyo a la empresa VEOLIA en la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) de Tunja, que fue construida principalmente para contribuir a la descontaminación de los ríos Jordán y la Vega, que desembocan en el río Chicamocha, el segundo más contaminado del país; se busca dar un asesoramiento técnico, industrial y electrónico en seguridad de señalización y prevención de accidentes en la planta hasta la implementación de un sistema automatizado en sus procesos sedimentación y desarenador de los módulos de la planta.

Dicha pasantía se realizará enfocándose en las áreas de instrumentación y control, seguridad industrial, potencia eléctrica, electrónica de potencia y áreas afines.

---

<sup>10</sup>Veolia, Renovando el Mundo (Worldwide, 2020)

<sup>11</sup> (Proactiva, 2020)

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1 ¿Cuáles son las principales problemáticas que exponen los operarios de la PTAR de VEOLIA?**

Con la observación previa realizada en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “PTAR” de VEOLIA, se expone que algunos de sus procesos son realizados manualmente por sus trabajadores y que además no cuenta con las normas de seguridad industrial debidas dentro de la planta para llevarlos a cabo, razón por la cual solicita asesoramiento, diseño e implementación de posibles soluciones ante sus problemáticas, además se busca que el trabajo como pasantes sea de aprendizaje y conocimiento, no solo para los estudiantes, sino también para la organización con sus nuevas políticas como empresa familiarmente responsable que ve por el bienestar de sus empleados y la importancia de tener un buen ambiente de trabajo para el desarrollo de sus proyectos y actividades.

#### **3.2 ¿Qué impacto tiene dar soluciones a las problemáticas dadas?**

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Tunja, remueve la carga contaminante hasta en un 80%, gracias a sus dos módulos que se encuentran actualmente en funcionamiento, con la construcción casi al terminar del tercer módulo se busca atender el 100% de las aguas que ingresan a la planta y busca la recuperación del entorno y los ríos de la ciudad. El tener un sistema de limpieza para el tanque desarenador ayudará a quitar residuos sólidos que quedan en el agua y son difíciles de remover en las siguientes etapas del tratamiento, dichos residuos hacen que el lodo aumente y genera alteraciones en el producto final.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Realizar la automatización del proceso desarenador y sedimentación en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR de VEOLIA teniendo en cuenta la aprobación de la empresa y las correctas normas de seguridad industrial.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Diseñar un sistema de limpieza para el canal externo de los tanques sedimentadores.
- Automatizar el sistema de limpieza superficial ya existente en los tanques desarenadores con el fin de mejorar la calidad final del agua tratada.
- Evaluar las condiciones de trabajo dentro de la planta que evidencien las necesidades de mejora para la seguridad de los operarios.
- Instaurar un sistema de iluminación preventiva, para indicar la puesta en marcha de los barrelos perimetrales en los tanques de sedimentación.
- Proponer estrategias de mejora en los procesos realizados en la planta con los ingenieros, operarios y encargados de la planta desde área en ingeniería electrónica.

## 5. MARCO REFERENCIAL

### 5.1 Marco Teórico

#### 5.1.1 Localización

La ciudad de Tunja, se encuentra ubicada sobre la cordillera Oriental, en la parte central del Departamento de Boyacá, localizado a  $05^{\circ}32'7''$  de latitud norte y  $73^{\circ}22'04''$  de longitud oeste, con alturas que van desde los 2.700 m.s.n.m. hasta 3.150 m.s.n.m. en la parte más elevada, con una extensión de 121.4 Km<sup>2</sup>, y una temperatura de 13°C. Tunja es agrícola, cultural y comercial.



*Img. 1 Localización del municipio de Tunja en Boyacá.  
Fuente: Alcaldía de Tunja, 2015<sup>12</sup>*

#### 5.1.2 Hidrografía de Tunja

Boyacá cuenta con tres cuencas hidrográficas sobre los ríos Magdalena, Arauca y Meta; la cuenca del río de la Magdalena, recibe aguas de los ríos y uno de ellos es el Chicamocha que nace a las cercanías de Tunja, el sistema hídrico está organizado por el conjunto de corrientes y depósitos de agua que existen en el territorio municipal ya sea superficiales o subterráneas, y que se integran con el sistema hídrico regional. El municipio cuenta con corrientes superficiales como los son: el Jordán, la Vega y las Cascadas, así mismo, por los nacederos, humedales y el conjunto indefinido de corrientes transitorias de escorrentía superficial existentes en las cimas de las montañas que aún conservan cobertura vegetal alrededor de Tunja.<sup>13</sup>

#### 5.1.3 Ubicación Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR

Se encuentra ubicada sobre el sector Nor-Oriental de la ciudad de Tunja, específicamente en la vereda de Pirgua, sobre el caso rural de la ciudad vía Tunja- Oicatá. Siendo una construcción con aportes de Corpoboyaca, el ministerio de vivienda, ciudad y territorio, la gobernación de Boyacá y la alcaldía mayor de Tunja.

<sup>12</sup> (Dasigno, 2018)

<sup>13</sup> (JMP Soluciones Integrales en Computación, Comunicaciones y Seguridad Electrónica, 2018)

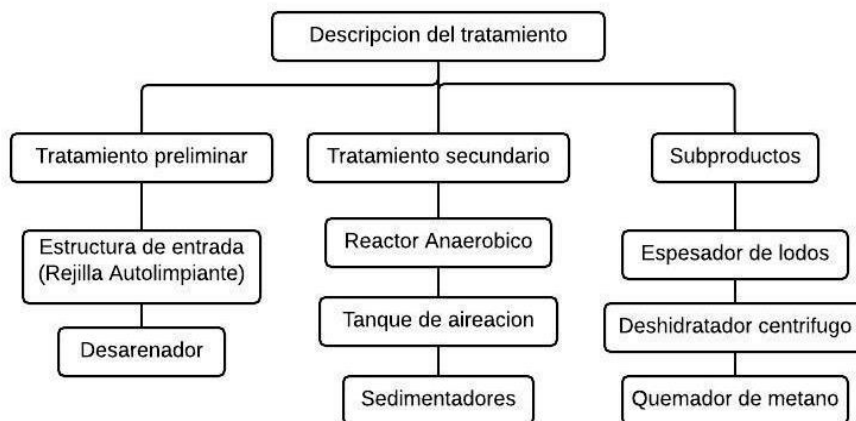


Img 2. Vista Localización PTAR  
Fuente: Google EARTH

### 5.1.4 Proceso de tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas y las plantas de tratamiento de agua, son un conjunto de sistemas y operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico, cuya finalidad es que a través de los equipamientos elimina o reduce la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales. “La PTAR de Tunja, está compuesta por tres módulos independientes, los cuales están en capacidad de tratar 120 litros de agua por segundo. Según el informe ejecutivo de modificaciones al Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV de Tunja”<sup>14</sup>.

La PTAR realiza un tratamiento preliminar, secundario y de subproductos que se dividen de la siguiente manera:



Img 3 Mapa conceptual que describe el tratamiento.<sup>15</sup>  
Fuente: Adaptado por los autores según datos de la empresa

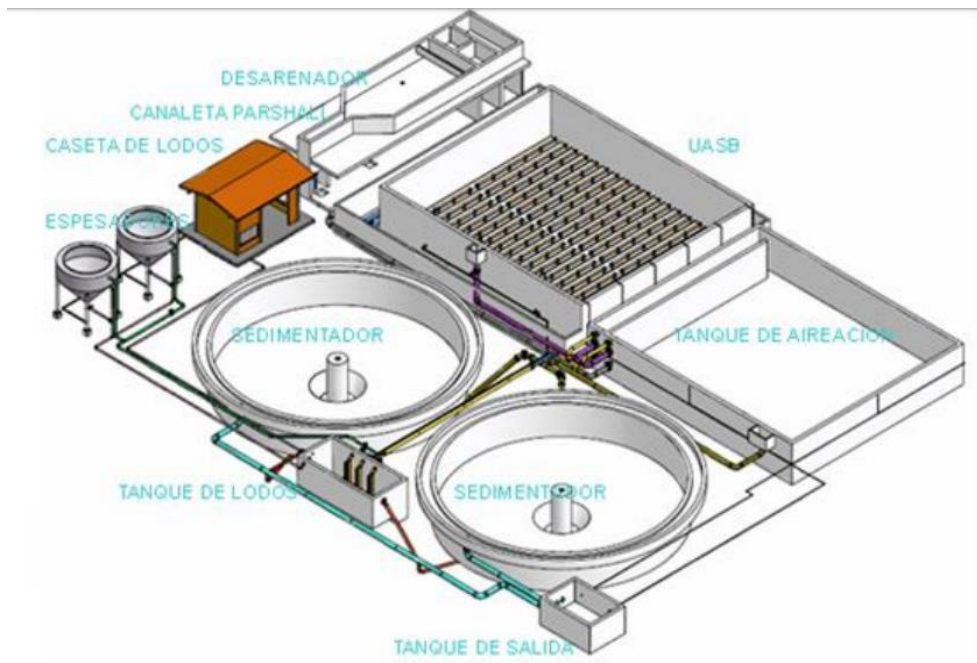
<sup>14</sup> (DANE, 2005)

<sup>15</sup> (Valdez & Goonzález, 2003)

El río Chicamocha, es el afluente más contaminado de Colombia después del río Bogotá, nace en Tunja de la unión de los ríos Jordán y La Vega. Y es allí donde empieza su degradación con las descargas de aguas negras, residuos hospitalarios, industriales, agrícolas y ganaderos para finalmente recibir residuos de la producción del carbón y del acero. Dicha importante fuente hídrica se ve afectada por la contaminación llevando a serios problemas ambientales y de salud en la población, principalmente a las personas de los municipios aledaños.<sup>16</sup>

#### 5.1.4.1. ¿En qué consiste el proceso de tratamiento de aguas residuales de Veolia?

Para el año 2016, PROACTIVA aguas de Tunja, asume la tarea de crear una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR, ubicada a las afueras de la ciudad de Tunja, específicamente en la vía Tunja- Oicatá, prestadora de servicios de la ciudad capital, para empezar la descontaminación del río Chicamocha y cuenta con el siguiente proceso:



*Img. 4 Planta en diagramas con sus partes específicas  
Fuente: Documento Diagnóstico planta PTAR<sup>17</sup>*

#### 5.1.4.2. Estructura de entrada

Dirigida desde un medidor de caudal en la cima de la montaña y de donde baja el río Jordán se ingresa parte del agua a dicha estructura para extraer inicialmente los residuos sólidos y gruesos mediante rejillas auto limpiantes cuya separación es de 1 pulgada, que por una banda transportadora luego son desechados en canecas y tratados fuera de la planta.

<sup>16</sup> (Finalizando 2014 se entregaría PTAR de Tunja, 2014)

<sup>17</sup> (Pineda Buitrago, 2017)



*Img. 5 Estructura de entrada  
Fuente: Video PTAR de Veolia*

#### **5.1.4.3. Desarenador**

Por medio de un sistema de canales, válvulas y tuberías ubicados en toda la planta el agua pasa al desarenador donde se buscan separar las cenizas y otras materias pesada que tenga el agua controlando también el nivel de caudal que lleva el proceso. La limpieza en este tanque se hace de forma manual.



*Img.6 Proceso de desarenador en donde se realizará el control y automatización de limpieza superficial.  
Fuente: Video PTAR de Veolia*

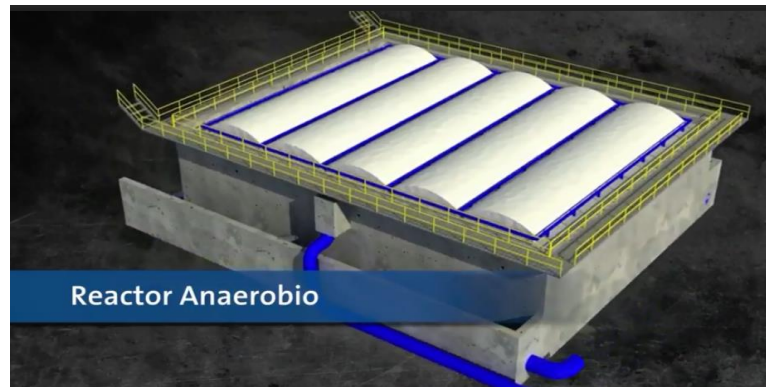


*Img. 7 Vista real del desarenador.  
Fuente: Video PTAR de Veolia*

#### **5.1.4.4. Reactor Anaerobio de flujo ascendente**

Se tiene un manto de lodo que disminuye la carga de materia orgánica. En esta unidad por medio de bacterias se degradan los sólidos resultando gases como el metano que es quemado generando dióxido de carbono y el gas sulfhídrico que es luego re

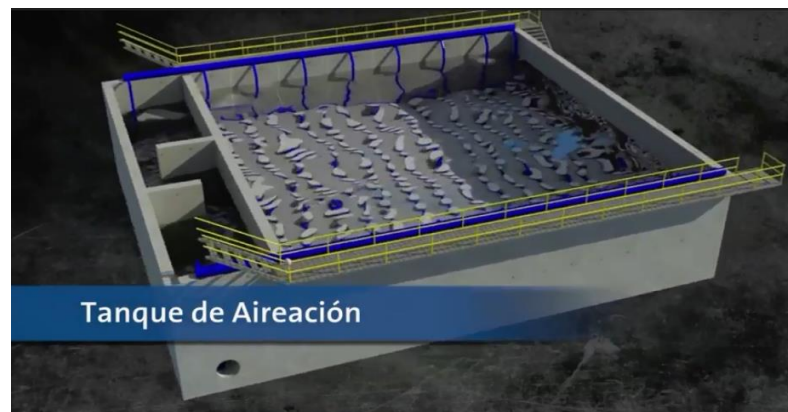
direccionado hacia la caseta de sopladores y finalmente a los difusores donde promueven la creación de organismos<sup>18</sup>.



*Img. 8 Reactor anaeróbico.  
Fuente: Video PTAR de Veolia*

#### **5.1.4.5. Tanque de aireación**

Donde los contaminantes se convierten en subproductos y otros microorganismos (cultivos de bacterias) por medio de motores de oxigenación.



*Img.9 Reactor anaeróbico  
Fuente: Video PTAR de Veolia*

#### **5.1.4.6. Sedimentador**

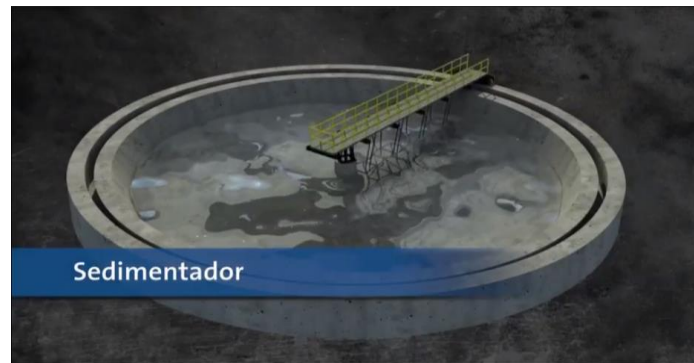
Remueve los sólidos que se suspenden del agua y separa del agua del lodo, tiene una altura de 4 metros, una base de tipo cónica cuya función es llevar todos los sedimentos hacia el centro por medio de fuerza centrípeta donde hay una tolva de recolección y finalmente por medio de un tubo de 18 pulgadas se llevan las aguas hacia el tanque de lodos, un espacio donde por medio de bombas sumergibles se succiona todo el lodo y se lleva hacia los espesadores nuevamente para el tanque de aireación. Las principales funciones son:

- Proveer adecuada y rápida recolección del lodo sedimentado, así como de la espuma.

---

<sup>18</sup> (Chernicharo, 2013)

- Minimizar las corrientes de salida, limitando las cargas de rebose sobre el vertedero.
- El efluente debe salir sin alterar el contenido del tanque.
- Proveer profundidad suficiente para almacenar lodo y permitir su espaciado adecuado.



*Img. 10 Proceso de sedimentación donde se realizarán los sistemas de señalización (iluminación) y la limpieza del barrelodos.*

*Fuente: Video PTAR de Veolia*

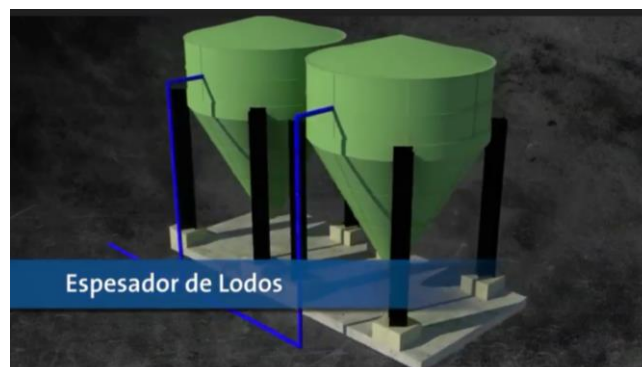


*Img. 11 Vista Real de los tanques sedimentadores.*

*Fuente: Video PTAR de Veolia*

#### **5.1.4.7. Espesador de lodo y deshidratador centrífugo**

Donde al lado se le da el trabajo y manejo adecuado para su tratamiento fuera de la planta.

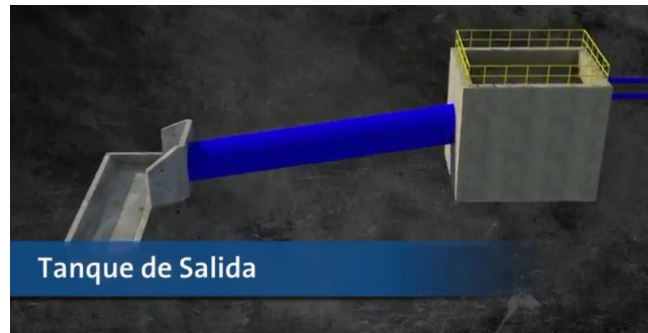


*Img.12 Espesador de lodo y deshidratador centrífugo.*

*Fuente: Video PTAR de Veolia*

#### 5.1.4.8. Salida

Finalmente, por un sistema de tuberías se envía el agua tratada al río Chicamocha para que continúe con su camino. El agua ha recuperado la mayoría de sus propiedades para así ser expulsada por el tanque de salida.



*Img.13 Tanque de salida.  
Fuente: Video PTAR de Veolia*



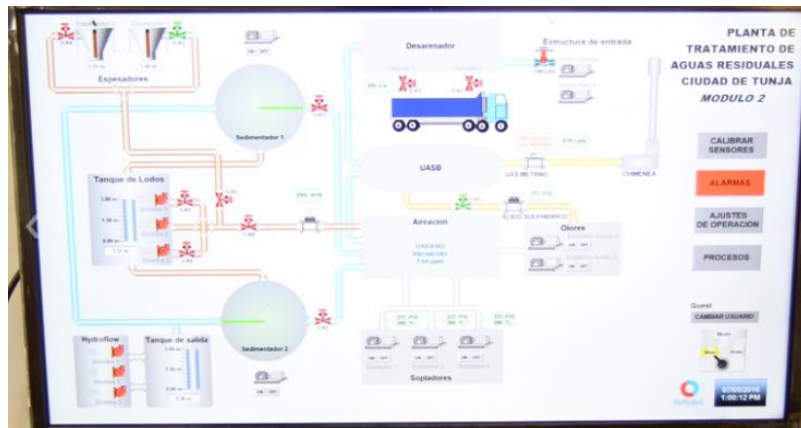
*Img.14 Fotografía que muestra desde un plano alto parte de la planta  
Fuente: Video PTAR de Veolia*

## 5.2 Marco Histórico

Tunja al ser una ciudad capital con aproximadamente 200 mil habitantes, requería que sus aguas fuesen tratadas o descontaminadas estas bajan por la vertiente del río Chicamocha, por esto la administración municipal en compañía de VEOLIA inició la implementación y construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), con el objetivo de hacer un tratamiento a todas las aguas residuales salientes de la ciudad de Tunja y volver a entregar esta agua limpia al río Chicamocha, durante su proceso de pre operación que inició en el año 2017, se ha encontrado varias anomalías de diseño que con el paso del tiempo se han podido solventar, de esta forma VEOLIA se ha interesado en añadir componentes de control y automatización en algunos de sus procesos estos controlados por el sistema SCADA que se tiene para cada módulo de la planta<sup>19</sup>.

---

<sup>19</sup> (Corporación Autónoma Regional de Boyacá , 2017)

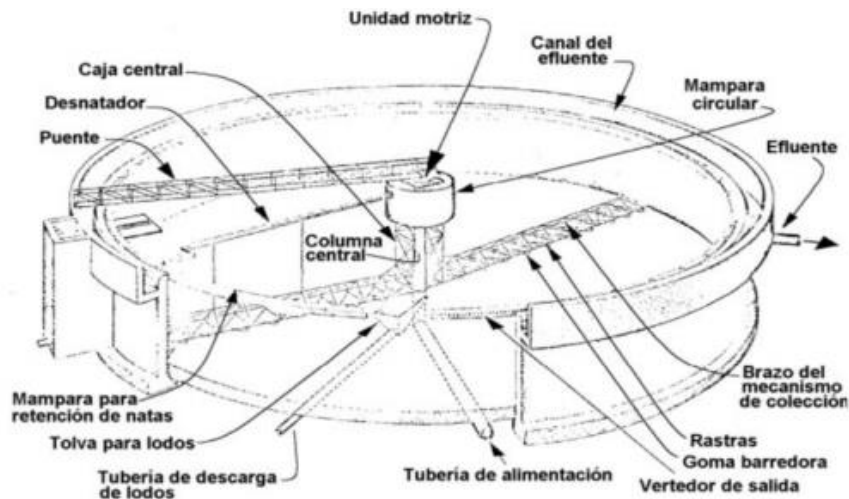


Img.15 Sistema SCADA que hace el control y monitoreo de la PTAR  
Fuente: CORPOBOYACA

Gracias al sistema SCADA que se tiene, se pueden encender y apagar algunas partes de los módulos haciendo el proceso de mayor medida más confortable, teniendo en cuenta que existen algunos procesos que se deben realizar de forma manual con el objetivo de que cada vez el agua devuelta al río sea más limpia, como se puede observar en el problema la planta tiene varias fases dentro de las cuales se deben tener en cuenta algunos residuos que son generados por el paso de cada proceso, estos residuos que deben ser retirados para el correcto funcionamiento se observan en el módulo de desarenador presentado en el problema en el ítem 1.2 los cuales deben ser recogidos diariamente por los operarios de la planta este proceso, de manera manual se sacan la arena, cenizas y grava y los componentes que quedan por parte del desarenador las cuales son sacados y llevados al proceso de lodos que de igual manera es importante, esto conlleva tiempo, además de esfuerzo físico con alto riesgo químico ya que cualquier elemento metálico puede corroerse por parte de los gases que traen consigo el lodo y otros materiales.

Por otra parte otro proceso como el sedimentador que concentra los lodos por gravedad, el cual tiene como finalidad conseguir un efluente clarificado con un mínimo de sólidos suspendidos y asegurar el retorno del lodo, el cual se puede observar mejor en el problema en el ítem 1.5, lo que se ha observado con el tiempo es la medida de agua o caudal que sale y esto deja algunas acumulaciones de sólidos en sus vertederos en donde la limpieza se debe hacer manual para que no tengan acumulaciones ni residuos sólidos en la salida que se dirige el río.

En los tanques de sedimentación se producen grandes volúmenes de lodos con alto contenido de agua; su deshidratación y disposición final pueden representar un alto porcentaje del costo del tratamiento de agua.



*Img.16 Partes de un tanque de sedimentación.  
Fuente: BIOTECNOLOGÍA INDUSTRIAL, 2016*

### 5.3 Marco Conceptual

Se entiende por aguas residuales a aquellas “aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en cloacas y son transportadas mediante el sistema de alcantarillado”<sup>20</sup> donde no son aptas para el consumo y según el tipo de procedencia se pueden clasificar:

- Aguas residuales domésticas: Este tipo de aguas provienen de los hogares, edificios comerciales e instituciones.
- Aguas residuales municipales: Son aquellos residuos líquidos que pasan por el sistema de alcantarillado.
- Aguas residuales industriales: Como su nombre lo indica provienen de la industria y la manufactura.

Es importante resaltar que las aguas residuales son conocidas como aguas negras (provenientes de inodoros), aguas grises (tinas, duchas, lavadoras y lavamanos) o aguas lluvias (techos, calles y superficies donde circula el polvo y demás agentes externos) y cada una se diferencia por su composición física, química y biológica<sup>21</sup>. Teniendo en cuenta lo anterior el tratamiento de aguas residuales como un conjunto de procesos que tienen como fin eliminar los contaminantes de tipo físicos, químicos y biológicos presentes en el agua del uso humano<sup>22</sup>.

Durante la última década, debido a la concentración de la población en zonas urbanas, ha aumentado la presión de las ciudades sobre los recursos naturales, la dotación de vivienda y la prestación de servicios públicos (agua, saneamiento básico, energía, etc.). Esto ha intensificado las problemáticas ambientales, entre las que se destaca la

<sup>20</sup> (Romero Rojas, 2004)

<sup>21</sup> (Romero Rojas, 2004)

<sup>22</sup> (Secretariado Alianza por el Agua/ Ecología y Desarrollo)

contaminación del recurso hídrico generada por la descarga de las aguas residuales no tratadas provenientes de los alcantarillados municipales, buscando desde los Ministerios del Medio Ambiente (MMA) y Desarrollo Económico (MDE), en coordinación con el Departamento Nacional de Planeación (DNP), formularon el documento “Acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales”, adoptado mediante el documento Conpes 3177 en Julio de 2002.<sup>23</sup> Iniciando una propuesta la solución a todos los casos de contaminación hídrica y al tratamiento de las aguas residuales, se ha avanzado en contar con alcantarillados que separen las aguas residuales de las aguas lluvias, para de esta forma reducir los costos de recolección y tratamiento<sup>24 25</sup>

Adicionalmente, se han llevado a cabo algunas investigaciones, principalmente a nivel de las empresas que administran los sistemas de tratamiento, sobre la utilización de los subproductos del tratamiento tales como biosólidos y gases, así como la reutilización de las aguas residuales <sup>26</sup> llegando a fomentar la optimización de los sistemas de tratamiento de aguas residuales construidos por construir, que no presentan una adecuada operación por causas técnicas, administrativas, financieras y políticas, y que forman parte de un esquema regional de descontaminación hídrica<sup>27</sup>.

VEOLIA como empresa prestadora de servicios, maneja un punto importante respecto a la seguridad de sus empleados y especialmente en la rama industrial, un área multidisciplinaria que se encarga de minimizar los riesgos y parte del supuesto de que toda actividad industrial, tiene peligros inherentes que necesitan de una correcta gestión. Por todo ello, es importante establecer que adquiere especial relevancia lo que se denomina como prevención de riesgos laborales. Se trata de un servicio y una serie de actuaciones que lo que intentan, es dotar a los trabajadores de los conocimientos y habilidades necesarios para poder acometer tareas que puedan no sólo evitar que sufran determinados peligros, accidentes y enfermedades en su puesto de trabajo, sino también, que estén capacitados para poder hacer frente a todos aquellos en el caso de que aparezcan; así, a los empleados, en materia de prevención, se les otorgan cursos y seminarios que giran en torno a cómo proteger y cuidar elementos en su trabajo tales como los factores ambientales, las instalaciones o las herramientas de protección.

El agua residual constituye un vector potencial importante de enfermedades por contacto y/o inhalación. Múltiples elementos patógenos pueden tener un efecto dañino sobre la salud humana, entre otros: bacterias, parásitos, virus, hongos. Las aguas negras pueden causar infecciones intestinales, pulmonares y de otro tipo. Si el equipo, las costumbres laborales y el Equipo de Protección Personal (EPP), no le impiden absorber esos agentes, se puede enfermar<sup>28</sup>. Y hay ciertas bacterias que pueden introducirse en la

---

<sup>23</sup> (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2002)

<sup>24</sup> (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial; Departamento nacional de planeacion;, 2004)

<sup>25</sup> (Dasigno, 2017)

<sup>26</sup> (Viceministro de Ambiente - Dirección de Ecosistemas, Grupo de Recurso Hídrico, 2010)

<sup>27</sup> (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial; Departamento nacional de planeacion;, 2004)

<sup>28</sup> (CISTEMA, 2014)

piel, aunque no tenga heridas ni la piel irritada, para eso se deben tener acciones preventivas como:

- Usar ropa y zapatos técnicos que cubren las partes expuestas del cuerpo
- Usar guantes de látex desechables
- Usar mascarilla o tapabocas (en su caso) desechables.
- Usar zapatos aislantes, casco y lentes de seguridad.
- Evitar el contacto de las manos con la boca, ojos y oídos
- No consumir alimentos-bebidas y no fumar en zonas operativas
- Desinfectarse frecuentemente las manos con un gel antibacterial
- Depositar guantes y máscaras desechables en botes de basura cerrados
- Lavar y desinfectar frecuentemente su ropa, sus zapatos técnicos, herramientas de trabajo, lápices, etc.
- Ducharse al terminar su turno.
- Limpiar y desinfectar sus uñas con un cepillo.

En caso de exposición a gases en niveles bajos debe llevar a la víctima a un lugar fresco y bien ventilado, consultar a un médico; para niveles altos: si no respira, proporcione respiración artificial, se debe suministrar oxígeno y darle atención médica de inmediato<sup>29</sup>.

El peso de los equipos de una PTAR (bombas, motores, compresores, etc.), puede sobrepasar los 100 KG. Las lesiones pueden ser agravadas por los riesgos sanitarios inherentes a una PTAR. Los equipos, metálicos, suelen tener partes afiladas que pueden infligir cortes profundos y peligrosos. Las caídas de equipos pueden provocar sangrado o hemorragias internas. Finalmente, las malas posturas, la realización de movimiento repetidos y la brusquedad de esfuerzos pueden llegar a generar lesiones músculo-esqueléticas.

---

<sup>29</sup> (Benavides, 2013)

## **6. DISEÑO METODOLÓGICO**

Se lleva a cabo un método de investigación mixto cuantitativo-descriptivo el cual tendrá como primera medida la adquisición de datos y el conocimiento de los procesos por medio de la observación, toma de medidas y análisis de información, para continuamente llevar a cabo la realización del diseño de los sistemas de control en la limpieza e iluminación de advertencia de los sedimentadores.

### **6.1 Definición de hipótesis**

Las malas prácticas de seguridad industrial, pueden llegar a producir accidentes graves o en un caso no tan extremo genera pérdidas de producción, tiempo y dinero. Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, sólo puede cumplir su objetivo si se opera en forma apropiada y los riesgos a los que está expuesto un empleado en instalaciones de este tipo son principalmente las lesiones músculo-esqueléticas e infecciones, en lugares apropiados, se deben colocar letreros grandes (señalización visual) a la vista de los operadores con los signos de advertencia, señales de peligro, iluminación nocturna, correcto uso de elementos de protección personal, la construcción de redes, instalación de equipos y material eléctrico, deben ajustarse al RETIE y finalmente se debe llevar un mantenimiento periódico por medio de personal calificado que debe contar con el equipo de trabajo y a herramientas necesarias para mantenimiento<sup>30</sup>

### **6.2 Variables e indicadores**

Para los niveles medio altos y alto de complejidad, las labores de mantenimiento siempre deben ser preventivas, específicamente en el lavado y la limpieza de los canales en los tanques sedimentadores y la limpieza superficial de los desarenadores que acumulan cascarilla residual derivada del agua y los componentes orgánicos que esta transporta.

Los planos de ingeniería deben indicar localización, disposición de los diferentes circuitos, alimentadores, subestaciones, tableros, y demás equipos; cualquier cambio debe pasar por revisión y aprobación de una interventoría.

### **6.3 Etapas de los procesos de automatización que realizarán**

Se plantearon diferentes etapas en los procesos que se llevarán a cabo los cuales están especificados en los siguientes ítems.

#### **6.3.1 Reconocimiento de los procesos**

El reconocimiento de la planta se realiza desde la primera semana con el acompañamiento del inspector de la planta de tratamiento de aguas residuales, al hacer el recorrido por la planta se destacan los procesos que se van a trabajar y cada una de las etapas por la que pasa el agua para ser tratada y devuelta a río, dentro de los procesos

---

<sup>30</sup> (Galeano Nieto & Rojas Ibarra, 2016)

que se tuvieron en cuenta están: el desarenador y los canales de desagüe en los sedimentadores.

Para estos dos procesos en específico se realizó un trabajo de investigación previo para conocer su funcionamiento e impacto, luego así generar una idea de mejora para el proceso teniendo en cuenta las necesidades, comentarios e ideas dadas por los operarios, los encargados y la ingeniera jefa de la planta.

La planta cuenta con planos e instructivos de equipos, procesos e infraestructura, los cuales fueron utilizados como parte del proceso de estudio y aprendizaje.

### **6.3.2. Diseño**

Para este paso se hacen pre diseños de las formas generales que se podrían tener, se piden las opiniones de los operarios con el fin de identificar los posibles problemas o inconvenientes que se presentarán con los mismos, se analiza el material, presupuesto y los diferentes servicios que podrían tener los diseños presentados para cada proceso.

### **6.3.3. Aprobación de la estrategia de diseño, por parte de la empresa.**

Con respecto a la aprobación se hace reporte de los avances de diseño a la ingeniera encargada de la planta la ingeniera Claudia Alexandra Rodríguez Bello quien es nuestra directora de pasantía y jefe inmediata en la empresa Veolia, además ella tendrá apoyo del ingeniero eléctrico encargado; a medida que se van desarrollando y planteando las ideas, se van registrando y estructurando para hacer un documento final en el cual serán ser analizados por los directivos de la empresa.

### **6.3.4. Proceso de implementación.**

Una vez son aprobados los sistemas de limpieza, se inicia el proceso de construcción por parte de la empresa, todos los planos realizados se entregan acotados y se hace una exposición previa de explicación del diseño, construcción e implementación.

### **6.3.5. Funcionamiento y entrega de planos, manuales técnicos y de usuario.**

Se hace un trabajo con planos eléctricos y mecánicos de los sistemas que se diseñaron, además por medio de una plataforma de simulación se realizó el diseño final de los sistemas donde se logra evidenciar cada parte que estos llevan y su ubicación dentro de la planta.

Posteriormente se realiza una exposición final de funcionamiento y se entrega la documentación pertinente de uso exclusivo para la planta y empresa.

### **6.3.6. Valores agregados generados**

A medida que se iba desarrollando la pasantía surgen nuevas necesidades por voz propia de los operarios y que requieren de ayuda o colaboración para mejorar sus condiciones de trabajo y prevenir accidentes <sup>31</sup>

Razón por la cual se desarrollan otros proyectos como:

- Plataforma elevadora de ampliroll, tanque en el cual se almacena lodo deshidratado que es transportado a una zona fuera de la planta y donde es tratado

---

<sup>31</sup> (Fundación Victoria , 2016)

finalmente. Se requiere de elevación del ángulo donde entra el lodo puesto que la composición del lodo es difícil de tratar y los operarios deben subirse a la superficie del ampliroll y con una pala rústica inventada por los mismos, intentan correr el lodo hasta el otro lado del tanque, además utilizan gatos hidráulicos para elevar la estructura generando dos riesgos de seguridad industrial latentes para los operarios.

- Desde el punto de vista de la ingeniería ayudar con algunos cálculos realizados en algunas etapas de los procesos de la planta.
- Somos equipo de apoyo para la empresa y cualquiera sea la necesidad que deseen cubrir, estamos dispuestos con la mejor actitud para apoyar.



Img. 17 Descripción de los proyectos.

Fuente: Autores

## **7. FACTIBILIDAD Y RECURSOS DISPONIBLES (MATERIALES, INSTITUCIONALES Y FINANCIEROS)**

Los recursos para la implementación final de los sistemas serán suministrados directamente por la empresa VEOLIA, además para la realización de pruebas previas se requiere de la utilización de materiales con los que dispone la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomás como:

Unidad	Materiales y especificaciones	Costo aproximado
1	Herramientas de medición: decámetro, nivel de burbuja, cinta métrica, medidor de ángulos (elementos a disposición en la planta)	\$ 50.000 COP
2	Computadoras (equipo de trabajo personal con el que ya se cuenta)	\$ 8'000.000 COP
1	Motor (Dispositivo a disposición de prueba en la universidad)	\$500.000 COP
3	Sensores (Dispositivos a disposición de prueba en la universidad )	\$1'000.000 COP
1	Gato Hidráulico (Elemento a disposición en la planta)	\$600.000 COP
1	Elementos para la prueba de los prototipos como: lamina de goma de neolite, cepillo industrial, lámpara de advertencia. (Elementos que se disponen mitad de la planta y mitad de los recursos de los pasantes)	\$140.000 COP

*1. Tabla de costos aproximados de materiales requeridos*

Teniendo en cuenta que la empresa brinda inicialmente los elementos de seguridad requeridos dentro de la planta, los demás elementos de análisis y medidas que se necesiten y que no se encuentran en la empresa o la universidad, como pasantes se dispone el 40% de ingresos mensuales con un equivalente a 170.000 COP aproximadamente.

## 7.1 Presupuesto

El presupuesto con el cual se realiza este proyecto está sujeto a las especificaciones de la empresa y los valores que se muestran son un promedio aproximados encontrados en el mercado, pues los dos sistemas de control están sujetos a ser construidos e instalados por empresas contratantes. El presupuesto que se muestra a continuación corresponde a un solo modulo, actualmente la planta cuenta con 3 módulos construidos y 2 en funcionamiento; se espera que a futuro la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tunja tenga 8 módulos, esto significa que el precio promedio dado en el presupuesto se multiplicará respectivamente a la cantidad de módulos que comiencen su funcionamiento.

PRESUPUESTO POR MODULO				
Proceso	Elementos	Costo Aproximado por Unidad	Cantidad	Total
Proyecto 1 (Sistema de limpieza para tanque desarenador)	Varilla de acero inoxidable	\$25.000 x metro	4 de 6,8m aprox.	\$100.000
	Varilla de acero inoxidable	\$25.000 x metro	4 de 3,1m aprox.	\$100.000
	Guaya	\$2.000 x metro	28 m aprox.	\$56.000
	Poleas	\$10.000	8	\$80.000
	Lamina de acero inoxidable	\$100.000	2 de 3mX20cm	\$200.000
	Angulos 90° que sostienen las estructura	\$3.000	48	\$144.000
	Polea para motor	\$40.000	2	\$80.000
	Motor Trifasico 1HP	\$350.000	2	\$700.000
	Sensores de proximidad	\$300.000	4	\$1'200.000
	Cableado vehicular	\$120.000 rollo 100m	1	\$120.000
	Demas herramientas de acople	Se delega un presupuesto aprox de	Acorde a la instalacion del sistema	\$100.000
	Tornillos para acoples	\$2.000	96	\$192.000
				\$1.772.000
Proyecto 2 (Sistema de limpieza para tanques sedimentadores)	Tubo cuadrado inoxidable	\$ 30.000 x 6m sin corte	4m con corte circular en una de sus puntas	\$50.000 sumando el corte con valor aproximado de \$20.000
	Acople diseñado, metalico para el cepillo	\$40.000	4	\$160.000
	Cepillo	\$20.000	4	\$80.000
	Tornillos de acople en acero inoxidable	\$2.000	4	\$8.000
	Hoja,Escobilla de goma	\$30.000	1	\$30.000
	Base metalica	\$30.000	2	\$60.000
	Tornillos de acople en acero inoxidable	\$2.000	12	\$24.000
	Tubo cuadrado inoxidable	\$30.000 x6m sin corte	2m con corte especial para el sistema	\$100.000
				\$462.000
Aporte (Sistema de iluminacion nocturna para barrelos)	Lampara de iluminacion LED	\$70.000	4	\$280.000
				\$280.000

Img 18. Cotización promedio aproximada por módulo sin mano de obra

Fuente: Autores

## 8. CRONOGRAMA ([anexo](#))

## 9. RESULTADOS

### PROCESO DESARENADOR



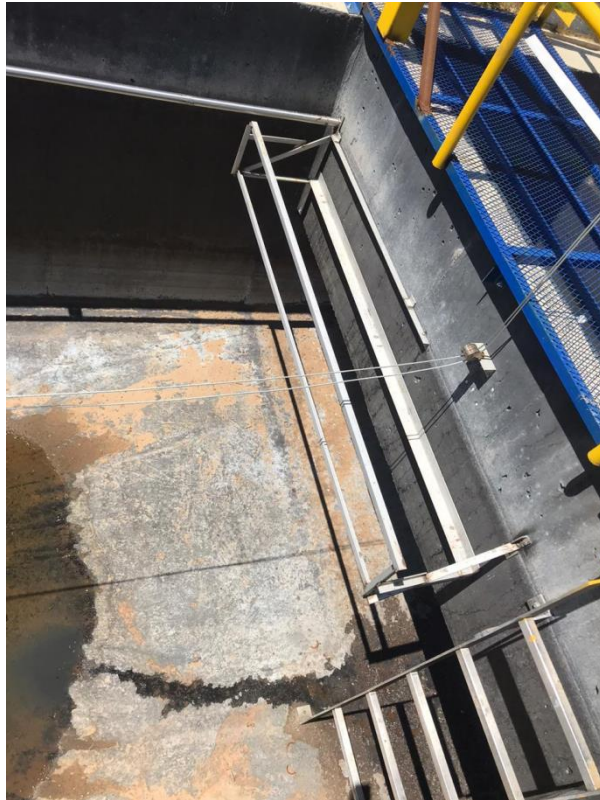
*Img.18 Vista principal de los tanques desarenadores del módulo 3.  
Fuente: Autores*



*Img.19 Vista del sistema de limpieza y la ubicación en el tanque del módulo 3.  
Fuente: Autores*

A solicitud de la ingeniera Claudia Rodríguez (encargada de la planta) la limpieza superficial de este tanque de agua, se quiere automatizar y evitar que los trabajadores

tengan que hacerlo manualmente, también se busca un sistema mediante el cual se pueda sacar los residuos evitando riesgos de lesión o caída por parte de los trabajadores, haciendo que el proceso de limpieza sea más efectivo y priorizando el personal dentro de la manipulación y recolección de estos residuos.



*Img.20 Sistema de recolección de la cascarilla del módulo 2 cuando uno de sus tanques está vacío.  
Fuente: Autores*

Teniendo en cuenta que existen 2 módulos activos en este momento y tomando como referencia las *Img 17, 18, 19* se hace el diseño del sistema de limpieza automatizado.

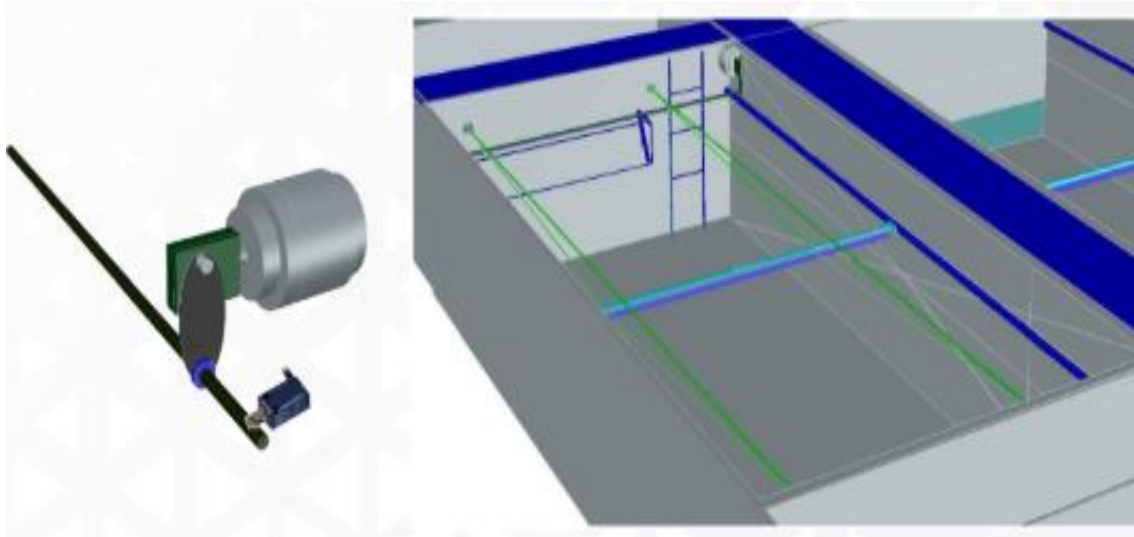
Se propuso ubicar dos sistemas de cadena de extremo a extremo del tanque que halen la red de limpieza, además se requería cambiar dicha red, ya que por su forma la cascarilla se queda pegada a la estructura y lo que está genera es acumulación de materia gruesa que altera el estado final del agua y aumento en los tanques sedimentadores.

Teniendo en cuenta que el sistema existente es obsoleto, el diseño que se realizó inicialmente y que se le comunicó a la empresa privada es que se cambiaran las guayas y se colocaran cadenas. Para la realización del sistema de limpieza superficial, se utilizaron dos herramientas de simulación: la primera para la realización del diseño mecánico y eléctrico en el tanque<sup>32</sup> y la segunda para hacer los planos trifilares<sup>33</sup> del sistema como se muestra a continuación:

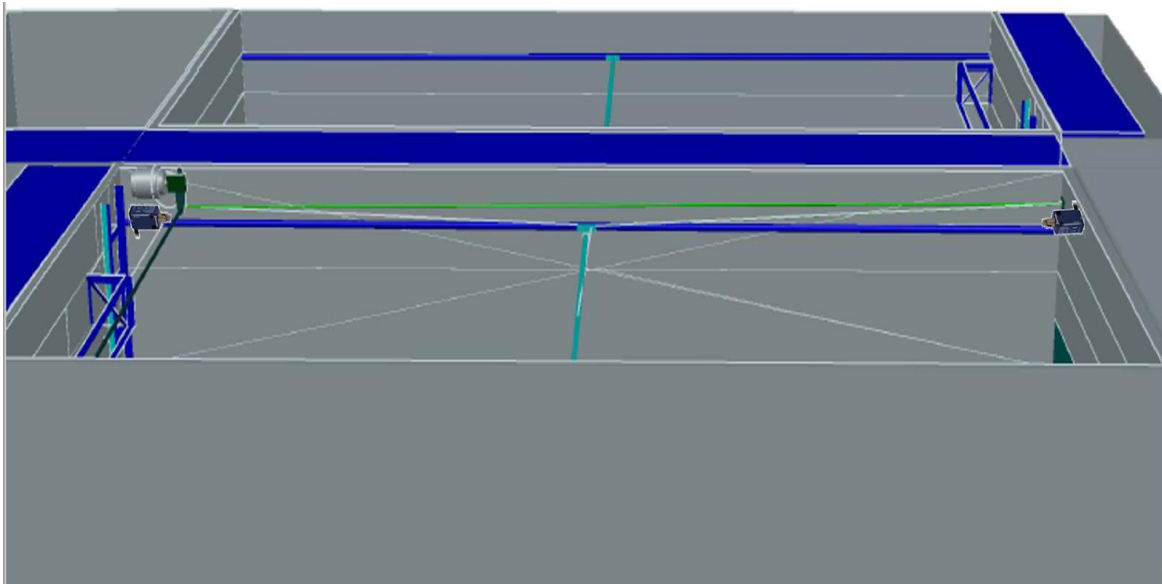
---

<sup>32</sup> (Aula 10 Formación y Servicios S.L, 2018)

<sup>33</sup> (etitudela)



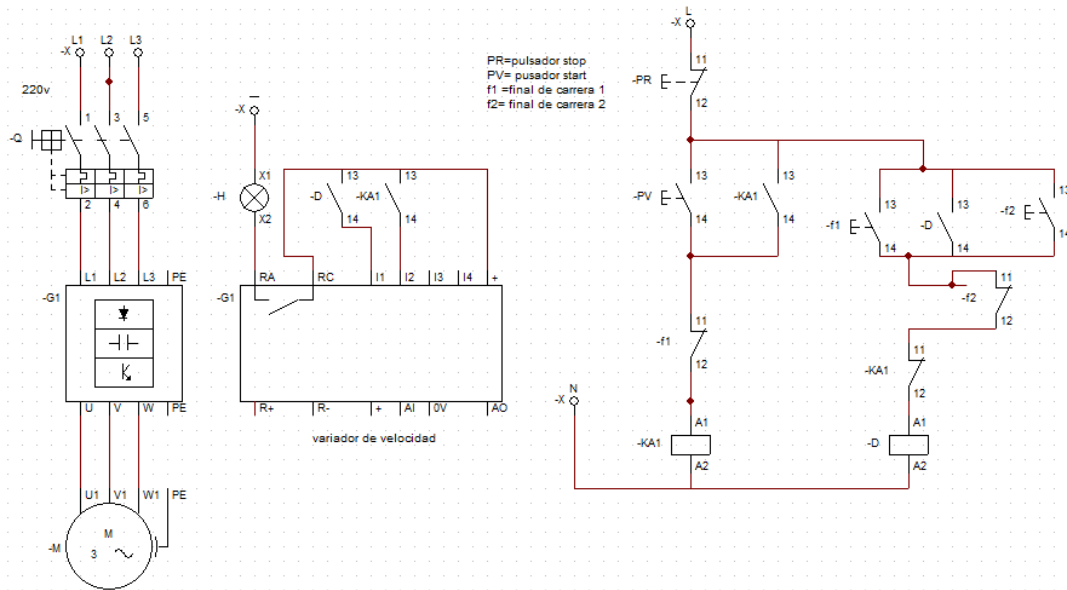
*Img.21 Diseño inicial propuesto para el sistema de limpieza  
Fuente: Autores*



*Img.22 Diseño de desarenador con sistema automatizado de limpieza, ubicación de los sensores.  
Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR*

El diseño pensado para el sistema de limpieza superficial se realiza teniendo en cuenta la estructura existente en los tanques y que fue realizada por una empresa privada; lo que se busca, es automatizar este proceso puesto que esto ayudará a la mejora de la calidad del producto final (agua tratada).

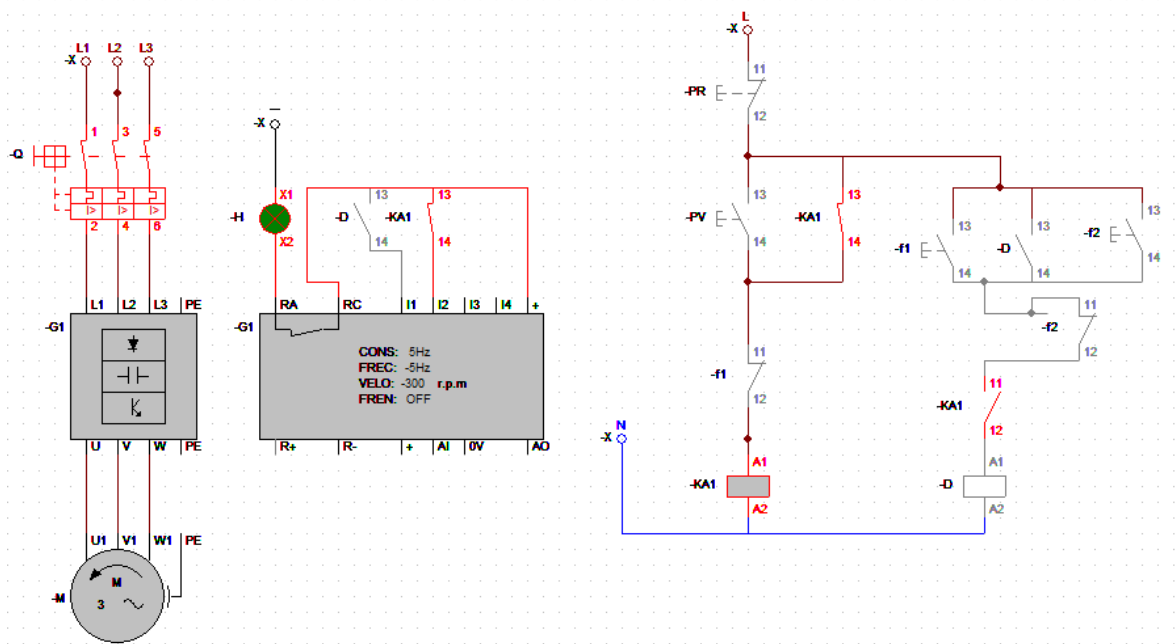
Para la automatización se dispone de un sistema motor-fin de carrera donde la red de limpieza hará el recorrido de extremo a extremo del tanque y así la cascarilla será arrastrada hacia una de las orillas. Existe un sistema de canastas sumergidas dentro del tanque que serán el lugar de almacenamiento para la cascarilla arrastrada por la red y que finalmente serán retiradas de este proceso para darles otro manejo.



Img.23 Diseño eléctrico con variador de velocidad, avance, retorno y pausa a motor con los fines de carrera instalados

Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR EN SIMULADOR

Se hace el reconocimiento de los sensores y sus componentes eléctricos para así colocarlos en el plano como f1 y f2, a continuación, se muestra el funcionamiento del sistema que finalmente se acoplará al SCADA de la planta a solicitud del ingeniero eléctrico encargado.

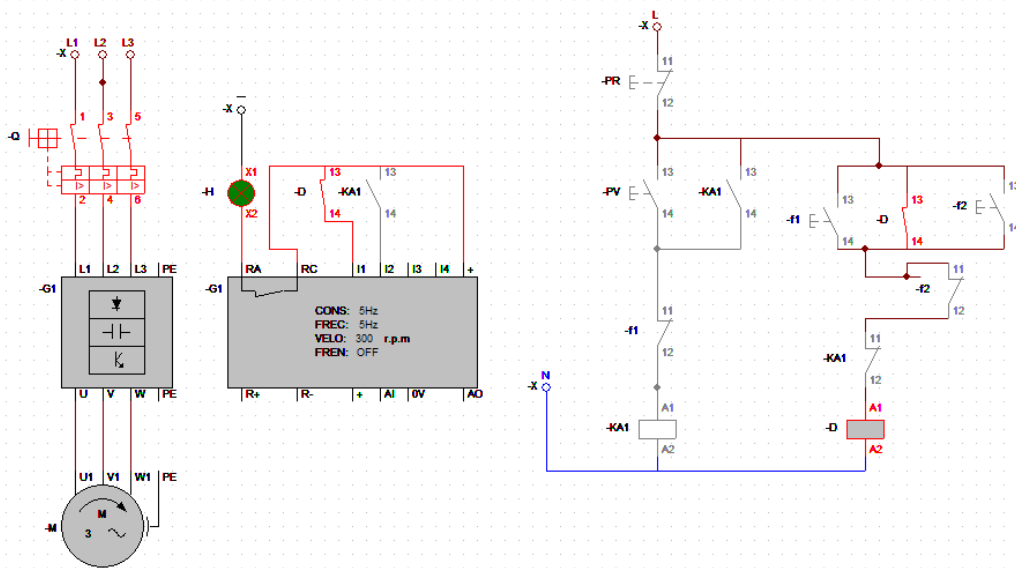


Img.24 Giro hacia la derecha accionando el botón start

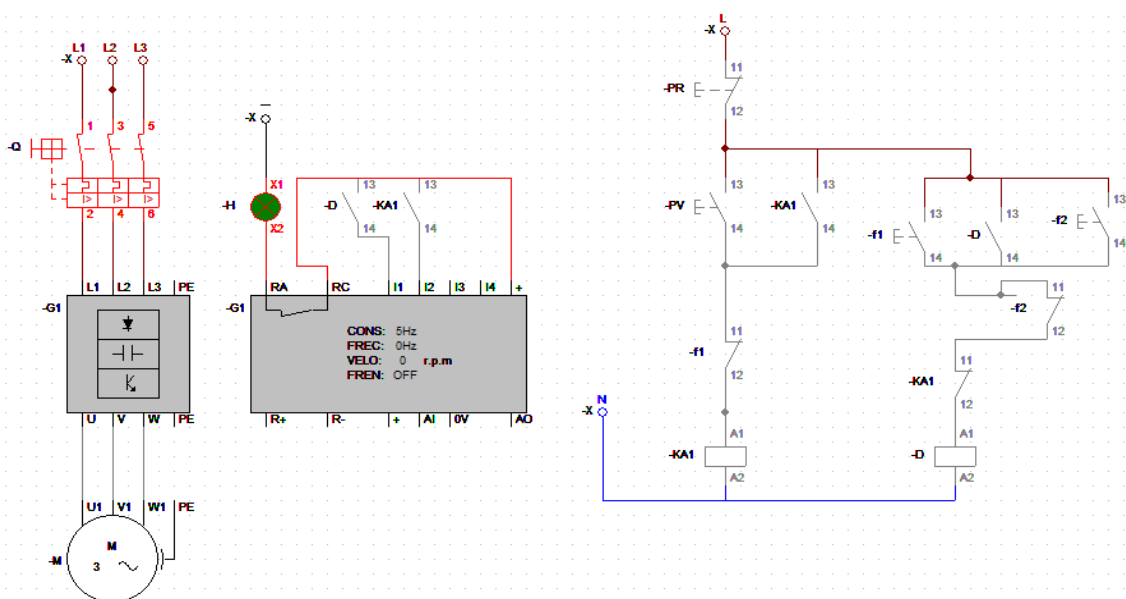
Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR EN SIMULADOR

INDICATIVO	SIGNIFICADO
PR	Pulsador Stop
PS	Pulsador Start
F1	Final de carrera 1
F2	Final de carrera 2

2. Tabla ecuación de descripción de variables presentadas en el plano eléctrico (img 25)



Img.25 Giro hacia la izquierda este se da cuando se acciona el fin de carrera 1  
Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR EN SIMULADOR



Img.26 Diagrama cuando se acciona el fin de carrera f2 este apaga el motor  
Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR EN SIMULADOR

Los planos eléctricos mostrados anteriormente se colocarán como anexo para que sea más fácil su visualización.

**Corriente de línea**

$$I_{\text{linea}} = \frac{P}{(3 * Vc * \text{Cos } \theta)}$$

$$I_{\text{linea}} = \frac{746w}{(3 * 440 * \text{Cos}(0,78))}$$

$$I_{\text{linea}} = 1,518 \text{ A}$$

**Potencia perdida**

$$P_p = P_a - P_u$$

$$P_p = 0,37100 - 0,0042$$

$$P_p = 0,36071w$$

**Potencia nominal**

$$M_n = 4,29 \text{ Nm}$$

**Potencia absorbida**

$$P_a = \frac{(3 * V * I * \text{Cos } \theta)}{1000}$$

$$P_a = \frac{(3 * 220 * 1,581 * \text{Cos}(0,87))}{1000}$$

$$P_a = 0,37100w$$

**Potencia absorbida**

$$P_u = P_a * \text{eficiencia}$$

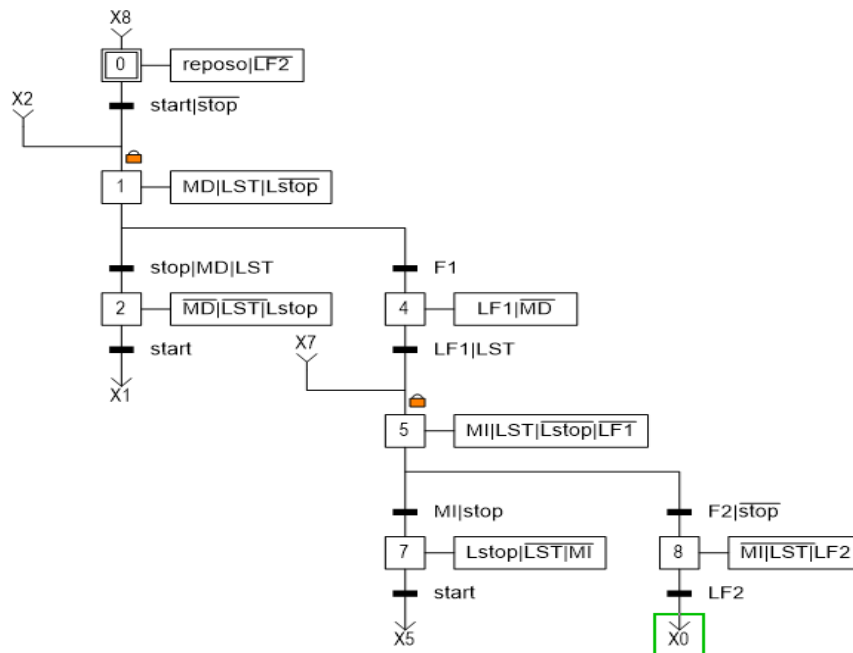
$$P_u = 0,37100 * 0,011$$

$$P_u = 0,0042w$$

1. Ecuaciones de las variables eléctricas del motor



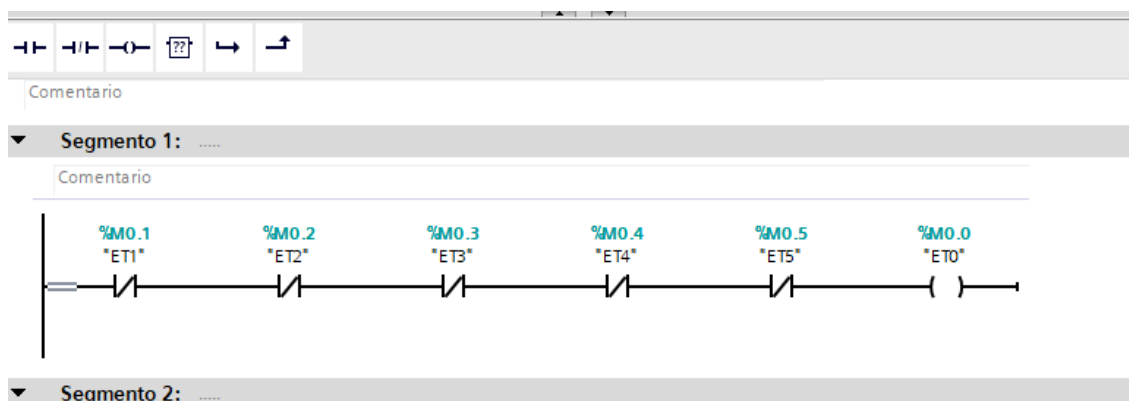
Img.27 Diagrama con salidas y entradas sistema SCADA.  
Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR



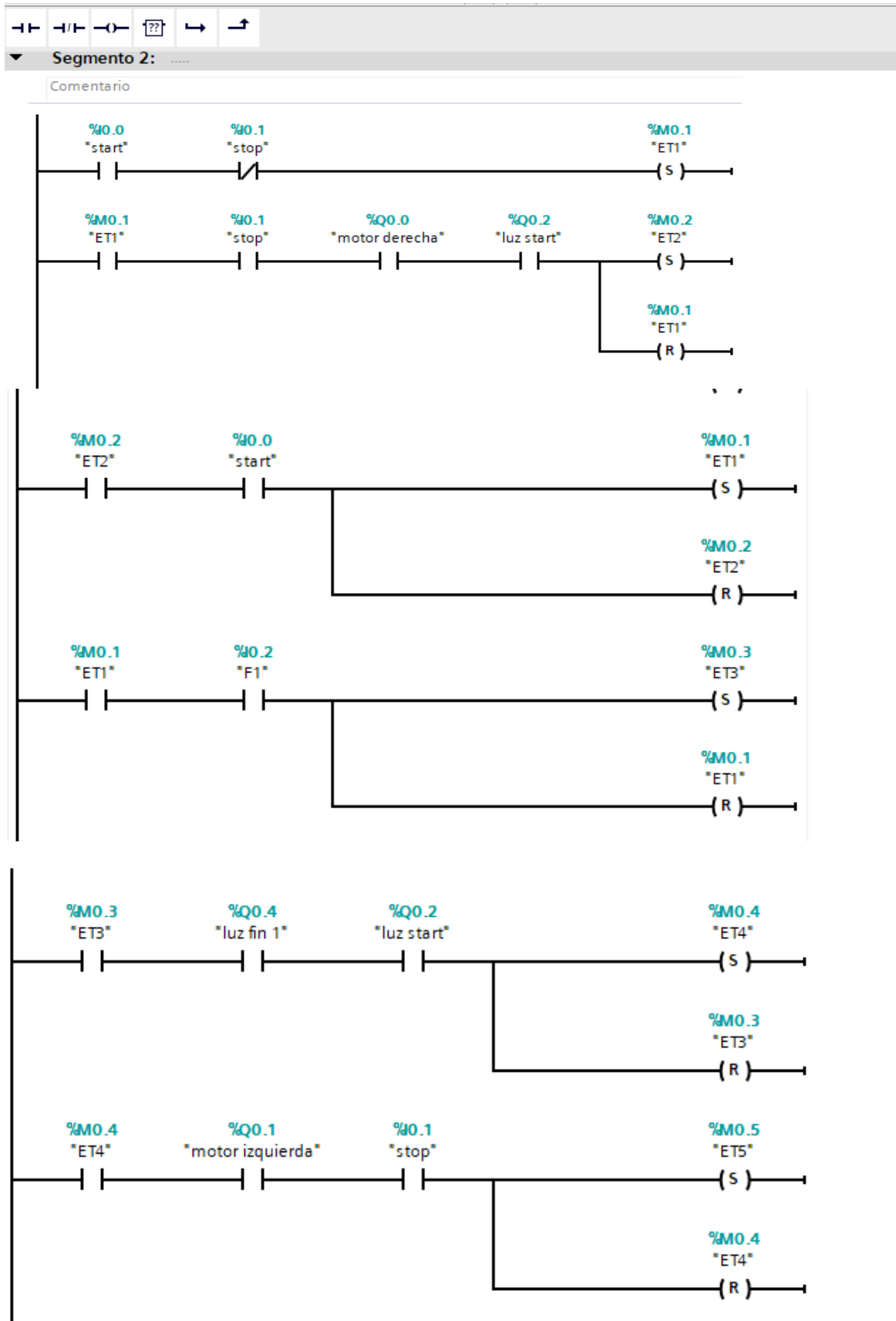
Img. 28 Grafcet, diagrama funcional que describe el proceso a automatizar en el tanque desarenador.  
Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR

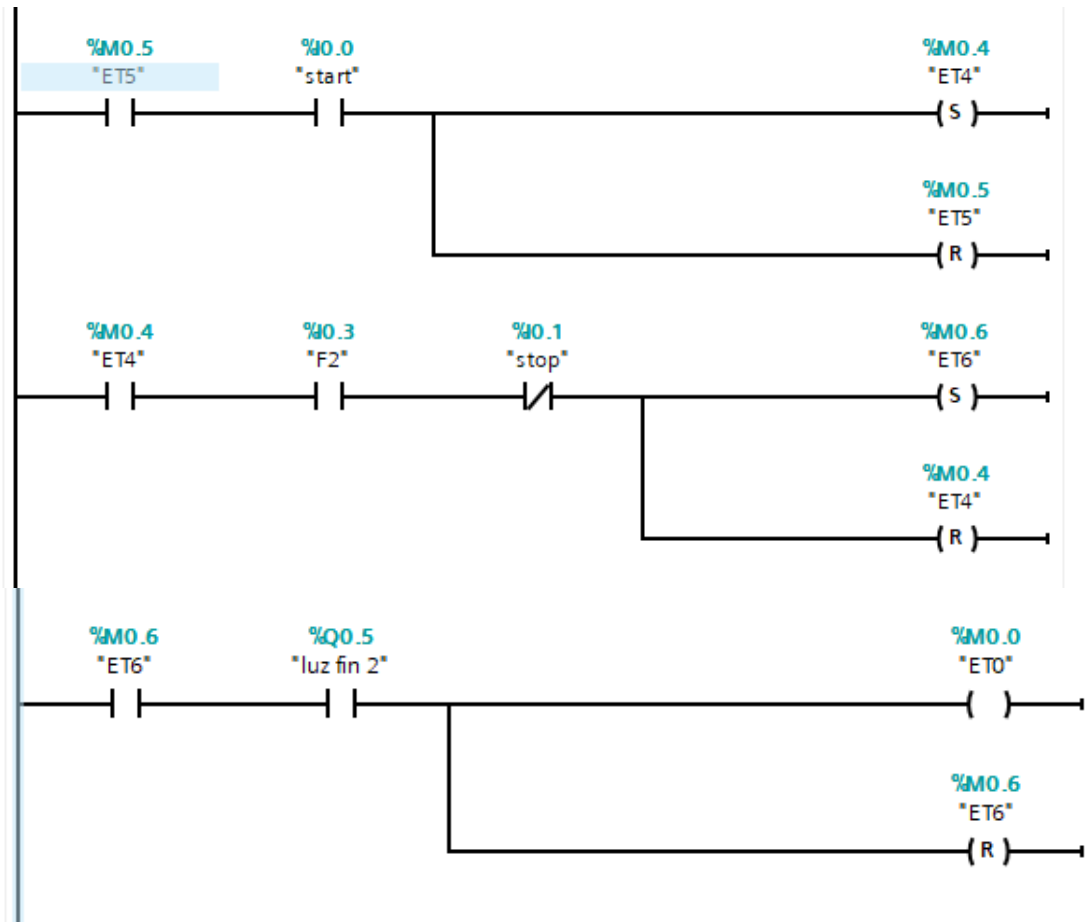
En la imagen 28, se puede observar el grafcet del PLC, donde se discrimina la programación que este ejecutará. Realizar este tipo de diagramas tiene varias ventajas, ya que permite observar los diferentes lenguajes operativos y técnicos de un programa, los cuales se podrán visualizar en el PLC, y así poder detectar de forma más sencilla las fallas que en el proceso pueden ocurrir. El objetivo del siguiente gráfico, es plasmar el paso a paso que se ejecuta al accionar el arranque del motor, el cual está restringido por unos sensores fin de carrera, que al activarse cambiarán el sentido de giro del motor. El sistema también posee un botón de parada (stop), el cual detendrá por completo el sistema que controla la red de limpieza superficial.

A continuación se muestra el Ladder (img 29), el cual está compuesto por una serie de bloques lógicos programables, los cuales tienen un orden jerárquico, según lo que se desee obtener a la salida del PLC, este diagrama es necesario incorporarlo como lenguaje básico que tiene la unidad lógica programable, ya que permite evidenciar de forma más sencilla y concreta el contenido en la programación, las funciones principales de cada bloque y facilitar así la detección de los errores que se pueden presentar durante el proceso. Esta detección se puede visualizar por medio de simulaciones en un sistema Scada.



Img. 29 Segmento 1 de programación  
 Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR

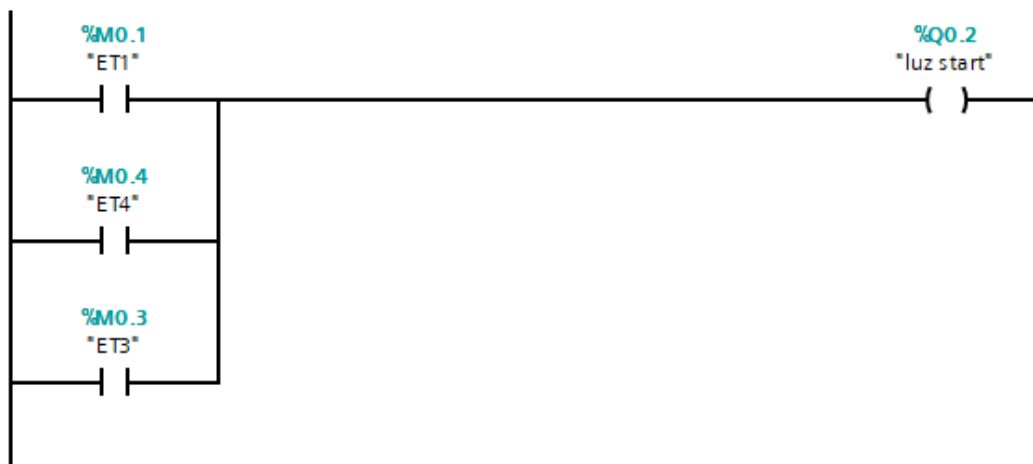




Img. 30 Segmento 2 de programación  
Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR

▼ Segmento 3: .....

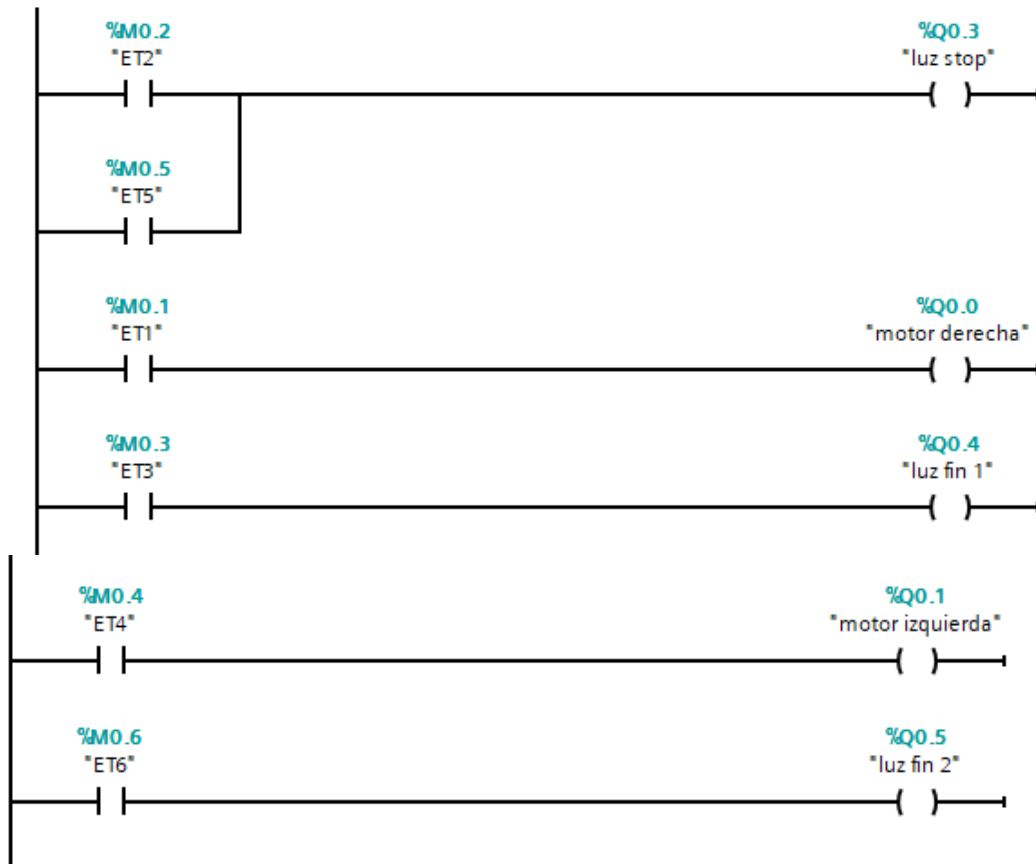
Comentario



Img. 31 Segmento 3 de programación  
Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR

▼ Segmento 4: .....

Comentario



Img. 32 Segmento 4 de programación  
Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR

## PROCESO SEDIMENTADOR

El proceso de sedimentación, busca remover los sólidos que se suspenden del agua y separa el agua del lodo, en este punto de la planta, se requiere de un sistema de limpieza para los dos últimos canales de los tanques sedimentadores, los cuales llevan el último proceso realizado por la PTAR para expulsar finalmente el agua nuevamente al río.

Como se evidencia en el anterior punto de la planta, las labores de limpieza son realizadas por los operarios de forma manual, arriesgándose a sufrir algún tipo de lesión o llegar a tener una caída directa en el lodo.

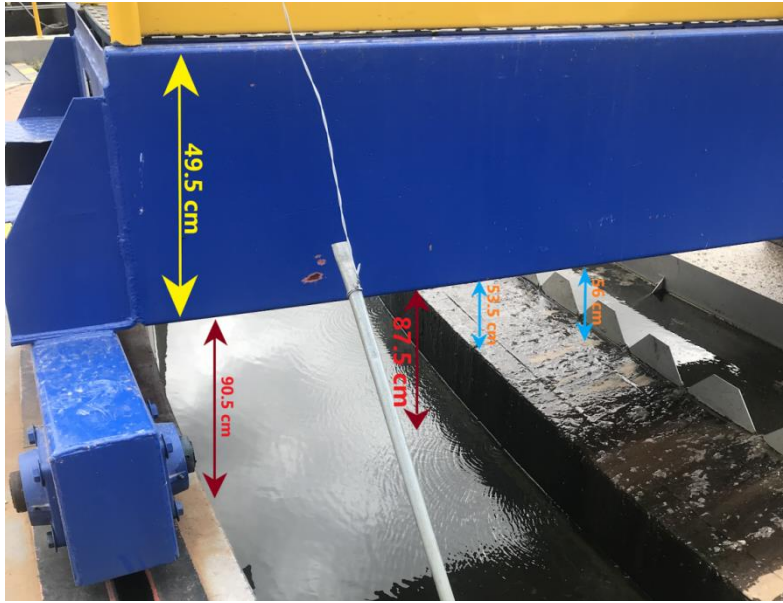


*Img.33 Canales del tanque sedimentador y el sistema de limpieza que utilizan cuando los operarios no lo limpian.  
Fuente: Autores*

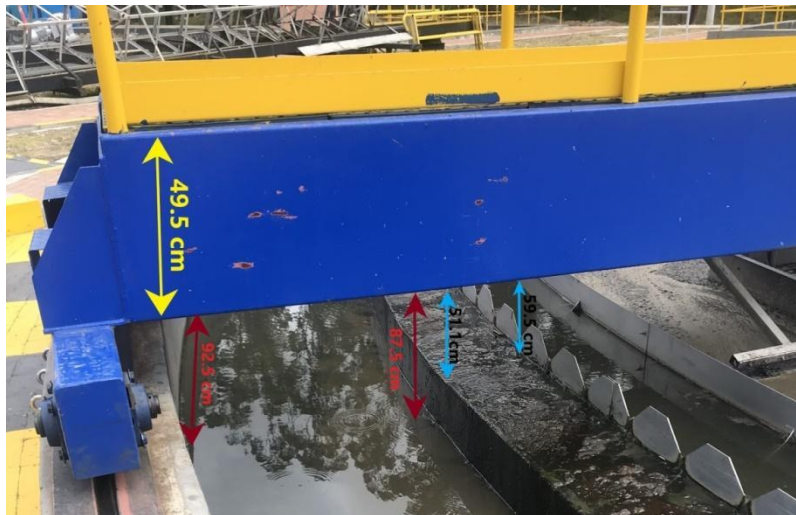
De igual manera que para el tanque desarenador, se realizó un diseño en simulación el correspondiente tanque y el sistema de limpieza, cabe aclarar que para los dos módulos que hay en funcionamiento en la planta, se hace un diseño específico, pues las medidas en cada módulo y tanque cambian, véase a continuación las medidas.



*Img.34 Toma de medidas, datos y visualización de los sistemas de iluminación y limpieza.  
Fuente: Autores*



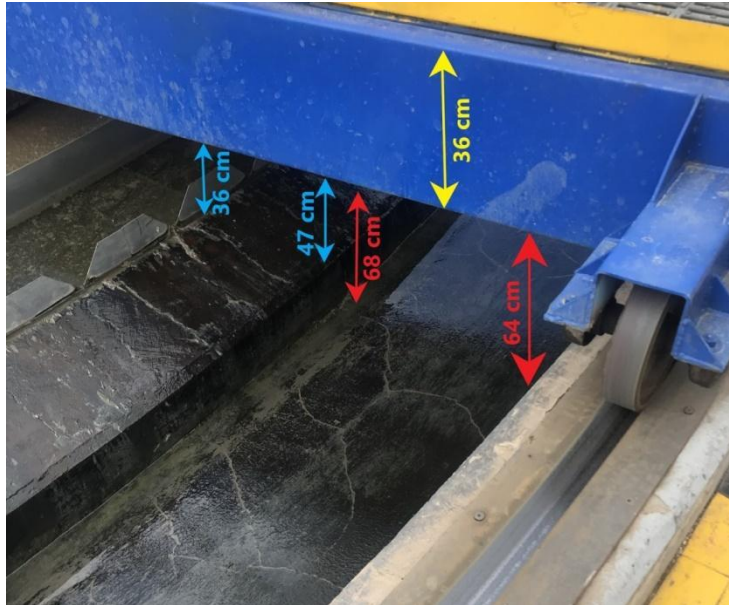
*Img.35 Medidas tomadas del módulo 2 en el sedimentador 1.  
Fuente: Autores*



*Img. 36 Medidas tomadas del módulo 2 en el sedimentador 2.  
Fuente: Autores*



*Img.37 Medidas tomadas del módulo 3 en el sedimentador 1.  
Fuente: Autores*

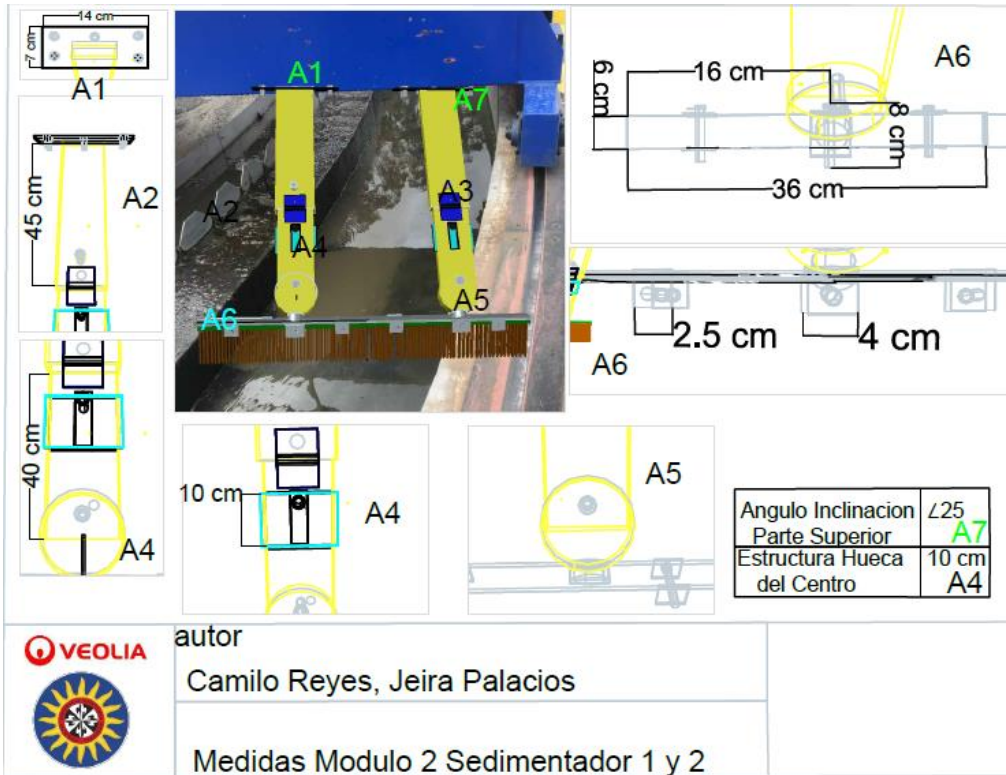


*Img.38 Medidas tomadas del módulo 3 en el sedimentador 2.  
Fuente: Autores*

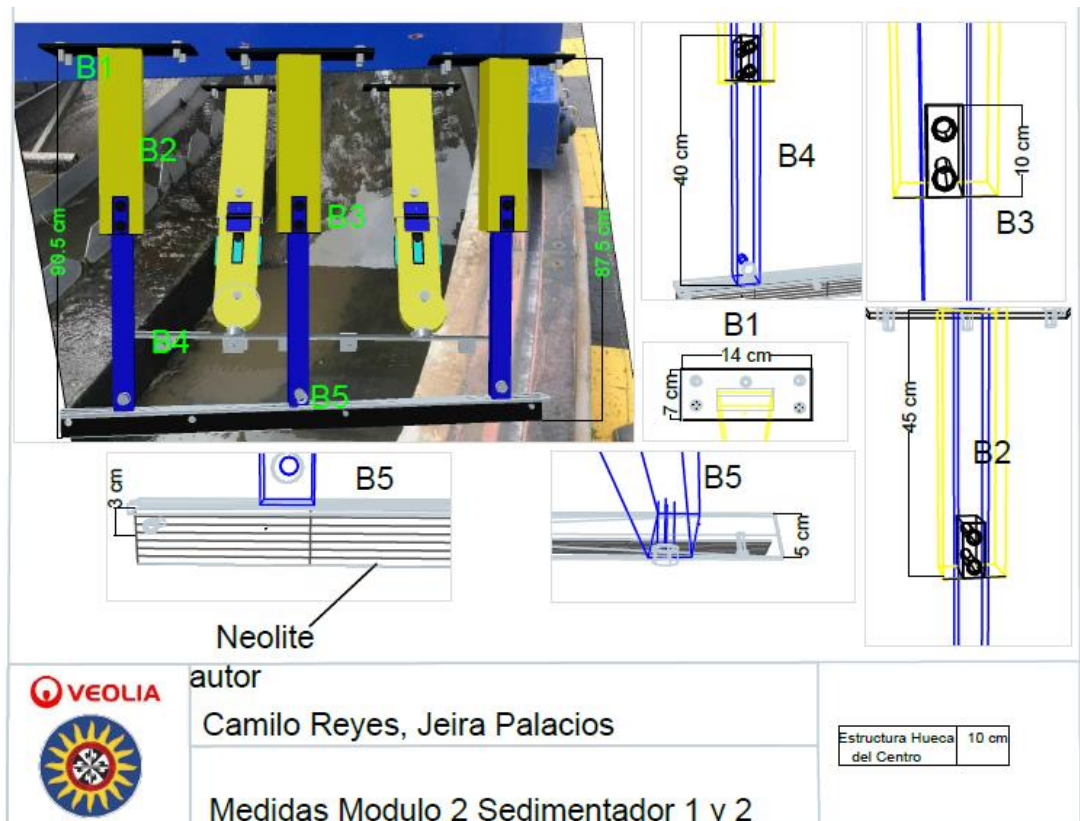
El diseño final que se realizó, es el siguiente:



*Img.39 Simulación del diseño realizado para la limpieza del canal externo del sedimentador.  
Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR*



Img. 40 Planos acotados para el sistema para los brazos del cepillo.  
 Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR

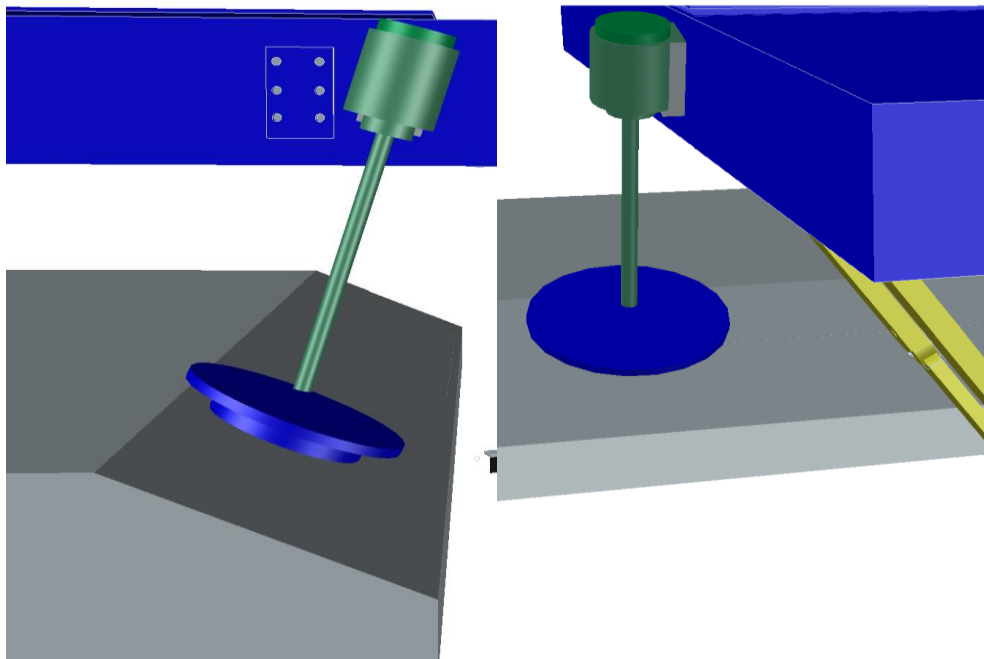


Img. 41 Planos acotados para el sistema para los brazos del cepillo.  
 Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR



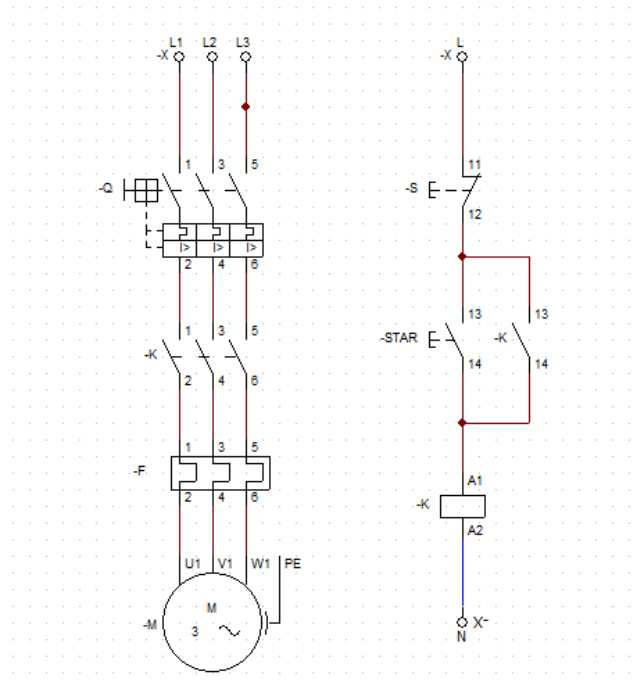
*Img. 42 Prototipo instalado en la plata PTAR*  
*Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR*

El prototipo fue instalado en el sedimentador 1 del módulo 2; teniendo en cuenta los planos realizados (véase la *Img. 40 y 41*), la empresa encargada para hacer la realización del prototipo tuvo en cuenta criterios propios, sin embargo, eso no alteró la funcionalidad del sistema y las observaciones dadas para que sea corregido y mejorado, de tal forma que satisfaga la necesidad de limpieza en los canales de desagüe de cada uno de los tanques sedimentadores en cada módulo.



*Img. 43 Sistema de limpieza de canal con inclinación y que lleva movimiento*  
*Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR*

Se hace el diseño eléctrico, para el sistema de barrido, el sedimentador en la parte inclinada, el cual irá con un cepillo haciendo el giro del barrido:



*Img 44 Diseño trifilar para motor parte inclinada del sedimentador  
Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR EN SIMULADOR*

Por cuestiones técnicas, la tubería que lleva los conductores eléctricos hasta la unidad móvil de los sedimentadores, ya no cuenta con espacio para instalar otro cableado eléctrico, razón por la cual finalmente se hace un sistema mecánico de limpieza, para el canal externo del sedimentador.

## LÁMPARAS DE ADVERTENCIA



*Img. 45 Estructura barrelos del sedimentador donde se espera ubicar la iluminación  
Fuente: Autores*

Aunque inicialmente se tenía pensado usar unas lámparas tipo tortuga para la superficie plana inferior del barrelos (véase la *Img46*), la idea cambió dado que dicho tipo de lámparas no tienen la iluminación amarilla e intermitente para ser catalogada como luz de advertencia.



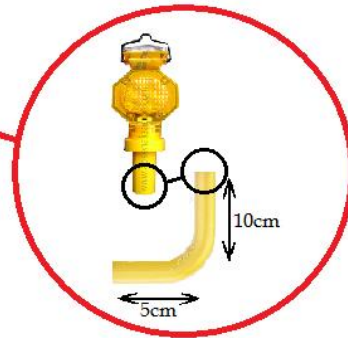
*Img.46 Ubicación para las lámparas tipo tortuga en el barrelos.*  
*Fuente: Autores*

Finalmente, se encontraron en el mercado otro tipo de lámparas con un sistema fotovoltaico y sensor de luz que no requería de conexión o punto eléctrico, que para este punto de la planta es limitado, sobre dicha lámpara se hizo el estudio de viabilidad desde el mes de febrero hasta el mes de junio, teniendo como resultados que la lámpara funciona, pero que al tener un ingreso de agua empieza a tener fallas, razón por la cual, se devolvió por garantía y ahora se da órdenes de compra para la planta con el debido cuidado y protección externa contra posible ingreso de agua dentro de la misma



*Img. 47 Medidas a tener en cuenta para hacer la base que se sujetarán las lámparas*  
*Fuente: Autores*

Se llegó a la conclusión, que los sistemas de advertencia luminosa (lámparas) se ubicaría en la entrada a la estructura de barrelos y está así lograra verse desde cualquier punto de la planta y ver la puesta en marcha de la misma cuando la visibilidad es poca o casi nula. Inicialmente se adquirió una lámpara de prueba que se instaló inmediatamente en el sedimentador 1 del módulo 3 por un periodo de tres semanas como se muestra a continuación (véase la *Img. 49*).



El diámetro de la tubería debe ser mayor a 4cm para meter la base de la lámpara ahí.

*Img. 48 Ubicación de la lámpara con la base que debe ir soldada a la punta del barrelos.*  
Fuente: Autores



*Img. 49 Lámpara de prueba ubicada temporalmente y vista del panel solar que esta lleva.*  
Fuente: Autores

Dada la situación de emergencia nacional por la que se atravesó, las lámparas estuvieron el periodo de prueba aproximadamente por 3 meses esperando que cumplieran todas las características técnicas que son las siguientes. Estas lámparas solares poseen 6 luces led de alta potencia lumínica, al exponerse a luz solar por 3 horas su duración de carga es de 48 horas, su intensidad es de 8000 MDC, además es visible hasta en 500 mts, Finalmente la empresa aprobó la compra e instalación de demás lámparas que serán utilizadas y quedarán en funcionamiento para la visualización de puesta en marcha de los barrelos.

(Aportes)  
**AMPLIROLL**

A medida que transcurría la pasantía, se generó una nueva necesidad en la planta para elevar un tanque recolector de lodo deshidratado (disposición final del lodo dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales) y que pesa aproximadamente de 9 a 18 toneladas. El problema central radica en que al verter el lodo en el tanque se acumula internamente, formando una montaña en un solo lugar y no se logra esparcir completamente el lodo dentro del mismo.

Se busca evitar que los operarios tengan que subirse a esparcir el lodo, al interior del tanque, o que deban meterse debajo del ampliroll, para colocar un gato hidráulico y se arriesguen a la caída de la estructura. Teniendo en cuenta que el tanque cuenta con dos ventanas en la superficie por donde ingresa el lodo. Inicialmente se hace un trabajo de investigación acerca de sistemas ya existentes en el mercado para finalmente proponer una posible solución a la situación.



*Img.50 Tanque ampliroll en el cual se transporta el lodo deshidratado*

*Fuente: Autores*

Basados en las experiencias y requerimientos de los operarios el grado de elevación que requiere el tanque no debe ser superior a los 20 centímetros del suelo. Actualmente la rampa donde se ubica el ampliroll tiene una elevación de 2° y una de las ideas es elevarla a 0° de tal manera que la nueva rampa se haga desde el punto cero y facilitar la ubicación a su vez el anclaje para rodamiento que tiene el tanque, estos datos fueron tomados y analizados a medida que el ampliroll se estaba llenando, además se evaluó y por la falta de tiempo presencial queda como pendiente ya que se necesitan muchos más complementos esenciales para el desarrollo de este proyecto.

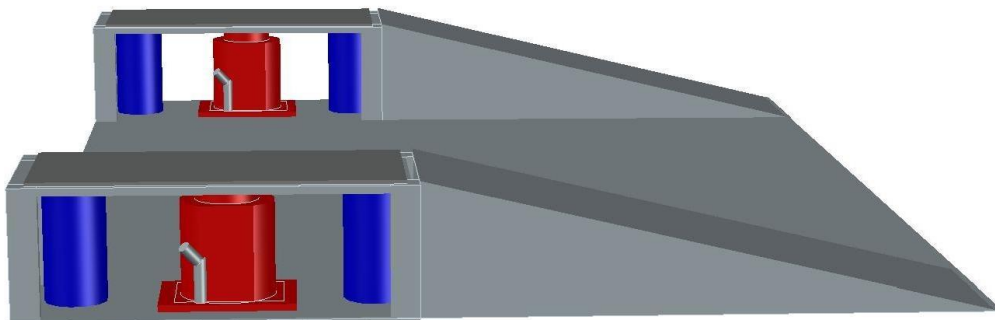


*Img.51 Sistema de elevación hecho por los operarios.  
Fuente: Autores*

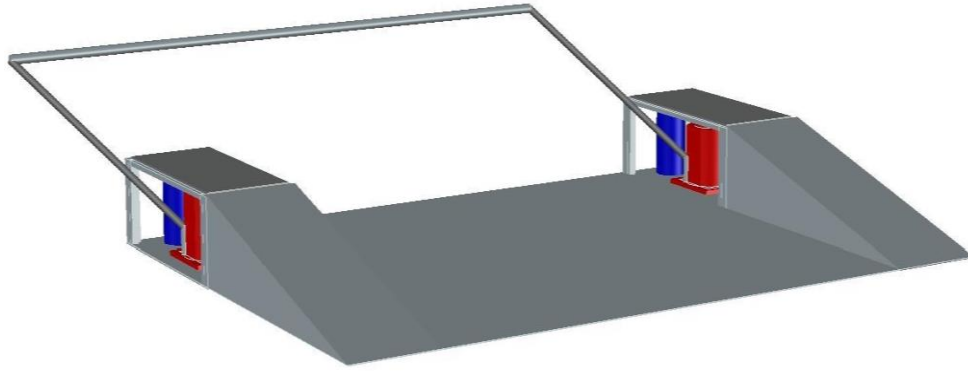
Para la realización del sistema, se utiliza nuevamente una herramienta de simulación obteniendo los siguientes resultados:

Los materiales para hacer la placa que sostiene el ampliroll, se limitan a hierro y concreto, puesto que el peso máximo es de aproximadamente 18 toneladas, lo que implica una alta resistencia de carga y de compresión a la estructura. Además, se tienen en cuenta los ángulos de elevación de la misma que por cuestiones de falta de tiempo para trabajo de campo, se desconocen, y solo se tiene la altura de elevación a la cual los operarios mantienen la estructura y que corresponde a 25 cm, razón por la cual no se ve viable tener la estructura hidráulica (gato hidráulico) como soporte del tanque.

La preocupación de uno de los operarios, es que el ampliroll al elevarse empieza a resbalar sobre el asfalto y eso provoca daños en el suelo y en la rejilla de la canaleta que está entre la calle (asfalto) y la rampa de subida donde se ubica el tanque, se debe tener en cuenta es la posibilidad de cambiar esa rejilla por asfalto y dejar por debajo la canaleta con ayuda de tubería y así intentar asegurar a ese punto el ampliroll. A petición de la ingeniera encargada de la planta, se deja el espacio para ubicar el gato hidráulico como una segunda opción de elevación.

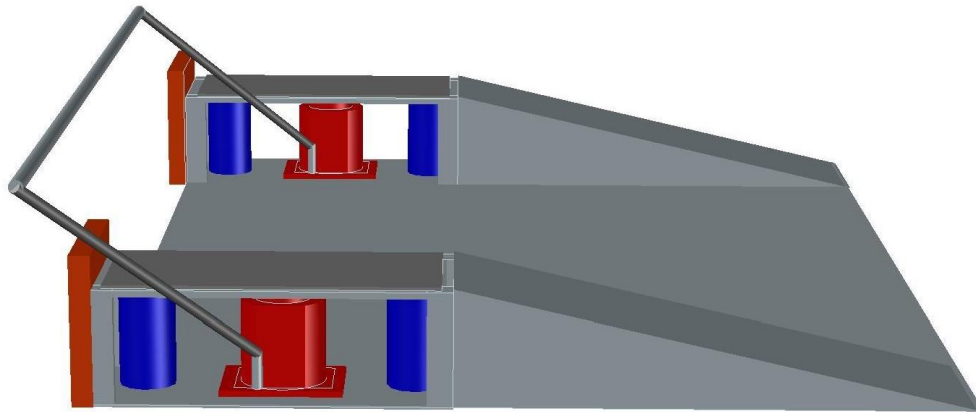


*Img.52 Diseño de la rampa con espacio para el gato  
Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR*



*Img. 53 Vista frontal de la rampa con ayuda de una unión de tubos para la elevación de los gatos hidráulicos.*

*Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR*



*Img.54 Vista lateral del sistema.*

*Fuente: CREACIÓN PROPIA PARA LA PTAR*

Por otra parte, se plantea un sistema de cilindro hidráulico de uso general con inyección de aire, es una opción menos mecánica y que implicaría a su vez un aumento de energía, dispositivos y mantenimiento; sin embargo, es la mejor opción y con más precisión para la elevación fácil, sin la utilización de mucho espacio y que no alteraría la estructura total del suelo como se muestra a continuación:



*Img. 55 Cilindro hidráulico de uso general*

*Fuente: (ENERPAC All rights reserved)*

Los cilindros están fabricados en una aleación de acero duradera y de alta resistencia, cuentan con robustos resortes de retorno y tienen un acabado en pintura de esmalte cocido<sup>34</sup>

Máxima presión de funcionamiento (psi)	10.000
Clase de capacidad (toneladas imperiales)	25
Capacidad máxima del cilindro Avance (toneladas)	25.8
Carrera(plug)	14,25
Altura de collar A (plug)	18,75
Altura extendido B (plug)	33
Tipo de retorno	simple acción
Tipo de émbolo	sólido
Material	acero
Área efectiva del cilindro de avance (plug <sup>2</sup> )	5,16
Volumen de aceite acence (plug <sup>3</sup> )	73,49
Tratamiento de superficies	pintura
Peso (libras)	39

*3. Tabla de especificaciones del cilindro hidráulico*

Finalmente se dejan todas las especificaciones de fábrica:

- Diseño de cojinete GR2 exclusivo, reduce el desgaste y extiende la duración
- Las roscas del collar y del émbolo, así como los orificios de montaje en la base facilitan la fijación de piezas (en la mayoría de los modelos)
- La aleación de acero de alta resistencia ofrece mayor durabilidad
- Protector de rosca del cilindro rediseñado para facilitar el uso
- Resorte pretensado para trabajo pesado que mejora la velocidad de retracción
- Acabado de esmalte horneado para una mayor resistencia a la corrosión
- Todos los modelos incluyen acople CR 400 y tapa guardapolvo
- Diafragma limpiador que reduce la contaminación, extendiendo la duración del cilindro.

---

<sup>34</sup> (ENERPAC All rights reserved)

## 10. CONCLUSIONES

- Por cuestiones técnicas y de construcción los conductores eléctricos instalados en algunos procesos de la planta no cuentan con el espacio para colocar otras líneas como se especifica en el RETIE y lo estipula la Norma Técnica Colombia NTC 2050, en la que no se debe exceder el 65% de conductores estipulados en cada tubería; razón por la cual se realizó la implementación de sistemas eléctricos o electromecánicos solo en un proceso y se priorizó un prototipo mecánico funcional que dieran solución a las necesidades presentadas en los demás procesos.
- La implementación y la automatización de los sistemas de limpieza contribuyen a la disminución de riesgos para los operarios que se dedican al tratamiento de las aguas residuales y a la preservación del medio ambiente, ocasionando así la disponibilidad de los mismos para otro tipo de tareas.
- Los sistemas electromecánicos están destinados a tareas arduas, con el objetivo de elevar su efectividad y disminuir costos de mantenimiento, dentro de estos aspectos se puede resaltar que su efectividad va encaminada a la producción en este caso a la generación de aguas más limpias, la reducción de gastos en mantenimiento se ve reflejada en que solo se debe generar un mantenimiento predictivo y este está destinado principalmente hacia implementos externos a la pieza electromecánica.<sup>35</sup>
- Una de las contribuciones importantes que se hizo para la empresa, es la búsqueda de necesidades que no siguieran la normativa de seguridad y salud en el trabajo, y que son un punto importante para el cumplimiento de las labores dentro y fuera de la empresa, la correcta utilización de los elementos de protección personal son punto importante y necesarios pero la realización de tareas diarias de manera repetida y con mala postura pueden generar a largo plazo riesgos ergonómicos y aceptación físicas que generarían pérdidas de producción, tiempo y dinero.
- La aplicación de nuevos sistemas, contribuyen a la actualización de los procesos internos que lleva la empresa generando nuevos enfoques para la sostenibilidad y sustentabilidad.

---

<sup>35</sup> (sistemas electromecánicos de acumulación de energía)

## 11. REFERENCIAS

- Finalizando 2014 se entregaría PTAR de Tunja. (16 de Julio de 2014). *EL DIARIO - Boyacá*, pág. 16.
- Aula 10 Formación y Servicios S.L. (16 de Febrero de 2018). *Autocad Aula 10 Formacion*. Recuperado el 2020, de Autocad Aula 10 Formacion: <https://aula10formacion.com/blog/que-es-y-para-que-sirve-autocad/>
- Benavides, M. Y. (2013). *Universidad Nacional de Colombia - bdigital Repositorio Institucional*. Obtenido de Analisis de las condiciones de salud de los trabajadores de una planta de tratamiento de aguas residuales: [bdigital.unal.co/40162/1/27086875.2013.pdf](http://bdigital.unal.co/40162/1/27086875.2013.pdf)
- Bogotá, A. A. (2008). *Acueducto*. Obtenido de [http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/html/resources/PTAR/guia\\_concPTARSalitre.pdf](http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/html/resources/PTAR/guia_concPTARSalitre.pdf)
- Chernicharo, C. A. (2013). Principios del Tratamiento Biologico de Aguas Residuales Reactores Anaerobicos. En C. A. Chernicharo, *Principios del Tratamiento Biologico de Aguas Residuales Reactores Anaerobicos* (pág. 396). Editorial Universitaria .
- CISTEMA. (20 de Marzo de 2014). *Centro de información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente de ARL SURA*. Obtenido de [ridsso.com/documentos/muro/f4891268aa48020850a5744c3fb25708.pdf](http://ridsso.com/documentos/muro/f4891268aa48020850a5744c3fb25708.pdf)
- Corporación Autonoma Regional de Boyacá . (17 de Febrero de 2017). *Corpoboyacá*. Obtenido de <https://www.corpoboyaca.gov.co/noticias/proactiva-presento-el-proyecto-de-la-ptar-tunja-a-los-profesionales-de-corpoboyaca/>
- DANE. (2005). *Programa Internacional de Cooperacion Urbana* . Obtenido de Gestión de Agua : [http://www.iuc.eu/fileadmin/user\\_upload/Regions/iuc\\_lac/user\\_upload/ESP\\_Tunja\\_-\\_Planta\\_de\\_tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales-PTAR.pdf](http://www.iuc.eu/fileadmin/user_upload/Regions/iuc_lac/user_upload/ESP_Tunja_-_Planta_de_tratamiento_de_aguas_residuales-PTAR.pdf)
- Dasigno. (8 de Febrero de 2017). *Alcaldia Mayor de Tunja*. Obtenido de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Tunja es una Realidad: [tunja-boyaca.gov.co/noticias/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-de-tunja-es](http://tunja-boyaca.gov.co/noticias/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-de-tunja-es)
- Dasigno. (22 de Octubre de 2018). *Alcaldia Mayor de Tunja*. Recuperado el 2019, de Alcaldia Mayor de Tunja: <http://www.tunja-boyaca.gov.co/tema/municipio>
- ENERPAC All rights reserved. (s.f.). Obtenido de ENERPAC: <https://www.enerpac.com/es/cilindros/cilindro-de-uso-general/RC2514>
- etitudela. (s.f.). *Auomatismmos y cuadros eléctricos*. Obtenido de INSTALACIONES ELECTROTÉCNICAS: <http://www.etitudela.com/profesores/rbv/04f7af9bf50f1820a/04f7af9bf50f22910/index.html>
- Fundación Victoria . (2016). La importancia de los pasantes en las organizacones. Nicaragua .
- Galeano Nieto, L. J., & Rojas Ibarra, V. D. (2016). *Universidad Catolica de Colombia, Repositorio Institucional*. Obtenido de [repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13930/4/PROPUESTA%20DE%20DISEÑO%20DE%20UNA%20PTAR%20PARA%20EL%20MUNICIOP%20DE%20VELEZ%20-SANTANDER..pdf](http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13930/4/PROPUESTA%20DE%20DISEÑO%20DE%20UNA%20PTAR%20PARA%20EL%20MUNICIOP%20DE%20VELEZ%20-SANTANDER..pdf)
- Instituto de Hidrologia, Meteorologia y Estudios Ambientales. (Julio de 2002). *Publicaciones IDEAM*. Obtenido de Sistema de Información Ambiental de Colombia -SIAC- : [documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/002592/TOMO3-PERFIL.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/002592/TOMO3-PERFIL.pdf)
- JMP Soluciones Integrales en Computación, Comunicaciones y Seguridad Electrónica . (2018). *Tunja Ciudad de Tesoros Escondidos*. Recuperado el 2019, de Tunja Ciudad de Tesoros

- Escondidos : <https://www.tunjatesorosesccondidos.com/index.php/hidrografia/222-hidrografia>
- Jr, W. H., Kemmerly, J. E., & Durbin, S. M. (2007). *Analisis de Circuitos en Ingenieria* . McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V .
- KINGSLEY, C., KUSKO, A., & FITZGERALD, E. (1975). *Teoria y Analisis de Maquinas Electricas*. Editorial Hispano Europea.
- Li, Y., & Zhou, J. (2011). Discussion on sewage treatment technology of rural areas in Beijing. *IEEE Xplore Digital Library*, 4925.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial . (2008). *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial* . Obtenido de [http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Gestion\\_urbana/politica\\_gestion\\_urbana/Pol%C3%ADtica\\_Gestion\\_Ambiental\\_Urbana.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Gestion_urbana/politica_gestion_urbana/Pol%C3%ADtica_Gestion_Ambiental_Urbana.pdf)
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial; Departamento nacional de planeacion;. (Junio de 2004). *Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia*. Obtenido de Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia: [minvivienda.gov.co/ViceministerioAgua/plan\\_nacional\\_de\\_manejo\\_de\\_aguas\\_residuales\\_municipales\\_en\\_colombia.pdf](http://minvivienda.gov.co/ViceministerioAgua/plan_nacional_de_manejo_de_aguas_residuales_municipales_en_colombia.pdf)
- Murueta, M. A. (2019). *Repositorio digital de la Facultad de Ingenieria - UNAM* . Obtenido de Universidad Nacional Autonoma de Mexico : <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/16550/Informe.pdf?sequence=1>
- Pineda Buitrago, L. L. (2017). *Universidad Catolica de Colombia*. Obtenido de Universidad Catolica de Colombia: [repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/14554](http://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/14554)
- Proactiva, V. (2020). *Proactiva Tunja - VEOLIA*. Obtenido de Proactiva Tunja - VEOLIA: <http://www.proactiva.com.co/tunja/>
- Rashid, M. H. (2015). *Electrónica de Potencia - Cuarta Edición*. Pearson.
- Romero Rojas, J. A. (2004). Tratamiento de Aguas Residuales-Teoria y Principios de Diseño. En J. A. Romero Rojas, *Tratamiento de Aguas Residuales-Teoria y Principios de Diseño* (pág. 1248). Editorial Escuela Colombiana de Ingenieria.
- Secretariado Alianza por el Agua/ Ecología y Desarrollo. (s.f.). *Manual de depuracion de aguas residuales urbanas*. Obtenido de [alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf](http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf)
- Valdez, E. C., & Goonzález, A. B. (2003). Academia. En E. C. Valdez, & A. B. Goonzález, *Ingenieria de los Sistemas de tratamiento y disposicion de aguas residuales* . Fundación ICA.
- VEOLIA. (2020 ). *Proactiva Colombia - Veolia* . Obtenido de <http://www.proactiva.com.co/colombia/normas-de-conducta/>
- Viceministro de Ambiente - Dirección de Ecosistemas, Grupo de Recurso Hidrico. (2010). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Política Nacional para la Gestion Integral del Recurso Hidrico : [minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Presentación\\_Política\\_Nacional\\_-\\_Gestión\\_/libro\\_pol\\_nal\\_rec\\_hidrico.pdf](http://minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Presentación_Política_Nacional_-_Gestión_/libro_pol_nal_rec_hidrico.pdf)
- Wang, L.-j., & Chen, C.-b. (2008). Support Vector Machine Applying in the Prediction of Effluent Quality of Sewage Treatment Plant with Cyclic Activated Sludge System Process. *IEEE Xplore Digital Library*, 650.
- Worldwide, P. H. (2020). *Veolia, renovando el mundo*. Obtenido de Veolia, renovando el mundo: <https://www.veolia.com.co/>

