

Práctica empresarial Interconexión Eléctrica S. A. E.S.P

**Leidi Yulieth Bedoya Marulanda
Estudiante en Práctica**

Corporación Universitaria Lasallista

Facultad de Ingenierías

Ingeniería Ambiental

Caldas - Antioquia

2013

Práctica empresarial Interconexión Eléctrica S. A. E.S.P

Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero ambiental

Leidi Yulieth Bedoya Marulanda

Asesor

Elizabeth Pizano Mesa

Ingeniera Ambiental

Especialista en educación Ambiental

Corporación Universitaria Lasallista

Facultad de Ingenierías

Ingeniería Ambiental

Caldas - Antioquia

2013

Resumen

Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P a través de sus empresas filiales y subsidiarias expande, opera y mantiene sistemas de transmisión de energía a alto voltaje, el transporte de telecomunicaciones, concesiones viales y gestión inteligente de sistemas de tiempo real. La gestión ambiental parte de la sostenibilidad del medio ambiente y unas acciones para identificar, evaluar, prevenir, mitigar y controlar las diferentes actividades desarrolladas. La gestión desarrollada en la práctica profesional se fundamentó en los recursos de energía, agua y residuos. Los sistemas de tratamientos de aguas residuales de las subestaciones de transmisión de energía de Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P, cumplen con el decreto 1594 de 1984 para la remoción de contaminantes existentes en cada una de las aguas residuales domésticas, generadas en las subestaciones y vertidas a los diferentes cuerpos de agua superficial. Con la renovación del decreto 3930 de 2010, revisión número 4 y 5, se realizó un estudio de Alternativas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas en las subestaciones de transmisión de energía eléctrica, pertenecientes a Interconexión Eléctrica S. A. E.S.P para lograr el cumplimiento de la normatividad ambiental próxima a regular. Bajo un análisis estadístico, con un índice de confiabilidad de 95 % y con la base bibliográfica de diferentes autores como: Ramalho, Romero, Metcalf and Eddy, entre otros, se realizó 4 prediseños de filtros percoladores, humedales y sistemas de lodos activados para cada uno de los CTE con una subestación como ejemplo. Palabras claves: Subestaciones, CTE, Decreto, Prediseño, Recursos.

Abstract

Electrical Interconnection S.A. ESP through its affiliates and subsidiaries expands, operates and maintains power transmission systems to high voltage, telecommunication transport, intelligent highway concessions and management of real-time systems. Environmental management of environmental sustainability and some actions to identify, assess, prevent, mitigate and control the different activities. Management developed in professional practice was based on energy resources, water and waste. Treatment systems wastewater substation power transmission Electrical Interconnection SA ESP, comply with Decree 1594 of 1984 for the removal of pollutants in each of the domestic wastewater generated and discharged in substations to different surface water bodies. With the renewal of Decree 3930 of 2010, revision number 4 and 5, we conducted a study of alternatives for the treatment of domestic sewage generated in the substations of power transmission, Electric Interconnection belonging to S. A. ESP to achieve compliance with environmental regulations to regulate next. Under statistical analysis, with a reliability rate of 95% and with the bibliographic database of different authors as: Ramalho, Romero, Metcalf and Eddy, among others, was held predesigned trickling filter, wetlands and activated sludge systems for each CTE one substation as an example.

Key words: substation, CTE, decree, predesigned, resources, domestic waste water treatment.

Agradecimientos

Dedicando unas palabras y quedando corta en éstas, no puedo pasar por alto un agradecimiento a las siguientes personas:

- La empresa Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P – ISA – por su apoyo y fortalecimiento, por el gran aporte y crecimiento que me brindaron en los ámbitos personal, social, educativo y empresarial, por brindarme la oportunidad de realizar mi práctica empresarial y conocer todo su potencial como familia empresarial.
- Equipo de gestión ambiental, con especial gratitud a Carlos Alberto Restrepo Carvajal por su colaboración y entrega, por su acompañamiento, compañerismo, confianza, apoyo y paciencia en mi periodo de aprendizaje.
- Elizabeth Pizano Mesa, asesora de trabajo, por su apoyo incondicional, por su guía, paciencia, todas sus enseñanzas y todo su acompañamiento en este proceso de aprendizaje.
- A mis profesores de estudio: Lina María Varón, Edith Cristina Medina Cano, Gloria Correa Restrepo, Giovani Orozco Arbeláez y todos aquellos que me acompañaron y me brindaron todos sus conocimientos, logrando sembrar en mí una semilla de aprendizaje y de sabiduría.
- A mis amigos y compañeros, por las alegrías, tristezas, angustias y todos aquellos momentos que se viven pero que me ayudaron a crecer como persona.
- A toda mi familia, mis padres: Ángel Bedoya Vásquez y Doris Elena Marulanda, por ser ese eje en toda mi vida y carrera profesional, por formarme como persona y por todo ese apoyo que me han brindado. A mi Tía Estella Marulanda por contribuir en circunstancias difíciles presentadas a lo largo de mi proceso, pero que con su apoyo y

paciencia aportaron a mi vida profesional. A toda mi familia por su amor y apoyo incondicional.

- Finalmente a Dios, principalmente a él, por regalarme tantas cosas buenas en la vida que me ayudan a crecer como una persona digna frente a él y que con mucho esfuerzo y mucho amor ha derramado bendiciones y positivismo sobre toda mi vida

A todos(as) muchas gracias, Dios los bendiga y los colme de bendiciones

Contenido

Introducción.....	17
Objetivos.....	19
Objetivo General	19
Objetivos Específicos	19
Justificación	20
Alcance.....	21
Marco Teórico.....	22
Media Aritmética.....	22
Mediana	23
Moda.....	24
Varianza	24
Intervalo De Confianza.....	25
Para muestras pequeñas:.....	25
Desarrollo metodológico	27
Diagnostico	28
Inspección De Estudios Realizados	28
Próxima normatividad a entrar en vigencia.....	29
Análisis y situación actual de ISA	29
Análisis y procesamiento de la información	30
Propuesta.....	30
Desarrollo del diagnostico.....	31
Antecedentes	31
Marco legal	39
Código de industria internacional uniforme –CIU-:	40
Decreto 3930 De 2010.....	41
Revisión 4.....	41
Revisión 5.....	42
Decreto 1594 De 1984.....	44
Análisis Y Procesamiento De La Información	45
Análisis De Resultados	54

Análisis Decreto 3930 Revisión Número 4.....	54
Análisis Decreto 3930 de 2010.....	55
Propuesta	56
Filtros Percoladores	57
Definición	57
Ventilación	60
Pretratamiento en la filtración.	60
Ventajas de los filtros percoladores	61
Desventajas de los filtros percoladores	61
Prediseño	62
Humedales.....	66
Definición.....	66
Humedales Artificiales De Flujo Subsuperficial	67
Impermeabilización.....	68
Entrada y salida.....	68
Vegetación.....	69
Eliminación de DBO	70
Eliminación de SST	70
Eliminación de Patógenos	71
Ventajas de los humedales	71
Desventajas de los humedales	72
Prediseño	72
Lodos Activados.....	78
Definición y funcionamiento:.....	78
Microbiología involucrada	80
Proceso reactor de mezcla completa con recirculación.....	81
Ventajas de los lodos activados	82
Desventajas de los lodos activados	83
Prediseños.....	83
Actividades adicionales.....	89
Indicadores ambientales.....	89

Seguimiento y cumplimiento legal.....	91
Verificación y seguimiento de caracterizaciones de aguas residuales	92
Informes trimestrales	92
Informes de cumplimiento ambiental.....	93
Conclusiones.....	94
Recomendaciones	96
Bibliografía.....	97

Índice de tablas

Tabla 1: Distribución t para un intervalo de confianza del 95%	27
Tabla 2: Características de los parámetros establecidos por Metcalf and Eddy.....	31
Tabla 3: Tratamientos de agua existentes en las subestaciones.....	33
Tabla 4: Límites máximos permisibles establecidos por el decreto 3930 de 2010.....	42
Tabla 5: Parámetros fisicoquímicos de medición obligatoria.	43
Tabla 6: Parámetros a monitorear en vertimientos puntuales	44
Tabla 7: Parámetros establecidos por el decreto 1594 de 1984.....	45
Tabla 8: Resultado afluentes caracterizaciones de aguas residuales subestación Páez.	46
Tabla 9: Resultado efluentes caracterizaciones de aguas residuales subestación Páez.	46
Tabla 10: Análisis estadístico afluentes caracterización de aguas residuales subestación Páez.	47
Tabla 11: Análisis estadístico efluentes caracterización de aguas residuales subestación Páez.	47
Tabla 12: Características de los diferentes sistemas de tratamiento	56
Tabla 13: Propiedades físicas de medios para filtros percoladores	59
Tabla 14: Características principales de los filtros percoladores.....	60
Tabla 15: Criterios del prediseño del filtro percolador– Subestación La Mesa	63
Tabla 16: Características generales del prediseño del filtro percolador – Subestación La Mesa	63
Tabla 17: Criterios de prediseño del filtro percolador – Subestación La Mesa – Batallón Militar	63
Tabla 18: Características generales del prediseño del filtro percolador – Subestación La Mesa	64
Tabla 19: Criterios del pre - diseño del filtro percolador – Subestación Ancón Sur	64
Tabla 20: Características generales del prediseño del filtro percolador – Subestación Ancón Sur	64
Tabla 21: Criterios del prediseño del filtro percolador – Subestación Comuneros	64
Tabla 22: Características generales del prediseño del filtro percolador – Subestación Comuneros	65
Tabla 23: Criterios del prediseño del filtro percolador – Subestación La Esmeralda....	65

Tabla 24: Características generales del prediseño del filtro percolador – Subestación La Esmeralda.	65
Tabla 25: Características típicas del medio para humedales de flujo subsuperficial.....	67
Tabla 26: Criterios para humedales de Flujo Subsuperficial.....	68
Tabla 27: Criterio del prediseño para el humedal - Subestación La Mesa.....	72
Tabla 28: Características generales del prediseño Humedal – Subestación La Mesa	73
Tabla 29: Criterio del prediseño para el humedal - Subestación La Mesa – Batallón Militar.	73
Tabla 30: Características generales del prediseño Humedal – Subestación La Mesa – Batallón Militar.....	73
Tabla 31: Criterio del prediseño para el humedal - Subestación Ancón Sur.....	73
Tabla 32: Características generales del prediseño Humedal – Subestación Ancón Sur .	74
Tabla 33: Criterio del prediseño para el humedal - Subestación Comuneros.	74
Tabla 34: Características generales del prediseño Humedal – Subestación Comuneros	74
Tabla 35: Criterio del prediseño para el humedal - Subestación La Esmeralda.	75
Tabla 36: Características generales del prediseño Humedal – Subestación La Esmeralda	75
Tabla 37: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación La Mesa.....	75
Tabla 38: Características generales del rediseño Humedal – Subestación La Mesa	76
Tabla 39: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación La Mesa – Batallón Militar.	76
Tabla 40: Características generales del rediseño Humedal – Subestación La Mesa – Batallón Militar.....	76
Tabla 41: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación Ancón Sur.	77
Tabla 42: Características generales del rediseño Humedal – Subestación Ancón Sur ...	77
Tabla 43: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación Comuneros.	77
Tabla 44: Características generales del rediseño Humedal – Subestación Comuneros..	78
Tabla 45: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación La Esmeralda.	78
Tabla 46: Características generales del rediseño Humedal – Subestación La Esmeralda	78
Tabla 47: Parámetros de diseño de operación del proceso de lodos activado seleccionado	82
Tabla 48: Parámetros de diseño de operación del proceso de lodos activado seleccionado	82
Tabla 49: Coeficientes cinéticos para tratamiento biológico aeróbico del sustrato orgánico	82

Tabla 50: Criterio del prediseño lodos activados – Subestación La Mesa.....	83
Tabla 51: Criterio del prediseño lodos activados – Subestación La Mesa – Base Militar	84
Tabla 52: Criterio del prediseño lodos activados – Subestación Ancón Sur.....	84
Tabla 53: Criterio del prediseño lodos activados – Subestación Comuneros	85
Tabla 54: Criterio del prediseño lodos activados – Subestación La Esmeralda	85
Tabla 55: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación La Mesa.....	86
Tabla 56: Características generales del rediseño Humedal – Subestación La Mesa	86
Tabla 57: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación La Mesa – Batallón Militar.	86
Tabla 58: Características generales del rediseño Humedal – Subestación La Mesa – Batallón Militar.....	87
Tabla 59: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación Ancón Sur.	87
Tabla 60: Características generales del rediseño Humedal – Subestación Ancón Sur ...	87
Tabla 61: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación Comuneros.	88
Tabla 62: Características generales del rediseño Humedal – Subestación Comuneros ..	88
Tabla 63: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación La Esmeralda.....	88
Tabla 64: Características generales del rediseño Humedal – Subestación La Esmeralda	89

Índice de graficas

Grafica 1: Valores máximos DBO del efluente	48
Grafica 2: Valores mínimo DBO del efluente	49
Grafica 3: Valor mínimo DQO del efluente.	50
Grafica 4: Valor máximo DQO del efluente	51
Grafica 5: Valor mínimo SST del efluente.....	52
Grafica 6: Valor máximo SST del efluente.	53
Grafica 7: Cumplimiento de ISA con el Decreto 3930 de 2010.....	55

Índice de figuras

Figura 1: Diseño metodológico.....	28
Figura 2: Registro fotográfico PTARD.....	37
Figura 3: Diagrama de un filtro percolador típico	58
Figura 4: Tipo de Humedal de Flujo Horizontal Subsuperficial	67
Figura 5: Vegetación Phragmites Australis (Carrizo).....	70
Figura 6: Modelo sistemas de lodos activados	80
Figura 7: Seguimiento y cumplimiento legal Interconexión Electrica S.A E.S.P	91

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Determinación de la media aritmética	22
Ecuación 2: Determinación de la mediana con número impar	23
Ecuación 3: Determinación de la varianza	24
Ecuación 4: determinación de la desviación estándar.....	24
Ecuación 5: Determinación del valor máximo y mínimo para un nivel de confiabilidad.	26

Anexos

Anexo A: Análisis estadístico ARD Interconexión Eléctrica S.A E.S.P

Anexo B: Prediseño filtro percolador

Anexo C: Prediseño humedales

Anexo D: Prediseño lodos activados

Anexo E: Mapa - Subestaciones y líneas de transmisión de energía eléctrica de ISA

Anexo F: Mapa - Corporaciones autónomas regionales, subestaciones y Líneas de transmisión de ISA

Introducción

Actualmente, en Colombia no se ha logrado garantizar el acceso al recurso hídrico a toda la población existente. Además no se cuenta con las condiciones mínimas de calidad de este recurso que permitan suplir las necesidades básicas de la población.

Para lograr un orden en el uso de los recursos es indispensable la articulación de los entes municipales, autoridades ambientales y las grandes empresas que en sus procesos tienen un alto consumo del recurso y generan impactos positivos y negativos al medio.

La empresa dentro de sus políticas establece la protección del medio ambiente, es aquí donde nos integramos al cuidado y uso sostenible, garantizando el cumplimiento de la normatividad ambiental en el tema de vertimientos, consumo razonable y manejo integral de residuos sólidos aplicable a cada uno de nuestros procesos.

El presente estudio parte de la necesidad de establecer alternativas de tratamiento de las aguas residuales generadas en las subestaciones, considerando que éstos sean de fácil operación, y que cumplan con las concentraciones del efluente exigidos por la regulación ambiental actual.

El análisis de alternativas consideró la literatura especializada y el título E del RAS, para la definición de los supuestos necesarios para el diseño de los sistemas, ya que la información que se tiene de las caracterizaciones no permite establecer parámetros básicos de diseño como caudal y concentración de materia orgánica.

El Decreto 3930 de 2010 fija los parámetros máximos permisibles que deben cumplirse para el vertimiento a cuerpos de agua o al suelo asociado de un acuífero. Interconexión Eléctrica S. A. E.S.P vela porque cada uno de sus Centros de Transmisión de Energía –CTE - y sus subestaciones cumplan con todos los parámetros exigidos por la norma.

Este proyecto se fundamentó principalmente en considerar los sistemas de tratamiento más viables para las aguas residuales generadas por cada una de las subestaciones, mejorando las condiciones para el medio ambiente y el de cada uno de los cuerpos de aguas cercanas a sus descargas.

Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P pretende identificar las falencias del sistema de tratamiento de aguas residuales existente en cada una de las subestaciones y a partir de esta desarrollar prediseños que logren fortalecer la eficiencia en cada uno de ellos.

Objetivos

Objetivo General

Realizar diferentes tipos de funciones encaminadas al mejoramiento de la gestión ambiental de ISA, dando cumplimiento a la normatividad ambiental aplicable, teniendo en cuenta los conocimientos adquiridos en la universidad y en la etapa de aprendizaje.

Objetivos Específicos

- Desarrollar alternativas que logren mitigar los impactos ocasionados al medio ambiente por los vertimientos de aguas residuales generados en cada subestación.
- Realizar visitas periódicas a las subestaciones para analizar cada uno de sus procesos y contribuir a la minimización y mitigación de impactos.
- Actualización de las matrices legales para cada una de las subestaciones para dar cumplimiento con la normatividad ambiental vigente. Seguimiento a requerimientos de la autoridad ambiental para cada una de las subestaciones.
- Realizar informes ambientales trimestrales que permitan determinar el consumo de agua, energía y generación de residuos para cada subestación.

Justificación

Es importante resaltar que los cuerpos de aguas superficiales y subterráneos son previamente controlados y monitoreados por las autoridades ambientales. El proceso de práctica empresarial buscó principalmente en disminuir, prevenir, o compensar los impactos ocasionados en las microcuencas donde se realizan los vertimientos en cada una de las subestaciones, además lograr que cada una de ellas sea más amigable con el medio ambiente y que alcance el cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable. Sin dejar de mencionar la gestión realizada en otros entornos, las alternativas de sistemas de tratamiento fue el eje central de la práctica empresarial.

Se recomendaron diferentes tipos de tratamiento de aguas residuales que logren ejecutar altas eficiencias de remoción de contaminantes y lograr cumplir el decreto 3930 de 2010 para que cada una de las subestaciones siga realizando sus previas actividades sin alterar los ecosistemas y el medio ambiente.

La validez del proyecto se fundamentara para cada uno de los sistemas, de tal manera que logren ser viables económico, técnico y operacionalmente para le empresa.

Alcance

La práctica empresarial fue aplicable para las aguas residuales generadas en las 52 subestaciones de Interconexión Eléctrica S. A. E.S.P ubicadas en los cuatro centros de transmisión, a saber: centro, noroccidente, suroccidente y oriente y la gestión enmarcada en cada una de ellas. El estudio de las aguas residuales domésticas uso la información recolectada desde el año 2003 de los sistemas de tratamientos existentes en cada una de las subestaciones. Una vez identificada la necesidad de cada una de las subestaciones se realizaron los prediseños para el fortalecimiento de los sistemas existentes en un periodo de tiempo de 4 meses y lograr la elaboración de un documento técnico que logre cumplir con la regulación ambiental aplicable. Los 2 meses restantes se lograron actualizar los informes de actividades ambientales ejecutadas en operación durante el año 2012 y continuar con las actividades diarias realizadas en todo el proceso de aprendizaje.

Marco Teórico

La estadística es importante a la hora de la investigación porque te permite agrupar, ordenar y analizar la información que se dispone sobre el estudio que se desea ejecutar. La aplicación de la estadística en este estudio nos permitirá realizar una recopilación de datos históricos de cada subestación para la realización tanto de este proyecto como cualquier otro que se desea ejecutar. (Allen L. Webster, 2000)

Media Aritmética

La media aritmética o también conocida como promedio es el valor que caracteriza una serie de valores objeto de estudio a realizar y se obtiene como la suma de todos los valores dividido entre todos los datos que se desean analizar. Por ejemplo, para calcular la media de los últimos 10 exámenes de estadística, simplemente se suman y se dividen por 10. La fórmula aplicada para el análisis de la media aritmética es la siguiente:

Ecuación 1 Determinación de la media aritmética

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_{n-1} + X_N}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

Fuente: ALLEN L. WEBSTER, estadística aplicada a los negocios y la economía

La letra riega mayúscula Σ es el signo de sumatoria que indica que se suman todas las observaciones de 1 a N. Las X_i denotan las observaciones individuales. N es el número total de observaciones.

Mediana

La mediana es aquella variable que me permite determinar iguales frecuencias tanto por encima como por debajo de esta. Es decir, la suma de los valores o las frecuencias de la izquierda o derecha será semejante a la del caso contrario y para determinar este valor manualmente es necesario organizar los valores de mayor a menor o viceversa.

Ecuación 2: Determinación de la mediana con número impar

$$Me = \frac{N + 1}{2}$$

Fuente: ALLEN L. WEBSTER, estadística aplicada a los negocios y la economía

Dónde:

N: es el tamaño de la muestra

Ejemplo: si se tiene la siguiente muestras 1, 3, 2, 5, 4, 7, 6, 9, 8, lo primero es ordenar numéricamente: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 para la frecuencia la mediana sería 5. Si tuviésemos 2, 5,9,3, entonces ordenando numéricamente 2, 3, 5, 9, la media se encuentra entre los números 3 y 5, se deben sumar ambos y dividir por 2 para obtener la media de la muestra. Para este caso la media sería la siguiente $(3+5)/2=4$.

En muestras con un número impar de valores (N), será el valor que ocupe la posición. Si el número valores es par, la mediana será la media aritmética de los valores que ocupen la posición anterior y posterior.

Moda

La observación modal es la observación que ocurre con mayor frecuencia. Ejemplo se tienen las siguientes muestras: 35, 45, 47, 53, 53, 67, la moda es 53. Si la séptima observación 45 se agregara, el conjunto de datos sería bimodal, con modas de 45 y 53.

Varianza

Es el promedio de las desviaciones respecto a su media elevadas al cuadrado. Significa que:

Se encuentra la cantidad por la cual cada observación se desvía de la media.

Se elevan al cuadrado tales observaciones y se halla la media de tales desviaciones elevadas al cuadrado.

Así, se obtiene el de las desviaciones de la media elevadas al cuadrado:

Ecuación 3: Determinación de la varianza

$$S^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Fuente: ALLEN L. WEBSTER, estadística aplicada a los negocios y la economía

Y la desviación estándar de la muestra es:

Ecuación 4: determinación de la desviación estándar

$$S = \sqrt{S^2}$$

Fuente: ALLEN L. WEBSTER, estadística aplicada a los negocios y la economía

Intervalo De Confianza

Un intervalo de confianza te permite determinar el límite inferior de confianza y el límite superior de confianza. Estos límites se hallan calculando primero la media muestral. Luego se suma una cierta cantidad a la media para obtener el límite superior, y la misma cantidad se le resta a la media para obtener el límite inferior.(Allen L. Webster, 2000)

Para muestras pequeñas:

El análisis de las subestaciones que cuentan actualmente con sus caracterizaciones de aguas residuales, fueron determinadas por la distribución t Student, dado que esta prueba se realiza para muestras menores a 30 y cada una de las subestaciones realiza sus caracterizaciones desde el año 2012, periodo que hasta la fecha no supera el límite de la muestra del estudio. (Allen L. Webster, 2000)

Ecuación 5: Determinación del valor máximo y mínimo para un nivel de confiabilidad.

$$\mu = \bar{X} \pm t \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Fuente: ALLEN L. WEBSTER, estadística aplicada a los negocios y la economía

Dónde:

μ = Valor a encontrar

\bar{X} = Media

S = Desviación estándar

\sqrt{n} = Raíz de la muestra

El valor apropiado de t puede hallarse de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Para ilustrar un ejemplo se asume que se tiene una muestra de 15 observaciones. Debido a que $n=15$, los grados de libertad son $g.l. = n-1 = 14$. La t resultante es 2,145.

Tabla 1: Distribución t para un intervalo de confianza del 95%

95% confianza	
g.l	Valor
1	12,706
2	4,303
3	3,182
4	2,776
5	2,571
6	2,447
7	2,365
8	2,306
9	2,262
10	2,228
11	2,201
12	2,179
13	2,16
14	2,145
15	2,131

Fuente:ALLEN L. WEBSTER, estadística

aplicada a los negocios y la economía

Desarrollo metodológico

A continuación se describe la metodología que se utilizó en el estudio construido en tres fases, a saber: Diagnostico, análisis y procesamiento de la información y propuesta. Dichas variables permitieron explorar todo el análisis completo desde el punto de vista técnico, teórico, legal y ambiental para cada uno de las subestaciones.

Figura 1: Diseño metodológico



Diagnostico

En esta fase inicial se realiza la recopilación existente de cada una de las subestaciones. A continuación se describe paso a paso la metodología utilizada.

Inspección De Estudios Realizados

En la revisión de las caracterizaciones de aguas residuales domésticas generadas en las subestaciones de Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P, se encontró que los estudios dentro del grupo empresarial son pocos y basados en la determinación de la calidad del efluente,

permitiendo clasificar la concentración de los contaminantes en tres categorías: débiles, media y alta.

Otro de los hallazgos encontrados fue un inventario de sistemas de tratamientos en cada una de las subestaciones, donde se define las dimensiones de cada uno de los sistemas de tratamiento, que tipo de mantenimiento y la frecuencia del mismo.

Próxima normatividad a entrar en vigencia

En esta etapa se realizó la exploración del Decreto 3930 del 2010 y de cada una de las revisiones realizadas por el Ministerio de Medio Ambiente y partes afectadas. Los resultados obtenidos se presentan en el numeral 7 del presente documento.

Análisis y situación actual de ISA

Se realizó una búsqueda exhaustiva para determinar la situación actual en la que se encuentra la Gerencia de Transporte de Energía respecto al desempeño de sus sistemas de tratamiento, mediante los monitoreos realizados entre 2003 y 2012. Estas caracterizaciones se realizan con base en el Decreto 1594 de 1984, donde establece los parámetros máximos permisibles para el vertimiento de aguas residuales.

Las caracterizaciones se tabularon para desarrollar el análisis estadístico de los efluentes de los parámetros DBO, DQO y SST y establecer con éste las posibles alternativas de tratamiento.

Los efluentes de cada subestación fueron sometidos al análisis para obtener un índice de confiabilidad del 95% y determinar de acuerdo a la norma cuáles subestaciones cumplirían con lo exigido en el Decreto 3930 de 2010. Para tener mayor información del estado actual de cada

una de los vertimientos realizados en las subestaciones, se realizó la recopilación de las caracterizaciones a partir del año 2003 hasta el 2012, debido a que los años anteriores presentaban datos muy esporádicos. Anotando que el periodo más confiable está entre el 2009 y el 2012.

Posteriormente, se aplicaron las variables estadísticas seleccionadas (la media, mediana, la desviación estándar y la varianza), a los efluentes de las 52 subestaciones y poder así determinar el nivel de confianza del 95% y cuantificar las subestaciones que estaban cumpliendo con el nivel máximo permisible exigido por el Decreto. Al realizar el análisis el 69% de las subestaciones se encontraban dentro de los límites máximos permisibles por el Decreto 3930 de 2010, a partir de estos hallazgos se dieron recomendaciones para los diferentes tipos de tratamiento.

Análisis y procesamiento de la información

Empleando variables estadísticas como la media, mediana, varianza y desviación estándar, se aplicó un nivel de confiabilidad del 95% para determinar cuáles son los límites máximos y mínimos en los cuales se encuentra cada una las caracterizaciones de las aguas residuales de las subestaciones. A partir de la información obtenida se planteó una alternativa para disminuir la concentración de contaminantes presentes en las aguas residuales domésticas.

Propuesta.

Luego de obtener los índices de confiabilidad del 95% para cada una de las subestaciones, se presenta la propuesta para complementar cada uno de los sistemas existentes en ellas. Los sistemas propuestos se basan en la eficiencia de remoción de contaminantes como la DBO, DQO y SST, éstos analizados en los índices de confiabilidad.

Desarrollo del diagnostico

Antecedentes

En el año 2008 se presentaron a 21 Corporaciones Autónomas Regionales, CAR's, los análisis de vertimientos de aguas residuales domésticas de las subestaciones para la concentración de contaminantes existentes en éstas. La metodología utilizada fue tomada del libro Ingeniería de agua residuales: tratamiento, vertido y reutilización de Metcalf and Eddy.

En la metodología propuesta por Metcalf and Eddy, ISA clasificó las aguas residuales domésticas en tres categorías: débil, media y alta. Considerando esta metodología se presentó a las Autoridades Ambientales su análisis sobre sus aguas residuales entre el periodo 2003 – 2012. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los parámetros establecidos según la metodología seleccionada.

Tabla 2: Características de los parámetros establecidos por Metcalf and Eddy

Concentración				
Parámetro	Unidades	Débil	Media	Alta
Sólidos suspendidos	mg / L	<100	<100 y > 220	> 220
Grasas y aceites	mg / L	< 50	< 50 y >100	>100
DBO	mg / L	<110	<110 y >220	>220
Sólidos sedimentables	mg / L	<5	<5 y >20	>20

Fuente: Informe 2009 - Análisis de vertimientos aguas residuales domesticas en las subestaciones

Los resultados fueron los siguientes (SA, 2009):

Grasas y aceites: Se analizaron 163 muestras de agua residual doméstica, donde el 36.2% reflejó concentraciones débiles, y el 49.1% alta. A la salida del sistema de tratamiento se determinó un porcentaje del 12.2%, estableciendo una concentración alta

Demanda bioquímica de oxígeno: Se tomaron 206 muestras en la cual se encontró que el 81.1% de las muestras se clasifican como débiles.

Sólidos sedimentables: Se analizaron 150 muestras, en las cuales el afluente presentó un 48.7% de concentraciones débiles, un 43.33 % como concentraciones altas; mientras que para el efluente los resultados fueron 7.27% altas y 91.52% débiles.

Sólidos suspendidos: Se tomaron 194 muestras, donde se reflejó un porcentaje de 86.1% para concentraciones débiles y solo el 4.4% se clasificó como una concentración alta.

En el año 2007 se realizó el inventario de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas actualizado posteriormente en el 2010. Con este trabajo se determinó que la mayor parte de las subestaciones tienen trampas de grasas, tanques sépticos y filtros anaerobios de flujo ascendente, que ayudan a la remoción de los contaminantes generados. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presentada a continuación se resumen los sistemas de tratamiento para aguas residuales contenidas para cada una de las subestaciones:

Tabla 3: Tratamientos de agua existentes en las subestaciones

CTE	Subestación	Ubicación	Trampa de grasas	Tanque séptico	FAFA	Descarga	Campo de infiltración	Pozo de absorción	Humedales	Lecho de secado
CENTRO	Chivor	Casa de Control		X	X					
	Ibagué	Casa de Control	X	X			X			
		Cafetería	X	X						
	La Mesa	Edif. Admon.		X			X			
		Casino	X	X			X			
		Casa Fiscal		X			X			
		Base Ejercito	X	X	X					
	La Reforma	Casa de Control	X	X			X			
		Portería	X	X			X	X	X	
		Base Ejercito	X	X	X					
	San Felipe	Portería		X	X		X			
		Casa de Control	X	X	X		X			
		Cafetería	X	X	X	X				
	Sochagotá	Casa de Control	X	X		Red Aguas Lluvias	X			
	Torca	Edif. Admon.		X	X	Al canal zona norte				
		Edif. Camerinos		X	X	Al campo de infiltr.	X			
Restaurante		X	X	X	Al campo de infiltr.	X				
Campamento Policía		X	X	X	Al canal zona norte					

CTE	Subestación	Ubicación	Trampa de grasas	Tanque séptico	FAFA	Descarga	Campo de infiltración	Pozo de absorción	Humedales	Lecho de secado
CENTRO	Torca	Edif. Líneas		X	X	Al canal calle 200				
	La Miel	Edif. Control	X	X	X	Al canal de aguas lluvias				
		Portería		X	X	A un terreno boscoso aledaño				
	Purnio	Portería	X			Al campo de infiltración				
		Casa de Control	X	X	X		X			
	Bacatá	Casa de Control	X	X	X	Al campo de infiltración	X			
ORIENTE	Guatiguará	Casa de Control	X	X	X	X	X			
	Ocaña	Edificio de Control	X	X				X		
		Quiosco	X							
	Comuneros	Casa de Control	X	X			X			
		Portería					X			
	Caricare	Edificio de Control	X	X		X	X			
	Cira Infantas	Casa de Control	X	X		X				
		Caseta de Vigilancia		X		X				
	Cira Infantas	Caseta Vigilancia		X						
	Samoré	Casa de Control	X			X				
	Primavera	Casa de Control	X	X						X
Caño Limón	Casa de Control	X	X		X					
Banadía	Casa de Control	X	X		X					

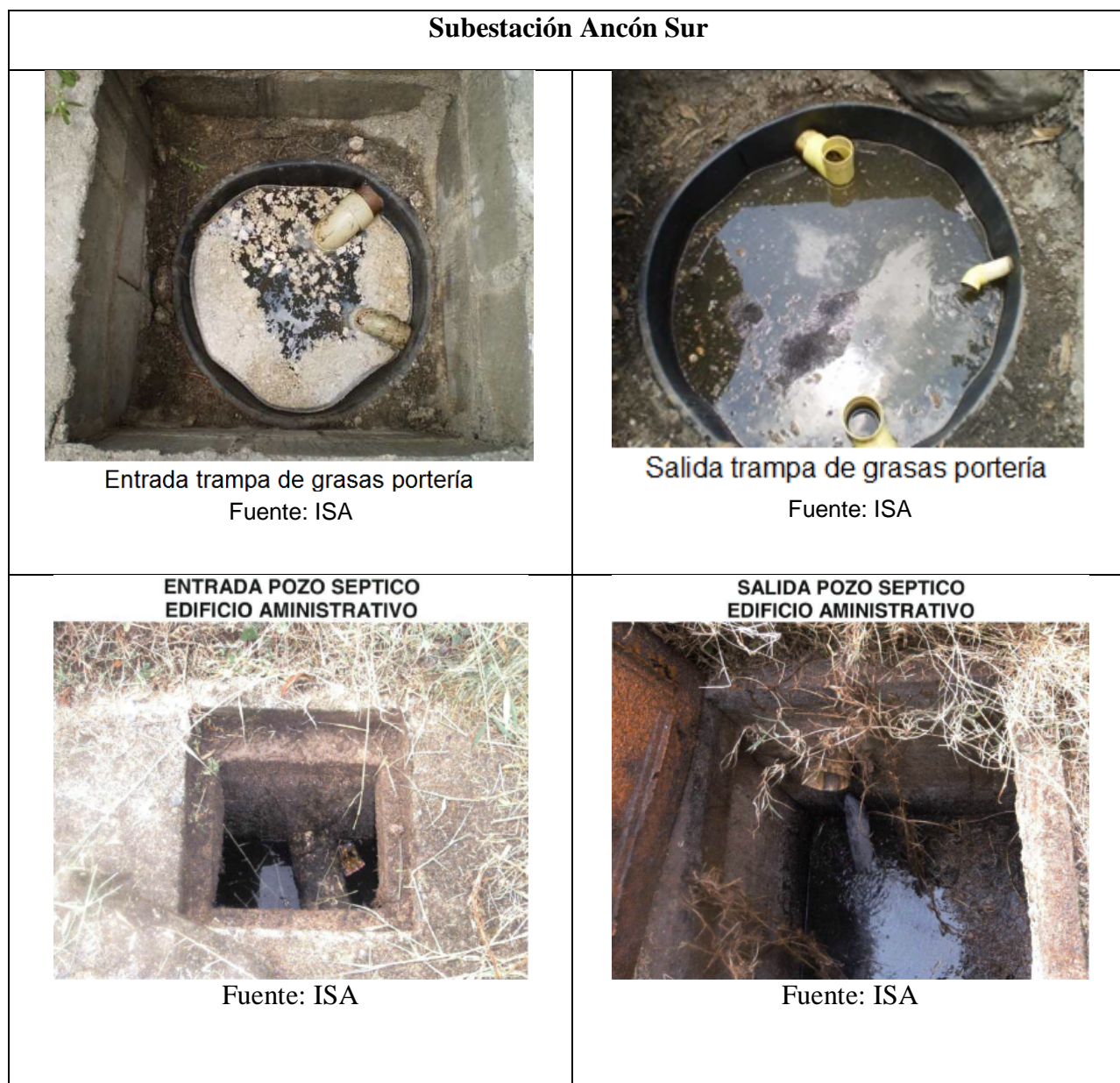
CTE	Subestación	Ubicación	Trampa de grasas	Tanque séptico	FAFA	Descarga	Campo de infiltración	Pozo de absorción	Humedales	Lecho de secado
NOROCCIDENTE	Bolívar	Ed. Control	X	X			X			
		Portería		X						
	Chinú	Casa de Control		X			X			
		Camp. Policía	X	X						
	Cerromatoso	Casa de Control	X	2			X			
		Casino	X	X		X				
		Estación Policía	X	X						
	Copey	Casa de Control		X						
	Jaguas	Casa de Control	X	X		X				
		Caseta		X		X				
	San Carlos 230 kV	Casa de Control	X	X						
	San Carlos 500 kV	Vactor	X	X						
	Ancón Sur	Portería	X	X			X			
		Laboratorio	X	X			X			X
		Ed. Control	X	X						
		Bloque Admon.	X	X			X			
		Restaurante	X	X						
		Base Militar	X	X						
	Sabanalarga	Casa de Control	X	X						
		Bodega	X	X			X			
Urrá	Casa de Control		X							

CTE	Subestación	Ubicación	Trampa de grasas	Tanque séptico	FAFA	Descarga	Campo de infiltración	Pozo de absorción	Humedales	Lecho de secado
SUROCCIDENTE	Esmeralda	Casa de Control		X			X			
		Casino	X	X						
	Jamondino	Edif. De Control		X			X			
		Casino					X			
		Base ejercito		X						
	La Virginia	Edif. Control	X	X			X	X		
		Portería	X	X			X	X		
	San Bernardino	Base Militar		X			X			
		Casa de Control		X			X			
	San Marcos	Casa de Control	X	X			X			
	Yumbo	Casa de Control		X			X			
Páez	Casa de Control	X	X							
Sede Palmira		Casa de Control	X	X			X			

Fuente: Informe STARD ISA 2011

En resumen se tiene lo siguiente: 49 trampas de grasas, 66 pozos sépticos, 49 FAFA, 22 campos de infiltración, 6 pozos de absorción, 2 humedales. Cabe resaltar que 17 sistemas de tratamiento en las subestaciones se encuentran como un solo sistema (FAFA + Pozo séptico), es decir, es un solo compartimiento con dos recamaras, donde una de las recamaras corresponde al pozo séptico y el otro es el FAFA.

Figura 2: Registro fotográfico PTARD



Subestación Jaguas

ENTRADA POZO SÉPTICO



Fuente: ISA

SALIDA POZO SÉPTICO



Fuente: ISA

Subestación Torca

Entrada TS Restaurante



Fuente: ISA

Salida TG Restaurante



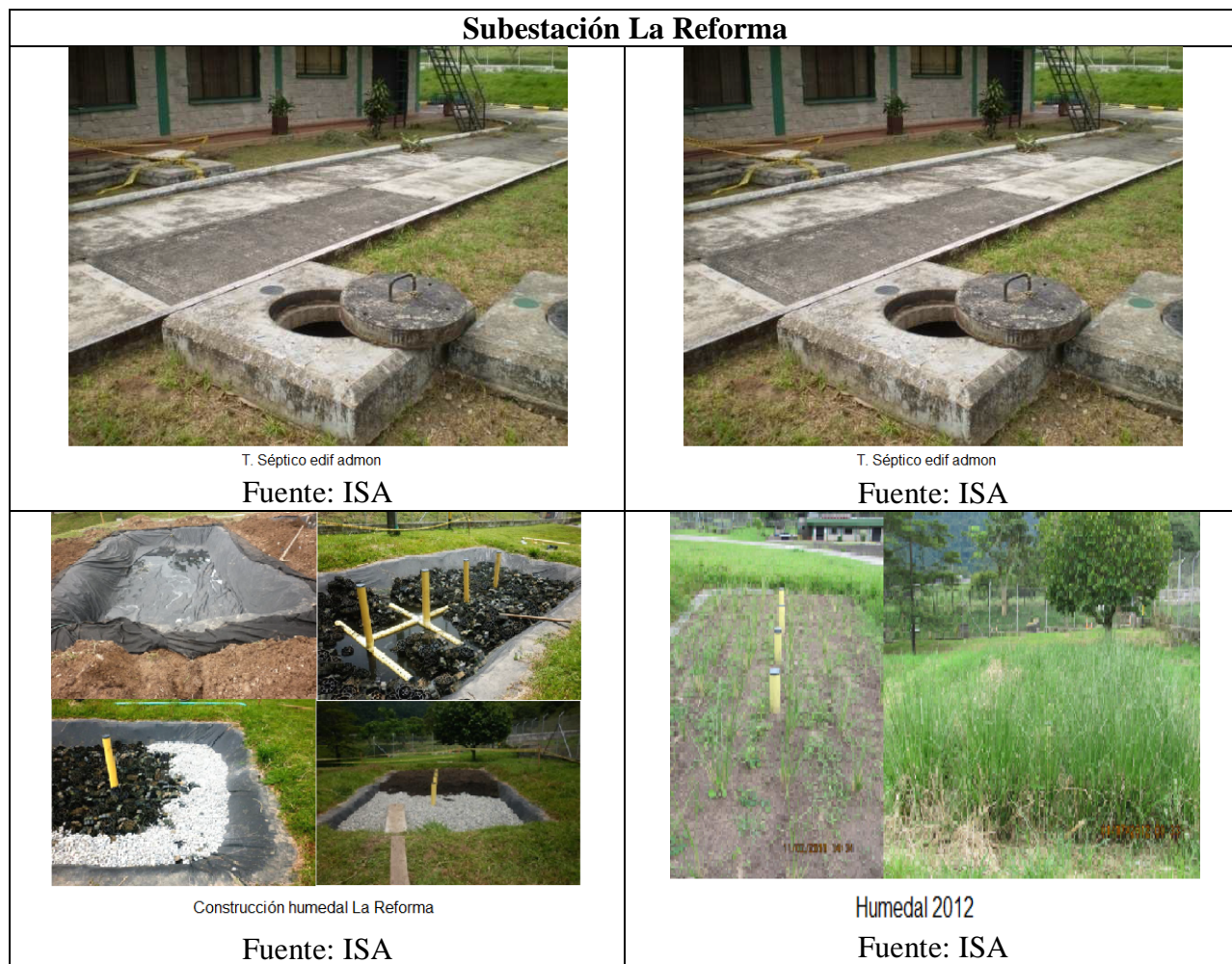
Fuente: ISA



Construcción de Humedales
Fuente: ISA



Construcción de Humedales
Fuente: ISA



Marco legal

Debido a la carencia de herramientas claras que permitan lograr el control del recurso hídrico, las Autoridades Ambientales como entidades planificadoras del desarrollo del país, se dieron a la tarea de estructurar y elaborar normas que ayuden a reducir, corregir y mitigar los vertimientos realizados por las empresas.

A continuación se presenta la normatividad vigente concerniente a descargas de aguas residuales, considerando los posibles impactos de los documentos borrador (versiones 4 y 5) del Decreto complementario del Decreto 3930 permitidos.

Código de industria internacional uniforme –CIIU-:

El código CIIU es un tipo de clasificación uniforme de las actividades económicas de una empresa (DANE 2012).

ISA se encuentra en la sección E, división 40 y 41, correspondiente a suministro de electricidad, gas natural, vapor y agua. Esta sección abarca el código CIIU 4010, por el cual hay generación, captación y distribución de energía eléctrica, que incluyen las siguientes especificaciones según documento publicado por el DANE:

- La explotación de las instalaciones de generación de energía eléctrica, ya sean termales, nucleares, hidroeléctricas, de turbina de gas, de diesel o renovables.
- La explotación de los sistemas de transmisión que conducen la energía desde las instalaciones de generación hasta el sistema de distribución.
- La explotación de los sistemas de distribución (integrados por líneas, los postes, los contadores y las instalaciones eléctricas) que transportan la energía eléctrica recibida de la central eléctrica o del sistema de transmisión hasta el consumidor.
- La comercialización de electricidad a los usuarios. Las actividades de los agentes que venden electricidad a través de sistemas de distribución de energía que operan terceros.
- Se incluyen las centrales de energía eléctrica que venden a terceros una parte importante de la electricidad que generan, a la vez que producen electricidad para su empresa matriz, y sobre las cuales puede informarse en forma separada de las demás unidades de la empresa matriz.

En la revisión 5 del Decreto 3930 de 2010 realizada entre el Ministerio de Medio Ambiente y las partes afectadas, ISA fue excluida de dar cumplimiento a este código a razón de

las características de su agua residual, y será categorizada sólo como aguas residuales de actividades domésticas.

Decreto 3930 De 2010

Revisión 4

La revisión 4 fue realizada el día 30 de abril de 2012 por el Ministerio de Medio Ambiente y todas las partes afectadas, donde se establecieron los parámetros y límites máximos permisibles para los vertimientos a cuerpos de aguas superficiales o alcantarillados públicos. En el artículo 54 presentado a continuación se resume los parámetros a monitorear en cada uno de los vertimientos.

Artículo 54: parámetros a monitorear en los vertimientos puntuales de aguas residuales de generadores que desarrollan actividades del código CIU:

Código CIU-Sección E: suministro de electricidad, gas y agua.

Clase del código CIU: 4010. Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.

Tabla 4: Límites máximos permisibles establecidos por el decreto 3930 de 2010

PARÁMETRO	UNIDADES	VALORES LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	
		Cuerpo de agua superficial	Alcantarillado público
Temperatura	°C	La diferencia de temperatura en todo momento en la zona de mezcla en el cuerpo de agua superficial receptor, debe ser menor a 5.0 °C en función valor absoluto, con respeto a la temperatura del cuerpo de agua antes de la descarga y por fuera de la influencia de la zona de mezcla.	<40.0°C
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	200	600
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂	50	50
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	50	50
Sólidos sedimentables (SSED)	mg/L	1	2
Material flotante	mg/L	0.5	----
Grasas y aceites	mg/L	20	50
Fenoles	mg/L	0.1	0.2
Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	4	5
HIDROCARBUROS			
Hidrocarburos totales (HTP)	mg/L	2	5
NUTRIENTES			
Fosforo total (P)	mg/L	1	5
IONES			
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	200	500
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mg/L	200	500
METALES Y METALOIDES			
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.02
Cinc (Zn)	mg/L	0.2	1
Mercurio (Hg)	mg/L	0.001	0.02
Níquel (Ni)	mg/L	0.02	2
Plomo (Pb)	mg/L	0.03	0.1

Fuente:Decreto 3930 de 2010 Revisión 4

Revisión 5

En la quinta revisión del Decreto 3930 de 2010 realizada entre el Ministerio de Medio Ambiente y las partes afectadas el día 17 de octubre de 2012, se modificaron los parámetro como la DBO y SST que estaban establecidos en la revisión número 4. Además, presentaron cambios en la clasificación de las actividades económicas establecidas por el código CIU, cambio que beneficio a ISA y no la categoriza dentro de este tipo de códigos. Los parámetros DBO y SST ampliaron sus límites permisibles para realizar sus vertimientos.

A partir de ésta revisión ISA será regulada con los artículos 20 y 72 del presente Decreto, a saber:

Artículo 20: Parámetros Físicoquímicos de Medición Obligatoria para todos los Vertimientos Puntuales. Para la caracterización de los vertimientos, los parámetros que deben medirse In Situ para cada una de las muestras tomadas del mismo son los siguientes (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2012)

Tabla 5: Parámetros físicoquímicos de medición obligatoria.

Físicoquímicos		
pH		
Temperatura (°C)		
Conductividad eléctrica (µS/cm)		
Caudal volumétrico (L/s)		
Otros		
Acidez total (mg/L CaCO ₃)		
Alcalinidad Total (mg/L CaCO ₃)		
Dureza Cálctica (mg/L CaCO ₃)		
Dureza total (mg/L CaCO ₃)		
Material Flotante (mg/L)		
Color Real (m ⁻¹)	Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda	λ (1) = 436 nanómetros
		λ (1) = 525 nanómetros
		λ (1) = 620 nanómetros

Fuente:Decreto 3930 de 2010 Revisión 5

Artículo 72: Parámetros a monitorear en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas. A continuación se establecen los parámetros que se deben monitorear en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas de las actividades productivas (industriales, comerciales o de servicios) y las de soluciones individuales de saneamiento básico de viviendas unifamiliares, bifamiliares, edificaciones o concentración de edificaciones habitacionales, y los valores límites máximos permisibles para descargas a cuerpos de agua superficiales (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2012).

Tabla 6: Parámetros a monitorear en vertimientos puntuales

PARÁMETRO	UNIDADES	VALORES LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
		Revisión 5
		CUERPO DE AGUA SUPERFICIAL
Generales		
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂	150
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	100
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5
Grasas y Aceites	mg/L	50
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	5
Nutrientes		
Fósforo Total (P)	mg/L	2
Compuestos Nitrogenados		
Nitrógeno Total (N)	mg/L	10

Fuente: Decreto 3930 de 2010 Revisión 5

Decreto 1594 De 1984

Este decreto establece los parámetros de remoción para residuos líquidos, fue derogado por el art 72. Decreto Nacional 3930 de 2010.

Artículo 72: Todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

Tabla 7: Parámetros establecidos por el decreto 1594 de 1984

Parámetro	Valor de orientación
pH	5 - 9 Unidades
Temperatura	<40°C
Material flotante	Ausente
Grasas y aceites	Remoción >80 % en carga
Sólidos suspendidos	
Domésticos o	Remoción >50 % en carga
Industriales	Remoción >80 % en carga
DBO	
Desechos domésticos	Remoción > 30% en carga
Desechos industriales	Remoción > 20% en carga

Fuente:Decreto 1594 de 1984

➤ **Aplicabilidad a la empresa:**

El avance que se logra en el Decreto 3930 de 2010 con respecto al 1594 de 1984 es la eliminación del porcentaje de remoción, dado que el Decreto 1594 de 1984 establece el porcentaje de remoción en carga y el Decreto 3930 de 2010 indica cuánto es el límite de contaminante permisible para el vertimiento de un residuo líquido.

Las exigencias establecidas en el Decreto 3930 de 2010, ISA sería impactada negativamente, un ejemplo de las exigencias es el parámetro de color, no se tienen los sistemas de tratamiento que logren obtener con lo exigido en este Decreto y se tendría que buscar nuevas alternativas que logren cumplir con la norma próxima a regular.

Análisis Y Procesamiento De La Información

Las subestaciones realizan anualmente caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas de sus aguas residuales domésticas desde el 2003. Anotando que a partir del año 2009 se observa

mayor normalidad en las caracterizaciones con respecto al cumplimiento en la periodicidad de éstas y con el cumplimiento de los registros reportados.

Con cada uno de los datos recopilados de las caracterizaciones de aguas residuales de las subestaciones, se construyó una base de datos, la cual consta de las siguientes variables:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO
- Demanda Química de Oxígeno – DQO
- Sólidos Suspendidos Totales – SST

Las variables fueron analizadas con el método de Student, con una confiabilidad del 95%.

A continuación se ilustrara un ejemplo con la subestación Páez

Tabla 8: Resultado afluentes caracterizaciones de aguas residuales subestación Páez.

CTE	S/E	Control	Parámetros	2003	2003 - 2	2004	2005	2006	2007	2012
				Antes del tratamiento						
SW	Páez	Casa Control	DBO ₅ (mg/L)	177.3	157.62	41.00	314.0	64.00	356.0	107

Tabla 9: Resultado efluentes caracterizaciones de aguas residuales subestación Páez.

CTE	S/E	Control	Parámetros	2003	2003 - 2	2004	2005	2006	2007	2012
				Después del tto						
SW	Paez	Casa control	DBO ₅ (mg/L)	46.56	39.90	32.00	15.00	6.00	15.00	52.00

Una vez recopilado toda la información de la subestación Páez se realiza un análisis estadístico que consta de las variables mencionadas en el numeral 4, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 10: Análisis estadístico afluentes caracterización de aguas residuales subestación Páez.

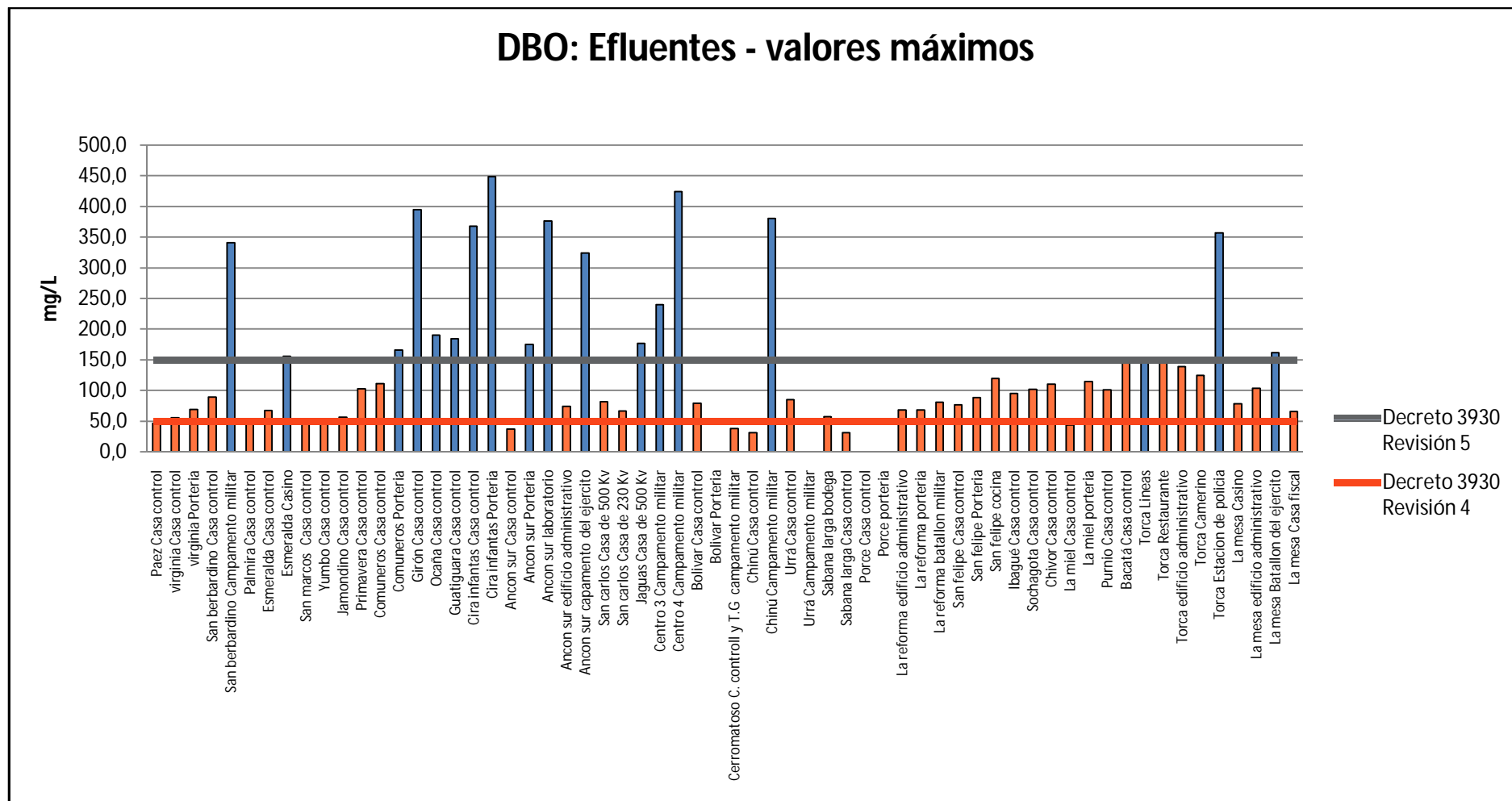
Media	Mediana	Varianza	Des. Estandar	Xmin	Xmax	Moda	Tamaño de la muestra	n-1	t student	Valor minimo	Valor maximo
174	158	14547	120.6	41	356	#N/A	7	6	2.447	62.30	285.40

Tabla 11: Análisis estadístico efluentes caracterización de aguas residuales subestación Páez.

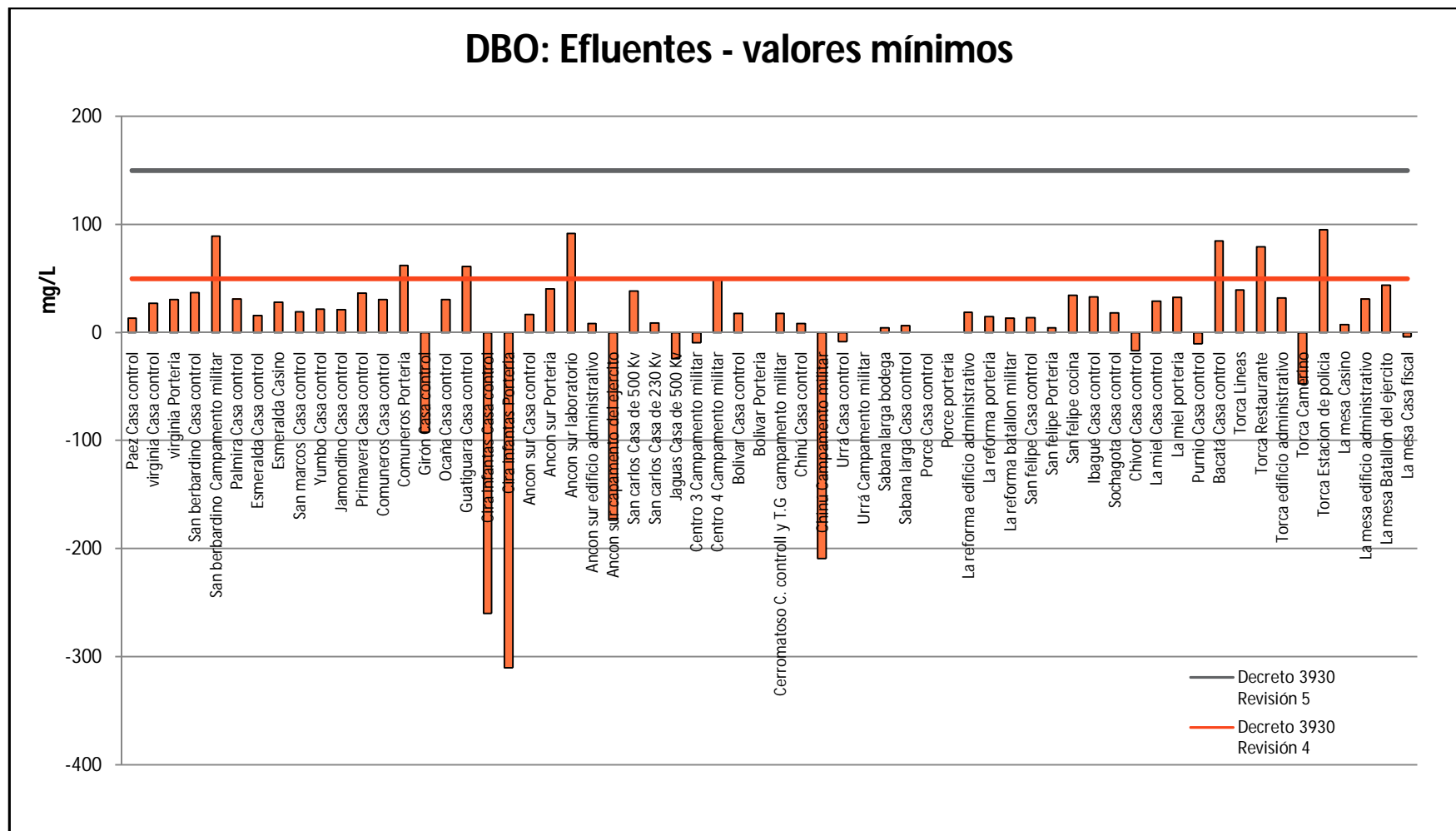
Media	Mediana	Varianza	Des. Estandar	Xmin	Xmax	Moda	Tamaño de la muestra	n-1	t student	Valor minimo	Valor maximo
29.49	32.00	314.08	17.72	6.00	52.00	15	7	6	2.447	13.10	45.9

De esta manera se realizó el análisis estadístico para cada una de las subestaciones, donde a continuación se ilustran los resultados arrojados.

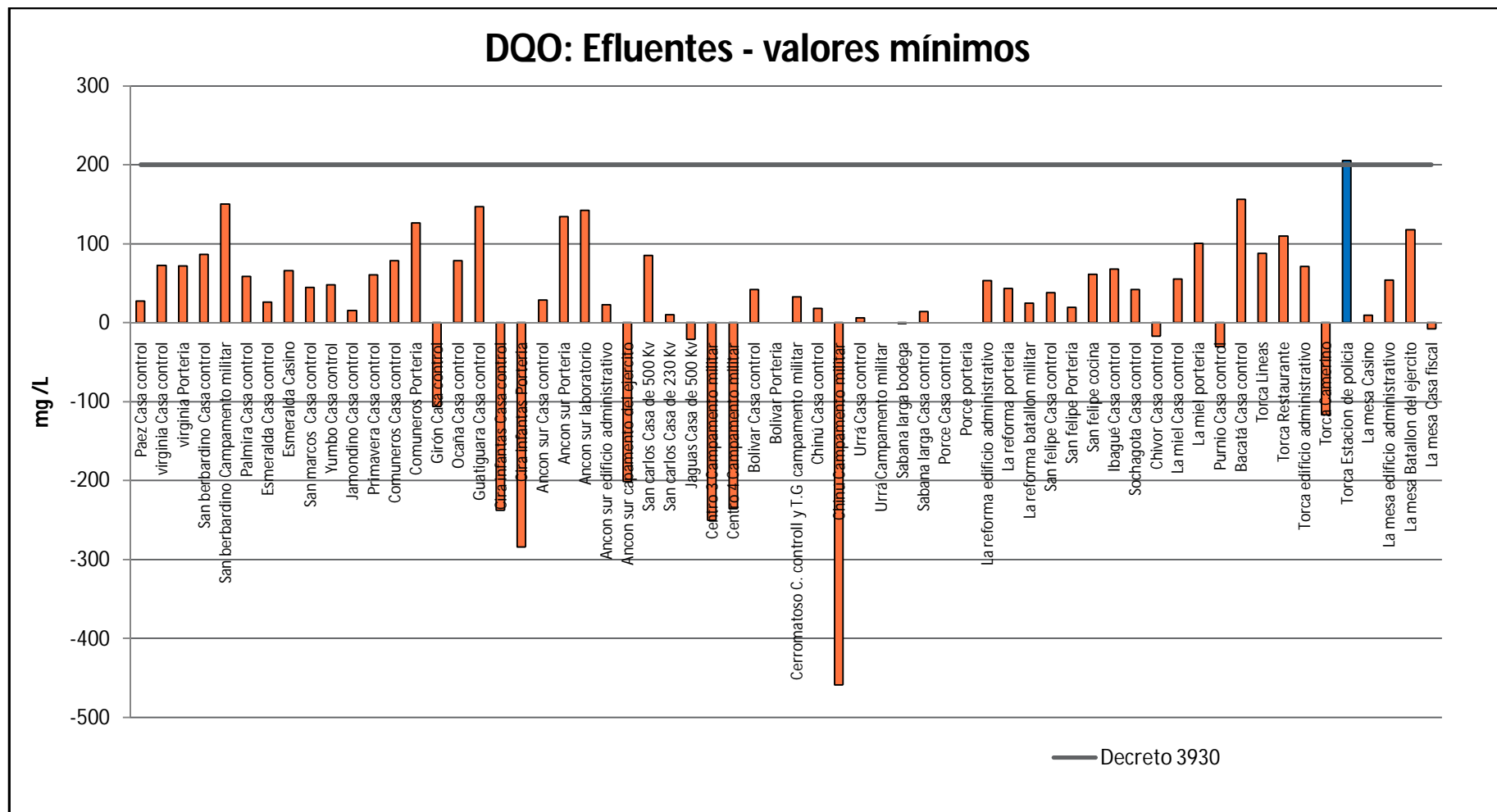
Grafica 1: Valores máximos DBO del efluente



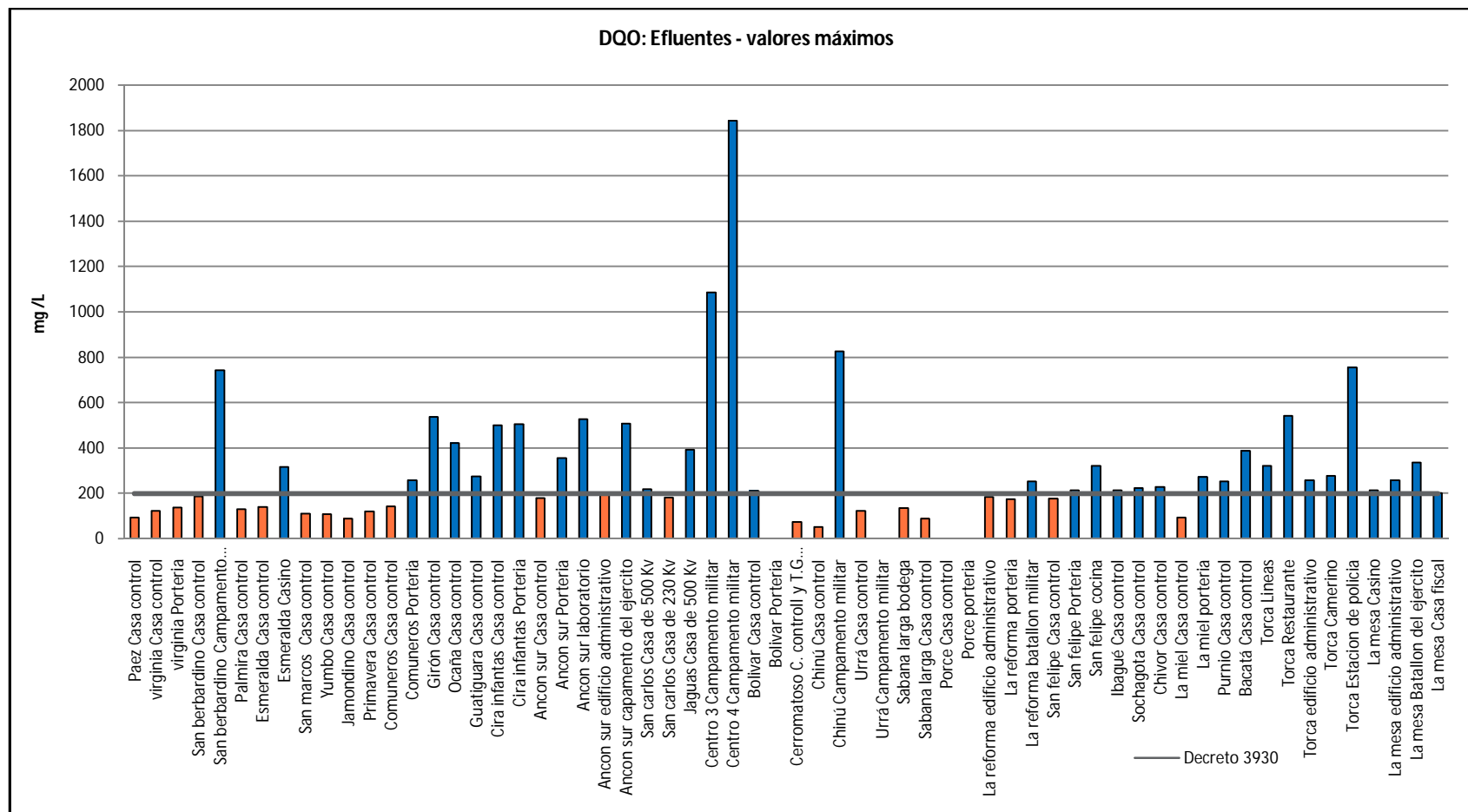
Grafica 2: Valores mínimo DBO del efluente



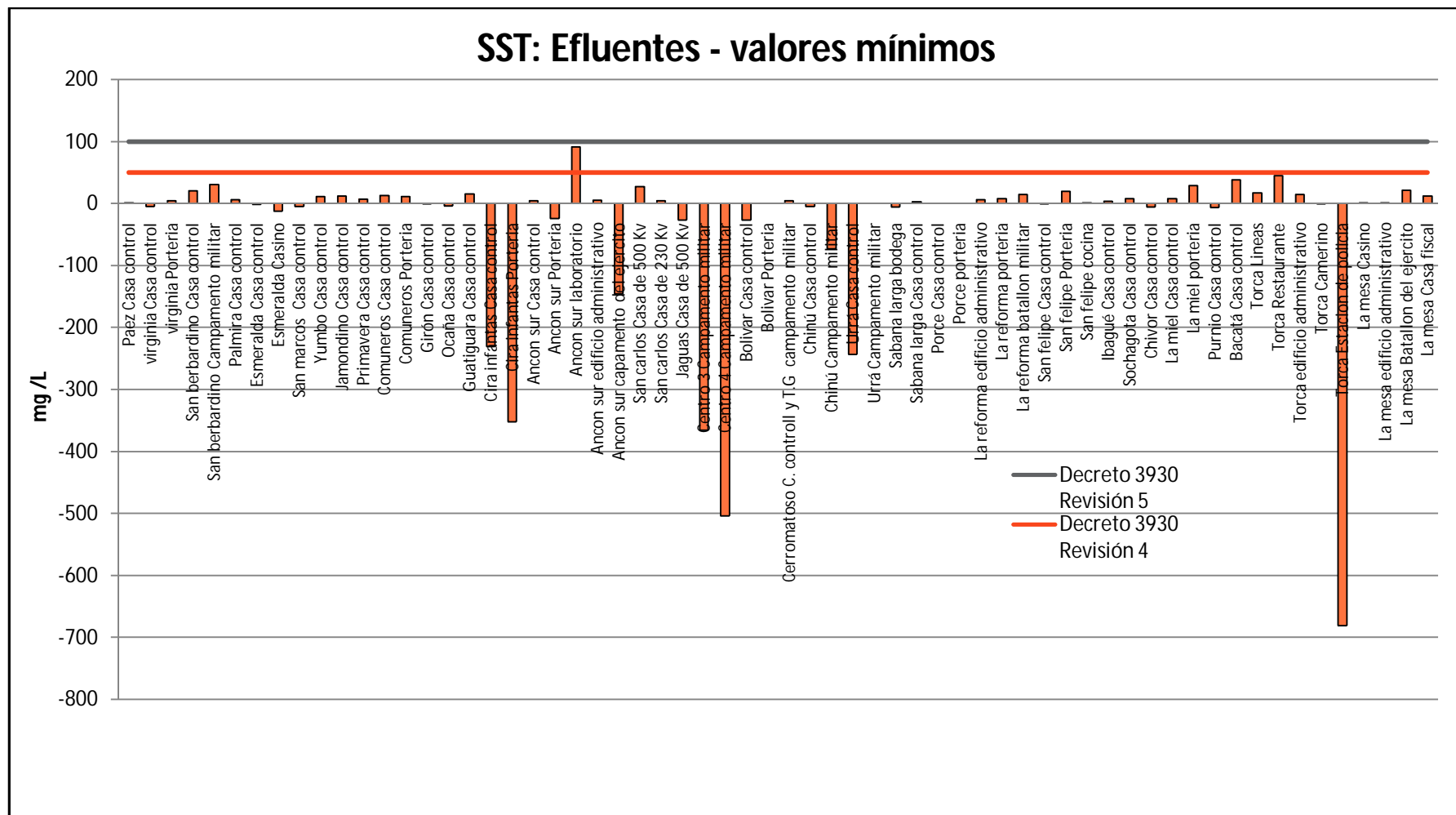
Grafica 3: Valor mínimo DQO del efluente.



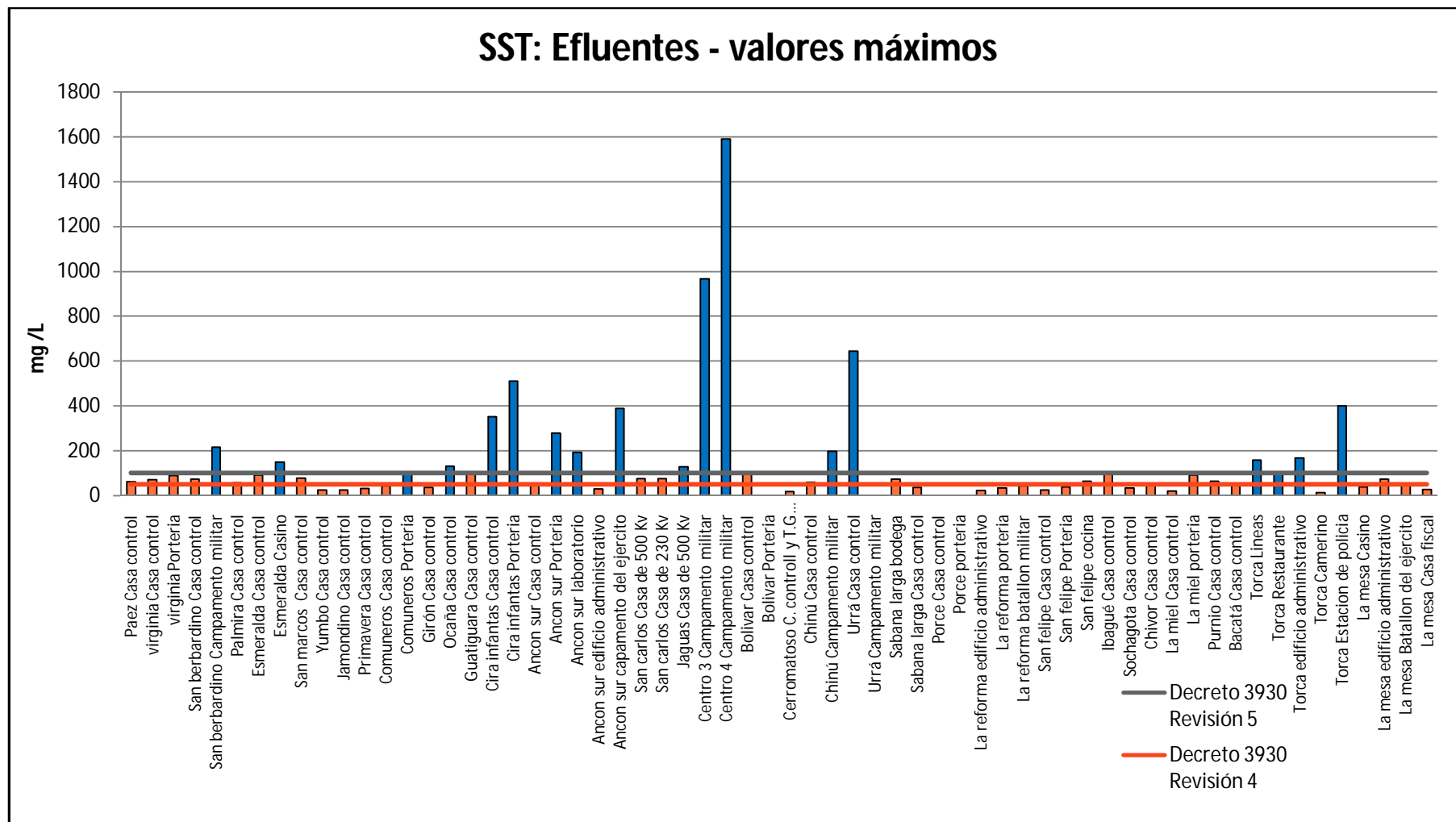
Grafica 4: Valor máximo DQO del efluente



Grafica 5: Valor mínimo SST del efluente



Grafica 6: Valor máximo SST del efluente.



Análisis De Resultados

Una confiabilidad del 95% arroja un valor máximo y mínimo, el cual determina para cada subestación el rango en el que se encuentran los valores de cada una de las caracterizaciones, y como se encuentra frente al cumplimiento con el Decreto 3930 de 2010.

Análisis Decreto 3930 Revisión Número 4

Las Grafica 1y Grafica 2se observan resultados poco favorables, ya que con una confiabilidad del 95 % tan solo llegarían a cumplir lo establecido en el decreto 3930 de 2010 nueve sistemas de tratamiento de aguas residuales, las cuales son: Páez, Palmira – casa control, San Marcos, Yumbo, Ancón Sur – casa control, Cerromatoso, Chinú, Sabana larga y La Miel.

Las otras subestaciones presentan datos muy esporádicos, lo que indica que es posible que se presenten inconvenientes a la hora de realizar los análisis estadísticos, también sumado a esto se hallaron resultados poco confiables en algunas caracterizaciones, probablemente se presentaron errores en los informes de los laboratorios que realizan dichas caracterizaciones.

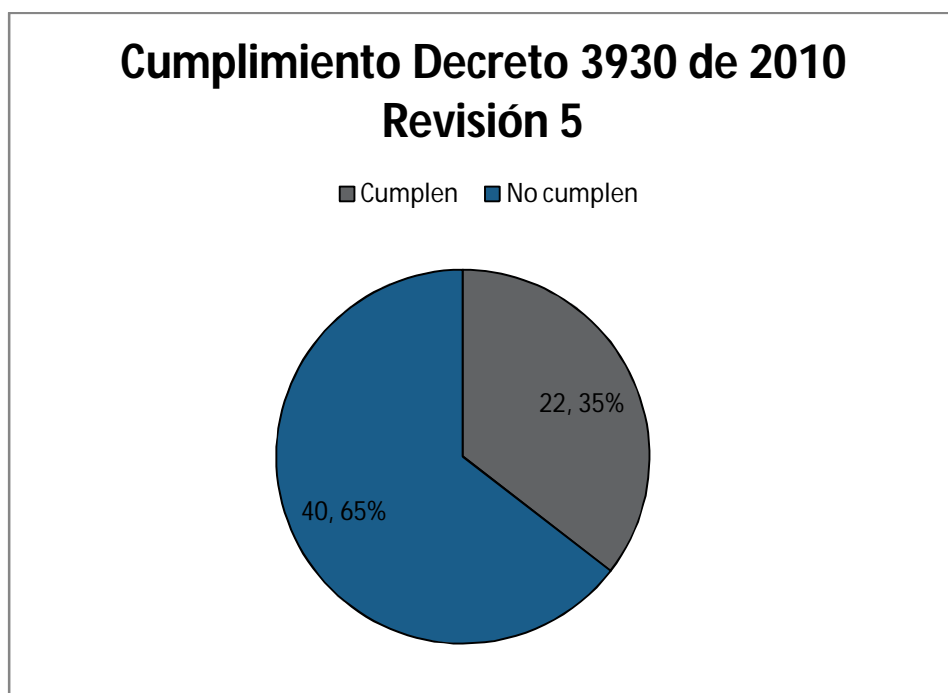
En las Grafica 3 y Grafica 4se ilustra una situación más confortable; 23 sistemas de control cumplen con lo exigido en el decreto 3930 de 2010, los restantes sistemas de las subestaciones analizadas tendrían que implementar una metodología o estrategia para mejorar sus sistemas actuales y así dar cumplimiento con la normatividad vigente.

Se observa que en 4 de las subestaciones analizadas (Bolívar – portería, Urrá campamento militar y Porce tanto casa control y portería) solo cuentan con una caracterización de aguas residuales, por lo tanto la muestra no es representativa para realizar un análisis estadístico y obtener un resultado confiable.

En Grafica 5y Grafica 6 tan solo 17 subestaciones lograrían cumplir con el decreto 3930 de 2010. La mayor parte de los sistemas de tratamiento de las subestaciones no cumplen, para lograrlo se tendría que implementar una estrategia que fortalezca los sistemas de tratamiento existentes y logren remover los sólidos suspendidos que permitan dar cumplimiento a la normatividad y realizar vertimientos a los diferentes cuerpos de aguas superficiales.

Análisis Decreto 3930 de 2010

Grafica 7: Cumplimiento de ISA con el Decreto 3930 de 2010



Analizando cada uno de los puntos de control de cada una de las subestaciones, el 35% de los puntos de control cumplirían con lo exigido en el Decreto 3930 de 2010 y el 65% de los puntos de control se encuentran por fuera de los límites máximos permitidos por la norma, es así, como se realiza la propuesta que logre ilustrar varias alternativas para cumplir con lo exigido por ésta.

Propuesta

Realizado el análisis estadístico, observando la situación de Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P y analizando los sistemas de tratamiento existentes en cada una de las subestaciones, se presentaron unas alternativas para cada uno de los sistemas como complemento de los actuales.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presentada a continuación se realizó un resumen de los sistemas de tratamiento que fueron consultados y cuáles son sus características principales para la remoción de contaminantes. Dentro de los sistemas de tratamientos existentes en cada una de las subestaciones se encontraron trampas de grasas, pozos sépticos y Filtros Anaerobio de Flujo Ascendente que tienen gran porcentaje de remoción de DQO, DBO y SST, pero muchos de ellos presentaron falencias en las infraestructuras y no lograban tener la remoción adecuada.

Luego de realizar una revisión bibliográfica de los sistemas que logren una alta de remoción de DBO, DQO y SST se recomendaron sistemas como: los filtros percoladores, humedales y lodos activados.

Tabla 12: Características de los diferentes sistemas de tratamiento

Parámetro	Sistema de tratamiento			
	Filtros Per Ef. remoción %	Humedales Ef.remoción %	Sedimentador Ef. remoción %	Lodos act Ef. remoción %
DBO	x	x	x	x
DQO	x	x		x
SST	x	x	x	x
N	x			
P	x			
Coliformes	x	x	x	x
TRH (días)	No aplica	x	x	x
Producción de lodos			x	x
Moscas				x

Basados en los sistemas de tratamiento investigados se procede a realizar una descripción de los lodos activados, humedales y filtros percoladores y posterior a esto se realiza la propuesta presentada a Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P para mejorar los porcentajes de remoción. Estos sistemas propuestos se diseñaron en 1 subestación escogidas aleatoriamente para los 4 CTE.

Las subestaciones seleccionadas para los 4 CTE son: CTE Centro – La Mesa, CTE Noroccidente – Ancón Sur, CTE Oriente – Comuneros y CTE Suroccidente – La Esmeralda.

Filtros Percoladores

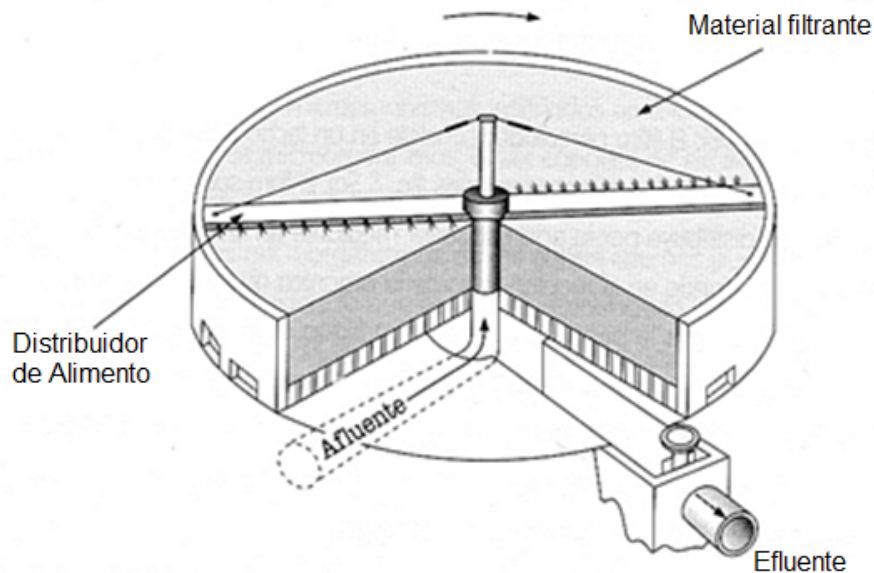
Definición

El filtro percolador o biofiltro es un proceso muy usado para el tratamiento de aguas residuales. Este filtro biológico pone en contacto las aguas residuales con una biomasa adherida a un medio de soporte fijo y su objetivo principal es reducir la carga orgánica existente en los afluentes, ya sean provenientes de la industria o de actividades domésticas.

Un filtro percolador es un cilindro con una cama de material filtrante, ya sea plástico o grava que permite rosear aguas residuales penetradas. Los microorganismos se adhieren al lecho filtrante para cuando las aguas sean filtradas o percoladas, los microorganismos puedan digerir y eliminar los contaminantes existentes en las aguas residuales. También se usan filtros percoladores rectangulares, con sistemas de aplicación del agua mediante tuberías y toberas fijas. El agua debe ser roseada de forma rotativa a través del limo para luego ser recogido el afluente en el fondo del filtro y evacuarla del sistema (R.S. Ramalho, 2003).

A continuación se ilustra un ejemplo de un filtro percolador con partes, por la cual está compuesto:

Figura 3: Diagrama de un filtro percolador típico



Fuente: Tratamiento de aguas residuales – Ramalho

Los filtros percoladores contienen una capa de limo comprendida entre 0.1 y 2.0 mm, formado por una capa anaerobia y aerobia. El espesor de la capa aerobia depende del caudal del agua residual. Cuando mayor sea la DBO del afluente menor será el espesor de la subcapa por el elevado consumo de oxígeno. Las cargas hidráulicas empleadas en los filtros percoladores se encuentran bajo su caudal en el régimen laminar. En los filtros percoladores la materia orgánica y coloidal se separa mediante oxidación aerobia, biosorción, coagulación y descomposición anaerobia (R.S. Ramalho, 2003).

El espesor de la capa de limo está comprendido entre 0.1 y 2.0 mm, si los filtros percoladores presentan limos mayores a los establecidos, presentaría una obstrucción del relleno, perjudicando la filtración del agua residual y la transferencia de oxígeno a los microorganismos aerobios (R.S. Ramalho, 2003).

Los filtros percoladores son lechos entre 1 y 12 m de profundidad, rellenos de material como roca, clinkers o materiales sintéticos (Nombres comerciales: Surfpac, flocor, Actifil). Dos de las propiedades más importantes en los filtros percoladores es la superficie específica y el porcentaje de huecos. Cuando mayor sea la superficie específica mayor será el porcentaje de limo por unidad de volumen y cuando hay mayor porcentaje de huecos se obtienen cargas hidráulicas mayores sin peligros de inundación. Para los lechos rellenos de roca tendrían una profundidad comprendida entre 1 a 2.5 m y los sintéticos de 6 a 12 m de profundidad.

Tabla 13: Propiedades físicas de medios para filtros percoladores

Medio	Tamaño nominal (cm)	Unidades por metro cubico	Densidad Kg/m ³	Área superficial específica m ² /m ³	% de vacíos
Plástico	61x61x122	71-106	32-96	82-115	94-97
Convencional	60x60x120	-	30-100	80-100	94-97
Alta área	60x60x120	-	30-100	100-200	94-97
Pino californiano	120x120x90	-	165	46	76
	120x120x90	-	150-175	40-50	70-80
Granito	2,5 – 7.5	-	1.442	62	46
	10	-	-	43	60
Escoria alto horno.	5-7,5	1.766-2.119	1.089	66	49
Pequeña	05-8	-	900-1.200	55-70	40-50
Grande.	7,5-12,5	-	800-1000	45-60	50-60
Piedra de río pequeña	2,5-6,5	-	1.250-1450	55-70	40-50
Piedra de río Grande	10-12	-	800-1000	40-50	50-60

Fuente: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Teoría y principio de diseño.

ROMERO

Tabla 14: Características principales de los filtros percoladores

Característica	Tasa baja o estándar	Tasa intermedia	Tasa alta	Torres biológicas	Desbaste
Carga hidráulica. m ³ /m ² .d	1-4	4-9*	9-37*	14-240*	57-171*
m ³ /m ³ .d	0,5-2,5	-	-		
Carga orgánica Kg DBO/m ³ .d	0,08-0,32	0,24-0,48+	0,32-1,8+	≤4,8+	≥2+
Profundidad m	1,5-3,0	1,0-2,5	0,9-2,5	≤12	0,9-6
Medio	Piedra, escoria	Piedra, escoria	Piedra, escoria, sintético	sintético	Piedra, sintético
Relación de recirculación	0	0,5-2	0,5-4,0	1-4	0
Dosificación	Intermitente	Continua	Continua	Continua	Continua

Fuente: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Teoría y principio de diseño.

ROMERO

Ventilación

Los filtros percoladores no requieren de ventilación, el movimiento natural del aire a través del lecho crea suficiente aireación, que ayuda a que los microorganismos ayuden a eliminar la materia orgánica presente en el agua residual a tratar.

Pretratamiento en la filtración.

Los filtros percoladores pueden requerir un pre-tratamiento para neutralizar el pH hasta un valor de 7 – 9, debido a que el exceso de alcalinidad o acidez puede alterar el funcionamiento del sistema y que no existan microorganismos o que los mismos microorganismos no logren eliminar los contaminantes existentes.

El filtro percolador recomendado se realizó en base a datos obtenidos de las caracterizaciones de aguas residuales reportadas por cada uno de los laboratorios, encargados de realizarlas en las 52 subestaciones de ISA e información bibliográfica de tratamiento de aguas

residuales de Ramalho y Jaime Romero, pero se recomendó realizar una planta piloto con las características reales del afluente y determinar las condiciones reales del filtro.

El pre-tratamiento para el filtro percolador debe realizarse por medio de la percolación del agua residual, en un periodo de tiempo de 30 o 45 días, para iniciar la remoción de las cargas orgánicas, por el cual los microorganismos tienen que iniciar su periodo de adaptación y poderse adherir al limo para iniciar su función y la eliminación del contaminantes.

Ventajas de los filtros percoladores

- No requiere energía para la aireación.
- Su operación es sencilla y no precisa de personal altamente calificado para su funcionamiento ya que es bastante simple.
- Recuperación fácil para los cambios fuertes en DBO
- Son menos sensibles a la presencia de sustancias tóxicas en el afluente.
- Eficiente remoción de DBO 90% o mas
- Eficiente remoción de SST 75 – 85%
- Eficiente remoción de DQO 60 – 80%
- Requiere poca área.
- Baja producción de lodo.
- Bajo costo de mantenimiento, lo que da una considerable ventaja frente a otros sistemas de tratamiento.

Desventajas de los filtros percoladores

- Medio de soporte costoso
- Eficiencia moderada

- Complejo diseño de boquillas repartidoras de agua residual
- Existe un potencial de riesgo en la generación de mosquitos, malos olores y atascamiento, que pueden ser evitados cubriendo el filtro, aunque no se recomienda para que su aireación sea mucho mejor.
- Su eficiencia de eliminación de microorganismos se puede ver afectado por las bajas temperaturas.

Prediseño

Los criterios principales del prediseño para los filtros percoladores son el área superficial, volumen del cilindro, el diámetro del cilindro y la altura del cilindro. El modelo calculado para este filtro percolador se basa en la teoría presentada por JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS 2000 pag 551 – 567 y R.S RAMALHO 2003 pag 472 – 493.

La subestación La Mesa presentó dos prediseños de filtros percoladores, cada uno de estos se prediseño de forma independiente dado que esta subestación presenta un batallón militar dentro de sus instalaciones y no es factible implementar un sistema de tuberías único para toda la subestación. El batallón militar contará entonces con un filtro percolador diferente a la de la subestación como tal.

Tabla 15: Criterios del prediseño del filtro percolador– Subestación La Mesa

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	2.81	Resultado de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	26°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO Afluente (mg/L)	100	Suponiendo la media del STARD
DBO Efluente (mg/L)	20	Suponiendo una remoción del 80%
Población (Hab)	10	Resultado de la información suministrada en fichas ambientales
Carga hidráulica (m ³ /m ² .d)	1.88	Romero 200. Pag
Carga orgánica volumétrica (COV) (Kg DBO/m ³ .d)	0.1504	Romero 200. Pag

Tabla 16: Características generales del prediseño del filtro percolador – Subestación La Mesa

Material (cm)	Piedra 2.5 a 6.5
Área superficial (m ²)	1.7
Diámetro del cilindro (m)	1.38
Altura del cilindro (m)	1.3

Tabla 17: Criterios de prediseño del filtro percolador – Subestación La Mesa – Batallón Militar

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	7.03	Resultado de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	26°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO Afluente (mg/L)	110	Suponiendo la media del STARD
DBO Efluente (mg/L)	22	Suponiendo una remoción del 80%
Población (Hab)	25	Resultado de la información suministrada en fichas ambientales
Carga hidráulica (m ³ /m ² .d)	3.52	Romero 200. Pag
Carga orgánica volumétrica (COV) (Kg DBO/m ³ .d)	0.28	Romero 200. Pag

Tabla 18: Características generales del prediseño del filtro percolador – Subestación La Mesa

Material (cm)	Piedra 2.5 a 6.5
Área superficial (m ²)	2.2
Diámetro del cilindro (m)	2
Altura del cilindro (m)	1.5

Tabla 19: Criterios del pre - diseño del filtro percolador – Subestación Ancón Sur

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	16	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	24°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO Afluyente (mg/L)	102	Suponiendo la media del STARD
DBO Efluente (mg/L)	21	Suponiendo una remoción del 80%
Población	57	Resulta del registro de fichas ambientales
Carga hidráulica (m ³ /m ² .d)	6.4	Romero 200. Pag
Carga orgánica volumétrica (COV) (Kg DBO/m ³ .d)	0.35	Romero 200. Pag

Tabla 20: Características generales del prediseño del filtro percolador – Subestación Ancón Sur

Material (cm)	Piedra 2.5 a 6.5
Área superficial (m ²)	2.5
Diámetro del cilindro (m)	1.8
Altura del cilindro (m)	2.03

Tabla 21: Criterios del prediseño del filtro percolador – Subestación Comuneros

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	10	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	27°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO Afluyente (mg/L)	100	Suponiendo la media del STARD
DBO Efluente (mg/L)	20	Suponiendo una remoción del 80%

Población	36	Resulta del registro de fichas ambientales
Carga hidráulica (m ³ /m ² .d)	5.56	Romero 200. Pag
Carga orgánica volumétrica (COV) (Kg DBO/m ³ .d)	0.31	Romero 200. Pag

Tabla 22: Características generales del prediseño del filtro percolador – Subestación Comuneros

Material (cm)	Piedra 2.5 a 6.5
Área superficial (m ²)	2
Diámetro del cilindro (m)	1.5
Altura del cilindro (m)	2.0

Tabla 23: Criterios del prediseño del filtro percolador – Subestación La Esmeralda

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	5.2	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	27°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO Afluente (mg/L)	100	Suponiendo la media del STARD
DBO Efluente (mg/L)	20	Suponiendo una remoción del 80%
Población	19	Resulta del registro de fichas ambientales
Carga hidráulica (m ³ /m ² .d)	2.61	Romero 200. Pag
Carga orgánica volumétrica (COV) (Kg DBO/m ³ .d)	0.20	Romero 200. Pag

Tabla 24: Características generales del prediseño del filtro percolador – Subestación La Esmeralda.

Material (cm)	Piedra 2.5 a 6.5
Área superficial (m ²)	2.2
Diámetro del cilindro (m)	1.6
Altura del cilindro (m)	1.4

Humedales

Definición

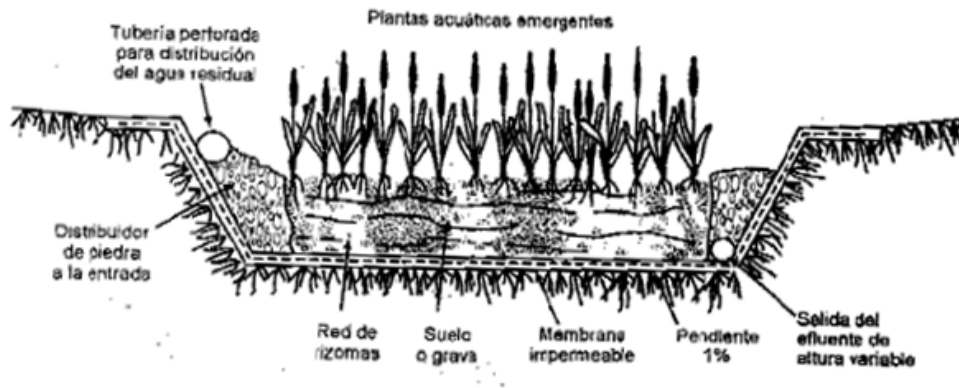
Sistemas de tratamiento donde se aplican aguas residuales sobre terrenos húmedos naturales o artificiales, para remover contaminantes existentes en estas aguas residuales. Las plantas tienen una función muy importante en los ecosistemas de aguas dulces porque proveen alimento, estructura, cobertura y albergue para diferentes especies animales terrestres y acuáticas (Jairo Alberto Romero Rojas, 2000).

Los humedales naturales o artificiales, son sistemas de tratamiento en los cuales se usan plantas y animales para el tratamiento de aguas residuales. Los humedales artificiales son de superficie libre de agua, es decir, con espejo de agua; o de flujo superficial sin espejo de agua (Jairo Alberto Romero Rojas, 2000).

Los humedales favorecen diferentes tipos de procesos físicos, químicos y biológicos para la depuración de diferentes contaminantes como la materia orgánica (sedimentación, mineralización), sólidos suspendidos (Sedimentación, filtración y degradación), nitrógeno (nitrificación), fósforo (adsorción, sedimentación), patógenos, compuestos orgánicos y metales pesados. (Lahora, 2003).

Todos los humedales construidos pueden ser considerados como reactores biológicos con biomasa adherida y su funcionamiento puede ser descrito, aproximadamente, por una cinética de primer orden para un reactor con flujo pistón. Estudios realizados con trazadores demuestran que realmente el patrón de flujo no se ajusta totalmente a un flujo pistón ideal pero se acerca más a un flujo pistón que a mezcla completa (Juan Pablo Silva, S.F).

Figura 4: Tipo de Humedal de Flujo Horizontal Subsuperficial



Fuente: ROMERO 2000

Humedales Artificiales De Flujo Subsuperficial

El agua fluye por debajo de la superficie de un medio poroso sembrado de plantas emergentes, el medio es comúnmente grava y arena de espesor 0.45 a 1 m y con una pendiente de 0 a 0.5%. En la siguiente tabla se ilustran características típicas de diferentes sustratos para humedales:

Tabla 25: Características típicas del medio para humedales de flujo subsuperficial

Medio	Tamaño efectivo, mm	Porosidad	Conductividad Hidráulica m/d
Arena Media	1	0,3	500
Arena Gruesa	2	0,32	1.000
Arena y Grava	8	0,35	5.000
Grava Media	32	0,4	10.000
Grava Gruesa	128	0,45	100.000

Fuente: ROMERO 2000

En los humedales subsuperficiales la circulación del agua se realiza de forma subterránea, este se realiza ingresando el afluente por uno de sus extremos por un medio granular y se reparte atravesando la zona de vegetación, donde entra en contacto con las raíces de las plantas y tienen un papel fundamental en el proceso de descontaminación del agua residual. El nivel máximo se regula para que no aflore la lámina de agua, suele estar entre 0.3 - 0.6 m de profundo,

pero a 0.05 – 0.1m de la superficie y se debe mantener unos centímetros por debajo de la grava, para evitar la proliferación de moscas. Éste tipo de humedal tiene como características principales la entrada del afluente, la impermeabilización de todas sus paredes laterales y el fondo, el medio granular, la vegetación y la salida del efluente que me ayude a regular el nivel del agua.

Tabla 26: Criterios para humedales de Flujo Subsuperficial.

Criterio	Valor
Tiempo de retención, d	3-4 (DBO)
	6-10 (N); 4-15
Carga Hidráulica Superficial, m ³ /ha.día	470-1870
Carga Orgánica, Kg DBO/ha.día	<112
Carga de SST, Kg/hab.d	390
Profundidad del agua, m	0,3 - 0,6
Profundidad del medio, m	0,45 - 0,75
Control de mosquitos	No requiere
Programa de cosecha	No requiere
Calidad esperada del efluente DBO/SST/NT/PT/, mg/L	<20/20/10/5

Fuente: ROMERO 2000

Impermeabilización.

Es importante realizar una impermeabilización de todas las paredes del terreno y del fondo para no contaminar las aguas subterráneas. Si se requiere compactar el terreno dependerá de las condiciones de éste, pero aun así se debe realizar la impermeabilización de las paredes y del fondo.

Entrada y salida

Los humedales requieren una buena distribución de sus afluentes, se recomendó realizar un buen sistema para el esparcimiento de este afluente y para la evacuación del efluente. Una de las formas más utilizadas es por medio de un sistema de dispersión de tuberías en cruz para que

el afluente sea vertido equitativamente y se filtre por todo el humedal construido. El efluente del agua se realiza por medio de una tubería asentada en el fondo para realizar su debida evacuación.

Vegetación

Para el tratamiento de aguas residuales utilizado en humedales artificiales de flujo subsuperficial, se utiliza vegetación propia de zonas húmedas. Las macrófitas originan un importante gradiente de luz, viento y temperatura desde el suelo hasta el límite superior de dicha vegetación, disminuyendo la velocidad del viento, la luz, y amortiguando los cambios de temperatura permitiendo temperaturas más cálidas en invierno y más frías en verano (Brix, 1994).

El *Phragmites Australis* o más comúnmente llamado Carrizo es de gran tamaño de 3 a 4 m de altura, tallos alargados, flexible, hojas verdes de 50 x 5 cm y flores pequeñas en panículas de aspecto ramoso, hasta de 20 – 30 cm. Sus hábitat normalmente son en lagunas y los bordes de los ríos. Se encuentran en comunidades pertenecientes a la Alianza *Phragmition communis* (Orden *Phragmitetalia*, clase *Phragmitio – Magnocaricetea*). Sus requerimientos ecológicos se basan en que su crecimiento se desarrolla a plena luz y sobre vive a la sombra, en suelos encharcados, pH entre 4.5 y 7.5 y con suelos que contengan nitrógeno (Gunter Langergraber, 2010).

Figura 5: Vegetación PhragmitesAustralis (Carrizo)



Fuente:SouthwestEnvironmentalInformation Network

Eliminación de DBO

La eliminación de la DBO ocurre rápidamente por sedimentación y filtración entre los espacios de la grava y las raíces de las plantas vegetales, eliminando los microorganismos que crecen en la superficie de la grava y raíces de las plantas. La calidad de la DBO esperada para el afluente puede ser por debajo de 20 mg/L (EPA, 2000).

Eliminación de SST

Los sólidos suspendidos también son eliminados en los humedales de una manera muy efectiva, logrando ser removidos hasta llegar a presentar los 20 mg/L.

Eliminación de Patógenos

Los humedales pueden reducir coliformes fecales y reducir otros patógenos como protozoos y helmintos. Estos son removidos fundamentalmente por adsorción, sedimentación y filtración, así como las condiciones ambientales del medio no son favorables para éstos traería como consecuencia su muerte.

Ventajas de los humedales

- Proporcionan tratamiento efectivo en forma pasiva y minimizan la necesidad de equipos mecánicos, electricidad y monitoreo por parte de operadores calificados.
- Son menos costosos para operar y mantener, que los procesos mecánicos de tratamiento diseñados para un nivel equivalente de calidad de efluente.
- Muy efectivos en la remoción de la DBO, la DQO, los SST, los metales y algunos compuestos orgánicos. La remoción de nitrógeno y fosforo a bajos niveles también es posible pero debe ser mayor en tiempo de retención.
- La operación a nivel de tratamiento terciario avanzado es posible durante todo el año en climas cálidos o semi-cálidos.
- No producen biosólidos ni lodos residuales que requerirían tratamiento subsiguiente y disposición.
- Los mosquitos y otros insectos vectores similares no son un problema con los humedales sub-superficiales mientras el sistema se opere adecuadamente y el nivel sub-superficial de flujo se mantenga. También se elimina el riesgo de que la población humana esté expuesta al agua residual parcialmente tratada.
- Los sistemas de humedales sub-superficiales típicamente reducen al menos un orden de magnitud el contenido de coliformes fecales. Esto no es siempre suficiente para cumplir

con los límites de descarga en todas las localidades, por lo cual se tendría que realizar una desinfección siguiente a este tratamiento.

Desventajas de los humedales

- Los humedales sub-superficiales requieren áreas muy extensas en comparación con sistemas de tratamiento mecánicos convencionales.
- En climas fríos a bajas temperaturas reducen la tasa de remoción. Un aumento en el tiempo de retención puede compensar la disminución pero se tendría que aumentar el tamaño de los humedales y no sería viable técnico y económico.

Prediseño

Los prediseños de los humedales subsuperficial para cada una de las subestaciones, se fundamentaron principalmente en el tiempo de retención hidráulico, el área superficial, la profundidad del agua y la pendiente del humedal. El modelo de este proyecto se basa en el presentado por ROMERO pag.898-903

Tabla 27: Criterio del prediseño para el humedal - Subestación La Mesa.

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	2,8	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	26°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	100	Suponiendo la media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	20	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Profundidad de la lámina de agua (m)	0,45	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Profundidad del lecho (m)	0,7	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Pendiente de flujo (%)	0.5	ROMERO, 2000. Pág. 899.

Tabla 28: Características generales del prediseño Humedal – Subestación La Mesa

Volumen (m ³)	11,25
Longitud (m)	10
Ancho (m)	2,5
Altura útil (m)	0,9

Tabla 29: Criterio del prediseño para el humedal - Subestación La Mesa – Batallón Militar.

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	7,03	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	26°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	110	Suponiendo la media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	22	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Profundidad de la lámina de agua (m)	0,45	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Profundidad del lecho (m)	0,7	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Pendiente de flujo (%)	0.5	ROMERO, 2000. Pág. 899.

Tabla 30: Características generales del prediseño Humedal – Subestación La Mesa – Batallón Militar

Volumen (m ³)	28,13
Longitud (m)	10
Ancho (m)	6,25
Altura útil (m)	0,8

Tabla 31: Criterio del prediseño para el humedal - Subestación Ancón Sur.

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	16	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	24°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	102	Suponiendo la media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	20,4	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%

Profundidad de la lámina de agua (m)	0,45	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Profundidad del lecho (m)	0,6	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Pendiente de flujo (%)	0.5	ROMERO, 2000. Pág. 899.

Tabla 32: Características generales del prediseño Humedal – Subestación Ancón Sur

Volumen (m3)	47,81
Longitud (m)	7,5
Ancho (m)	14,17
Altura útil (m)	0,8

Tabla 33: Criterio del prediseño para el humedal - Subestación Comuneros.

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	10	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	27°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	100	Suponiendo la media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	20	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Profundidad de la lámina de agua (m)	0,45	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Profundidad del lecho (m)	0,6	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Pendiente de flujo (%)	0.5	ROMERO, 2000. Pág. 899.

Tabla 34: Características generales del prediseño Humedal – Subestación Comuneros

Volumen (m3)	30
Longitud (m)	7,5
Ancho (m)	8,9
Altura útil (m)	0,8

Tabla 35: Criterio del prediseño para el humedal - Subestación La Esmeralda.

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	5,2	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	27°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	100	Suponiendo la media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	20	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Profundidad de la lámina de agua (m)	0,45	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Profundidad del lecho (m)	0,6	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Pendiente de flujo (%)	0.5	ROMERO, 2000. Pág. 899.

Tabla 36: Características generales del prediseño Humedal – Subestación La Esmeralda

Volumen (m ³)	15,7
Longitud (m)	7,5
Ancho (m)	4,64
Altura útil (m)	0,8

Determinada las dimensiones de los humedales para cada subestación elegida aleatoriamente en cada Centros de Transmisión de Energía, se recomendó realizar 2 recamaras para cada uno de los humedales. La determinación de las nuevas recamaras presentaron unas nuevas longitudes. A continuación se plasma las dimensiones de cada una de ellas:

Tabla 37: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación La Mesa.

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	2,8	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	26°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	100	Suponiendo la media del STARD

DBO ₅ efluente (mg/l)	20	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Profundidad de la lámina de agua (m)	0,45	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Profundidad del lecho (m)	0,7	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Pendiente de flujo (%)	0.5	ROMERO, 2000. Pág. 899.

Tabla 38: Características generales del rediseño Humedal – Subestación La Mesa

Volumen (m ³)	5.625
Longitud (m)	5
Ancho (m)	2,5
Altura útil (m)	0,9

Tabla 39: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación La Mesa – Batallón Militar.

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	7,03	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	26°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	110	Suponiendo la media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	22	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Profundidad de la lámina de agua (m)	0,45	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Profundidad del lecho (m)	0,7	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Pendiente de flujo (%)	0.5	ROMERO, 2000. Pág. 899.

Tabla 40: Características generales del rediseño Humedal – Subestación La Mesa –

Batallón Militar

Volumen (m ³)	14.1
Longitud (m)	5
Ancho (m)	6,25
Altura útil (m)	0,9

Tabla 41: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación Ancón Sur.

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	16	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	24°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	102	Suponiendo la media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	20,4	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Profundidad de la lámina de agua (m)	0,45	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Profundidad del lecho (m)	0,6	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Pendiente de flujo (%)	0.5	ROMERO, 2000. Pág. 899.

Tabla 42: Características generales del rediseño Humedal – Subestación Ancón Sur

Volumen (m ³)	23.90
Longitud (m)	3.75
Ancho (m)	14,17
Altura útil (m)	0,8

Tabla 43: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación Comuneros.

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	10	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	27°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	100	Suponiendo la media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	20	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Profundidad de la lámina de agua (m)	0,45	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Profundidad del lecho (m)	0,6	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Pendiente de flujo (%)	0.5	ROMERO, 2000. Pág. 899.

Tabla 44: Características generales del rediseño Humedal – Subestación Comuneros

Volumen (m ³)	15
Longitud (m)	3.75
Ancho (m)	8,9
Altura útil (m)	0,8

Tabla 45: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación La Esmeralda.

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	5,2	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	27°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	100	Suponiendo la media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	20	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Profundidad de la lámina de agua (m)	0,45	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Profundidad del lecho (m)	0,6	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Pendiente de flujo (%)	0.5	ROMERO, 2000. Pág. 899.

Tabla 46: Características generales del rediseño Humedal – Subestación La Esmeralda

Volumen (m ³)	7.82
Longitud (m)	3.75
Ancho (m)	4,64
Altura útil (m)	0,8

Lodos Activados**Definición y funcionamiento:**

El proceso de lodos activados fue desarrollado en Inglaterra en 1914 por Andern y Lockett, el cual fue llamado fango activado dado que la producción de una masa a partir de microorganismos capaz de estabilizar un residuo por vía anaerobia (R.S. Ramalho 2003).

El proceso de lodos activados y su digestión aerobia es un proceso en el cual se produce una aireación, por un periodo de tiempo significativo, de una mezcla de lodo digerible de la clarificación primaria y lodo del tratamiento biológico aerobio, con el resultado de la destrucción de células, y una disminución de sólidos en suspensión volátiles (SSV) (R.S. Ramalho 2003).

Su objetivo principal es la digestión de lodos los cuales deben ser evacuados posteriormente para disponerlos en lugares adecuados, donde pueden ser reutilizados para revegetalizar taludes o como abono para suelos.

Su proceso se basa en que el afluente sea introducido en un reactor que tenga unas condiciones específicas para mantener un cultivo bacteriano aeróbico en suspensión. El ambiente en el reactor se consigue mediante difusores o aireadores mecánicos, que a su vez, sirve para mantener el sistema en un régimen de mezcla completa.

Transcurrido un periodo de tiempo, donde la mezcla de nuevas células con las viejas son transportadas a un tanque de sedimentación donde las células se separan del agua residual tratada. Una de estas células son nuevamente recirculadas al reactor para lograr mantener concentraciones deseadas de organismos en este reactor; la otra parte de bacterias son purgadas del sistema y conducidas a su evacuación.

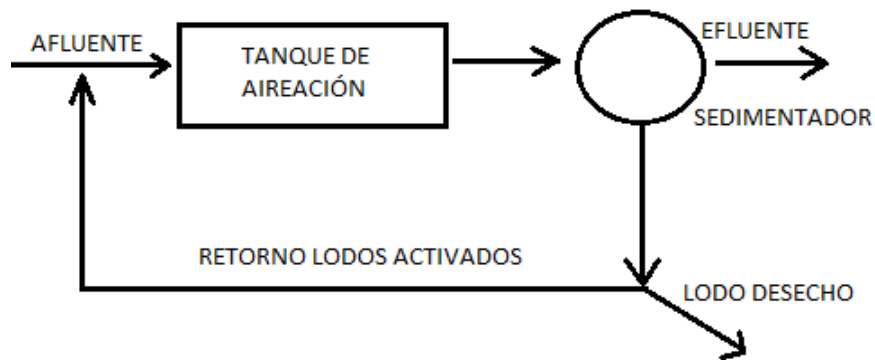
En el proceso de lodos activados, las bacterias son los microorganismos más importantes, ya que estos son los que me proporcionan la descomposición de contaminantes presentes en el agua residual y lograr degradar toda la materia orgánica presente en el afluente. En general las bacterias son la materia prima dentro del proceso de lodos activados.

El sistema de lodos activados tienen diferentes procesos de operación, de los cuales se encuentra los de mezcla completa con o sin recirculación, para mejorar la eficiencia de remoción

de los contaminantes presentes en el agua se realiza la propuesta bajo el sistema de mezcla completa con recirculación.

A continuación se ilustra un gráfico modelo del sistema de lodos activados recomendado (Metcalf and Eddy, 1985).

Figura 6: Modelo sistemas de lodos activados



Fuente: Ramalho 2003

Microbiología involucrada

En el proceso de lodos activados se encuentran un gran número de microorganismos que me ayudan a degradar y eliminar toda esa materia orgánica presente en el afluyente. Dentro de la microbiología presente en los lodos activados se encuentra la siguiente (Watertreatmentsolutions, S.F):

- Spirillum: Son un tipo de bacterias móviles helicoidales con forma de bacilos largos y espiralados. Habitan en medios con baja concentración de oxígeno disuelto.
- Vitreoscilla: Un género de bacterias gram-negativas, aeróbicas o microaerofílicas, que no tienen color y son filamentosas. Se mueven por desplazamiento. Son estrictamente aeróbicas.

- Zoogloea: Bacterias contenidas en sustancias viscosas y gelatinosas. La zoogloea es característica en etapas transitorias en las que bacterias de crecimiento rápido pasan a otro curso dentro de su evolución.

Además de bacterias, existen en los lodos activos, un gran número de especies de protozoos como flagelos-, ciliados- y amebas. Los protozoos son organismos de una célula que puede nutrirse de materia orgánica y bacterias. Nematodos o rotíferos se clasifican entre los organismos multicelulares (Watertreatmentsolutions, S.F):

- Nematode
- Paramecium
- Ciliate
- Rotifer

Proceso reactor de mezcla completa con recirculación

El contenido del reactor para este modelo recomendado debe estar completamente mezclado, el sistema debe contar con un sedimentador que logre recircular cierta proporcionalidad del caudal tratado y posteriormente sedimentado; deben hacerse dos hipótesis en el desarrollo de este sistema:

1. EL volumen utilizado al calcular el tiempo medio de retención celular para el sistema incluye solamente en el volumen del reactor.
2. La estabilización de los residuos por parte de los microorganismos se producen únicamente en el reactor (Metcalf and Eddy, 1985).

Tabla 47: Parámetros de diseño de operación del proceso de lodos activado seleccionado

Proceso	Período de aireación Θ , horas	carga volumétrica g DBO/m ³ .d	A/M gDBO/g SSVLM d
Aireación gradual	4-8	300 - 600	0,2 - 0,4

X SSLM mg/L	Edad de lodos Θ_c , d	Tasa de recirculación R, %	Eficiencia DBO %	Observaciones
1500 - 3000	5 – 15	25 - 50	85 - 95	Uso general

Tabla 48: Parámetros de diseño de operación del proceso de lodos activado seleccionado

Proceso	carga volumétrica g DBO/m ³ .d	A/M gDBO/g SSVLM d	Θ_c , d
Aireación gradual	560	0,2 - 0,5	4 - 14

Oxígeno requerido KgO ₂ /Kg DBO	Aireación	Lodo de desecho Kg/Kg DBO removida	Referencia
-	45 - 90 m ³ /Kg DBO	-	7

Tabla 49: Coeficientes cinéticos para tratamiento biológico aeróbico del sustrato orgánico

Y mg SSV/mg sustrato	μ_m d ⁻¹	K d ⁻¹	K _s d ⁻¹	K _d d ⁻¹	Base del coeficiente	Temperatura	Referencia
0,67	3,75	5,6	22	0,07	DQO	-	23

Ventajas de los lodos activados

- Altas eficiencias de remoción de DQO y SST.
- Posee una superficie altamente activa para la adsorción de materiales coloidales y suspendidos.

- Presenta gran variedad de especies bacteriana que contribuyen a la eliminación de contaminantes presentes.
- Son altamente efectivo para la estabilización de material orgánico.
- Sus efluentes son de buena calidad.

Desventajas de los lodos activados

- Genera grandes cantidades de lodo a manipular
- Alto consumos de energía en el suministro de aire
- Su sedimentación presenta pocas bacterias, lo que contribuye a la presencia de filamentos flotantes.
- Son muy vulnerable al corte de energía.

Prediseños

Los prediseños de los lodos activados para cada una de las subestaciones, se fundamentaron principalmente en el tiempo de aireación, Alimento/ Microorganismo - A/M y el tiempo de retención celular.

Tabla 50: Criterio del prediseño lodos activados – Subestación La Mesa

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	2,8	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	26°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	100	Media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	20	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Biomasa del reactor	1,12 Kg SSV	Determinado
Volumen del reactor	6,84 m ³	Determinado
Tiempo de retención hidráulico	2,43 d	Determinado
Producción de lodos	0,11 Kg SSV/d	Determinado

Caudal recirculado	1,13 m ³ /d	Determinado
Demanda de Oxigeno requerido	94,76 mgO ₂ /d	Determinado
COV	0,041 Kg DBO/m ³ .d	Determinado

Tabla 51: Criterio del prediseño lodos activados – Subestación La Mesa – Base Militar

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	7.03	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	26°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	110	Media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	20	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Biomasa del reactor	3.13 Kg SSV	Determinado
Volumen del reactor	18.95 m ³	Determinado
Tiempo de retención hidráulico	2.7 d	Determinado
Producción de lodos	0.312 Kg SSV/d	Determinado
Caudal recirculado	2.82 m ³ /d	Determinado
Demanda de Oxigeno requerido	262.47 mgO ₂ /d	Determinado
COV	0,041 Kg DBO/m ³ .d	Determinado

Tabla 52: Criterio del prediseño lodos activados – Subestación Ancón Sur

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	15.94	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	24°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	101.7	Media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	20	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Biomasa del reactor	6.51 Kg SSV	Determinado
Volumen del reactor	39.47 m ³	Determinado
Tiempo de retención hidráulico	2.48 d	Determinado

Producción de lodos	0.65 Kg SSV/d	Determinado
Caudal recirculado	6.40 m ³ /d	Determinado
Demanda de Oxígeno requerido	549.81 mgO ₂ /d	Determinado
COV	0,041 Kg DBO/m ³ .d	Determinado

Tabla 53: Criterio del prediseño lodos activados – Subestación Comuneros

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	10.00	Resultado de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	27°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	100	Media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	20	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Biomasa del reactor	4.01 Kg SSV	Determinado
Volumen del reactor	24.32 m ³	Determinado
Tiempo de retención hidráulico	2.43 d	Determinado
Producción de lodos	0.401 Kg SSV/d	Determinado
Caudal recirculado	4.01 m ³ /d	Determinado
Demanda de Oxígeno requerido	336.91 mgO ₂ /d	Determinado
COV	0,041 Kg DBO/m ³ .d	Determinado

Tabla 54: Criterio del prediseño lodos activados – Subestación La Esmeralda

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	5.22	Resultado de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	27°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	100	Media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	20	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Biomasa del reactor	2.09 Kg SSV	Determinado

Volumen del reactor	12.69 m ³	Determinado
Tiempo de retención hidráulico	2.43 d	Determinado
Producción de lodos	0.209 Kg SSV/d	Determinado
Caudal recirculado	2.10 m ³ /d	Determinado
Demanda de Oxígeno requerido	175.82 mgO ₂ /d	Determinado
COV	0,041 Kg DBO/m ³ .d	Determinado

Tabla 55: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación La Mesa.

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	2,8	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	26°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	100	Suponiendo la media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	20	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Profundidad de la lámina de agua (m)	0,45	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Profundidad del lecho (m)	0,7	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Pendiente de flujo (%)	0.5	ROMERO, 2000. Pág. 899.

Tabla 56: Características generales del rediseño Humedal – Subestación La Mesa

Volumen (m ³)	5.625
Longitud (m)	5
Ancho (m)	2,5
Altura útil (m)	0,9

Tabla 57: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación La Mesa – Batallón Militar.

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	7,03	Resulta de la dotación a la población de la subestación.

Temperatura	26°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	110	Suponiendo la media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	22	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Profundidad de la lámina de agua (m)	0,45	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Profundidad del lecho (m)	0,7	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Pendiente de flujo (%)	0.5	ROMERO, 2000. Pág. 899.

Tabla 58: Características generales del rediseño Humedal – Subestación La Mesa – Batallón Militar

Volumen (m ³)	14.1
Longitud (m)	5
Ancho (m)	6,25
Altura útil (m)	0,9

Tabla 59: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación Ancón Sur.

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	16	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	24°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	102	Suponiendo la media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	20,4	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Profundidad de la lámina de agua (m)	0,45	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Profundidad del lecho (m)	0,6	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Pendiente de flujo (%)	0.5	ROMERO, 2000. Pág. 899.

Tabla 60: Características generales del rediseño Humedal – Subestación Ancón Sur

Volumen (m ³)	23.90
Longitud (m)	3.75

Ancho (m)	14,17
Altura útil (m)	0,8

Tabla 61: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación Comuneros.

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	10	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	27°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	100	Suponiendo la media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	20	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Profundidad de la lámina de agua (m)	0,45	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Profundidad del lecho (m)	0,6	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Pendiente de flujo (%)	0.5	ROMERO, 2000. Pág. 899.

Tabla 62: Características generales del rediseño Humedal – Subestación Comuneros

Volumen (m ³)	15
Longitud (m)	3.75
Ancho (m)	8,9
Altura útil (m)	0,8

Tabla 63: Criterio del rediseño para el humedal - Subestación La Esmeralda.

PARÁMETRO	VALOR	REFERENCIA
Caudal de entrada (m ³ /d)	5,2	Resulta de la dotación a la población de la subestación.
Temperatura	27°C	Ubicación en el municipio de Tocaima - Cundinamarca
DBO ₅ afluente (mg/l)	100	Suponiendo la media del STARD
DBO ₅ efluente (mg/l)	20	Suponiendo eficiencia del humedal del 80%
Profundidad de la lámina de agua (m)	0,45	ROMERO, 2000. Pág. 899.
Profundidad del lecho (m)	0,6	ROMERO, 2000. Pág. 899.

Pendiente de flujo (%)	0.5	ROMERO, 2000. Pág. 899.
------------------------	-----	-------------------------

Tabla 64: Características generales del rediseño Humedal – Subestación La Esmeralda

Volumen (m3)	7.82
Longitud (m)	3.75
Ancho (m)	4,64
Altura útil (m)	0,8

Actividades adicionales

Indicadores ambientales

Los indicadores ambientales permiten evaluar la gestión ambiental en Interconexión Eléctrica S.A .E.S.P y cada uno de sus Centros de Transmisión de energía – CTE-. Se realiza un seguimiento mes a mes a cada una de las subestaciones en sus consumos de agua, energía y residuos para alimentar la información que se procesa por el grupo de gestión ambiental y que es la materia prima para la determinación de los indicadores ambientales presentados a la gerencia de transporte de energía.

Dentro del proceso de práctica se presentaron dos tipos de ingreso y manejo de la información. A continuación se presentaran los dos tipos de diligenciamiento y el fortalecimiento con sus cambios:

Para iniciar, el registro de los puntos de medida (Agua, energía y residuos) se realizaba por medio de unas fichas ambientales en Excel. Estas fichas ambientales las alimentaban los ingenieros de las subestaciones ingresando sus respectivos consumos en un tiempo delimitado. El día 27 de cada mes se habilita la macro para que cada uno de los ingenieros iniciaran el registro de los puntos de medida (agua, energía y residuos) generados en el mes y el quinto día

del siguiente mes se daba por cerrado el ingreso. Una vez ingresada la información, se procede a realizar un inspeccionamiento general de los datos ingresados, donde cada uno de estos debe ser semejante con los registros anteriores y si se presentan picos altos y bajos se realiza una entrevista telefónica con el ingeniero y se reporta la anomalía presentada en el mes. En casos específicos como energía y agua entre el 60 y 75 % de las subestaciones ingresan lecturas de contador y el resto de las subestaciones ingresan sus consumos mensuales, esto involucra unos cambios en la macro para arrojar solo los consumos actuales de los meses reportados.

Transcurrido el trimestre y una vez verificada la información que fue reportada y diligenciada, se realiza el informe trimestral a la gerencia de transporte y energía. Se establecen todos los indicadores de consumo de agua, energía y generación de residuos sólidos con respecto al año anterior. Los indicadores de desempeño se encuentran a cargo del practicante del grupo de gestión ambiental; estos indicadores se deben determinar tanto para cada uno de los CTE, sede Medellín y para todo Interconexión Eléctrica S.A.

Otro punto que ingresa cada uno de los ingenieros de las subestaciones, son las inspecciones de mantenimiento locativo planificado. Estas inspecciones son actividades que los ingenieros realizan en varios periodos de tiempo (Diarios, Semana, Mensual, Bimensual, Trimestral, Semestral y Anual). Un ejemplo de esas actividades que realiza cada uno de los ingenieros de las subestaciones, es la realización del mantenimiento a los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, donde se debe realizar una inspección a los canales abiertos e hidráulicos y mantenimiento a cada uno de los sistemas de tratamiento como: trampa de grasas, tanque FAFA, entre otros y debe informar el estado en el que se encuentra cada uno de estos.

Con el cambio del sistema de ingreso de los puntos de medida, se da inicio a la gestión en (SAP); este sistema administrativo optimiza e integra los procesos y los recursos de las

compañías, además, permite ingresar la información y brinda seguridad para consultar los historiales.

En el proceso de práctica empresarial, la gestión para el ingreso de los puntos de medida en SAP inicia a operar con los CTE Centro y Noroccidente. Cada una de las subestaciones de estos CTE realiza sus ingresos en el sistema para luego calcular los indicadores de desempeño en cada uno de los CTE activos. En los CTE Oriente y Suroccidente se realizó el montaje de cada uno de los puntos de medida, este sistema entra en operación a partir del 27 de enero de 2013.

Uno de los cambios que se presentan en el ingreso en SAP, es la creación de avisos de mantenimiento locativo planificado para cada una de las subestaciones, al ingresar a cada uno de estos se realiza el seguimiento de los reportes de actividades realizadas en cada una de las subestaciones.

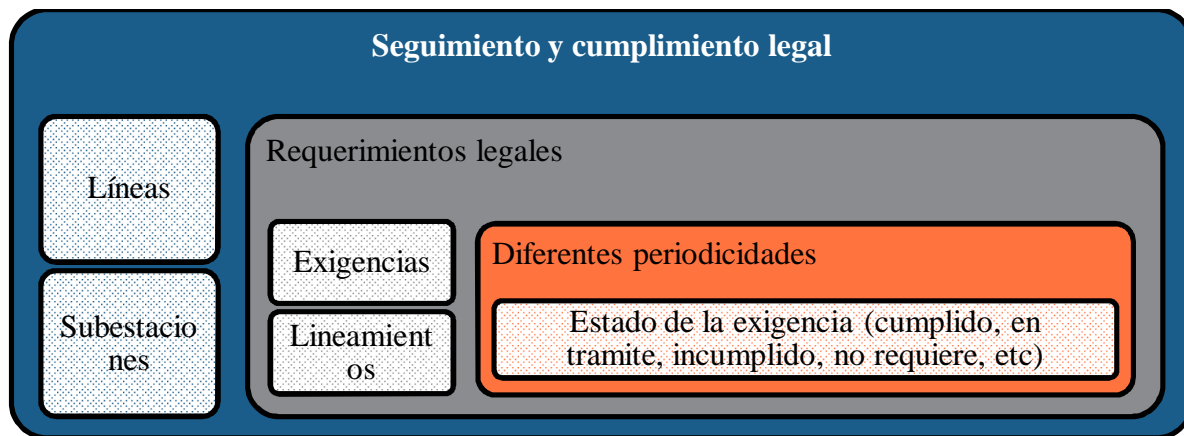
Seguimiento y cumplimiento legal

Cada uno de los requerimientos, permisos y periodicidad de los trámites establecidos por cada una de las corporaciones autónomas regionales, se encuentran consolidados en una matriz general que logra establecer la gestión realizada en cada subestación, esta información es actualizada en la ISANET donde cada una de las áreas pueda tener acceso a estas.

La actualización de las matrices legales y de seguimiento de Líneas y Subestaciones para ISA fue realizada con el acompañamiento de una asesora externa.

A continuación se presenta el modelo actual de la matriz legal existente en ISA.

Figura 7: Seguimiento y cumplimiento legal Interconexión Eléctrica S.A E.S.P



Verificación y seguimiento de caracterizaciones de aguas residuales

Otra de las actividades ejecutadas durante el periodo de práctica empresarial consistía en realizar una verificación a todas las caracterizaciones de aguas residuales que momentáneamente iban llegando al grupo de gestión ambiental. Estas caracterizaciones contenían la información fisicoquímica y microbiológica de cada una de las subestaciones y se debía verificar que la información si se encontrara consistente y que los informes no presentaran errores relevantes.

Una vez verificada la información, se reportaba a la Corporación Autónoma Regional – CAR el resultado de la caracterización de las aguas residuales vertidas a los cuerpos de agua superficiales por cada una de las subestaciones.

Esta información es enviada periódicamente para poder así tramitar el permiso de vertimientos ante la CAR, como registro interno se ingresan al servidor los resultados arrojados en el informe con el cítese de envió a la corporación para el seguimiento de la subestación.

Informes trimestrales

Una vez inspeccionado los ingresos de los puntos de medida (agua, energía y residuos)de los primeros y últimos 3 meses para cada una de las subestaciones, se realizó los informes trimestrales de Interconexión Eléctrica S.A E.S.P en los meses de septiembre y diciembre, para ser sustentado ante la gerencia general.

Informes de cumplimiento ambiental

Para finalizar, se realizó la actualización del 75 % de la información contenida en los informe de actividades ambientales ejecutadas en operación durante el año 2012 y se realizó el empalme con la nueva practicante para culminar la información restante y luego ser enviados a las corporaciones autónomas regionales correspondientes.

Conclusiones

- Los sistemas de tratamiento en cada una de las subestaciones no cuentan con un mantenimiento frecuente, lo que evita lograr la remoción establecidas en cada sistema.
- Los sistemas de tratamiento existente en cada una de las subestaciones deben ser revaluados y re diseñados, ya que muchos de ellos ya cumplieron su vida útil en el proceso.
- La información existente de las caracterizaciones de aguas residuales no son confiables, ya que presentan algunos datos inconsistentes.
- Los datos tabulados a partir del 2003 en la base de datos de Interconexión Eléctrica S. A. E.S.P, presentan inconsistencias.
- A pesar de las frecuencias de los mantenimientos locativos y el estado de las infraestructuras más del 65 % de las subestaciones cumplen con la normatividad ambiental aplicable.
- Dada la poca confiabilidad de los datos existentes, los prediseños propuestos fueron diseñados bajo supuestos teóricos.
- A la fecha de cierre del periodo de práctica (15 de enero) se han cumplido actividades enmarcadas en los objetivos planteados.
- Todas las actividades realizadas fueron justificadas y tuvieron aplicación visible.
- Se suministraron todos los recursos planteados para el desarrollo y cumplimiento de las actividades enmarcadas en los objetivos planteados.

- Se realizó proceso de empalme con estudiante en práctica periodo 2013 – 01, en las fechas planteadas por la organización, haciendo recuento de las actividades realizadas.

Recomendaciones

- Se recomienda diseñar un sedimentador de aguas residuales para ubicar antes del humedal y lograr una mejor remoción de contaminantes en este.
- Posterior al proceso del reactor de aireación de lodos activados, se debe contar con un sedimentador que logre desechar lodos y recircular materia celular al reactor para mantener un balance microbiológico dentro del medio.
- Validar la información existente para cada una de las caracterizaciones de aguas residuales y los informes en Interconexión eléctrica S.A. E.S.P para lograr una información real de cada uno de los puntos de control.
- Se recomienda que las caracterizaciones de aguas residuales en cada una de las subestaciones se realicen bajo una misma y única empresa para lograr una mayor confiabilidad de resultados arrojados.
- Los sistemas de tratamiento recomendados deben ser puestos en marcha bajo una planta piloto ya que lograría arrojar resultados confiables bajo las condiciones reales de cada subestación.
- Revisar la periodicidad de los mantenimientos que si se lleven a cabo en las fechas establecidas.
- Revisar aquellas subestaciones donde exista cambio de población y cada uno de los diseños y prediseños que se llegue a implementar tomar en cuenta esta población.
- Realizar un mejor seguimiento con los ingenieros de las subestaciones para el fortalecimiento en el ingreso de los puntos de medida de cada subestación.

Bibliografía

Allen L. Webster, 2000. Estadística aplicada a los negocios y la economía. ISBN 8480862696.

DANE, 2012 Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas adaptada para Colombia. Recuperado de http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=143.

Degremont, 1991. Manual de tratamiento de aguas residuales. Recuperado de <http://www.lenntech.es/lodos-componentes.htm>.

Dr. David Bogler, S.F. Base de datos plantas. Recuperado de <http://swbiodiversity.org/seinet/taxa/index.php?taxon=865>.

EPA, 2000. Folleto informativo de tecnología de aguas residuales: Humedales de flujo subsuperficial. (EPA 832-F-00-023).

Gunter Langergraber, 2010. Conferencia internacional sobre humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales; transferencia de conocimiento a Latinoamérica.

Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P, 2009. Informe - Análisis de vertimientos aguas residuales domesticas en las subestaciones.

Jairo Alberto Romero Rojas, 2000. Tratamiento de aguas residuales – teoría y principio de diseño. Colombia, ISBN: 9588060133.

Juan Pablo Silva V, S.F. Humedales construidos. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/humedales.pdf>.

Metcalf and Eddy, 1985. Ingeniería sanitaria, tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales.

R.S. Ramalho, 2003. Tratamiento de aguas residuales. España,ISBN: 84-291-7975-5