

Evaluación de las posibilidades de valorización energética de los residuos sólidos y líquido producto del tratamiento de las aguas residuales.

Breyner Estiven Parada Garcés

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero Metalúrgico

Director

Pedro Luis Delvasto Angarita

Doctor en Ciencia y Tecnología de Materiales.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales

Bucaramanga

2020

Agradecimientos

Primero dar gracias a Dios por darme salud para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco a mi Papá, Mamá, hermano y hermana que hicieron posible este logro, por su apoyo incondicional y por el acompañamiento durante toda mi carrera universitaria.

A mi director de proyecto el Dr. Pedro Delvasto gracias por instruirme, colaborar y aportar su valioso conocimiento durante la creación de este libro.

A mis compañeras de toda la carrera Laura Otalora, Nathali Quintero y Estefanía Pinzón gracias por el apoyo durante todas las materias que vimos juntos.

A todos los técnicos de la Escuela Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales por su colaboración en los diferentes laboratorios de la carrera, especialmente al técnico Ambrosio Carrillo por su aporte de conocimiento en el área de Pirometalúrgica y en este proyecto.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Objetivos.....	17
1.1 Objetivo General.....	17
1.2 Objetivos Específicos	17
2. Cuerpo del trabajo.....	18
2.1 Marco Referencial	18
2.1.1 Método.	27
2.1.2 Resultados	34
2.1.2.1 Muestras tomadas el 25 de noviembre de 2020	34
2.1.2.2 Muestras tomadas el 22 de enero de 2020	35
2.1.2.3 Análisis fisicoquímico por espectroscopia de absorción atómica.....	37
2.1.3 Implicaciones de estos resultados de cara al posible aprovechamiento energético de los residuos analizados.	40
3. Conclusiones.....	42
Referencias bibliográficas	45
Apéndices	47

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Rango de pH para el agua	20
Tabla 2. Variables de caracterización de Biosólidos para su uso.....	23
Tabla 3. Valores máximos permisibles de categorización de biosólidos para su uso.....	24
Tabla 4. Valores promedios de las muestras tomadas el 25 de noviembre de 2019	34
Tabla 5. Valores promedios de las muestras tomadas el 22 de enero de 2020	35
Tabla 6. Resultados por Absorción Atómica de la muestra en la PTAR Villa del Sol.....	37
Tabla 7. Resultados por Absorción Atómica de la muestra en la PTAR CNG.....	38
Tabla 8. Resultados por Absorción Atómica de la muestra en la PTAR de Acapulco	39

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Metodología del proyecto	28
Figura 2. Localización PTAR Ciudad Nuevo Girón	29
Figura 3. PTAR Ciudad Nuevo Girón.....	29
Figura 4. Localización PTAR Villa del Sol	30
Figura 5. PTAR Villa del Sol	30
Figura 6. Localización PTAR Acapulco	31
Figura 7. PTAR Acapulco.....	31
Figura 8. Toma de muestra PTAR CNG.....	33
Figura 9. Lodo totalmente seco	33
Figura 10. Variación del porcentaje de humedad respecto al tiempo	35
Figura 11. Variación del poder calorífico respecto al tiempo	36
Figura 12. Variación del porcentaje de cenizas respecto al tiempo	36

Lista de apéndices

	Pág.
Apéndice A. Cálculo tipo.....	47
Apéndice B. Conversión BTU a kWh.....	48
Apéndice C. Convenio	49

Glosario

Aguas residuales municipales: son las aguas vertidas, recolectadas y transportadas por el sistema de alcantarillado público, compuestas por las aguas residuales domésticas y las aguas no domésticas.

Almacenamiento: mantenimiento del biosólido bajo condiciones que garanticen un adecuado control de las emisiones de gases y vapores, manejo de lixiviados y control a la proliferación de vectores.

Biosólidos: producto resultante de la estabilización de la fracción orgánica de los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales municipales, con características físicas, químicas y microbiológicas que permiten su uso.

Lodo: suspensión de un sólido en un líquido proveniente del tratamiento de aguas residuales municipales.

Resumen

Título: Evaluación de las posibilidades de valorización energética de los residuos sólidos y líquidos producto del tratamiento de las aguas residuales*.

Autor: Breyner Estiven Parada Garcés**

Palabras claves: PTAR, residuos, energía, lodos

El objeto de este trabajo es poder evaluar las posibles rutas de aprovechamiento de los residuos sólidos y líquidos (lodos) producto del tratamiento de aguas residuales, con el fin, de generar energía a partir del vapor producido durante la combustión de estos residuos. En primer lugar, se hizo las respectivas visitas a las diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) que están a cargo de la Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios Girón S.A.S. E.S.P., se tomaron muestras en los diferentes procesos (primario, secundario, etc.) que desarrolla cada planta de tratamiento. Una vez realizado la toma de las muestras, estas se almacenaron en recipientes de plástico debidamente sellados para su transporte al laboratorio, además de que su manipulación fue muy cuidadosa ya que, estas muestras presentan un olor demasiado putrefacto y esto es nocivo para la salud. Luego se procedió a realizar los respectivos ensayos de laboratorio (poder calorífico, porcentaje de humedad, porcentaje de cenizas, contenido total de azufre y análisis químico por espectroscopia de absorción atómica) teniendo en cuenta siempre las normas internacionales. Por último, una vez finalizados todos los ensayos, se obtuvieron resultados favorables para la Empresa Girón S.A.S. E.S.P. que posteriormente, se compararon y se analizaron para su posible aprovechamiento energético en los procesos unitarios que lleva a cabo las PTAR's, además se establecieron criterios para el uso final de estos residuos teniendo en cuenta leyes sanitarias nacionales.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingeniería Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales. Director

Abstract

Title: Evaluation of the possibilities of energy recovery of solid and liquid waste resulting from the treatment of wastewater*.

Author: Breyner Estiven Parada Garcés **

Key words: WWTP, wastes, energy, sludge

The purpose of this work is to evaluate the possible routes for the use of solid and liquid waste (sludge) as a result of the treatment of waste water in order to generate energy from the steam produced during the combustion of this waste. In the first place, the respective visits were made to the different wastewater treatment plants (WWTP) that are in charge of the Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios Girón S.A.S. E.S.P., samples were taken in the different processes (primary, secondary, etc.) that each treatment plant develops. Once the samples were taken, they were stored in properly sealed plastic containers for transport to the laboratory, in addition to the fact that their handling was very careful since these samples present a too putrefying odor and this is harmful to health. The respective laboratory tests were then carried out (calorific value, humidity percentage, ash percentage, total sulfur content and chemical analysis by atomic absorption spectroscopy), always taking into account international standards. Finally, once all the tests were completed, favorable results were obtained for Empresa Girón S.A.S. E.S.P. Later, they were compared and analyzed for possible energy use in the unitary processes carried out by the WWTPs. Furthermore, criteria were established for the final use of these wastes, taking into account national sanitary laws.

* Bachelor Thesis

** Faculty of Physicochemical Engineering. School of Metallurgical Engineering and Materials Science. Director Pedro Delvasto Angarita Doctor in Materials Science and Technology.

Introducción

Las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas generan anualmente una cantidad muy importante de residuos sólidos (lodos) y líquidos cuya disposición final encarece notablemente, los costos de procesamiento. El aprovechamiento de estos residuos surge como factor clave para disminuir de manera eficiente y ambientalmente estos costos. Entre las posibles maneras de reutilizar estos materiales se encuentra la valorización energética. La misma consiste en recuperar, a través de un proceso de combustión controlada, la energía química contenida en estos materiales, con el fin de generar vapor y, a partir de este, energía eléctrica. Para plantear esta clase de procesos, se hace necesario llevar a cabo un estudio sistemático de caracterización de los residuos, a fin de visualizar los posibles métodos aplicables a estos para alcanzar la valorización energética de los mismos. Solarte, G; Rodríguez y Solarte, P. (2015) plantean:

El aumento en la generación de residuos sólidos y líquidos asociado al crecimiento de la población y la carencia de un sistema integral de residuos sólidos, especialmente en las poblaciones rurales, han ocasionado que se ponga en alto riesgo el medio ambiente y la salud pública puesto que, el desarrollo de toda actividad humana conlleva a la producción, en mayor o menor medida, de algún tipo de residuo, sean estos sólidos, líquidos o gaseosos, o alguna combinación de ellos.

La naturaleza y composición de los residuos sólidos, líquidos urbanos y rurales es variable y depende del tipo de actividad que se realice. Estas características determinan las modalidades y precauciones con que deben ser manejados para evitar la generación de problemas ambientales y

de salud que puedan afectar a la comunidad. El tratamiento de las aguas residuales en las plantas de purificación generalmente conduce a la formación de grandes cantidades de lodo. Estos ocurren a la salida en una planta de purificación como un fluido viscoso altamente concentrado. La producción de lodos tiene riesgos ambientales. Larbi, Alain y Mansour (2011) afirman:

Luego es necesario encontrar soluciones para extraer el lodo de las plantas de purificación y usarlo en diferentes áreas, como la fertilización de suelos, la producción de energía después de las calcinaciones y en el campo de la ingeniería civil (capa base para carreteras).

Del mismo modo, las aguas residuales se entienden como la acción y efecto en la que el hombre introduce materias contaminantes, formas de energía o inducir condiciones en el agua de modo directo o indirecto; implica alteraciones perjudiciales de su calidad con relación a los usos posteriores o con su función ecológica. Estas aguas provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, luego de sufrir modificaciones por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias. El agua residual tiene componentes físicos, químicos y biológicos. Constituye, por tanto, una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos. De manera específica, las aguas residuales domésticas hacen referencia a aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.), consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de diferentes edificaciones, también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares (Mara, 1990). Se estima que, las aguas residuales domésticas, están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9 % y apenas 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos, esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas

en su tratamiento y su disposición. En el tratamiento de aguas residuales domésticas se pretende eliminar los contaminantes hasta alcanzar los valores máximos permisibles de acuerdo a las normas y estándares nacionales o internacionales. En virtud de la diversidad de contaminantes que se pueden presentar en las aguas residuales, la forma de tratarlos es también muy amplia y, por ende, las técnicas que se utilizan en estos procesos son diversas, éstas se clasifican según su operación, en convencionales y alternativas.

En el caso de las técnicas convencionales se refieren aquellas aceptadas sin discusión al interior de un grupo social como si estuviera convenido o pactado y que se asume por costumbre, e incluso, llega a tomarse como la norma; en contraposición, lo alternativo, se refiere a todo aquello que se contrapone a lo convencional, pero que es capaz de alternar con las mismas o semejantes funciones y resultados. Bajo estas premisas, las tecnologías convencionales son aquellas usadas por la gran mayoría de la población, para atender las necesidades productivas y de la vida cotidiana, mientras que las alternativas surgen ante las insuficiencias de las tecnologías convencionales, hasta que algunas de ellas alcanzan a desplazar a las establecidas, en un proceso dialéctico de constante cambio. Diaz-Cuenca y Alvarado-Granados (2012) afirman:

Para esas condiciones, se han generado tecnologías alternativas que en esencia también limpian el agua de los compuestos orgánicos biodegradables a partir del manejo, *in situ* y a pequeña escala, de microorganismos con posibilidad de su reuso inmediato, para ofrecer cierto nivel de autosuficiencia, en condiciones que limitan el uso de sustancias químicas, las cuales pueden ser nocivas para el sistema microbiano, lo cual implica una cultura distinta en el uso del agua.

Por consiguiente, los problemas causados no son sólo de índole física o estética, sino que trascienden al campo de la sanidad, ya que las comunidades humanas necesitan recurrir a diversos recursos de agua superficiales para su abastecimiento y, si éstos están contaminados con los productos de desecho humanos o industriales, podrían generarse problemas epidemiológicos. Es evidente que la contaminación disminuye la calidad del agua en muchas partes del mundo. El control de la contaminación se inicia restringiendo las descargas, estableciendo limitaciones para determinados compuestos químicos y parámetros. A pesar del éxito conseguido en el control de la contaminación del agua en los países más industrializados, muchos efluentes continúan deteriorando los sistemas acuáticos e interfiriendo en los usos potenciales del agua. Los vertidos de aguas residuales pueden contener desde algunos centenares a varios miles de productos diferentes, muchos de ellos subproductos desconocidos. Espigares y Pérez (1995) plantean:

Es por esto que las aguas residuales, antes de ser vertidas en las masas receptoras, deben recibir un tratamiento adecuado según su composición, capaz de modificar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas, hasta evitar que se provoquen los problemas enunciados de contaminación de las aguas receptoras. La eliminación de las aguas residuales no es el único problema a considerar, ya que, al ser el agua un bien escaso, que cada día se necesita en mayores cantidades, es cada vez más imprescindible la reutilización de los recursos hídricos disponibles para poder satisfacer las necesidades humanas.

Teniendo en cuenta la realidad antes planteada, en el presente trabajo se recolectaron muestras de lodos de diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR's) de la Empresa Girón S.A.S. E.S.P. para someterlas a un proceso de caracterización de acuerdo con las normas

ASTM D3286-85, ASTM D3174-12, ASTM D3173, ASTM D3177-02 y espectroscopia de absorción atómica. Los resultados se discuten, a fin de evaluar las posibilidades de reaprovechamiento energético de estos materiales.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Evaluar la posible valorización energética de los residuos sólidos y líquidos generados por el tratamiento de las aguas residuales en las plantas de tratamiento de aguas residuales operadas por la Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios Girón S.A.S. E.S.P.

1.2 Objetivos Específicos

Realizar un muestreo de los residuos sólidos y líquidos generados por el proceso llevado a cabo en las distintas plantas de tratamiento dependientes de la Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios Girón S.A.S. E.S.P.

Establecer el poder calorífico de los residuos sólidos y líquidos muestreados y determinar las características fisicoquímicas de las cenizas generadas durante su combustión.

Determinar las posibles rutas de aprovechamiento energético de estos residuos, tomando como base las características fisicoquímicas de los mismos.

2. Cuerpo del Trabajo

2.1 Marco Referencial

El tratamiento de aguas residuales tiene como propósito eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua provenientes de uso doméstico (cocina, baños, lavado de ropa), urbano (hospitales, colegios, mercados, aguas lluvias, sistema de drenaje de calles) y procesos industriales (producción, transformación o manipulación de productos) estos desechos sólidos, líquidos deben ser tratados previamente, de manera que puedan ser adecuadas para su ubicación en las respectivas redes de vertido, tales como lagos, ríos, quebradas, campos de filtración o para su reutilización en los procesos industriales.

Todo vertimiento de un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas (Decreto 1594 Art. 72 [1984])

- pH: 5 a 9 unidades
- Temperatura: $< 40^{\circ}\text{C}$
- Material flotante: ausente
- Grasas y aceites en carga: remoción $>80\%$ en carga
- Sólidos suspendidos: remoción $>80\%$ en carga
- Demanda bioquímica de oxígeno:
- Desechos domésticos: remoción $>30\%$ en carga
- Desechos industriales: remoción $>20\%$ en carga

Características del agua

Físicas

- Turbiedad: partículas insolubles como arcilla, material mineral, basuras orgánicas, plancton, entre otros microorganismos que impiden el paso de la luz a través del agua.
- Color: originado por la degradación natural de la materia orgánica del suelo, vegetales y aguas residuales domésticas e industriales.
- Sabor y olor: se origina por la presencia de bacterias, vegetación en putrefacción, desechos domésticos o industriales.
- Sólidos: ocasionada por las infiltraciones y conexiones incontroladas.
- Temperatura: la temperatura óptima del agua debe estar entre 10 a 15°C.

Químicas

- Orgánicos:
 - Carbohidratos
 - Aceites, grasas (animal-vegetal)
- Inorgánicos:
 - Compuestos como: Cloruros, Azufre, Fósforo
 - Metales y compuestos químicos: existen gran variedad de metales y compuestos que producen alcalinidad, dureza y salinidad al agua, también son tóxicos y nocivos para la salud humana.
 - Gases como: Metano, Oxígeno, Sulfuro de Hidrógeno.

- pH: es la intensidad de la acidez y/o alcalinidad de una muestra de agua y se evalúa por una escala de valores, como lo muestra la tabla 1.

Tabla 1.*Rango de pH para el agua*

pH = 7	Aguas neutras, ni acidas ni alcalinas
pH > 7	Aguas alcalinas o básicas
pH < 7	Aguas acidas
pH > 9	Muy alcalinas o fuertemente alcalinas
pH < 5	Muy acidas

Es importante considerar el pH del agua, porque tiene un efecto sobre los procesos de tratamiento y su relación con la obstrucción y deterioro de las redes de acueducto. Además, el pH determina las reacciones químicas afectando, por ejemplo, el proceso de fermentación. El Decreto 1594 de 1984 afirma que si el pH del agua se encuentra entre 6,5 y 9 se considera aceptable para los procesos de tratamiento.

La presencia de organismos patógenos, provenientes en su mayoría del tracto intestinal, hace que estas aguas sean consideradas como extremadamente peligrosas, sobre todo al ser descargadas en la superficie de la tierra, subsuelo o en cuerpos de agua. Es el caso con la presencia de bacterias del grupo entérico que producen enfermedades de origen hídrico como: fiebre tifoidea, paratifoidea, disentería, cólera, entre otras. Entre las principales enfermedades causadas por virus presentes en las aguas residuales están: poliomielitis, hepatitis infecciosa, entre otras, y la presencia de microorganismos producen enfermedades como disentería amebiana, bilharziasis, entre otras.

Las aguas residuales normalmente en su origen, cuando están frescas, no presentan olores desagradables a temperaturas entre 20 y 25 grados centígrados. Girón S.A.S. E.S.P. (2018) afirma:

La descomposición inicia al cabo de dos horas, cuando comienzan a enturbiarse y a cambian de color, transformándose en aguas color marrón y al cabo de 6 a 8 horas se produce el desprendimiento de gases, luego tomarán color más oscuro, con producción de malos olores, y se convierten en aguas ácidas, se produce la estabilización y se convierten nuevamente en aguas sin olor, color ni sabor, obteniéndose materia estable como dióxido de carbono (CO_2), óxido de nitrógeno (NO_3), y sulfatos (SO_4).

En las ciudades desarrolladas, las redes de alcantarillado conducen las aguas residuales hasta las estaciones de tratamiento. Estos sistemas de recogida pueden ser de dos tipos: a) Separativo: comprende dos canalizaciones distintas, una la sanitaria, para la evacuación de aguas residuales domésticas e industriales, y otra que recoge las aguas superficiales y atmosféricas y que suele descargar directamente en los cursos de aguas naturales. b) Unitario: se recogen en una misma canalización los dos tipos de aguas residuales señalados. En este sistema se producen cambios significativos de flujo durante las tormentas. Rodríguez (2017) plantea:

Cada uno de los sistemas tiene ventajas e inconvenientes. El sistema unitario es más económico, ya que sólo habría que construir una conducción por cada calle. Pero tiene inconvenientes, ya que el volumen de agua es mayor. Además, han de construirse redes capaces de soportar las variaciones de flujo debidas a las precipitaciones atmosféricas.

La planificación y proyecto de una red de saneamiento supone la determinación del caudal de aguas residuales, el cálculo hidráulico de alcantarillas, grandes conducciones y estructuras de enlace y derivación, selección adecuada de instalaciones complementarias y proyecto de estaciones de bombeo.

Las aguas residuales, debido a la gran cantidad de sustancias (algunas de ellas tóxicas) y microorganismos que portan, pueden ser causa y vehículo de contaminación, en aquellos lugares donde son evacuadas sin un tratamiento previo, los principales inconvenientes de las aguas residuales son en su mayor parte malos olores, sabores y acción tóxica, este último tiene un efecto sobre la flora y fauna natural de las masas hídricas receptoras y sobre los consumidores que utilicen esas aguas, o que se vean afectados por la acumulación de estas sustancias tóxicas en la cadena alimentaria. Teniendo en cuenta esto, es importante saber que en numerosas ocasiones las aguas residuales se utilizan sin un tratamiento previo, para el riego de cosechas de verduras y hortalizas, con el enorme riesgo que esto supone, ya que el hombre puede consumirlas crudas, pasando a él directamente la contaminación por tóxicos o microorganismos.

Más que el conocimiento químico exacto de la composición de las aguas residuales urbanas, tres son las características más importantes que debemos destacar, desde un punto de vista sanitario y en relación con el tratamiento, estas características son:

- La gran cantidad de sólidos (biosólidos o lodos) presentes.
- La abundancia de sustancias biodegradables.
- La presencia de un gran número de microorganismos.

Como se ha relacionado anteriormente, en las aguas residuales están contenidas una serie de sustancias que pueden ser utilizadas como alimento por los microorganismos presentes, siendo eliminadas de esta forma de las aguas residuales, denominándose por esta razón biodegradables. La nutrición de los microorganismos se hace a expensas, no sólo de los sustratos solubles, sino también de los sustratos particulados e insolubles, ya que estos son adsorbidos en las superficies bacterianas dónde son atacados por exoenzimas (esterasas, carbohidrasas, proteasas, etc.), disminuyendo su tamaño hasta el nivel molecular.

Caracterización de los biosólidos

Los biosólidos deberán caracterizarse de conformidad con lo dispuesto en la tabla 2 y 3:

Tabla 2.
Variables de caracterización de Biosólidos para su uso.

CRITERIO	VARIABLE
QUIMICOS-METALES	Arsénico (As)
	Cadmio (Cd)
	Cobre (Cu)
	Cromo (Cr)
	Mercurio (Hg)
	Molibdeno (Mb)
	Níquel (Ni)
	Plomo (Pb)
	Selenio (Se)
	Zinc (Zn)
MICROBIOLOGICOS	Coliformes Fecales
	Huevos de Helminthos Viables
	Salmonella sp.
	Virus Entéricos

Por lo tanto, los biosólidos que no cumplan con los valores máximos permisibles establecidos en la tabla 3 para su clasificación en las Categorías A y B, podrán usarse en:

- En la operación de rellenos sanitarios como cobertura diaria.
- En la disposición conjunta con residuos sólidos municipales en rellenos sanitarios y de manera independiente en sitios autorizados.
- En procesos de valorización energética.

Tabla 3.

Valores máximos permisibles de categorización de biosólidos para su uso

CRITERIO	VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	CATEGORIA BIOSOLIDO (VALORES MAXIMOS PERMISIBLES)	
			A	B
QUIMICOS- METALES	Arsénico (As)		20	40
	Cadmio (Cd)		8	40
	Cobre (Cu)		1000	1750
	Cromo (Cr)		1000	1500
	Mercurio (Hg)	mg/Kg de	10	20
	Molibdeno (Mb)	biosólido (base	18	75
	Níquel (Ni)	seca)	80	420
	Plomo (Pb)		300	400
	Selenio (Se)		36	100
Zinc (Zn)		2000	28000	

Decreto 1287 de 2014 Art. 5

De esta manera, los biosólidos que no se usen de acuerdo con lo dicho anteriormente, deberán disponerse o ser tratados hasta cumplir con los valores establecidos en las categorías A y B para viabilizar su uso (Decreto 1287 Art. 8 [2014]).

Alternativas de uso de los biosólidos

De acuerdo con la categoría y clasificación, los biosólidos pueden destinarse para los siguientes usos:

Categoría A.

- a. En zonas verdes tales como cementerios, separadores viales, campos de golf y lotes vacíos.
- b. Como producto para uso en áreas privadas tales como jardines, antejardines, patios, plantas ornamentales y arborización.
- c. En agricultura.
- d. Los mismos usos de la Categoría B.

Categoría B.

- a. En agricultura, se aplicará al suelo.
- b. En plantaciones forestales.
- c. En la recuperación, restauración o mejoramiento de suelos degradados.
- d. Como insumo en procesos de elaboración de abonos o fertilizantes orgánicos o productos acondicionadores para suelos a través de tratamientos físicos, químicos y biológicos que modifiquen su calidad original. Los procesos de elaboración y características de los productos finales y su uso, queda sujeto a la regulación establecida por el ICA.

- e. Para remediación de suelos contaminados, lechos biológicos para el tratamiento de emisiones y vertimientos, soporte físico y sustrato biológico en sistemas de filtración, absorción y adsorción.
- f. Como insumo en la fabricación de materiales de construcción.
- g. En la estabilización de taludes de proyectos de la red vial nacional, red vial secundaria o terciaria.
- h. En la operación de rellenos sanitarios tomo: cobertura diaria, cobertura final de cierre y de clausura de plataformas y en actividades de revegetalización y paisajismo.
- i. Actividades de revegetalización y paisajismo de escombreras.
- j. En procesos de valorización energética.

Inaplicación de los biosólidos en el suelo. No se aplicarán biosólidos:

- a. En Playas, páramos y cuerpos de agua.
- b. En suelos saturados como vegas.
- c. En suelos cuyo nivel freático máximo se encuentre a menos de un (1) metro de profundidad con respecto a la superficie del terreno y en aquellos suelos en los que se genere un efecto de nivel freático colgante.
- d. En zonas aledañas a fuentes de captación subterráneas de agua para consumo humano o animal, en un radio inferior de cien (100) metros.
- e. En zonas aledañas a fuentes superficiales de captación de agua para consumo humano o animal, en una franja mínima de treinta (30) metros medidos en paralelas

a las líneas de mareas máximas. En el caso de los nacimientos de fuentes de agua, en una extensión de por lo menos cien (100) metros a la redonda, medidos a partir de su periferia.

- f. En las zonas de rondas.
- g. Suelos con alto riesgo de inundación.
- h. Clase B, a menos de trescientos (300) metros de distancia de áreas residenciales urbanas, hospitales, locales de expendio de alimentos, escuelas, y parques. Valores inferiores deberán ser soportados en estudios de impacto ante las Autoridades Ambientales Competentes.
- i. En suelo rural a menos de 100 metros de viviendas aisladas.
- j. En terrenos agrícolas en tasas mayores a la tasa agronómica, considerando la clase de cultivos en que sean empleados.
- k. En suelos donde se encuentren especies de fauna y flora amenazados para la aplicación de
- l. biosólidos de categoría B.

2.1.1 Método. El presente trabajo de grado se origina de una práctica empresarial, bajo convenio, establecida entre la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales de la Universidad Industrial de Santander y la empresa Girón E. S. P. Durante la práctica, se hicieron visitas presenciales por las diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR's) que tiene la empresa GIRON E.S.P. localizadas cada una de ellas en: Villa de Sol (VDS), Ciudad Nueva Girón (CNG) y Acapulco con el fin de visualizar el proceso que desempeña cada uno de estas y así conocer de la mano cómo se obtiene los residuos sólidos y líquidos de interés. En la figura 1, se identifican las diferentes actividades seguidas para el desarrollo del presente trabajo.

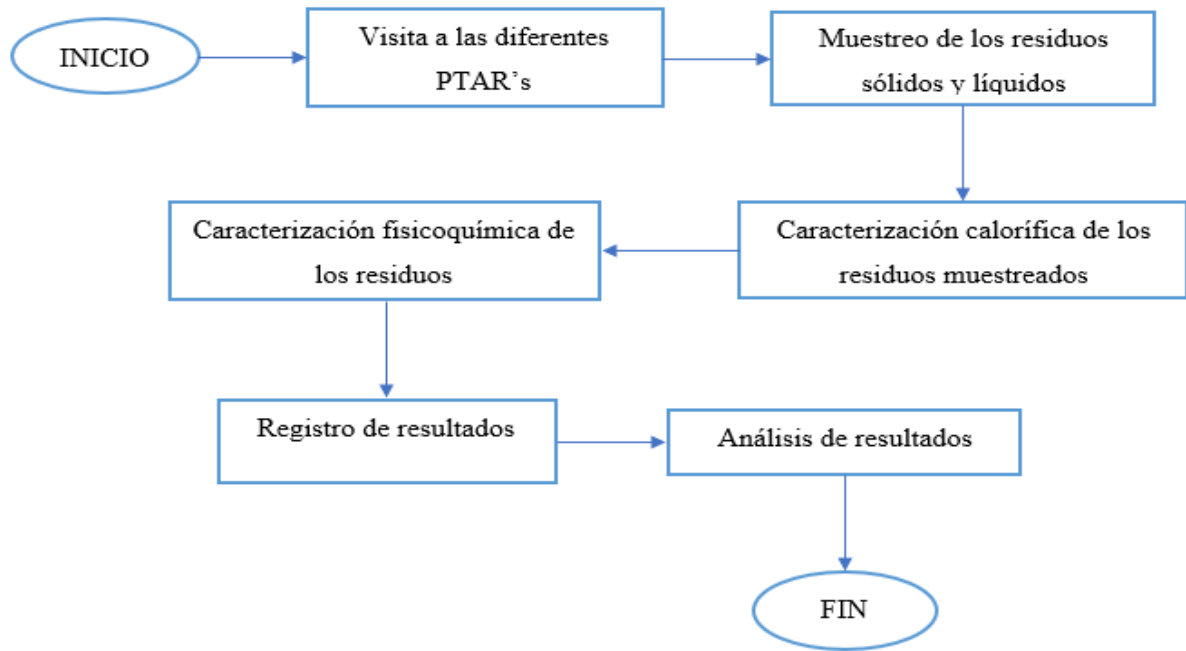


Figura 1. Metodología del proyecto

Visita a las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

Se visitó cada una de las PTAR's ubicadas como se muestra en las figuras 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Además se pudo observar los procesos que lleva a cabo cada PTAR, con sus respectivos tratamientos. De igual manera se tomaron fotos de cada una de las PTAR's dependientes de la Empresa Girón S.A.S. E.S.P.

PTAR Ciudad Nuevo Girón (CNG)

Figura 2. Localización PTAR Ciudad Nuevo Girón / Google Maps. Retrieved from <https://www.google.com/maps/@7.0292024,-73.1654675,110m/data=!3m1!1e3>



Figura 3. PTAR Ciudad Nuevo Girón.

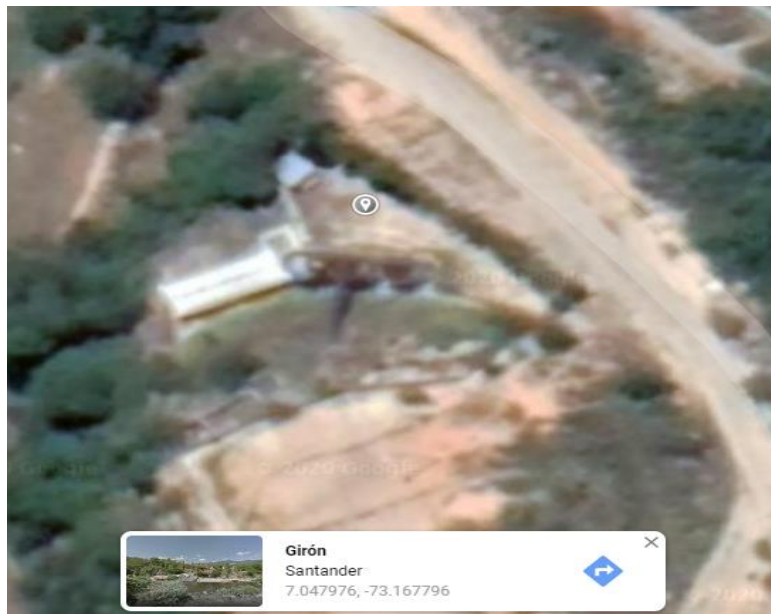
PTAR Villa del Sol (VDS)

Figura 4. Localización PTAR Villa del Sol / Google Maps. Retrieved from <https://www.google.com/maps/@7.0479765,-73.1677961,110m/data=!3m1!1e3>



Figura 5. PTAR Villa del Sol.

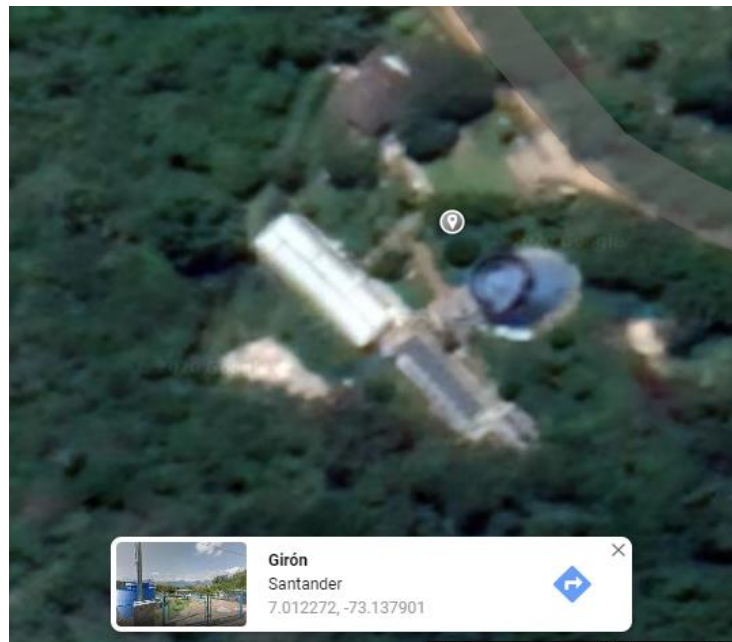
PTAR Acapulco

Figura 6. Localización PTAR Acapulco / Google Maps. Retrieved from <https://www.google.com/maps/@7.012272,-73.1379012,113m/data=!3m1!1e3>



Figura 7. PTAR Acapulco.

Cada una de estas PTAR's sigue un proceso de tratamiento común, el cual es: un pretratamiento, un tratamiento primario, un tratamiento secundario y, por último, un tratamiento terciario.

En el pretratamiento se desarrolla el proceso de cribado, en donde el agua que proviene de las labores domésticas y agrarias se separan los sólidos suspendidos de acuerdo al tamaño de partícula individual. En el tratamiento primario se encuentra los biorreactores anaeróbico y aeróbico, cuyo principal propósito es degradar la materia orgánica por la acción coordinada de microorganismos, rompiendo bioquímicamente los sólidos orgánicos, para que sean menos pestíferos y menos putrescibles. El tratamiento secundario consiste en el manejo del material biológico y la deshidratación de los lodos. Primeramente, las plantas están equipadas con un tanque cilíndrico de fondo cónico, el cual se encarga de recircular el material bacteriano (lodo biológico almacenado temporalmente) a alguno de los biorreactores para reiniciar su operación después, de haber sido desocupado totalmente para un mantenimiento, posterior a esto, los lodos formados en los biorreactores se mantienen dentro de ellos hasta llegar al máximo de volumen permitido. Los excesos se drenan a los módulos deshidratadores de lecho granulado, permitiéndoles un tiempo prudencial de secado. Por último, en el tratamiento terciario, se encuentra la desinfección y oxidación química. En este proceso el agua una vez pasada por cada uno de los procesos anteriores se le agrega un agente oxidante [hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) en solución, peróxido de hidrogeno (H_2O_2), ozono (O_3)] que degradan las sustancias orgánicas aún disueltas y elimina los gérmenes nocivos presentes en el agua.

Muestreo de los residuos sólidos y líquidos.

Se tomaron muestras de los residuos generados por las diferentes PTAR's, dos muestras por cada PTAR en estado líquido, exceptuando la de Acapulco, la cual fue una muestra en estado sólido. Estas tomas se realizaron el 25 de noviembre de 2019 y 22 de enero de 2020, en cada uno de los procesos que tiene la planta (primario, secundario, etc.). En la figura 8, se muestra el proceso de toma de muestras de los lodos del sedimentador 1 de la PTAR CNG. Esta toma se realizó con una motobomba, la cual se ubicaba en la parte más profunda del sedimentador y, por medio de una manguera, se extraía el lodo. La muestra se almacenó en un recipiente plástico de 500ml, debidamente sellado, antes de ser llevado al laboratorio. Luego, se le retiró el exceso de agua durante 48 horas mediante evaporación a 110 °C, como se ilustra en la figura 9. Posterior a esto, se procedió a realizar los respectivos análisis a las muestras en base seca.



Figura 8. Toma de muestra PTAR CNG.



Figura 9. Lodo totalmente seco

Caracterización de los residuos muestreados

Para cada muestra tomada en las diferentes plantas de tratamiento se procedió a realizar su respectiva caracterización calorífica, además se realizó otros ensayos para hallar porcentaje de cenizas que posea la muestra, porcentaje de humedad, contenido de azufre total y caracterización de metales pesados. Todo lo anterior se hizo bajo las normas ASTM D3286-85, ASTM D3174-12, ASTM D3173, ASTM D3177-02 y espectroscopia de absorción atómica respectivamente, de igual manera, para los respectivos cálculos se utilizaron las ecuaciones que están presentes en cada una de las normas descritas anteriormente. Una vez realizadas las diferentes caracterizaciones a las muestras, se procedió a analizar y discutir su posible reaprovechamiento energético, eventualmente en unos de los procesos de la planta (por ejemplo, filtro prensa), en donde se podrían emplear estos residuos como fuente energética.

2.1.2 Resultados. Una vez obtenidos todos los resultados de los análisis se agruparon y se tabularon como se muestra en las tablas 4 y 5 y en las figuras 10, 11 y 12. Con el fin, de poder visualizar, de manera ordenada el comportamiento de los resultados.

2.1.2.1 Muestras tomadas el 25 de noviembre de 2020

Tabla 4.

Valores promedios de las muestras tomadas el 25 de noviembre de 2019

PTAR´s	%Humedad	Poder calorífico (BTU/lb)	%Cenizas	%S
ACAPULCO	29,45	5242,77	21,89	0,57
CNG	90,39	4443,72	49,56	1,04
VDS	93,21	5937,01	44,07	1,28

2.1.2.2 Muestras tomadas el 22 de enero de 2020

Tabla 5.
Valores promedios de las muestras tomadas el 22 de enero de 2020

PTAR´s	%Humedad	Poder calorífico (BTU/lb)	%Cenizas	%S
ACAPULCO	22,09	4917,97	24,04	0,63
CNG	88,25	4454,20	54,34	0,98
VDS	93,07	5748,29	46,22	1,17

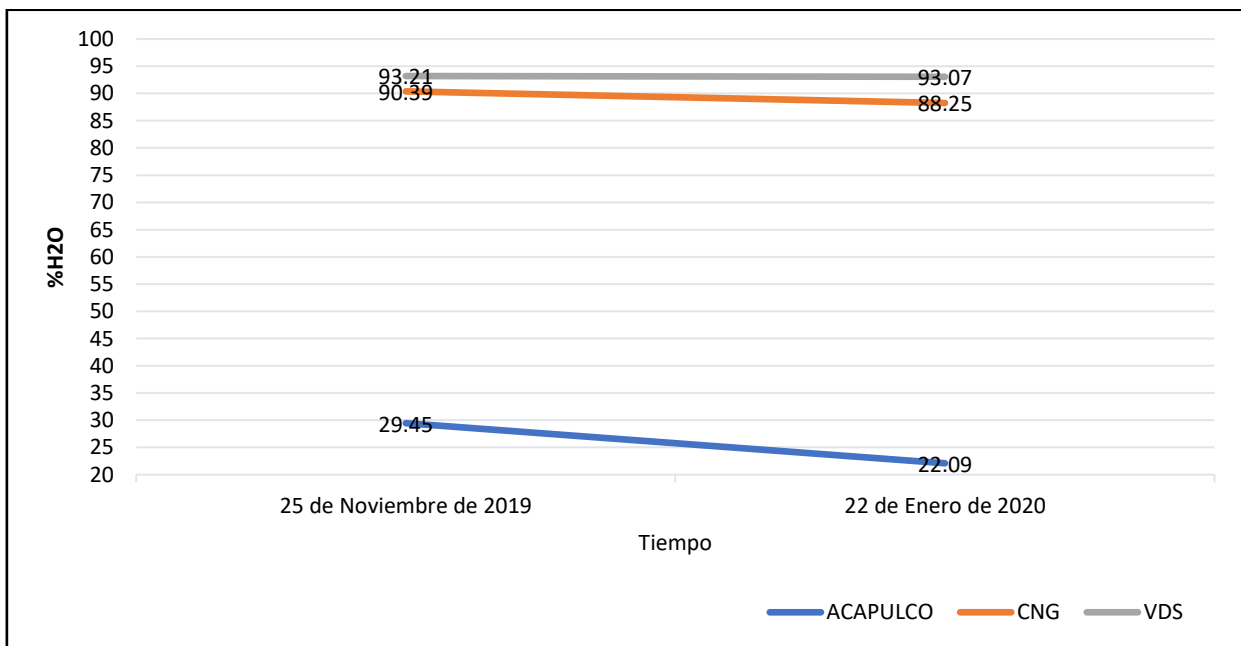


Figura 10. Variación del porcentaje de humedad respecto al tiempo

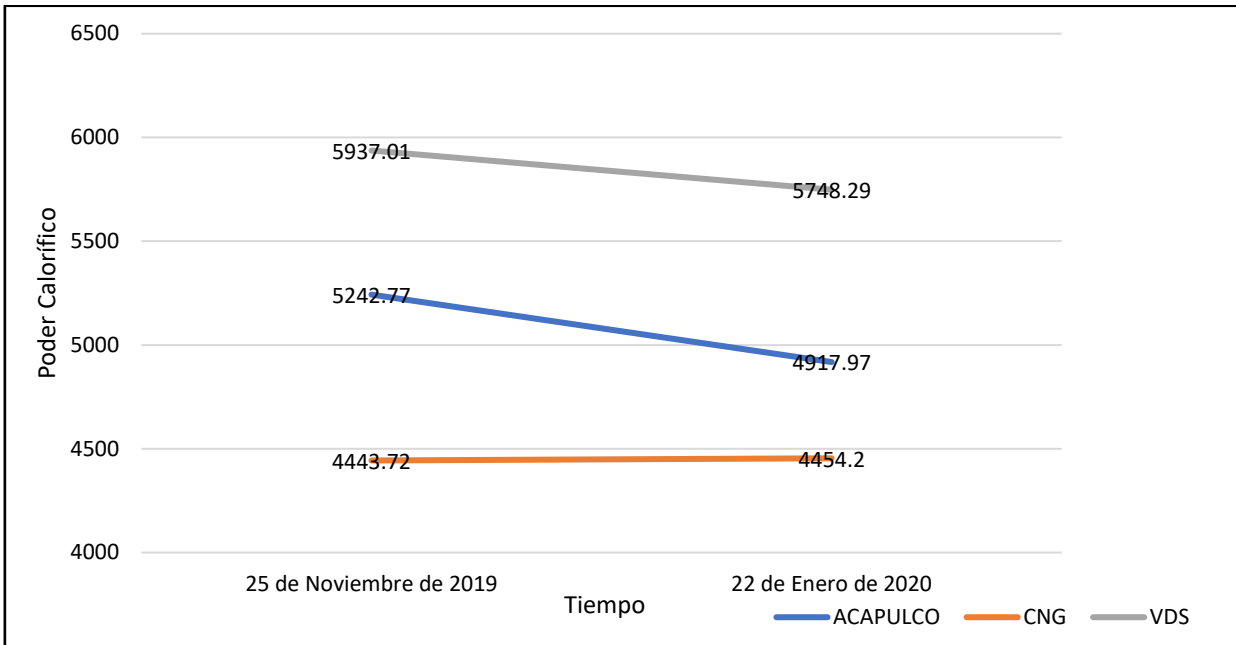


Figura 11. Variación del poder calorífico respecto al tiempo

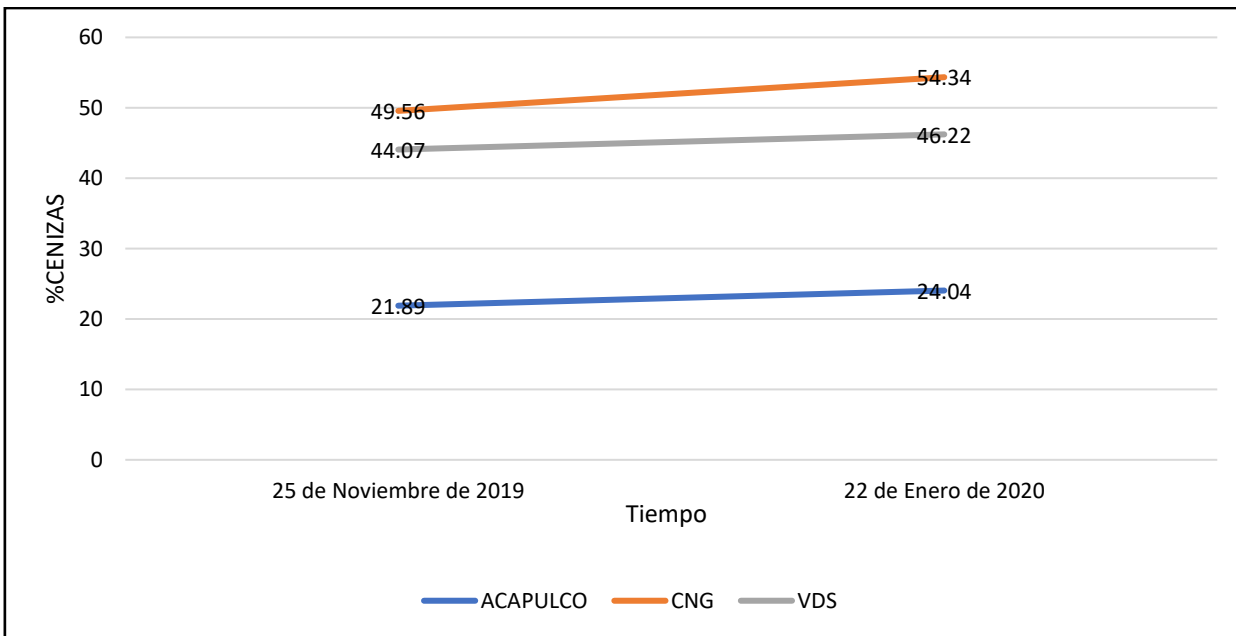


Figura 12. Variación del porcentaje de cenizas respecto al tiempo

Se observa en las tablas y figuras anteriores como varía los resultados respecto al tiempo, siendo este un decrecimiento en los valores de porcentaje de humedad y poder calorífico, ver figuras 10 y 11. Sin embargo, en la figura 12 se nota un incremento en los resultados y esto es debido a que las muestras tomadas el 22 de enero de 2020 poseen mucho más material inorgánico o no combustible, esto se corroboró una vez finalizado el ensayo de poder calorífico, en el cual se evidenció en el recipiente una mayor cantidad de material que no se quemó.

2.1.2.3 Análisis fisicoquímico por espectroscopia de absorción atómica. Una vez realizado el análisis fisicoquímico se presentaron los resultados como se muestran en las tablas 6, 7 y 8.

Muestra PTAR Villa del Sol

Matriz de la muestra: Agua residual

Tabla 6.
Resultados por Absorción Atómica de la muestra en la PTAR Villa del Sol

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Cadmio (mg Cd/kg)	<0,01	Absorción Atómica / SM 3111B
Arsénico (mg As/kg)	0,0129	Absorción Atómica - Generación de Hidruros/SM 3030F, SM3114C
Selenio (mg Se/kg)	0,0062	Absorción Atómica - Generación de Hidruros/SM 3030F, SM3114C
		Modificado
Zinc (mg Zn/kg)	12,20	Absorción Atómica / SM 3111B

Níquel (mg Ni/kg)	0,11	Absorción Atómica / SM 3111B
Plomo (mg Pb/kg)	0,44	Absorción Atómica – Horno de Grafito / SM 3111B

Muestra PTAR Ciudad Nuevo Girón

Matriz de la muestra: Agua residual

Tabla 7.
Resultados por Absorción Atómica de la muestra en la PTAR CNG

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Cadmio (mg Cd/kg)	0,417	Absorción Atómica / SM 3111B
Arsénico (mg As/kg)	0,063	Absorción Atómica - Generación de Hidruros/SM 3030F, SM3114C
Selenio (mg Se/kg)	0,059	Absorción Atómica - Generación de Hidruros/SM 3030F, SM3114C Modificado
Zinc (mg Zn/kg)	13,343	Absorción Atómica / SM 3111B
Níquel (mg Ni/kg)	0,159	Absorción Atómica / SM 3111B
Plomo (mg Pb/kg)	6,111	Absorción Atómica – Horno de Grafito / SM 3111B

Muestra PTAR de Acapulco**Matriz de la muestra:** Lodo**Tabla 8.***Resultados por Absorción Atómica de la muestra en la PTAR de Acapulco*

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Cadmio (mg Cd/kg)	1,223	Absorción Atómica / SM 3111B
Arsénico (mg As/kg)	0,670	Absorción Atómica - Generación de Hidruros / EPA 3050B / SM 3030F, SM 3114C
Selenio (mg Se/kg)	0,080	Absorción Atómica - Generación de Hidruros / EPA 3050B / SM 3030F, SM 3114C Modificado
Zinc (mg Zn/kg)	45,711	Absorción Atómica / EPA 3050B / SM 3111B
Níquel (mg Ni/kg)	3,147	Absorción Atómica / EPA 3050B / SM 3111B
Plomo (mg Pb/kg)	12,570	Absorción Atómica – Horno de Grafito / EPA 3050B / SM 3111B

Respecto a los resultados obtenidos por el análisis fisicoquímico por espectroscopia de absorción atómica y teniendo en cuenta la Tabla 3 del presente trabajo todas las muestras tomadas se categorizan como A. Por lo tanto, según el decreto 1287 art. 8, no únicamente se puede utilizar estos residuos como una alternativa energética sino también en zonas verdes de cementerios o

campos de golf, además de uso en agricultura, plantaciones forestales, en restauración o mejoramiento de suelos degradados, como insumos en procesos de elaboración de abonos o fertilizantes orgánicos, en rellenos sanitarios y como insumo en la fabricación de materiales de construcción. Por esta razón si no se cuentan con suficientes tecnologías para recuperar la energía que tiene estos residuos, existen otras alternativas que se pueden utilizar con base en de los resultados obtenidos.

2.1.3 Implicaciones de estos resultados de cara al posible aprovechamiento energético de los residuos analizados. Cuando se habla de residuos en general, el proceso de reciclaje está limitado a materiales que son biodegradables y los que no lo son (plásticos, vidrio o metales). Sin embargo, el material orgánico es el que está en mayor proporción y no se puede reciclar normalmente como si lo hace los materiales inorgánicos, por ello, una de las mejores rutas de aprovechamiento de estos residuos es la generación de energía y esto es posible incinerándolos para recuperar su energía, además utilizando tecnologías adecuadas se evita generar grandes emisiones de gases al medio ambiente.

Las plantas de energía queman residuos a altas temperaturas y usan este calor para obtener vapor. A su vez, este vapor impulsa una turbina que genera energía mecánica que posteriormente se convierte en energía eléctrica. Unicosta (2019) afirma:

De esta manera, este proceso es una forma ecológica y rentable de recuperar energía, que luego es usada para sistemas eléctricos. Es posible producir entre 300 y 810 kWh por tonelada de residuos, utilizando diferentes tecnologías de revalorización energética, cuya eficiencia sea alta. Aunque algunos métodos cuentan con detractores, por la emisión de

residuos contaminantes como las dioxinas y furanos durante la combustión de residuos orgánicos, las tecnologías modernas son capaces de reducir estas emisiones a niveles seguros.

- Por otro lado, existen diversos beneficios que conlleva la utilización de este tipo de recuperación de energía. Los cuales son:
- Son una fuente de energía renovable y más estable que otras fuentes de energía como la eólica o la solar.
- Producen energía generando menores emisiones netas de gases de efecto invernadero, en comparación con la energía producida a partir de combustibles fósiles.
- Recuperan, reciclan y valorizan recursos valiosos como es la materia orgánica.
- Operan con niveles de emisión muy por debajo de los permitidos por las legislaciones ambientales.

Por lo anterior y con los datos obtenidos en este trabajo y la información suministrada por la Empresa GIRON E.S.P., además de haber realizado las respectivas conversiones de unidades BTU a kWh ver ejemplo en el apéndice B, se tiene que una libra del residuo tomado de la PTAR de Ciudad Nuevo Girón, que además es la más baja de todas, genera una energía de 1,30 kWh, esta energía si lo comparamos con una libra de combustible fósil de baja calidad como lo es el carbón tipo turba que genera una energía de 2,14 kWh, es casi el doble de energía que genera. Sin embargo, como se mencionó anteriormente en los beneficios, utilizar este tipo de recuperación de residuos brinda una fuente de energía renovable y más estable, además se está ayudando al reciclaje

de estos residuos y así disminuyendo su impacto al medio ambiente, ahora la cantidad que se genera de residuo promedio por mes en cada una de las PTAR's de la Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios Girón S.A.S. E.S.P. es alrededor de 1.8 toneladas. Por lo tanto, la cantidad de energía que se está generando de estos residuos es de aproximadamente 4688,37 kWh, energía que, le serviría, a cada uno de los procesos principales que desarrolla las PTAR's así mismo, el valor de 1 kWh es de aproximadamente \$659,69 COP, es decir, la empresa estaría ahorrándose alrededor de \$3'092.870,8 COP mensuales en energía. Por ejemplo, el mejor uso que se le puede dar a esta energía es en el proceso del filtro prensa donde se lleva a cabo el sistema de filtración, clarificación y purificación de lodos o mezclas solido-liquidas por presión, cuyo consumo energético es de 48,2 kWh. Por último, cabe resaltar que todo el trabajo hecho en este proyecto desde la visita a las plantas de tratamiento de aguas residuales hasta la obtención de los resultados es un aporte fuerte que se le hace a la empresa puesto que, se le da a conocer que los residuos que están generando verdaderamente tienen energía y que deben de aprovecharlos y no dejar que se desperdicie tan sumamente importante fuente de energía.

3. Conclusiones

Las muestras tomadas prácticamente eran líquidas exceptuando la muestra tomada en la PTAR de Acapulco, la cual era un sólido con el porcentaje de humedad más bajo (entre 22,09 y 29,45%) según pruebas realizadas.

Se obtuvo el poder calorífico de cada muestra mediante pruebas de laboratorio según la norma ASTM D3286-85 donde los resultados revelan que la muestra con mayor poder calorífico (5937,01 BTU/lb) fue la tomada en la PTAR de Villa del Sol.

Las respectivas pruebas realizadas dan una mejor idea acerca de lo que se obtiene (cuantitativamente) cuando se queman estos residuos. Por ejemplo, sobre la cantidad de gases que se estén emitiendo al medio ambiente ya que, por salubridad se tiene unos valores máximos permisibles que se pueden emitir, además de la cantidad de cenizas que se está produciendo cuando se incineran estos residuos.

Según los resultados obtenidos de poder calorífico y teniendo en cuenta el menor valor obtenido, se necesitan 37,037 lb de residuo en base seca de la muestra tomada en la PTAR de CNG para poder operar el filtro prensa que es uno de los procesos más importantes que tiene el tratamiento de las aguas residuales.

Se concluye que estos residuos pertenecen a la categoría A y esto se da teniendo en cuenta los resultados obtenidos por el análisis fisicoquímico por espectroscopia de absorción atómica y los valores máximos permisibles de categorización de biosólidos para su uso (Tabla 3). Por lo tanto, hay diversas rutas de aprovechamiento para estos residuos, no solo energéticos sino también para agricultura o construcción.

Se observó que realmente es viable poder aprovechar estos materiales de la mejor manera posible puesto que, es una energía alterna y esto ayudaría a la Empresa Girón E.S.P. S.A.S. a disminuir en gran medida los costos generados por energía y a su vez utilizar estos ahorros en mantenimiento de las plantas o mejoras de las mismas.

Referencias Bibliográficas

Alianza Unicosta con El Heraldo (2019). Energía a base de residuos. Barranquilla, CO: El Heraldo.

Recuperado de <https://www.elheraldo.co/barranquilla/energia-base-de-residuos-630254>

Díaz-Cuenca, Elizabeth, & Alavarado-Granados, Alejandro Rafael, & Camacho-Calzada, Karina Elizabeth (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. Quivera. Revista de Estudios Territoriales, 14(1),78-97

Empresa Girón SAS ESP, (2018). *Planta de tratamiento agua residual centro poblado Acapulco*, Manual técnico interno. Cap. 2, Santander, Colombia.

Espigares García, M. y Pérez López, JA. (1995) Aguas residuales composición. Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Granada.

Larbi, H.; Alain, P.; Mansour, B. (2011). Rheological study and valorization of waste sludge from wastewater treatment plants in the dredging operation of hydraulic dams, Volume 6, 2011, Pages 302-309.

República de Colombia. Conforme al Decreto 1287 de 2014. “Por el cual se establecen criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales”

República de Colombia. Conforme al Decreto 1594 de 1984. “Usos del agua y residuos líquidos”

Rodríguez, H. (2017). Las aguas residuales y sus efectos contaminantes. España: Iagua. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>

Solarte, G.; Rodríguez, O. y Solarte P. (2015). Residuos sólidos y líquidos en el deterioro del ambiente y la salud de la comunidad educativa de la escuela Los Toldos, Popayán, Cauca. Revista Nodo, 9(19), pp. 25-41.

Apéndices

Apéndice A. Cálculo tipo

- Porcentaje de agua

$$\% \text{H}_2\text{O} = \frac{1,074 - 0,78}{1,074} * 100 = 27,37\%$$

Dato 1: 27,37%

Dato 2: 29,16%

Dato 3: 31,81%

- Poder calorífico

$$Q = \frac{26,87 - 25,63 * 5088,366 - (0 + 34,85 + 6)}{0,954} = 6570,99 \text{ BTU/Lb}$$

Dato 1: 6570,99

Dato 2: 4093,78

Dato 3: 5063,54

- Porcentaje de cenizas

$$\% \text{cenizas} = \frac{18,655 - 17,95}{21 - 17,95} * 100 = 23,11\%$$

Dato 1: 23,11%

Dato 2: 20,21%

Dato 3: 22,34%

- Porcentaje de azufre

$$\%S = \frac{(0,032 - 0,000624) * 13.738}{0,954} = 0,45\%$$

Dato 1: 0,45%

Dato 2: 0,72%

Dato 3: 0,55%

Apéndice B. Conversión BTU a kWh

$$P(\text{kWh}) = P(\text{BTU}) / 3412,142$$

$$P(\text{kWh}) = \frac{4443,72 \text{ BTU}}{3412,142} = 1,30 \text{ kWh}$$

Apéndice C. Convenio

CONVENIO DE APOYO INTERINSTITUCIONAL PARA LA REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS EMPRESARIALES COMO MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO CELEBRADO ENTRE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Y LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS GIRÓN S.A.S E.S.P.



Entre los suscritos a saber, por una parte, **LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS GIRÓN S.A.S E.S.P.** con NIT 901.254.325-7, la cual fue constituida mediante escritura pública N° 1298 del 19 de septiembre de 2018, representada en este acto por su gerente general y representante legal **HECNEY ALEXCEVITH ACOSTA SANCHEZ**, mayor de edad, identificado con la cédula de ciudadanía número 91.480.167 expedida en Bucaramanga, todo lo cual consta en el certificado de existencia y representación expedido por la Cámara de Comercio de BUCARAMANGA, copia de la cual se adjunta, empresa que en adelante y para todos los efectos del presente documento se denominará **GIRÓN S.A.S E.S.P.** y por la otra, la Universidad Industrial de Santander, ente universitario autónomo del orden departamental, creada mediante Ordenanzas 41 de 1940 y 83 de 1944 de la Asamblea Departamental de Santander, reglamentada por el Decreto 1300 de Junio 30 de 1982 de la Gobernación de Santander, Institución de Educación Superior reconocida por el Ministerio de Educación Nacional mediante Decreto 583 de 25 de Febrero de 1947, con NIT. 890.201.213-4 y domicilio principal en la ciudad de Bucaramanga, representada en el presente acto por la Directora de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales, identificado(a) con cédula de ciudadanía No. 63.368.120 expedida en Bucaramanga, todo lo cual consta en la Resolución de nombramiento No. 851 del 15 de abril de 2016 y en el acta de posesión No 5189 del 19 de abril de 2016, facultada para suscribir el presente convenio en virtud de la Resolución de Rectoría No. 2280 del 13 de octubre de 2015, entidad que en adelante y para todos los efectos del presente documento se denominará **LA UNIVERSIDAD** hemos convenido en celebrar el presente **CONVENIO DE APOYO INTERINSTITUCIONAL PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS EMPRESARIALES COMO MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO**, que se regirá por las siguientes cláusulas:

CLÁUSULA PRIMERA. OBJETO: El presente convenio tiene como objeto establecer las bases de cooperación entre **GIRÓN S.A.S. E.S.P.** y **LA UNIVERSIDAD** para el desarrollo integrado de un programa de prácticas empresariales como modalidad de trabajo de grado, con el fin de proporcionar a **LA UNIVERSIDAD** espacios de práctica para la mejor formación profesional de sus estudiantes, acorde con los conocimientos, habilidades y destrezas de los mismos.

CLÁUSULA SEGUNDA. NATURALEZA DEL CONVENIO: El presente convenio es de carácter eminentemente académico. Por lo tanto, la modalidad de vinculación de los estudiantes no generará ningún tipo de relación laboral o solidaridad entre **GIRÓN S.A.S. E.S.P.** y **LA UNIVERSIDAD**. Así mismo, el uso de la imagen corporativa, no implica la asunción de obligaciones solidadas entre las partes.

CLÁUSULA TERCERA. COMPROMISOS DE LAS PARTES: En virtud del presente convenio las partes adquieren los siguientes compromisos:

Ciudad Universitaria, Carrera 27 - Calle 9
Apartado Aéreo 678 PBX: (7) 6344000
Bucaramanga, Colombia. www.uis.edu.co





- 3.1 **De LA UNIVERSIDAD:**
- 3.1.1 Preseleccionar a los estudiantes que aspiren a ser practicantes en **GIRÓN S.A.S. E.S.P.**, de conformidad con las necesidades de la misma, señaladas previamente en un documento al inicio de cada uno de los periodos de práctica.
- 3.1.2 Presentar los aspirantes preseleccionados a **GIRÓN S.A.S. E.S.P.** con al menos treinta (30) días de anticipación al inicio del periodo de práctica.
- 3.1.3 Asignar el número de estudiantes por semestre académico que sea requerido por **GIRÓN S.A.S. E.S.P.**
- 3.1.4 Suscribir directamente con los estudiantes seleccionados por **LA UNIVERSIDAD** y aprobados por **GIRÓN S.A.S. E.S.P.**, un acta de compromiso en donde se determinen de manera específica las actividades a realizar durante el periodo de práctica, su término de duración y las obligaciones que contrae en virtud del mismo, documento que se anexa y hace parte integral del presente convenio.
- 3.1.5 Garantizar mediante la firma del acta de compromiso por parte del estudiante, la Universidad y la empresa, la permanencia de los estudiantes en práctica en el número asignado y durante la totalidad del periodo de práctica. En caso de que fuere necesario realizar una sustitución del estudiante esta obligación se condicionará a la existencia de estudiantes habilitados para realizar las mismas labores asignadas en cumplimiento de los requisitos exigidos por **GIRÓN S.A.S. E.S.P.** La ausencia de estudiantes o la inexistencia de espacios para su ubicación en la práctica, no generará la terminación del presente convenio, sino la suspensión del mismo, hasta que sea factible reiniciarlo con nuevos estudiantes o nuevos espacios de práctica.
- 3.1.6 Informar a **GIRÓN S.A.S. E.S.P.** cualquier modificación en el plan de estudios de los estudiantes que afecte el desarrollo de la práctica, con al menos treinta (30) días de anticipación a la fecha en que dichas modificaciones sean aplicables.
- 3.1.7 Supervisar el desarrollo de las prácticas convenidas, garantizando los derechos de los estudiantes sobre la producción intelectual derivada de la práctica que desarrollan.
- 3.1.8 Asignar director de trabajo de grado para cada practicante, quien deberá orientar y apoyar su desempeño procurando la efectividad en el desarrollo de las actividades que están bajo su responsabilidad.
- 3.1.10. El Director de Escuela reportará a bienestar universitario el listado de los estudiantes que se van a práctica, según la normatividad vigente y para los fines internos de la Universidad
- 3.1.11. La Universidad garantizará en caso de requerirse y previa autorización del Director de Escuela, el desplazamiento del director de trabajo de grado a las instalaciones de **GIRÓN S.A.S. E.S.P.**, en caso de que las mismas se encuentren fuera del área metropolitana de Bucaramanga y dentro del territorio colombiano, según lo convenido con esta última.
- 3.1.12 Las demás que se deriven del desarrollo del presente convenio.
- 3.2 **De GIRÓN S.A.S. E.S.P.**
- 3.2.1 Informar a **LA UNIVERSIDAD** con anterioridad al inicio de las actividades propias de la práctica, que en todo caso estarán encaminadas a la mejor formación profesional del estudiante en práctica, el número de estudiantes que requiera para cada semestre académico, así como los requisitos mínimos que deben cumplir los aspirantes por medio de documento escrito, correo electrónico o a través del portal CUEES.





- 3.2.2 Seleccionar los estudiantes que realizarán las prácticas empresariales, como modalidad de trabajo de grado de los estudiantes preseleccionados presentados por LA UNIVERSIDAD.
 - 3.2.3 Facilitar al estudiante todos los medios para que reciba formación profesional metódica y completa en los términos de la práctica convenida.
 - 3.2.4 Nombrar un profesional de LA EMPRESA que actúe como tutor del estudiante durante el desarrollo de la práctica convenida.
 - 3.2.5 Realizar la evaluación de desempeño de los estudiantes en los términos solicitados por LA UNIVERSIDAD.
 - 3.2.6 Permitir a LA UNIVERSIDAD realizar la comprobación directa de las actividades realizadas por los estudiantes por medio de visitas físicas a las instalaciones y demás lugares en donde estas se desarrollen. Así mismo, facilitar al estudiante la disposición de los tiempos programados con el Director del trabajo de grado para las sesiones de consulta, asesoría o seguimiento.
 - 3.2.7 Asignar a los estudiantes la realización de actividades directamente relacionadas con el objeto propio del programa académico que adelanten, en concordancia con las directrices trazadas por LA UNIVERSIDAD en este sentido.
 - 3.2.8 Hacer una inducción y orientación; así como prestar el entrenamiento y supervisión requeridos para el desarrollo de las tareas que le sean asignadas.
 - 3.2.9 Expedir el correspondiente documento de identificación interna al estudiante en práctica.
 - 3.2.10 Informar a LA UNIVERSIDAD cualquier novedad o eventualidad que se presente relacionada con los estudiantes en el desarrollo de las actividades que les han sido asignadas.
- 3.2.11. Las demás que se deriven del desarrollo del presente convenio.

CLÁUSULA CUARTA. SUPERVISIÓN: LA UNIVERSIDAD, a través del Comité de trabajos de grado de la Escuela respectiva, verificará periódicamente el cumplimiento de las labores encomendadas a los practicantes, para lo cual **GIRÓN S.A.S. E.S.P.** brindará toda la colaboración que sea requerida.

CLÁUSULA QUINTA. DURACIÓN DE LA PRÁCTICA: La duración de cada práctica será la convenida por las partes, teniendo en cuenta lo señalado en la normatividad interna de la UNIVERSIDAD y las necesidades de **GIRÓN S.A.S. E.S.P.** El término estipulado en cada práctica empresarial como modalidad de trabajo de grado deberá ser informado por **LA UNIVERSIDAD** a **GIRÓN S.A.S. E.S.P.** en el acta de compromiso que será suscrita con anterioridad al inicio de la misma, que en todo caso deberá ser mínimo el previsto para un periodo académico, prorrogable por otro igual.

CLÁUSULA SEXTA. NO EXISTENCIA DE RELACIÓN LABORAL. Las personas partícipes de este convenio, incluyendo funcionarios, profesores, investigadores y estudiantes, desarrollarán el objeto del presente convenio con total independencia y autonomía de la institución de la que obtengan la cooperación, entendida esta última como el aporte de instalaciones, equipos, entre otros; por lo cual, el presente convenio no constituye vínculo laboral alguno.





CLÁUSULA SÉPTIMA. DURACIÓN DEL CONVENIO: El presente convenio tendrá un período de duración de cinco (5) años contados a partir de la fecha de la firma del presente documento, que podrán ser prorrogados por periodos iguales, previa evaluación de los resultados obtenidos y mediante acuerdo escrito entre las partes.

CLÁUSULA OCTAVA. TERMINACIÓN: El presente convenio se dará por terminado, sin perjuicio de las demás causales establecidas en la ley, en los siguientes eventos:

- 7.1 Vencimiento del plazo pactado en este convenio o de cualquiera de sus prórrogas.
- 7.2 Mutuo acuerdo.
- 7.3 Aviso escrito de una parte a la otra, con sesenta (60) días de antelación a la fecha en que se pretenda dar por terminado.
- 7.4 Por incumplimiento comprobado de cualquiera de las obligaciones previstas en el presente convenio, caso en el cual la parte cumplida comunicará a la incumplida sin necesidad de requerimientos previos.
- 7.5 Por caso fortuito o fuerza mayor.

PARÁGRAFO: En caso de finalización del convenio, por cualquiera de los eventos anteriores, permanecerá en vigencia hasta que terminen los estudiantes que están realizando la práctica en el marco del presente convenio.

CLÁUSULA NOVENA. SOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS: Las partes solucionarán directamente las diferencias que se presenten entre ellas por razón del contenido y alcance de las disposiciones contenidas en el convenio. No obstante, si las partes no llegaren a algún acuerdo, acudirán a los mecanismos de solución de controversias extrajudiciales establecidos en la Ley 446 de 1998 y las demás disposiciones que las modifiquen, adicionen o sustituyan, tales como la transacción, conciliación y amigable composición, para solucionar las diferencias surgidas en la ejecución del convenio.

CLÁUSULA DÉCIMA. CONFIDENCIALIDAD: las partes se comprometen a mantener CONFIDENCIALIDAD y abstenerse de usar para beneficio propio o para terceros, reproducir o divulgar la información de las partes declarada como confidencial, que se llegue a conocer en virtud de la ejecución del presente convenio. La violación de esta obligación hará incurrir a los responsables en las sanciones legales correspondientes. Se considerará información confidencial sin limitación alguna, todas las descripciones, datos, productos, procesos y operaciones, métodos, fórmulas, know-how y cualquier otra información de naturaleza técnica, económica, financiera, administrativa, jurídica y de otra naturaleza perteneciente a las operaciones, estrategias, políticas, y manejo de actividades, programas o sistemas de cómputo, software, códigos fuente o códigos objeto, algoritmos, fórmulas, diagramas, planos, procesos, técnicas, diseños, fotografías, registros, compilaciones, información de clientes o interna de los contratantes y, en general, toda aquella información que esté relacionada con programas, inventos, marcas, patentes, nombres comerciales, secretos industriales, y derechos de propiedad industrial o intelectual, licencias y cualquier otra información oral, escrita o en medio magnético que revelen **GIRÓN S.A.S. E.S.P.**, el **PRACTICANTE** o la **UNIVERSIDAD** con el fin del cumplimiento de este convenio. Dentro de la INFORMACIÓN CONFIDENCIAL no se incluirá: A) Aquello que sea del dominio público, por una razón diferente del incumplimiento a la confidencialidad aquí pactada. B) Que esté en posesión de la parte receptora y que la haya



recibido legítimamente con anterioridad a la celebración de este convenio. C) Que por orden válida de autoridad competente deba revelarse en tal forma que pase al dominio público. La INFORMACIÓN CONFIDENCIAL no dejará de serlo cuando deba revelarse a cualquier entidad oficial, Nacional o Internacional, por orden válida de autoridad competente, sin que pierda su calidad de confidencial y reservada. Las partes acuerdan también que las notas, resúmenes u otros materiales derivados de la INFORMACIÓN CONFIDENCIAL, en cualquier soporte físico o electrónico están sujetos a los términos y condiciones determinados aquí, y por lo tanto, son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL. Esta condición de confidencialidad se mantendrá durante la duración del convenio y no vence por la terminación del mismo, a menos que se acuerde o convenga otra cosa por las partes.

CLÁUSULA DÉCIMO PRIMERA. AUSENCIA DE EXCLUSIVIDAD: El presente convenio no limita el derecho de las partes a la formalización de acuerdos iguales o semejantes con otras instituciones.

CLÁUSULA DÉCIMO SEGUNDA. PROPIEDAD INTELECTUAL: En caso eventual que la práctica genere derechos de propiedad intelectual, las partes valorarán si los resultados obtenidos pueden ser objeto de protección de propiedad intelectual, caso en el cual, acordarán el procedimiento a seguir. Los derechos morales sobre los productos e innovaciones obtenidas pertenecerán a sus autores. Los derechos patrimoniales sobre los resultados protegibles que puedan derivarse del desarrollo de la práctica (patentes, publicaciones o aprovechamiento comercial de los resultados obtenidos), pertenecerán al **PRACTICANTE**, a la **UNIVERSIDAD** y **GIRÓN S.A.S. E.S.P.** a prorrata a los aportes realizados por cada una en la financiación o en la ejecución del proyecto, sin perjuicio de los derechos patrimoniales de terceros. No obstante, los derechos de propiedad intelectual están sujetos a la legislación nacional y supranacional vigente.

CLÁUSULA DÉCIMO TERCERA: INDEMNIDAD DE LA UNIVERSIDAD Y GIRÓN S.A.S. E.S.P.: Las partes se mantendrán indemnes en caso de cualquier reclamación, demanda o acción legal que surjan o se le causen como consecuencia del desarrollo del presente convenio.

CLÁUSULA DÉCIMO CUARTA. DE LA SEGURIDAD SOCIAL DEL PERSONAL DOCENTE Y DISCENTE DE LA UNIVERSIDAD: Los estudiantes de pregrado deberán acreditar su vinculación al Sistema General de Seguridad Social en Salud en el momento de su matrícula, ya sea en el régimen contributivo, en el subsidiado o en los regímenes especiales. **PARÁGRAFO 1: GIRÓN S.A.S. E.S.P.** garantizará la afiliación de los estudiantes de los programas de pregrado al Sistema General de Riesgos Laborales. En todo caso, la afiliación será por el tiempo que dure la práctica y para efectos de la misma se tendrá como base de cotización un salario mínimo mensual legal vigente. El aporte al respectivo sistema será pagado por **GIRÓN S.A.S. E.S.P.** Será responsabilidad de cada una de las partes, garantizar la afiliación y pago de los respectivos aportes al Sistema General de Seguridad Social del personal docente y profesional que aporte para la ejecución del presente convenio.

CLÁUSULA DÉCIMO QUINTA. CESIÓN: Ninguna de las partes podrá ceder su posición contractual ni los derechos u obligaciones derivadas de la misma, ni subcontratar las obligaciones emanadas de este convenio, sin previa autorización por escrito de la otra parte.





Vigilada
Ministerio de
Educación
Universidad
Industrial de
Santander

CLÁUSULA DÉCIMO SEXTA. ACUERDO INTEGRAL: El presente convenio y sus anexos constituyen el acuerdo integral que vincula a las partes en relación con el objeto del mismo. En consecuencia, el convenio deroga expresamente todos los acuerdos anteriores verbales o escritos que tengan relación con el mismo objeto.


CLÁUSULA DÉCIMO SÉPTIMA. DOMICILIO CONTRACTUAL: Se fija como domicilio contractual la ciudad de Bucaramanga.

CLÁUSULA DÉCIMO OCTAVA. PERFECCIONAMIENTO: El presente convenio se perfecciona con la suscripción que del mismo hagan las partes.

CLÁUSULA DÉCIMO NOVENA. MODIFICACIÓN: Cualquier modificación a los términos aquí contenidos deberá constar en documento escrito suscrito por cada una de las partes.

CLÁUSULA VIGESIMA: INHABILIDADES E INCOMPATIBILIDADES: Las partes que suscriben este convenio manifiestan bajo la gravedad de juramento que no se encuentran incurso en causal alguna o inhabilidad que trata los artículos 8 y 9 de la ley 80 de 1993 y demás normas complementarias, por lo tanto asumen toda responsabilidad por la veracidad de lo indicado.

Para constancia se firma en Bucaramanga a los 29 días del mes de JULIO del año 2019 en dos ejemplares de igual valor y contenido.


HECNEY ALEXCEVITH SÁNCHEZ
 Gerente General
GIRÓN S.A.S. E.S.P.
 Lugar: Carrera 22 C No 16 – 02
 Urbanización Portal Campestre II, Girón.
 Fecha: ___/___/___


ACOSTA SANDRÁ JUDITH GARCIA VERGARA
 Directora Escuela Ingeniería Metalúrgica
 Y Ciencia de Materiales
Universidad Industrial de Santander
 Lugar: Bucaramanga
 Fecha: 29/07/2019

