



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL**

REDUCCIÓN DE ACEITE DIELECTRICO EN EL SUELO  
CONTAMINADO UTILIZANDO LAS CEPAS DE *PENICILLIUM*  
*JANTHINELLUM* ASOCIADO CON BAGAZO DE LA CAÑA DE  
AZÚCAR EN SHANGRILLA, PUENTE PIEDRA – 2018

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

David Teodoro, Campian Avellaneda,

**ASESORA:**

Mg. Cecilia Cermeño Castromonte

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de Residuos

**LIMA – PERÚ**

**2018 - I**

## **ÍNDICE DEL JURADO**

### **MIEMBROS DEL JURADO**

---

**DR. JIMÉNEZ CALDERÓN CESAR**  
**JURADO PRESIDENTE**

---

**DR. JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO**  
**JURADO SECRETARIO**

---

**MG. CECILIA CERMEÑO CASTROMONTE**  
**JURADO VOCAL**

### **DEDICATORIA**

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en mi educación, tanto académica como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo, todo este trabajo ha ido posible gracias a ellos.

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Teodoro Campian y Lucia Avellaneda por brindarme su apoyo incondicional en el desarrollo personal y profesional, por motivarme a seguir adelante en los momentos más cruciales de mi vida, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de acceder a una educación de calidad, sobre todo por ser excelentes padres, dignos a seguir como estilo de vida.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar. A Liliana Campian por ser un ejemplo de superación en el ámbito personal y profesional.

Agradezco a la Mg. Cecilia Cermeño por la confianza, dedicación y el tiempo brindado en el desarrollo de la presente tesis; sobre todo por brindarme su amistad.

Asimismo, doy gracias también al Ing. Máximo Víctor Soto por los consejos recibidos y por la flexibilidad de horario durante el desarrollo de la presente tesis; sobre todo por la amistad establecida con mi persona.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

La presente tesis representa el requisito para obtener el título de Ingeniero Ambiental en la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo.

Yo David Teodoro Campian Avellaneda con DNI N° 46204256, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de Universidad Cesar Vallejo, declaro que la investigación titulada: “Reducción de aceite dieléctrico en el suelo contaminado utilizando cepas de *Penicillium janthinellum* asociado al bagazo de la caña de Azúcar en Shangrilla, Puente Piedra - 2018”, es auténtica, personal y original.

En tal hecho, declaro que el contenido será de mi total responsabilidad ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 21 de Julio del 2018.

---

David Teodoro Campian Avellaneda

DNI: 46204256

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Reducción de aceite dieléctrico en el suelo contaminado utilizando cepas de *Penicillium janthinellum* asociado con bagazo de la caña de azúcar en Shangrilla, Puente piedra - 2018”, la misma que someto a vuestra consideración, esperando que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

El trabajo constituye las ganas y el esfuerzo afianzado durante el periodo profesional esperando lograr las metas trazadas a corto, mediano y largo plazo. Se espera que éste trabajo sea tomado para futuras investigaciones siendo la chispa de motivación para generar nuevos conocimientos y resolver problemas ambientales de nuestra sociedad.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

---

David Teodoro Campian Avellaneda

DNI: 46204256

## INDICE

ÍNDICE DEL JURADO .....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	V
PRESENTACIÓN.....	VI
INDICE .....	VII
RESUMEN .....	XIII
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Realidad Problemática .....	2
1.2 Trabajos Previos .....	3
1.4 Teorías relacionadas al tema .....	7
1.4.1 Hongo <i>Penicillium Janthinellum</i> .....	7
1.4.2 Bagazo de <i>Saccharum officinarum</i> “Caña de Azúcar” .....	9
1.4.3 Aceite Dieléctrico .....	11
1.4.4 Aceite dieléctrico con Bifenilos policlorados (PCB).....	12
1.4.5 Contaminación del suelo por aceite dieléctrico .....	13
1.4.6 Movimiento y distribución del aceite dieléctrico en el ambiente.....	13
1.4.7 biorremediación de hidrocarburo en el suelo .....	15
1.4.8 Control de los factores que determinan el desarrollo del <i>Penicillium janthinellum</i> .....	17
1.4 Formulación del Problema.....	18
1.4.1 General .....	18
1.4.2 Específicos.....	18
1.5 Justificación del Estudio .....	19
1.6 Hipótesis.....	20
1.6.1 General .....	20

1.6.2 Especifica.....	20
1.7 Objetivos .....	21
1.7.1 General .....	21
1.7.2 Especifica.....	21
II. MÉTODO.....	21
2.1 Diseño de investigación.....	21
2.1.1 Tipo de Investigación .....	21
2.1.2 Nivel de Investigación .....	22
2.1.3 Diseño Metodológico.....	22
2.2 Variables y Operacionalización .....	23
2.2.1 Variables .....	23
2.2.2 Operacionalización.....	23
2.3 Población y muestra .....	20
2.3.1 Población .....	20
2.3.2 Muestra .....	20
2.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	20
2.4.1 Técnica .....	20
2.4.2 Instrumentos .....	20
2.4.3 Valides y Confiabilidad.....	21
2.5 Metodología de trabajo de campo .....	21
2.5.1 Análisis de suelo contaminado Pre-Tratamiento .....	21
2.5.2 Etapas de la metodología experimental .....	29
2.6 Método de análisis de datos.....	39
III. RESULTADOS.....	40
3.1 Muestreo de diagnostico .....	40
3.2 Resultado de tratamiento T1, T2 y T3.....	41
3.3 Análisis de los datos.....	43

3.3.1 Análisis del tratamiento N°1 (10 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ) .....	43
3.3.2 Análisis del tratamiento N°2 (20 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ) .....	46
3.3.3 Análisis de los resultados del tratamiento N°3 (30 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	48
3.4. Contraste de hipótesis general .....	51
3.5 Contraste de Hipótesis específico .....	56
3.5.1 Hipótesis específico 1 .....	56
IV. DISCUSIÓN .....	63
V. CONCLUSIONES .....	65
VI. RECOMENDACIONES .....	66
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	67
VIII. ANEXOS .....	76

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ciclo de vida del genero <i>Penicillium</i> spp. ....	8
<b>Figura 2:</b> Aceite dialectico en el en el suelo .....	15
<b>Figura 3: biodegradación mediante microorganismos en el suelo.</b> ....	16
<b>Figura 4:</b> Diseño experimental.....	22
<b>Figura 5:</b> Técnica del cuarteto .....	22
<b>Figura 6:</b> Muestreo de suelo contaminado con aceite dieléctrico .....	23
<b>Figura 7:</b> Determinación de parámetros fisicoquímico.....	24
<b>Figura 8:</b> Determinación del aceite dieléctrico en el suelo tratado. ....	25
<b>Figura 9:</b> Determinación del peso inicial del suelo .....	26
<b>Figura 10:</b> secado en horno de la muestra de suelo .....	27
<b>Figura 11:</b> Textura del suelo según el triángulo de la USDA .....	27
<b>Figura 12:</b> Bagazo de caña de azúcar.....	29
<b>Figura 13:</b> Hongos de <i>Penicillium janthinellum</i> .....	30
<b>Figura 14:</b> Molienda.....	31
<b>Figura 15:</b> Tamizado del bagazo de la caña de azúcar .....	31

<b>Figura 16:</b> Diseño del tratamiento experimental .....	32
<b>Figura 17:</b> Dosificación de Hongos <i>Penicillium Janthinellum</i> .....	34
<b>Figura 18:</b> Dosificación de bagazo de la caña de azúcar .....	34
<b>Figura 19:</b> Codificación de las muestras experimentales .....	35
<b>Figura 20:</b> Codificación de las muestras .....	35
<b>Figura 21:</b> Análisis de control de pH, Ce y temperatura .....	37
<b>Figura 22:</b> Secado de la muestra en horno a 105 °C.....	38
<b>Figura 23:</b> muestras de suelo para el análisis de HTP .....	39
<b>Figura 24:</b> Análisis de HTP mediante el método SOXHLET .....	39
<b>Figura 25:</b> Evolución del potencial de hidrogeno en el tratamiento N°1 (10 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	43
<b>Figura 26:</b> Evolución de la temperatura en el tratamiento N°1 (10 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	43
<b>Figura 27:</b> Evolución de la conductividad eléctrica en el tratamiento N°1 (10 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	44
<b>Figura 28:</b> Reducción del aceite dieléctrico en el tratamiento N°1 (10 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	45
<b>Figura 29:</b> Evolución del potencial de hidrógeno en el tratamiento N°2 (20 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	46
<b>Figura 30:</b> Evolución de la temperatura en el tratamiento N°2 (20 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	46
<b>Figura 31:</b> Evolución de la conductividad eléctrica en el tratamiento N°2 (20 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	47
<b>Figura 32:</b> Reducción del aceite dieléctrico en el tratamiento N°2 (20 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	48
<b>Figura 33:</b> Evolución del potencial de hidrógeno en el tratamiento N°3 (30 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	48
<b>Figura 34:</b> Evolución de la temperatura en el tratamiento N°3 (30 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	49
<b>Figura 35:</b> Evolución de la conductividad eléctrica en el tratamiento N°3 (30 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	50
<b>Figura 36:</b> Reducción de aceite dieléctrico en el tratamiento N°3 (30 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	51

<b>Figura 37:</b> Reducción de aceite dieléctrico en el tratamiento 1(10 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	56
<b>Figura 38:</b> reducción de aceite dieléctrico en el tratamiento 2(20 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	57
<b>Figura 39:</b> reducción de aceite dieléctrico en el tratamiento 3(30 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	57
<b>Figura 40:</b> Dosis de <i>Penicillium janthinellum</i> evaluado a 1 mm de bagazo de caña de azúcar.....	58
<b>Figura 41:</b> Dosis de <i>Penicillium janthinellum</i> evaluado 2 mm de bagazo de caña de azúcar.....	59
<b>Figura 42:</b> Dosis de <i>Penicillium janthinellum</i> evaluado a 3 mm de bagazo de caña de azúcar.....	59
<b>Figura 43:</b> Granulometrías del bagazo de la caña de azúcar evaluado a 10 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> .....	60
<b>Figura 44:</b> Granulometría del bagazo de la caña de azúcar evaluado a 20 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> .....	61
<b>Figura 45:</b> Granulometría del bagazo de la caña de azúcar evaluado a 20 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> .....	61

#### INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Taxonomía de <i>Penicillium janthinellum</i> .....	7
<b>Tabla 2:</b> Composición morfológica del bagazo .....	9
<b>Tabla 3:</b> Propiedades biométricas de fibras de diferentes fuentes.....	10
<b>Tabla 4:</b> Propiedades Químicas del bagazo .....	10
<b>Tabla 5:</b> Clases de Hidrocarburos presentes en el Aceite dieléctrico.....	12
<b>Tabla 6:</b> Diagrama metodológico .....	23
<b>Tabla 7:</b> tabla de o operacionalización de variables .....	19
<b>Tabla 8:</b> Coordenadas de las áreas a muestrear .....	22
<b>Tabla 9:</b> Combinación del tratamiento experimental .....	33
<b>Tabla 10:</b> Caracterización de los parámetros del <i>Penicillium janthinellum</i> .....	40
<b>Tabla 11:</b> Resultado de la caracterización del suelo sin contaminar con aceite dieléctrico .....	40

<b>Tabla 12:</b> Caracterización de los parámetros del suelo contaminado con aceite dieléctrico .....	41
<b>Tabla 13:</b> Resultado del tratamiento N°1 (10 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	41
<b>Tabla 14:</b> Resultado del tratamiento N°2 (20 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	42
<b>Tabla 15:</b> Resultado del tratamiento N°3 (30 ml de <i>Penicillium janthinellum</i> ).....	42
<b>Tabla 16:</b> Prueba de Normalidad para los Datos iniciales y finales de Fracción de Hidrocarburo F2 (C10-C28).....	51
<b>Tabla 17:</b> T-STUDENT para muestras emparejadas .....	52
<b>Tabla 18:</b> prueba de normalidad para los Datos iniciales y finales de la Fracción de Hidrocarburo F2 (C10-C28).....	53
<b>Tabla 19:</b> T-STUDENT para muestras emparejadas .....	53
<b>Tabla 20:</b> prueba de normalidad para los Datos iniciales y finales de TPH .....	54
<b>Tabla 21:</b> T-STUDENT para muestras emparejadas .....	55

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1 :</b> Ficha de registro de los Parámetros Físico-Químicos del suelo .....	76
<b>Anexo 2:</b> Ficha para registro de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) .....	77
<b>Anexo 3:</b> Caracterización de los parámetros Físico- Químicos del Hongos <i>Penicillium Janthinellum</i> .....	78
<b>Anexo 4:</b> Caracterización de los parámetros Físico- Químicos del suelo contaminado.....	78
<b>Anexo 5:</b> Caracterización de los parámetros Físico- Químicos del Bagazo de caña de azúcar.....	79
<b>Anexo 6:</b> Matriz de consistencia.....	81
<b>Anexo 7:</b> Ubicación del punto de muestreo – ALC Energy SAC. ....	82
<b>Anexo 8: Constancia de análisis de suelo.</b> ....	83
<b>Anexo 9:</b> Caracterización de suelo sin contaminar.....	84
<b>Anexo 10:</b> Suelo contaminado con aceite dieléctrico, proveniente de la empresa ALC ENERGY SAC.....	85
<b>Anexo 11:</b> Análisis de suelo post tratamiento experimental .....	86
<b>Anexo 12:</b> Acta de originalidad.....	87
<b>Anexo 13:</b> Resultado del turnitin.....	88

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar la reducción del aceite dieléctrico (Fracción de hidrocarburos -F2) en el suelo contaminado mediante el uso cepas de *Penicillium janthinellum* asociado con bagazo de la caña de azúcar, para ello se estableció una metodología de investigación del tipo Aplicativo – a nivel Explicativo – con diseño experimental.

Para lo cual, primero se acondiciona el área de trabajo e insumos y luego se establece de acuerdo al diseño experimental los 9 reactores de tres repeticiones cada uno, en donde se trabaja con las siguientes dosis de 10 ml, 20 ml y 30 ml de cepas de *Penicillium janthinellum* evaluados en las granulometrías de 1 mm, 2 mm y 3 mm de bagazo de la caña de azúcar durante un periodo de 20 días. En los 9 reactores biológicos se trabaja con 10000 mg/Kg de aceite dieléctrico en el suelo como dato inicial, luego de iniciado el tratamiento experimental se hace un control y registró de los parámetros físico-químicos todos los días: Potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica, temperatura y humedad del suelo.

Los resultados finales de la presente investigación demuestran que las tres dosis de las cepas de *Penicillium janthinellum* evaluados cada una de las dosis a 1 mm, 2 mm y 3 mm del bagazo de la caña de azúcar, tienen la capacidad de reducir el aceite dieléctrico hasta obtener concentraciones inferiores de 5000 mg/kg en el suelo, además se demuestra que las tres dosis de *Penicillium janthinellum* tienen mayor efectividad de reducción de aceite dieléctrico que cuando se trabaja a 1 mm de bagazo de caña de azúcar, de los cuales el reactor biológico T3-1 fue más significativo, cuya efectividad de reducción de aceite dieléctrico en el suelo contaminado fue del 73.26%, el cual estaba compuesto con 30 ml de *Penicillium janthinellum* asociado con 1 mm de bagazo de la caña de azúcar. Es por ello que se concluye que esta metodología de investigación es una alternativa efectiva para reducir altas concentraciones de aceite dieléctrico en suelos contaminados y además su implementación en campo es práctico, sencillo y bajo costo operativo.

**Palabras Clave:** *Penicillium janthinellum*, Aceite Dieléctrico, reducción, Bagazo de caña de azúcar e hidrocarburos.

## **ABSTRACT**

This research aims to determine the reduction of dielectric oil (fraction of hydrocarbons - F2) in soil contaminated by using strains of *Penicillium janthinellum* associated with sugar cane bagasse, for it is established a methodology of research of the type application - level explanatory - experimental design.

For which is conditioned first the area of job and inputs and then is set according to the experimental design 9 reactors in three replications each, where we work with the following doses of 10 ml, 20 ml and 30 ml of strains of *Penicillium janthinellum* evaluated in the particle sizes of 1 mm, 2 mm and 3 mm cane bagasse of sugar over a period of 20 days. In 9 biological reactors working with 10000 mg/Kg of soil dielectric oil as data initial, after started the experimental treatment control is made and recorded daily physical and chemical parameters: potential of hydrogen, electrical conductivity, temperature, and soil moisture.

The final results of this research show that three doses of *Penicillium janthinellum* evaluated each of the dose to 1 mm, 2 mm and 3 mm from sugar cane bagasse, have the ability to reduce the dielectric oil until concentrations 5000 mg/kg in soil bottom, also shows that three doses of *Penicillium janthinellum* have greater effectiveness of reduction of dielectric oil than when working 1 mm from bagasse of sugarcane, of which the biological reactor T3-1 was more significant, whose effectiveness of reduction of dielectric oil in contaminated soil was the 73.26%, which was composed with 30 ml of *Penicillium janthinellum* associated with 1 mm of sugar cane bagasse. Is for this reason that it is concluded that this research methodology is an effective alternative to reduce high concentrations of dielectric oil in contaminated soil and also its implementation in field is practical, simple and low operating cost.

**Keywords:** *Penicillium janthinellum*, oil dielectric, reduction, bagasse from sugar cane and hydrocarbons.

## I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación evalúa la capacidad que tiene el hongo *Penicillium janthinellum* asociado al bagazo de la caña de azúcar para reducir la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado, mediante un análisis químico de Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28) se determinó que el suelo estudiado tiene una concentración de 10 000 mg/kg, cuyo valor supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para suelo industrial en nuestro país.

La importancia de los hongos filamentosos radica en su carácter facultativo, que les permite actuar en condiciones adversas y tener la capacidad de romper, degradar y/o metabolizar gran variedad de contaminantes orgánicos polares y apolares, como también sustancias persistentes en el ambiente para luego transformarlas en sustancias menos tóxicas o inocuas (Da Silva, R., 2009).

Bajo este contexto se desarrolló una metodología de investigación del tipo aplicado, a un nivel explicativo y con un diseño experimental, compuesto por siete etapas siendo la primera: Recolección de insumos y materiales, preparación y acondicionamiento del área, molienda del bagazo de la caña de azúcar, distribución del diseño experimental, dosificación de los insumos, control de los parámetros de campo y por último la determinación de los parámetros físico químicos del suelo tratado.

Primero se inicia con la georreferenciación de los puntos de muestreo, ubicados en el área del patio de aceite de la empresa ALC Energy SAC, en Shangrilla, distrito de Puente Piedra, para la toma de las muestras se seleccionó el método de muestreo no probabilístico, por lo cual los puntos fueron elegidos de acuerdo al criterio del investigador y a un nivel superficial.

Las dosis de *Penicillium janthinellum* empleadas fueron de 10 ml, 20 ml y 30 ml; la granulometría de bagazo de la caña de azúcar fue de 1 m, 2 mm y 3 mm, los datos fueron analizados mediante la estadística descriptiva e inferencial, mediante el cual se llegó a la conclusión que efectivamente la biodegradación de aceites dieléctrico en el suelo dieron mejores resultados en contraste con los tratamientos químicos y físicos.

## 1.1 Realidad Problemática

El aceite dieléctrico es un derivado de la refinación del petróleo, compuesta por hidrocarburos aromáticos, naftenos y parafinas, utilizado como refrigerantes y aislante eléctrico en los transformadores de baja y alta potencia. El uso de estos insumos conlleva ocasionalmente a accidentes operacionales como los derrames de hidrocarburos sobre el suelo.

El aceite dieléctrico es un compuesto del hidrocarburo, es por ello que representa un alto riesgo sobre el cuerpo del suelo, ya que no solo modifica sus propiedades Físico-químico, sino que también afecta directamente al desarrollo de los organismos que ayudan en auto regenerar la fertilidad del suelo, además al presentar una baja viscosidad baja se infiltra fácilmente para contaminar las aguas subterráneas (Frick *et. al.* 2013).

Se estima que a nivel nacional aproximadamente se encuentran en actividad 10,510.6 toneladas de aceite dieléctrico en transformadores, de los cuales un aproximado del 40 % presenta corrosión y en algunos equipos fugas de aceite dieléctrico, esto sucede sobre todo en las provincias del Perú (Mendoza, M. 2013)

En la actualidad, se producen numerosos derrames de aceite dieléctrico, derivados del petróleo y del petróleo crudo en cuerpos de agua y del suelo, sin embargo no existe información estadística oficial de la extensión de las áreas afectadas y la disposición final de este residuo peligroso emitido por el sector competente – Ministerio de Energía y Minas (BUENDIA. 2012). Un caso que fiscalizó el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental(OEFA), fue el derrame de petróleo crudo del Oleoducto Norperuano en el Distrito Imaza, catalogándolo como emergencia ambiental cuyo derrame afecto a la zona agrícola con una extensión de 10 hectáreas.(OEFA, 2016 p. 7).

La empresa ALC- Energy es una de las innumerables compañías del rubro eléctrico, que se dedica a la fabricación y mantenimiento de transformadores, en su área de depósito de aceite presenta derrames de aceite dieléctrico en el suelo, por lo que se determinó en laboratorio que la concentración de aceite dieléctrico en el suelo es de 10000 mg/Kg de suelo, este valor supera el ECA para suelo de uso industrial, establecido en el DS.011-2017, MINAM.

En la presente investigación se propone evaluar la capacidad del *Penicillium janthinellum* asociado al bagazo de la caña de azúcar para la reducir la concentración de aceite dieléctrico en el suelo contaminado, con el objetivo de aplicar esta metodología nueva en la remediación del suelo impactado por este contaminante en la empresa ALC- ENERGY, como también sirva de herramienta y guía para desarrollar otras investigaciones biológicas.

## **1.2 Trabajos Previos**

FLORES y MENDOZA (2017) presentaron el estudio "Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos por derrames de la estación de servicio en el campamento de Guarumales – Celec". Tesis para obtener el título de ingeniero ambiental en la Universidad de Cuenca, Ecuador. Cuyo objetivo fue determinar el tratamiento adecuado para la biodegradación de hidrocarburos en suelos naturales. Se empleó una metodología experimental. Concluyendo que el tratamiento con compost alcanzó la reducción del 89% de la presencia de hidrocarburos en el suelo, demostrando que su accionar es más eficaz a otros métodos, debido a la alta presencia de microorganismos biodegradables.

Según SP BAKO (2012), en su tesis de pregrado titulado: "Bío-Remediación de efluentes de refinería por cepillos de *Pseudomonas aeruginosa* y *Penicillium janthinellum*", realizado en el departamento de ciencias biológica de la universidad AHMADU BELLO – Nigeria, con el objetivo de evaluar la eficacia de la degradación de petróleo crudo y sustancias potencialmente tóxicas utilizando cepas de *Pseudomonas aeruginosa*, *Penicillium janthinellum* y sus mutantes, la metodología aplicada fue usando como base 10 ml de agua residual del rio Kaduma, 1 ml de petróleo crudo, 0.5 ml de fertilizante (660 ppm de NH<sub>4</sub> NO<sub>3</sub> y 460 ppm de PO<sub>4</sub>), 2ml de *Pseudomonas aeruginosa* y 2 ml *Penicillium janthinellum*, las configuraciones de tratamiento fueron usando cepas individuales y mixtas, además se crearon cepas mutantes mediante irradiación con lámpara UV a 254 nm durante 5, 10 y 15 min en tratamientos individuales y mixtos. Todas las configuraciones se incubaron volteando el envase cada 24 horas durante 16 días a 30 °C, Los resultados obtenidos mediante el análisis de cromatografía de gases/líquido en el caso de degradación de petróleo crudo variaron de parcial a bueno, siendo buenos (70%) la configuración *Pseudomonas Aeruginosa* y *Penicillium janthinellum*

irradiado con UV a 10 min y *Pseudomonas aeruginosa* puro. Las configuraciones de mutantes a 10 y 15 min y *Penicillium janthinellum* puro tuvieron una degradación parcial (50%), por lo tanto se concluye que las cepas de *Pseudomonas aeruginosa* y *Penicillium janthinellum* son eficaces degradadores de petróleo crudo obteniendo resultados positivo de parcial a bueno.

GARCÍA (2015), presentó el estudio "*Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos aromáticos policíclicos mediante aplicación de sustrato post-cultivo de champiñón (Agaricus bisporus)*", realizó la tesis para doctorado en Madrid, tuvo como objetivo establecer el efecto del sustrato después del cultivo de champiñón en suelos contaminados por hidrocarburos, mediante la metodología experimental, concluyó que el sustrato de post-cultivo de champiñón inmoviliza el Cd y Pb, estos metales inmovilizaron la degradación de hidrocarburos. El sustrato después del cultivo de champiñón activó la degradación de hidrocarburos por una constante presencia de bacterias reparadoras, mejorando así la calidad del suelo.

MOLITERNI (2015), presentó el estudio "*Biorremediación acelerada de suelos contaminados con hidrocarburos tipo diésel*", para la obtención del grado de doctor, en la Universidad de Castilla-La Mancha- España. Su objetivo fue biorremediar suelos contaminados con hidrocarburos. La metodología utilizada fue la aplicada de diseño experimental. Se concluyó que los consorcios microbianos presentes en compost son eficaces para biodegradar suelos contaminados con diésel, los experimentos demostraron una eliminación superior al 80% de la cantidad de diésel presente en el suelo, ello en una primera fase, en la segunda y tercera fase se alcanzó una biorremediación del 93%, demostrando así la alta efectividad de los compost y consorcios microbianos para eliminar la presencia de hidrocarburos del suelo.

GARCÍA R. et al. (2012), en revista científica estudia *el uso de cachaza y bagazo de caña de Azúcar en la remoción de hidrocarburos en suelo contaminado*, con el objetivo de la remoción de hidrocarburos totales de petróleo e hidrocarburos aromáticos policíclicos empleando diferentes proporciones 100:0, 98:2, 94:6 y 96:4. De cachaza y bagazo de caña, además se le adicionó macronutrientes para mejorar la ausencia de nutrientes carbono/nitrógeno/fósforo, bajo estas condiciones se inicia el tratamiento por 36 días y los resultados del tratamiento dan a conocer que

la proporción más efectiva para remover hidrocarburo totales de petróleo fue 98/2 suelo/bagazo con una efectividad de 60.1 % de remoción y para el hidrocarburo aromático policíclico la proporción ideal es de 96:4 suelo/cachaza con una efectividad de 43% de remoción, se concluye que usando estos tipos de sorbete naturales si se llega a una remoción favorable de hidrocarburos debido a que estos subproductos orgánicos aumentan la carga de microbiana, de bacterias y hongos que facilitan la metabolización.

MARULANDA, V. (2009), en su publicación científica estudia la eliminación de aceites dieléctricos mediante oxidación en agua supercrítica: hacia una alternativa de proceso para tratamiento de bifenilos policlorados (*PCBs*), estudio realizado para la desintegración del aceite dieléctrico sin *PCBs*, mediante el método de oxidación en aguas supercríticas, cuyo agente oxidante es el peróxido de hidrogeno, este método se aplicó en un diseño de sistema continuo a distintas variaciones de presión de agua, temperatura, y porcentaje de agente oxidante. Los resultados son óptimos en la proporción de 510 °C y 350% de agente oxidante para desintegrar el 75 % de las moléculas de aceite, sin acarrear efectos o contaminantes secundarios. Cabe resaltar que el método es efectivo en desintegrar moléculas orgánicas volátiles y también se pretende evaluar para el tratamiento de *PCBs*.

VALENZUELA E. *et al.* (2006), presenta en su revista científica realizada en Valdivia - Chile, Hongos aislados desde un suelo contaminado con petróleo, esta investigación se enfoca en determinar qué tipo de hongos son resistentes en proliferar con la presencia de petróleo en el suelo, para ello obtuvo muestras de varias regiones de Chile con lugares de derrame de petróleo para determinar la concentración y que tipo de género de hongos proliferan en ambientes hostiles, se identificaron 240 cepas fungicidas agrupados en 15 géneros y un micelio estéril, las cepas en mayor proporción fueron *Penicillium*(130), *Absidia*(32) y *Mortierella*(29). Las cuales fueron cultivadas en muestras de suelo contaminado y analizadas en periodo de 9-18-26 días. A 1% de petróleo, con el método espectrofotometría infrarroja se determinó la fracción cuya frecuencia oscila entre 2850 y 1800 cm<sup>-1</sup> (aldehídos, alquinos y anhídridos) y entre 1520 y 1000 cm<sup>-1</sup> (alcanos saturados e insaturados, aromáticos y alquinos).

VIVANCO, Luis (2013), presentó el estudio “Degradación de petróleo en suelos contaminados con Borra de la Refinería Talara utilizando microorganismos autóctonos y compost”, tesis realizada en Trujillo, para optar el título de microbiología, con el objetivo de establecer el nivel de degradación de petróleo en suelos contaminados a partir del uso de microorganismos y compost. El estudio fue de tipo aplicativo, y de diseño experimental. Concluyendo que el porcentaje de degradación de suelo contaminado con hidrocarburos con el uso del compost fue 34.40 % y 42.7% con el uso de materia orgánica el cual tuvo una preparación de 45 días, el cual resultó eficaz para disminuir la presencia del hidrocarburos de la refinería.

HERNÁNDEZ, G. ÁLVAREZ, N. RÍOS, L. (2017), en su artículo titulado:” Biorremediación de organofosforados por hongos y bacterias en suelos agrícolas”, tuvieron como objetivo describir los hongos y bacterias involucradas en la biorremediación de los principales plaguicidas organofosforados empleados en suelos agrícolas por medio de una revisión sistemática de la literatura científica, para brindar información útil para la realización de estudios posteriores. Concluyeron que los microorganismos que tienen mayor capacidad competitiva como biorremediadores son los géneros *Penicillium spp.*

### **1.3 Marco legal**

#### **LEY GENERAL DEL AMBIENTE N° 28611**

##### **Artículo I.- Del derecho y deber fundamental**

Toda persona sin excepción tiene derecho a vivir en un ambiente saludable y equilibrado, como también proteger el ambiente.

##### **Artículo IX.- principio de responsabilidad ambiental**

La persona natural o jurídica, entidades públicas o privadas tienen la obligación sin excepción de hacerse responsable de los impactos ambientales ocasionado en sus actividades cotidianas.

#### **ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL PARA SUELO -DECRETO SUPREMO N° 011-2017-MINAM**

Establece la concentración máxima de hidrocarburos de fracción media (F2), para suelos industriales, de 5000 mg/Kg sc. Cuyas moléculas presenta de 10 hasta 28 átomos de carbono.

Se compara con este estándar de calidad ambiental para suelo industrial, debido a que el aceite dieléctrico está compuesto por tres tipos hidrocarburos (aromáticos, parafínicos y naftenos), cuyo compuesto orgánico presenta moléculas de 16 – 26 átomos de carbono, es por ello que los resultados obtenidos son referenciado con el Estándar de calidad Ambiental (ECAs) para uso de suelo industrial. Para temas analíticos de laboratorio se analiza el aceite dieléctrico como hidrocarburos de fracción media (F2).

#### 1.4 Teorías relacionadas al tema

##### 1.4.1 Hongo *Penicillium Janthinellum*

**Tabla 1:** Taxonomía de *Penicillium janthinellum*.

<b>Taxonomía del Hongo</b>	
<b>Nombre Común</b>	<i>Penicillium janthinellum</i>
<b>Nombre Científico</b>	<i>Penicillium janthinellum</i>
<b>Reino</b>	Fungí
<b>Familia</b>	Trichocomaceae
<b>Genero</b>	<i>Penicillium</i>
<b>Especie</b>	<i>janthinellum</i>

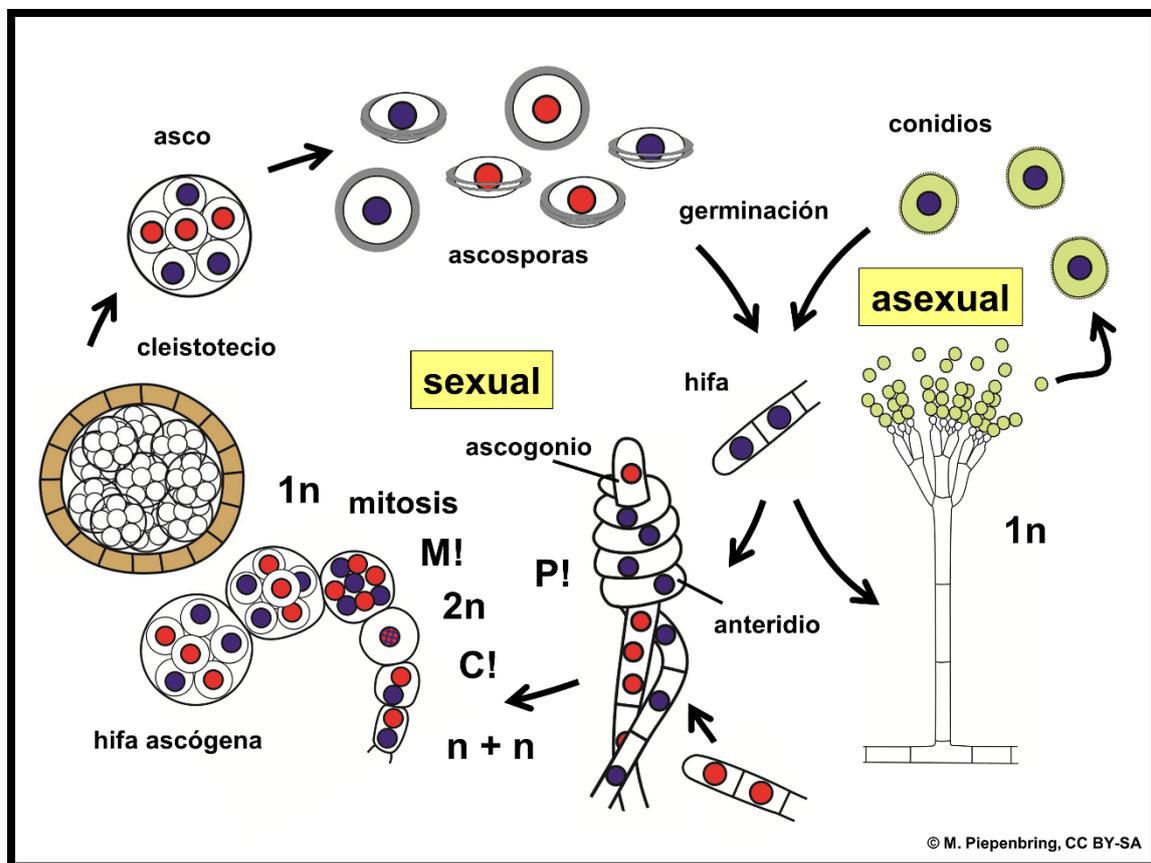
Fuente: HOUBRAKEN y SAMSON, (2011, p 56).

Según HOUBRAKEN y SAMSON (2011), el *Penicillium janthinellum* presenta color blanquecino de forma aplanado de superficie lisa y aterciopelado de 5mm de diámetro, para aumentar su densidad en cultivos en laboratorio se utiliza agar glucosado de sabouraud a temperatura ambiental, durante el periodo de 2 a 7 días, tiempo en el cual se puede percibir su densidad blanquecina.

Son hongos unicelulares y redondos el cual se agrupan en conidios dentro de las fialides para luego esporular hifas de 3  $\mu\text{m}$  de diámetro, siendo el viento en medio de transporte para distribuirse y formar nuevas colonias. (p. 63)

Su reproducción sexual es mediante gametangios arrollados con diseño de hélice y su reproducción asexual es mediante la fusión de conidios. Las cualidades biológicas que le caracterizan son que produce una variedad de enzimas como las celulasas, proteasas y otros que ayudan a solubilizar el fosfato y biodegradar compuestos orgánicos.

**Figura 1:** Ciclo de vida del genero *Penicillium spp.*



Fuente: Houbraken y Samson (2011, p 77)

El *Penicillium janthinellum* es un hongo filamentosos que presenta alta tolerancia a la presencia de compuestos orgánicos como los hidrocarburos aromáticos, naftenos y parafinas, que normalmente se encuentran en suelos contaminados por la actividad petrolera e industrial, dado que posee la capacidad de producir una variedad de enzimas capaces de desestabilizar cadenas carbonatadas e utilizarlos sus procesos metabólicos. (Boseert y Compeau, 1995).

#### 1.4.2 Bagazo de *Saccharum officinarum* “Caña de Azúcar”

El bagazo de la caña de azúcar es el residuo fibroso que se obtiene después del proceso de triturar y comprimir la caña de azúcar, básicamente es la fibra del tallo de la planta.

El bagazo se caracteriza por su elevada heterogeneidad morfológica y está formado por dos fracciones; la fibra de estructura cristalina, estable químicamente lo cual brinda rigidez a la planta y el meollo o parénquima de estructura amorfa, lo cual cuenta con alta capacidad de absorción (HERNANDEZ, A. p. 23).

#### Composición Física

El residuo lignocelulósico y fibroso está compuesto por humedad al 50%, sólidos solubles 5% y sólidos insolubles al 45%, su composición química del bagazo es carbono al 47%, hidrógeno 6.5%, oxígeno 44% y cenizas 2.5% (AGUILAR, 2007, p.15)

**Tabla 2:** Composición morfológica del bagazo

<b>Componentes</b>	<b>Proporción, %</b>
Fibras	50
Parénquima	30
Vasos	15
Epidermis	5

**Fuente:** Almazán del Olmo, O. *et al.* (2011).

Las fibras de bagazo son rígidas, de contornos irregulares y definidos. En superficie presentan pequeños poros, las fibras de la corteza son de mayor longitud y diámetro, con paredes gruesas.

El parénquima se distingue por su anisotropía y las variabilidades en sus formas, su fina pared celular cumple la función de almacenamiento y reserva de la planta

**Tabla 3:** Propiedades biométricas de fibras de diferentes fuentes

Tipo de Fibra	Longitud promedio, mm	Diámetro Promedio um	Diámetro del lumen, um	Ancho de Pared, um
Bagazo	1.5	20	12	4
Haya	1.5	14	7.4	3.3
Pino	2.9	28	21	3.2
Eucaliptus glóbulos	1.0	13	9.8	1.6

Fuente: Almazán del Olmo, O. et al. (2011).

En la Tabla 3, se muestran los parámetros biométricos de las fibras de bagazo, las cuales se clasifica como fibras cortas comparadas con las maderas duras.

### Composición Química

En la Tabla 4, se muestran las propiedades químicas del bagazo integral, su fracción fibra y la medula o meollo.

**Tabla 4:** Propiedades Químicas del bagazo de la caña de azúcar

Composición Química del bagazo, %			
Ítems	Integral	Fracción fibra	Médula
Celulosa	46.6	47	41.2
Pentosan	25.2	25.1	26
Celulosa	38.3	40.4	
Lignina	20.7	19.5	21.7
Extractivos A/B	2.7	2.3	2.9
Solubilidad en agua caliente	4.1	3.4	4.2
Solubilidad en agua fría	2.2	2.1	4
Solubilidad en sosa al 1%	34.9	32	36.1
Cenizas	2.6	1.4	5.4

Fuente: Almazán del Olmo, O. et al. (2011).

La inserción del bagazo de la caña de azúcar mejora las propiedades del suelo, este mejora la porosidad y la aireación, además al tener alto contenido de sacarosa en su interior, activa la actividad de los microorganismos incluyendo al hongo *Penicillium janthinellum*.

Según NODAL, M. *et. al.* (2014), en su tesis “Caracterización y evaluación del bagazo de caña de la azúcar como biosorbente de hidrocarburos” demostró que el bagazo de la caña de azúcar tiene potencialidades como sorbente de hidrocarburos, en la que logro una remoción significativa de los indicadores de la contaminación: hidrocarburos totales (94.8%).

### **1.4.3 Aceite Dieléctrico**

Es un aceite de naturaleza apolar compuesto por hidrocarburos aromáticos (4 a 7 %), parafínicos (45 a 55 %) y Nafténicos (50 a 60 %), que presenta una estructura química compuesta de 16 - 22 átomos de carbono por molécula de hidrocarburo, siendo el resultado final un compuesto líquido viscoso con propiedades únicas de comportamiento dieléctrico, DURAN M. (2006).

Asimismo, su calidad se basa en que está libre de cera y es filtrado a través de un catalizador, ello le dota de estabilidad química y mejora su resistencia. Se emplea en transformadores de alta y baja potencia, por lo que debe soportar altas temperaturas”, NAVAS y *et. al.* (2012, p.204).

#### **Propiedades físicas**

Viscosidad: estos aceites dieléctricos deben de ser de baja viscosidad para dotar de fluidez y recircular dentro del equipo, cumpliendo el rol de refrigerante, la viscosidad se comporta en función a la temperatura a 0°C es 76 cSt, a 40 °C es 12 sSt y a 10 °C es 3 cSt.

Punto de inflamación: este compuesto de hidrocarburo tiene punto de inflamación mínima a 145 °C, siendo estable su estructura química y a temperatura inferior al mínimo no emite ningún vapor.

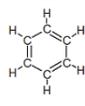
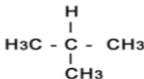
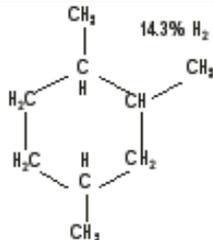
#### **Propiedades dieléctricas**

Rigidez dieléctrica: esta propiedad es la principal y mide la capacidad del material a no dejar pasar la corriente eléctrica, es decir es el voltaje mínimo que se requiere para que atraviese sobre el cuerpo dieléctrico.

#### **Propiedades químicas**

Estabilidad a la oxidación: El aceite dieléctrico en actividad está expuesto a temperaturas altas, arcos eléctricos, aire, agua y metales catalizadores como el hierro, cobre que provocan reacciones químicas dentro del transformador, dando resultado de ello lodos y ácidos, estos perjudican el buen funcionamiento del equipo como la pérdida de potencia, además el lodo reduce la fluidez y se sobrecalienta el equipo, reduciendo la vida útil. Es por ello que el aceite dieléctrico es compuesto por hidrocarburos de alta estabilidad química.

**Tabla 5:** Clases de Hidrocarburos presentes en el Aceite dieléctrico.

Hidrocarburos	Composición por Familias	Formula Química	Estructura Química
Aromático	Contiene en sus moléculas uno o varios anillos bencénicos en su estructura	$C_6H_6$	 Benceno
Parafínicos	Componen n – alcanos e isoprenoides entre C11 y C40	$C_nH_{2n+2}$	 Isobutano
Naftenos	Componen los cicloparafinas o cicloalcanos	$C_nH_{2n}$	 1,2,3 Trimetilciclohexano

Fuente: Salas, M, (2010).

#### 1.4.4 Aceite dieléctrico con Bifenilos policlorados (PCB)

Los bifenilos policlorados son compuestos orgánicos clorados, que son adicionados sobre el aceite dieléctrico, para mejorar sus características dieléctricas, de no inflamabilidad, térmicas y aislante, posee una estructura química general  $C_{12}H_{(10-n)}Cl_n$ , siendo n dentro del rango (0-10) de átomos de cloro.

Este compuesto presenta propiedades físicas y químicas como alta estabilidad química, alta resistencia al juego, poco soluble en el agua y solubles en hidrocarburos, grasas y otros componentes orgánicos (Dobson, 1993, p 56).

Según whylie, (2010). , los bifenilos policlorados en efecto causan cáncer a los humano, provoca mutaciones a nivel celular, dañando directamente órganos del cuerpo humano, entre ellos el riñón, hígado, sistema cardiovascular, páncreas entre otros. Es por ello que a nivel internacional se prohibió la comercialización de productos que contengan compuestos de bifenilos policlorados.

#### **1.4.5 Contaminación del suelo por aceite dieléctrico**

La contaminación del suelo natural se produce por la introducción de un cuerpo extraño capaz de interactuar e influir en los cambios de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. (JAURIXJE *et al* 2013, p 55)

Los contaminantes del suelo pueden ser de fuentes naturales o antropogénicos, entre las fuentes naturales están la erupción volcánica, los incendios forestales, la corriente de aire, etc. Sin embargo, la fuente antropogénica es más nociva y persistente, entre ello tenemos: el parque automotriz, la industria manufacturera, la agricultura, la ganadería; estos contaminantes como consecuencia tienden a erosionar el suelo gradualmente alterando por completo el ecosistema abiótico y biótico.

RAMÍREZ, *et. al.* (2012), señala que cuando el aceite entra en contacto con el suelo este se contamina, ya que el óleo contiene un conjunto de hidrocarburos no degradables que destruyen los componentes bióticos del suelo, alterando su estructura física, química y la densidad microbiológica (p.11).

#### **1.4.6 Movimiento y distribución del aceite dieléctrico en el ambiente.**

El derrame de aceite dieléctrico en el suelo por lo general sufre cambios de sus propiedades físicas, químicas y dieléctricas por acción de agentes presentes en el ambiente, además sufre el proceso de intemperización y meteorización desde el inicio del derrame hasta que es asimilado por los hongos enzimáticos y bacterias,

este proceso consta de disolución, dispersión, oxidación, evaporación, dispersión, emulsión, biodegradación y sedimentación (Web Gestión-Calidad Consulting).

**Oxidación:** El aceite dieléctrico expuesto sobre el suelo sufre cambio de su estructura química por acción del oxígeno en un proceso lento, como también otra forma de oxidarse mediante la radiación ultravioleta hasta una efectividad del 1% del contaminante total, esto va depender del área expuesta y la intensidad de la radiación solar.

**Disolución:** proceso que dura hasta que se degrade en su totalidad el aceite dieléctrico, siendo los compuestos orgánicos más ligeros que ocasionan mayor impacto negativo sobre el cuerpo de agua, ya que son más solubles, es por ello que se debe analizar la concentración una vez identificado el contaminante para determinar su distribución en el ambiente y efecto tóxico.

**Emulsificación:** proceso en el cual un líquido en pequeñas partículas esta suspensión de otro líquido, es un proceso lento, como también se puede acelerar utilizando bacterias enzimáticas.

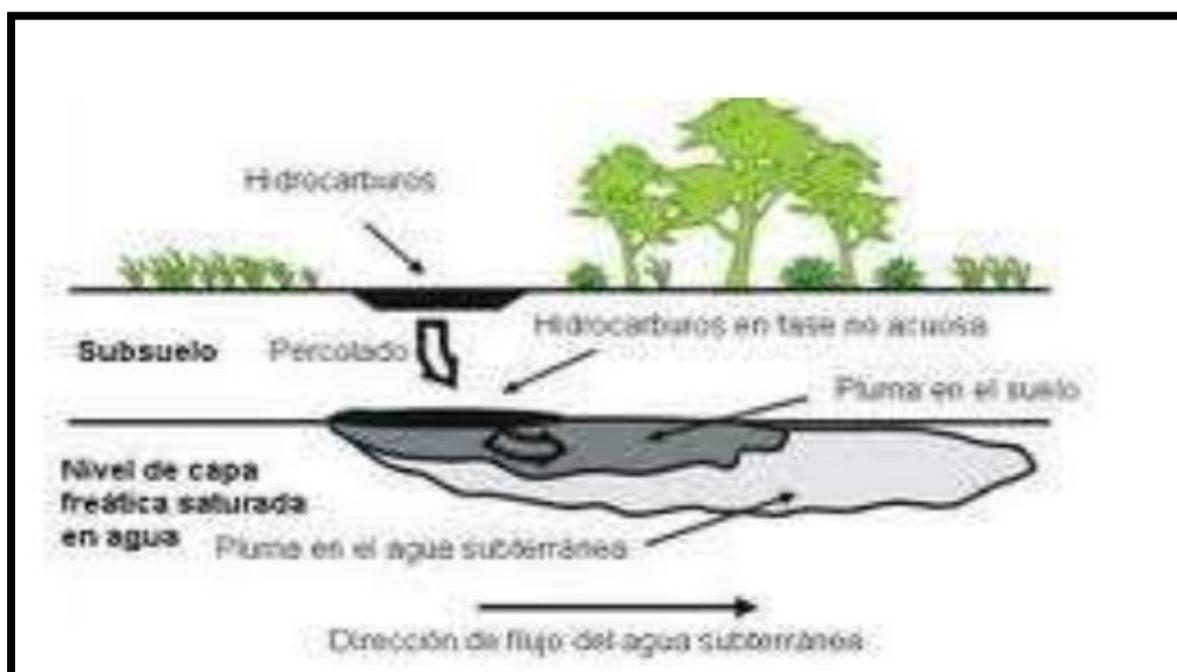
**Evaporación:** el aceite dieléctrico presenta baja viscosidad y alta resistencia a la evaporación, por eso permanece largo tiempo en el ambiente a comparación de la gasolina que la evaporación es alta a temperatura de ambiente, sobre todo dentro de las 24 horas.

**Sedimentación:** en este proceso el aceite dieléctrico se intemperiza por factores ambientales, provocando el aumento de su densidad y al ser más pesado sobre el líquido que lo sostiene termina hundiéndose.

**Biodegradación:** es el proceso mediante el cual el aceite dieléctrico es eliminado del medio ambiente, por la acción de ciertas bacterias y hongos tolerantes a la presencia de compuestos orgánicos tóxicos, que lo utilizan en su metabolismo.

Para determinar su comportamiento del hidrocarburo se tiene que tener en cuenta sus propiedades físico-químicos del hidrocarburo, ya que en término generales son los que condicionan la toxicidad, entre ellos predominan la, viscosidad, solubilidad, densidad, tipo de suelo, porosidad, humedad entre otros.

**Figura 2:** Aceite dialectico en el en el suelo



Fuente: ABU-ELHEIT & YUSEF, (2012. p 57)

#### **1.4.7 Biorremediación de hidrocarburo en el suelo**

El suelo contaminado con hidrocarburos contiene gran densidad de bacterias y hongos, componiendo el 1 % de la población total de hongos en suelo, a un aproximado de  $10^4$  a  $10^6$  de población por cada gramo de suelo.

La biorremediación es un proceso de tratamiento biológico natural o modificadas, que el hombre ha adoptado para detoxificar compuestos xenobioticos en diferentes ambientes, tierra, suelo, ríos, mares, etc; utilizando las plantas, hongos, bacterias orgánicas como herramientas reductoras de compuestos orgánicos.

Es por ello que la biotecnología ha avanzado a pasos agigantados, clasificado de acuerdo al agente que interviene en la degradación de los compuestos xenobióticos siendo estas la bioestimulación, bioaireación, bioaumentación, compostaje y Fitoremediación. La bioestimulación, es la técnica que tiene mejor resultado en biodegradar los hidrocarburos, la cual consiste en aumentar la densidad de los hongos mediante el adicionamiento de nutrientes como glucosa, nitrógeno y fósforo.

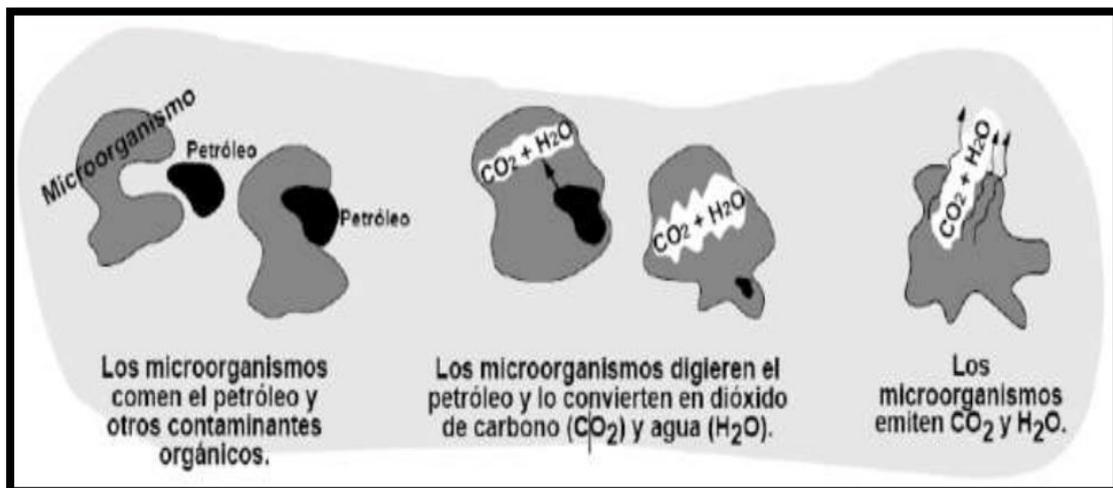
La otra técnica que mayor impacto está causando es la bioaumentación, que consiste en aumentar la densidad de un solo morfo tipo de hongo o bacteria para que se efectúe en el menor tiempo posible la biodegradación y además otro beneficio que al término de la biodegradación reduce su población sin causar algún impacto negativo sobre el suelo.

Estos tratamientos son desarrollados tanto In situ, como también en Ex situ, el primer método consiste en realizar el proceso de biodegradación donde se ha realizado la contaminación sin remover el suelo afectado, el segundo método consiste de extraer el suelo contaminado para luego ser llevados a un sistema de ambiente controlado, usando como recipientes: celdas de landfarming o biorreactores.

Los derivados petróleo, ampliamente usados en la actualidad son la gasolina, el kerosene y el diésel, estos son contaminantes que comúnmente se encuentran en el ambiente, lo que ha evidenciado la alta capacidad de biodegradación que posee la gasolina en suelos usando agentes microbianos, compuestos como bencenos, n-alcanos, etilbenceno y tolueno, una de las cepas de hongos identificadas es el *Penicillium spp.*

Según ABU-ELHEIT & YUSEF, (2012), los hidrocarburos aromáticos y parafinados tienen gran potencial para ser biodegradados por hongos *Penicillium spp.* En cultivo placa Petri a condiciones ambientales controladas hasta un 90 % de efectividad (p. 428).

**Figura 3: Biodegradación mediante microorganismos en el suelo.**



Fuente: Deterioro y biodegradación, (2016).

#### **1.4.8 Control de los factores que determinan el desarrollo del *Penicillium janthinellum*.**

##### **Temperatura (°C)**

La temperatura cumple una función fundamental en el proceso de biodegradación de los hidrocarburos, debido a que estimula el crecimiento de la población de microorganismos y por ende la capacidad de metabolización de hidrocarburos se incrementa; el rango de trabajo normal se desarrolla entre 10 °C a 45°C.

Según Ahumada y Gómez, (2009). , el desarrollo óptimo de los hongos presentes en el suelo se da a 25°C.

##### **Potencial de Hidrógeno (pH)**

Cada tipo de hongo reacciona diferente a cada valor de pH, en un medio de cultivo, el pH afecta directamente el crecimiento del hongo, sin embargo se han registrado algunos datos experimentales que se desarrollan en un pH de 3.2 hasta 8, siendo el óptimo que oscila entre 6.5 a 8, para la mayoría de aislamiento probado en un medio de cultivo, (Zak, 1973 p.43).

##### **Conductividad eléctrica**

Se entiende por conductividad eléctrica, a la capacidad que posee el suelo para conducir corriente eléctrica por la presencia de sales disueltas y su unidad de medida es uS/cm, este valor depende de la concentración y composición de las sales disueltas en el suelo (Romero, 2009, p.67).

##### **Oxígeno**

La oxigenación del suelo es imprescindible para el crecimiento del hongos aeróbicos, asimismo este participa directamente en la Bío-oxidación de compuestos orgánicos, como también para las reacciones de oxigenación en el proceso de biodegradación de diferentes tipos de hidrocarburos, para mantener buena oxigenación del suelo se recomienda agregar 2 % de texturizante orgánico y el removido del suelo, con esta acción no solo se proporciona oxígeno sino que

también se redistribuye los nutrientes, microorganismos y el contaminante, además también evita la proliferación de microorganismos anaeróbicos (Stanier, E. 1992).

## **Humedad (H)**

La humedad del suelo debe de estar entre el rango de 40 % a 85% de la capacidad de campo para el crecimiento normal de los hongos, sin embargo para un óptimo crecimiento de los hongos se recomienda una humedad del 70% de la capacidad de campo, (Guerrero, 1993).

El descenso de la humedad menor al 40 % detendría el crecimiento de la población de hongos, inhibiendo la biodegradación de compuestos orgánicos y la movilidad de los nutrientes en el suelo, sin embargo mayores a 85% de humedad provocaría la inhibición del movimiento de oxígeno e intercambio de gases a través del suelo, dando lugar a la disminución de microorganismos aeróbicos y el incremento de microorganismo anaeróbicos o aeróbicos facultativos.

Según la USEPA (1995), recomienda monitorear periódicamente el porcentaje de humedad de las celdas de tratamiento para poder determinar la pérdida de agua por el proceso de evaporación y de ese modo compensar el agua requerido para el desarrollo óptimo del hongo.

### **1.4 Formulación del Problema**

#### **1.4.1 General**

¿Cuánto será la reducción del aceite dieléctrico en el suelo contaminado utilizando las cepas de *Penicillium janthinellum* asociados al bagazo de la caña de azúcar en Sangrilla, Puente Piedra, 2018?

#### **1.4.2 Específicos**

¿En cuánto se reducirá la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado después del tratamiento con cepas de *Penicillium janthinellum* asociados al Bagazo de la Caña de azúcar en Sangrilla, Puente Piedra, 2018?

¿Cuál es la dosis óptima de las cepas de *Penicillium janthinellum*, que mejor reducen la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018?

¿Cuál es la granulometría óptima del bagazo de la caña de azúcar, para lograr un mejor desarrollo del *Penicillium janthinellum* y por ende tener una efectiva reducción de la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018?

### **1.5 Justificación del Estudio**

En la actualidad la gran parte de las materias primas que emplean las industrias de transformadores son importados, como lo es el aceite dieléctrico, el cual para ingresar al territorio peruano tiene que tener un certificado de análisis de las propiedades fisicoquímico de compuesto oleoso para determinar su calidad y ausencia de sustancias tóxicas como el bifenilos policlorados (PCBs).

Los residuos de suelo con aceite dieléctrico son generados dentro de las instalaciones de ALC Energy, en la etapa de envasado y en el área o patio de aceites, estos se originan por la mala maniobra del operador y mala disposición de los cilindros con restos de aceite. El suelo contaminado es recogido y almacenado para evitar la dispersión por acción del viento, personas, animales u otros.

El aceite dieléctrico al estar expuesto a cualquier tipo de suelo modifica negativamente sus propiedades físicas, químicas y biológicas, su alta viscosidad modifica la estructura del suelo, reduce su porosidad e inhibe la oxigenación, por tal motivo la actividad microbiana se reduce y el suelo pierde su capacidad de autorregeneración, también al ser estable químicamente permanece intacto largos periodos de tiempo, siendo su degradación lenta, en concreto el suelo pasa por un proceso de erosión gradual.

El costo asumido por la disposición final del residuo peligroso es alto y mientras permanezca en la misma condición el riesgo es alto para el medio ambiente porque puede contaminar cuerpos de agua e incrementando el radio de impacto ambiental negativo, por tal motivo el tratamiento In o Ex situ es de gran interés, actualmente los tratamientos biológicos están en la mira de los investigadores por ser una alternativa de bajo presupuesto y favorable para el medio ambiente.

Por tal motivo el tratamiento biológico mixto del uso de *Penicillium janthinellum* asociado con el bagazo de la caña de azúcar, es una alternativa sustentable con el medio ambiente y de bajos costos, con gran potencial en tratamiento de suelos, ya

que el sustrato de bagazo aumenta la aireación por su alta porosidad y provee de nutriente como la sacarosa para el crecimiento de bacterias y hongos.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 General**

**H<sub>1</sub>:** Las cepas *Penicillium janthinellum* asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar logran reducir significativamente el aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

**H<sub>0</sub>:** Las cepas *Penicillium janthinellum* asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar no logran reducir significativamente el aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

### **1.6.2 Especifica**

**H<sub>1</sub>:** Después del tratamiento la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado será menor o igual a 5000mg/kg, utilizando cepas de *Penicillium janthinellum* asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

**H<sub>0</sub>:** Después del tratamiento la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado no será menor o igual a 5000mg/kg, utilizando cepas de *Penicillium janthinellum* asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

**H<sub>1</sub>:** La dosis óptima de cepas de *Penicillium janthinellum* es de 30 ml, para reducir la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018

**H<sub>0</sub>:** La dosis óptima de cepas de *Penicillium janthinellum* no es de 30 ml, para reducir la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

**H<sub>1</sub>:** La granulometría del bagazo de la caña de azúcar es óptima a 2 mm, para lograr un mejor desarrollo del *Penicillium janthinellum* y por ende tener una efectiva reducción de la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

**Ho:** La granulometría del bagazo de la caña de azúcar no es óptima a 2 mm, para lograr un mejor desarrollo del *Penicillium janthinellum* y por ende tener una efectiva reducción de la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 General**

Determinar la reducción del aceite dieléctrico en el suelo contaminado utilizando las cepas de *Penicillium janthinellum* asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

### **1.7.2 Especifica**

Determinar la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado después del tratamiento utilizando las cepas de *Penicillium janthinellum* asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

Determinar la dosis optima de las cepas de *Penicillium janthinellum*, que mejor reduce la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

Determinar la granulometría óptima del bagazo de la caña de azúcar, para lograr un mejor desarrollo del *Penicillium janthinellum* y por ende tener una efectiva reducción en la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

## **II. MÉTODO**

### **2.1 Diseño de investigación**

#### **2.1.1 Tipo de Investigación**

La presente investigación es de tipo aplicada que según Hernández, Fernández y Baptista (2010), “Están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales” (p. 139), y permite formar la correlación entre causa-efecto mediante el tratamiento de suelo con altas concentraciones de aceite dieléctrico, empleando el bagazo de la caña de azúcar como fuente de nutrientes y texturizante por su alta porosidad; el hongo *Penicillium janthinellum* como agente biodegradador natural de la materia orgánica. Asimismo, esta investigación depende de la información obtenida a través de la investigación básica.

### 2.1.2 Nivel de Investigación

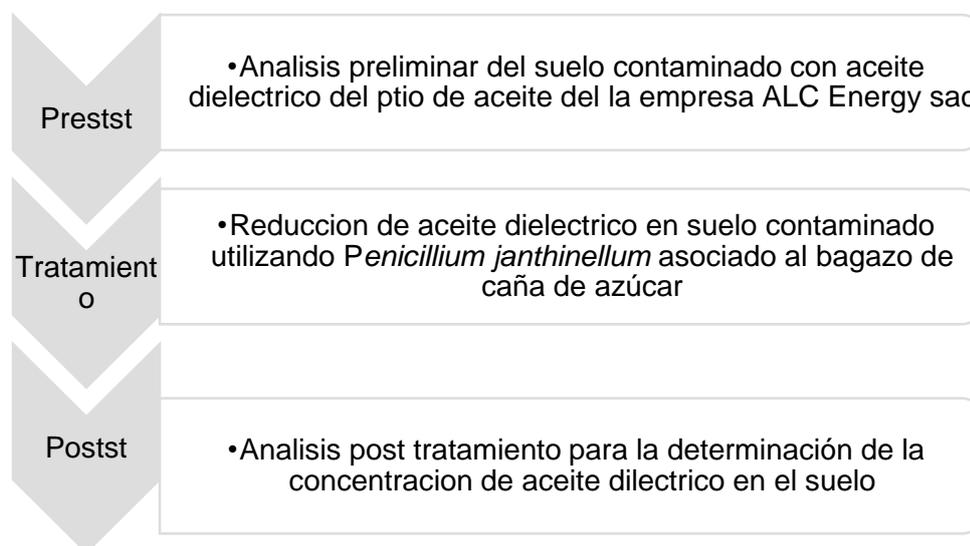
**Explicativa:** El desarrollo de la investigación tiene como punto central explicar en cuanto reduce el aceite dieléctrico, utilizando cepas de *Penicillium janthinellum* asociada con bagazo de la caña de azúcar degrada la concentración de aceites dieléctricos en el suelo.

### 2.1.3 Diseño Metodológico

El diseño de la investigación es experimental, es por ello que en este estudio se manipulan las variables independientes para analizar los cambios de la variable dependiente, por lo cual se utiliza una sola concentración de aceite dieléctrico y se modifica las dosis de hongo *Penicillium janthinellum* y la granulometría del bagazo de caña de azúcar, para con ello observar el cambio que sufre la concentración de aceite dieléctrico.

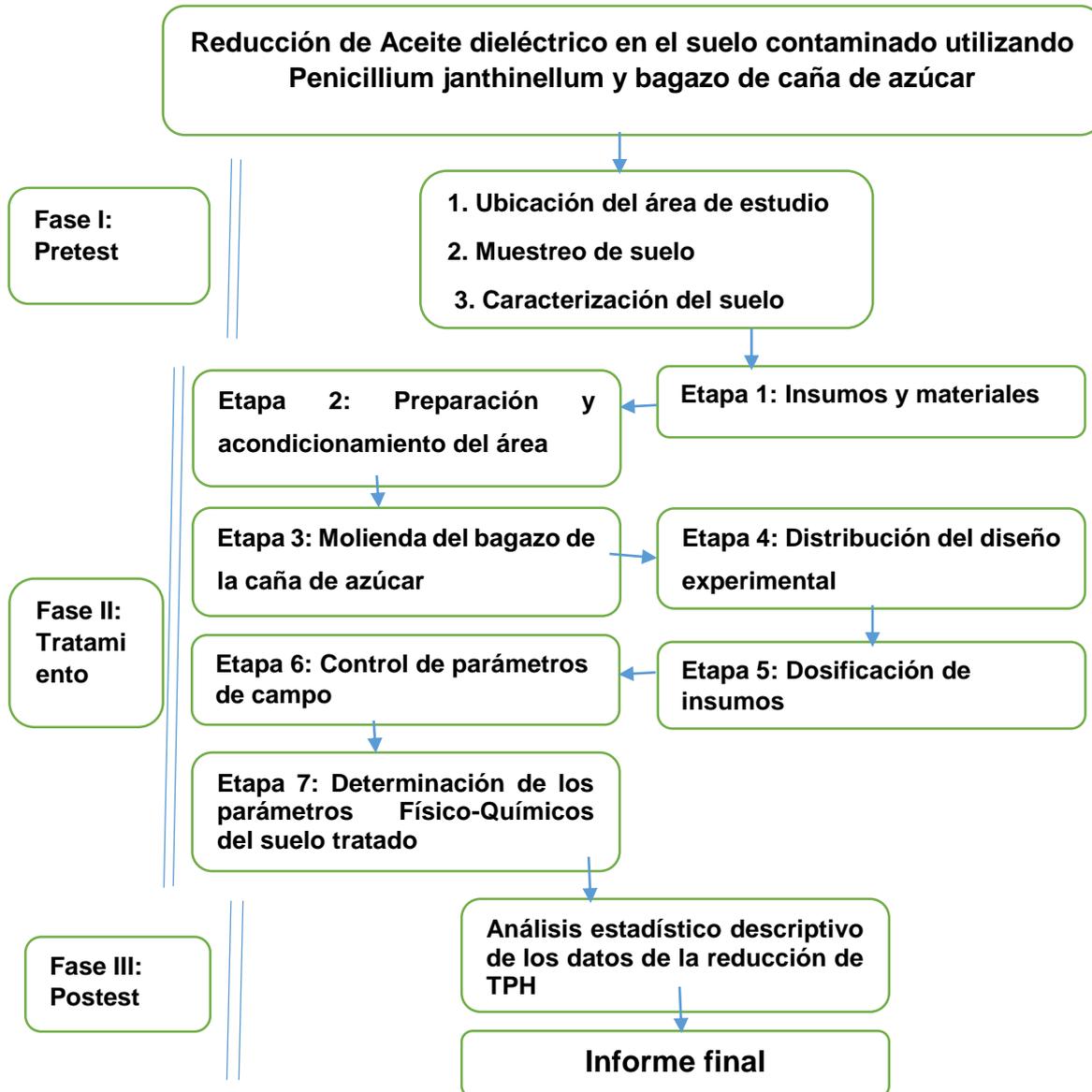
Para este trabajo de investigación se adopta el diseño experimental planteado por Cook y Campbell (1979) y Campbell y Stanley (1963), según menciona que en este diseño pre experimental se evidencia los datos prets y posts (inicio y final) con un grupo experimental donde:

**Figura 4:** Diseño experimental



**Fuente:** Metodologías biológicas para biorremediación de hidrocarburos de petróleo- UNALM.

**Tabla 6:** Diagrama metodológico



Fuente: Elaboración propia 2018

## 2.2 Variables y Operacionalización

### 2.2.1 Variables

- V. Dependiente: Reducción de aceite dieléctrico en el suelo contaminado
- V. Independiente: Cepas de *Penicillium janthinellum* asociado al Bagazo de caña de azúcar

### 2.2.2 Operacionalización

**Tabla 7:** tabla de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	
Variable dependiente	Reducir se comprende cómo hacer menor la cantidad, en este caso específico es disminuir la cantidad de aceite dieléctrico presente en el suelo contaminado, al estar en grandes cantidades en la superficie del suelo hace imposible el desarrollo de microorganismo benéficos que ayudan a autorregenerarse al suelo(RAMIREZ, et al., 2012).	Se tomaron las muestras de suelo dentro las instalaciones de ALC ENERGY, para luego determinar en laboratorio la concentración de aceite dieléctrico en el suelo inicial, mediante el método SOXHLET se determinó que el suelo tiene una concentración de Fracción de hidrocarburo F2 (C10-C28) de 10 000 mg/kg sc, se usa esta concentración como dato inicial en los nueve bioreactores y al final del tratamiento utilizando las cepas de <i>Penicillium santhinellum</i> asociado con el bagazo de la caña de azúcar se determina la concentración final de Fracción de hidrocarburo F2 con los datos se determina el porcentaje de reducción y se compara con el ECAs para suelo de 5000 mg/kg sc. - zonas industriales.	Concentración de la Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28) en mg/kg sc	Fracción de hidrocarburo F2 - INICIAL	Razón	
Reducción del aceite dieléctrico en el suelo contaminado		Se controla los parámetros físico-químicos del suelo contaminado utilizando un Multiparámetro HACH, durante el tiempo de tratamiento para llevar un control óptimo del crecimiento del hongo <i>Penicillium janthinellum</i> asociado al bagazo de la caña de azúcar, se adiciona cada día 100 ml de agua de clorada a cada bioreactor para favorecer el crecimiento del hongos <i>Penicillium janthinellum</i> .		Parámetros Físico-Químicos de control del suelo contaminado	pH (Ácido, Neutro o Alcalino))	Razón
Variable independiente		Este producto es distribuido por agro centros como biofertilizante, viene en presentación de 1 litros en solución acuosa, cada 1ml posee 1x 107 conidios de hongos. En este tratamiento experimental se trabaja con tres dosis de hongos de <i>Penicillium janthinellum</i> de 10 ml, 20 ml y 30 ml, dosificadas en cada bioreactor de acuerdo al diseño experimental y se observa su desarrollo por 20 días, para determinar su potencial eficacia en degradar la Fracción de hidrocarburo F2 durante un periodo de 20 días, luego se determina la mejor dosis de <i>Penicillium janthinellum</i> .	Dosis de cepas de <i>Penicillium Janthinellum</i>		10 ml	
	20 ml					
	30 ml					
Cepas de <i>Penicillium Janthinellum</i> asociado con el Bagazo de la caña de azúcar	Es un Hongo filamentoso , perteneciente al género <i>Penicillium</i> , especie <i>Janthinellum</i> , este microorganismo se desarrolla a temperatura ambiental mediante la metabolización de glucosa Agar Saboraud en 5 a 7 días de incubación, la característica especial que posee es que produce enzimas celulósicas y proteasas capaz de desintegrar la materia orgánica(HOUBRAKEN Y SAMSON. 2011, p. 45)	El bagazo de caña es colectado de los puestos ambulantes que se dedican a vender sumo de caña de azúcar en el mercado Huamantanga del distrito de Puente Piedra, luego este residuo orgánico es secado a 24 °C, durante 4 días, luego es fraccionado en 1 mm, 2 mm y 3 mm, para ser introducido en los bioreactores experimentales, este sustrato mejora la aireación del suelo y provee de nutrientes para el desarrollo del óptimo del <i>Penicillium janthinellum</i> , luego se evalúa el mejor tamaño de bagazo de caña de azúcar.	Granulometría del Bagazo de la caña de azúcar	1 mm	Razón	
		2 mm				
		3 mm				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

## **2.3 Población y muestra**

### **2.3.1 Población**

La población establecida para el presente estudio comprende 480 m<sup>2</sup>, perteneciente al área de patio de aceites dieléctricos en ALC ENERGY, ubicado en la zona industrial de Shangrilla del distrito de Puente piedra.

### **2.3.2 Muestra**

La presente investigación está basado en el método no probabilístico, donde todos los individuos no poseen la misma probabilidad de ser seleccionados y generalmente está regido en función del criterio del investigador (AVILA, 2006, p.88)

Mediante el cual se extrajo las muestras a nivel superficial 30 kg de suelo contaminado con aceite dieléctrico de los cuales 29 kg de suelo contaminado son empleados para el tratamiento microbiológico y 1 kg para el análisis preliminar en laboratorio.

#### **Unidad Análisis:**

1 kg de suelo contaminado con aceite dieléctrico para los ensayos preliminares de laboratorio

## **2.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos**

### **2.4.1 Técnica**

La técnica para la recolección de datos en la presente investigación es mediante la observación, que consiste en un registro sistemático, viable y confortable de manera directa el comportamiento de las variables desde el proceso de inicio-final del tratamiento (FERNANDEZ, 2006, p.4).

### **2.4.2 Instrumentos**

La presente investigación se utilizó los siguientes instrumentos de campo para la medición.

**Anexo 1:** Ficha de registro de los Parámetros Físico-Químicos del suelo

**Anexo 2:** Ficha para registro de Fracción de hidrocarburo – F2 (C10-28)

**Anexo 3:** Caracterización de los parámetros Físico- Químicos del Hongos *Penicillium janthinellum*.

**Anexo 4:** Caracterización de los parámetros Físico- Químicos del suelo contaminado.

**Anexo 5:** Caracterización de los parámetros Físico- Químicos del Bagazo de la caña de azúcar.

**Anexo 6:** Matriz de consistencia.

**Anexo 7:** Ubicación del punto de muestreo – ALC Energy SAC.

**Anexo 8:** Acta de aprobación de originalidad de tesis.

### **2.4.3 Valides y Confiabilidad**

La validez de las fichas de campo es al 85 %, estos instrumentos fueron evaluados bajo el juicio de 3 ingenieros colegiados especialistas en el tema de investigación, como también los resultados del análisis es obtenido, mediante métodos estandarizados vigentes en la actualidad adoptados por Lc Ingeniería Consultora y asesoría del Perú.

### **Laboratorio**

Para asegurar la confiabilidad de los datos del análisis de laboratorio se trabajó con el laboratorio Lc Ingeniería Consultora y asesoría del Perú, bajo el cumplimiento de la norma NTP-ISO/IEC-17025:2006, el cual sus métodos de análisis están bajo la aprobación del Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

## **2.5 Metodología de trabajo de campo**

### **2.5.1 Análisis de suelo contaminado Pre-Tratamiento**

#### **- Etapa 1: Ubicación del área de estudio**

La empresa ALC ENERGY se encuentra ubicado en la Av. Los Pinos, Mz: "E", Lt:"17"- de la Urbanización Shangrilla- I Etapa, Distrito de Puente Piedra, provincia de lima. La georreferenciación se realizó mediante el uso de GPS, siendo el área total del estudio 480 m<sup>2</sup>, área correspondiente al depósito de aceite dieléctrico.

Se hizo la visita In Situ a la empresa ALC ENERGY para la inspección y evaluación del área a intervenir, con la finalidad de conocer la realidad problemática de la investigación

**Tabla 8:** Coordenadas de las áreas a muestrear

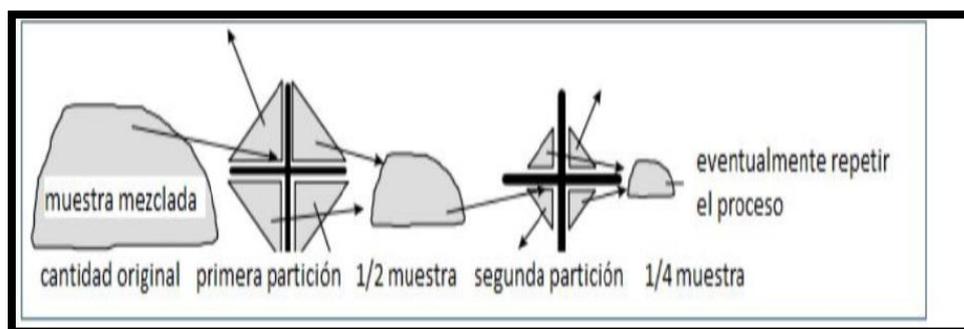
Área	Coordenada (UTM)			
	Puntos	Norte	Este	Altitud (msnm)
480 m2 de suelo contaminado	A	8682014.6	0273972.3	153
	B	8682034.2	0273946.0	153
	C	86820237	273938.8	153
	D	8682006.2	273962.1	153

Fuente: Elaborado en base de los datos de GPS Garmin. 2018

**- Etapa 2: Muestreo de suelo**

En esta etapa se realizó la limpieza de la superficie y luego se determinó los cuatro puntos de muestreos, la muestra colectada fue homogenizado y mediante la técnica del cuarteto se selecciona 30 kg de suelo contaminado para el análisis previo y para el tratamiento experimental.

**Figura 5:** Técnica del cuarteto



Fuente: Guía para Muestreo de Suelo, RM 085-2014-MINAM

**Figura 6:** Muestreo de suelo contaminado con aceite dieléctrico



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

- **Etapas 3: Caracterización del suelo contaminado**

En esta etapa se preparó un extracto de suelo, el cual nos permite medir parámetros fisicoquímicos en solución acuosa para ello se necesitó mezclar 100 g de suelo con 200 ml de agua en una botella de PVC de 500 ml en una relación de 1:2.

La mezcla es agitada y colocada a un agitador eléctrico durante un tiempo de 10 min, luego se pasa a reposa la solución para sedimentar las partículas de tierra, el líquido se filtra para después homogenizar y realizar la medición de los parámetros Físico-Químicos.

**pH:** Para iniciar la medición primero se realizó la calibración del Multiparámetro HACH mediante el buffer a un pH de 7 y 10, comprobado que los valores se encuentran dentro del rango de incertidumbre, se inició la medición del pH de las muestras líquidas, estas fueron anotados en la hoja de campo.

**Temperatura:** Este parámetro se determinó usando el equipo (Multiparámetro), los datos se obtuvieron conjuntamente con la medición del potencial de hidrógeno y se los registró en el cuaderno de campo.

**Conductividad Eléctrica:** Primero se calibra el Multiparámetro con el buffer a 1413 uS/cm, comprobando que el valor se encuentre dentro del rango de

incertidumbre, para iniciar con la medición de las muestras líquidas y luego ser apuntados en el cuaderno de campo.

**Figura 7:** Determinación de parámetros fisicoquímico



Fuente: Elaboración propia, 2018.

### **Análisis de Aceite dieléctrico (HTP)**

Para determinar la concentración de aceite dieléctrico en el suelo se realizó el método Soxhlet el cual consiste en:

Hacer pesar 500 gr de suelo contaminado y luego llevarlos a la estufa a 105 °C durante un tiempo de 2 horas.

Terminado el proceso de secado se deja enfriar y se toma 2 gr de suelo para colocarlo dentro del equipo Soxhlet. Antes de iniciar se llena el matraz del equipo Soxhlet con 250 ml de hexano y se instala también el circuito de agua.

Se enciende la estufa y se mantiene a temperatura de 60 °C, y se espera hasta culminar los 4 ciclos del reflujo, cada ciclo demoró un tiempo aproximado de 35 min.

Culminado el reflujo se inicia el proceso de evaporación del hexano para dejar solo el balón del equipo Soxhlet con el aceite dieléctrico, luego se pesa y se efectúa la diferencia del peso inicial y final para determinar la cantidad de aceite

recuperado, para luego determinar la concentración del aceite dieléctrico en el suelo.

Para la obtención de la cantidad de aceite recuperado con el método Soxhlet se tienen los siguientes datos: Peso inicial y final del matraz del equipo Soxhlet, peso inicial y final de la muestra.

Fórmula matemática para determinar la cantidad de aceite dieléctrico.

$$G(\%) = \frac{m_2 - m_1}{M} \times 100$$

Donde:

$m_2$ : Peso del matraz en gramos inicial

$m_1$ : Peso del matraz en gramos final

M: Peso de la muestra en gramos

G (%): Porcentaje recuperación

**Figura 8:** Determinación del aceite dieléctrico en el suelo tratado.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

## Humedad (%)

Para la determinación del porcentaje de humedad se hizo mediante el método gravimétrico.

El ensayo en laboratorio consistió en pesar 1 gramo de muestra de suelo utilizando un crisol, luego el crisol con muestra es colocado dentro del horno marca EDIBE a 105 °C durante un periodo de 4 horas, luego la muestra es retirado del horno con una pinza metálica y se deja sobre la mesa para disminuir la temperatura. La muestra es nuevamente pesada para determinar el peso final o peso seco.

### Determinación de humedad del suelo

$$W = (w_w/w_s) * 100$$

Donde:

W: contenido de humedad en %

$W_w$ : Peso del agua presente en la masa del suelo

$W_s$ : Peso de las partículas solidas

**Figura 9:** Determinación del peso inicial del suelo



Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Figura 10:** secado en horno de la muestra de suelo

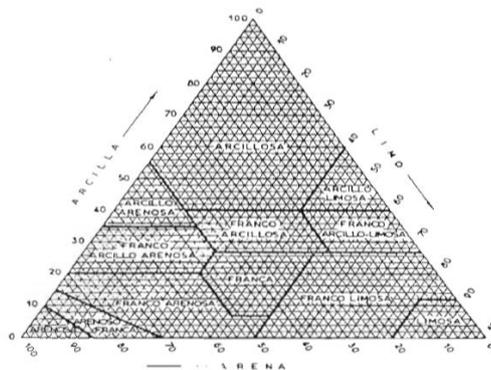


Fuente: Elaboración propia, 2018.

### **Determinación de la estructura del suelo**

La determinación de la estructura de suelo se realiza según el método aproximado de la probeta, establecido por los autores ANDRADES, Marisol, MOLLNER, Ana y MASAGUER, Alberto 2015, el cual consiste en tamizar 200 gr de suelo sin contaminar, luego se introduce en la probeta y se agrega agua destilada hasta completar 1 litro, el extracto es agitado manualmente por 20 Minutos para luego dejar reposar por 24 horas, luego mediante una regla milimétrica se mide la textura y se determina la estructura del suelo.

**Figura 11:** Textura del suelo según el triángulo de la USDA



Fuente: Agenda de Campo para el estudio de suelo/ETSIA, Madrid.

## Determinación de la permeabilidad

De acuerdo ANDRADES, Marisol, MOLLNER, Ana y MASAGUER, Alberto (2015), establece el método aproximado de la probeta, para el cálculo del coeficiente de permeabilidad del suelo.

En este proceso se utilizó un balde de 20 litros, este recipiente fue llenado a su tope con agua de grifo, luego se introdujo una probeta con base de filtración de 1 litro, este fue llenado con agua y adicionado 200 ml de suelo sin contaminar, se esperó 2 min para que el suelo sin contaminar precipite hasta la base de la probeta y luego la boca de la probeta fue sellada, retirada del balde y puesta sobre una jarra de un litro para dar inicio al ensayo. Antes de ser usada la probeta con base de filtración se marca dos mediciones de longitud, el primer tramo inicial es de 300 mm-200mm y el segundo de 200 mm - 100 mm, en estos dos tramos se controla el tiempo que demora el agua en atravesar el cuerpo de suelo sin contaminar, luego mediante fórmulas matemáticas establecidas por el autor se calculó la permeabilidad.

### Estimación del coeficiente de permeabilidad

$$K = \frac{l \times \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)}{t}$$

Donde:

k= Coeficiente de permeabilidad (mm/s)

l= Longitud de suelo post ensayo (mm)

h<sub>1</sub>= Altura Mayor (mm)

h<sub>2</sub>= Altura Menor (mm)

t= Tiempo de filtrado (mm)

## 2.5.2 Etapas de la metodología experimental

### - Etapa 1: Insumos y materiales

Bagazo de caña: El bagazo de la caña de azúcar es recolectado de los pequeños puestos de ambulantes que se dedican a vender sumo de caña de azúcar ubicado frente al mercado mayorista “Huamantanga” del distrito de Puente piedra, de donde se recolecto 8 kg de bagazo de caña.

Hongos *Penicillium Janthinellum*: El hongo viene en presentación liquida de 1 litro, distribuido en los agros centros como biofertilizante de suelo a nivel nacional.

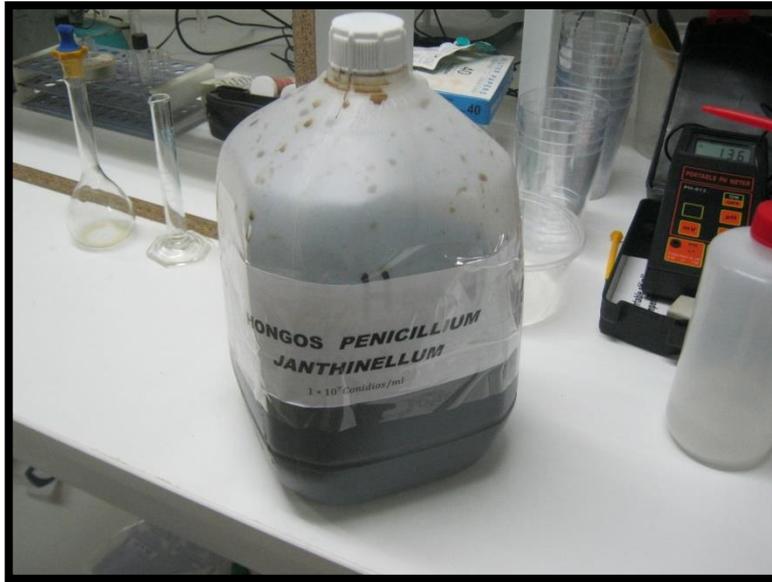
Lavatorios redondos: Se compró en la distribuidora de plásticos “REY”, este material fue lavado con agua destilada antes de ser utilizado como recipiente de tratamiento.

**Figura 12:** Bagazo de la caña de azúcar



Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Figura 13:** Hongos de *Penicillium janthinellum*



Fuente: Elaboración propia, 2018.

- **Etapa 2: Preparación y acondicionamiento del área**

Los espacios seleccionados para la preparación de los materiales y el tratamiento se realizaron, con el retiro de objetos, barrido y secado del área. Cada área seleccionada cumple una finalidad en el proceso que a continuación se detalla:

Para el secado del bagazo de la caña de azúcar se ubicó el espacio donde la corriente del aire es nulo y está expuesta directamente a la radiación solar, para la etapa de molienda se realizó en espacios donde la corriente de aire es nulo, para evitar la dispersión de las partículas de bagazo de caña de azúcar.

En el caso del tratamiento experimental se ubicó en un espacio abierto y ventilado al medio ambiente, bajo la sombra del techo domiciliario con la intención de reducir el nivel de evaporación y mejorar la proliferación de los hongos.

- **Etapa 3: Molienda del bagazo de la caña de azúcar**

En esta etapa la caña de azúcar es trasladada hacia el laboratorio para el análisis, en donde se limpió las impurezas y se las dejó secar durante 3 días consecutivos en un medio abierto y expuesto a temperatura natural.

El fraccionamiento de la fibra de bagazo de la caña de azúcar se realizó en 2 etapas, el primer proceso se llevó a cabo mediante el uso de una amoladora de

banco (cortadora manual), mediante el cual se cortó la fibra en un tamaño  $< 20$  mm. El segundo proceso se llevó a cabo mediante el uso de una moledora eléctrica, en el cual se obtienen partículas menores a 3 mm, se realizaron varias repeticiones, para proceder con la recolección de la fibra y se llenó en una bolsa ziplock. Las partículas de diferentes medidas son colectadas en una bolsa ziplock, para luego ser utilizado en el experimento, a continuación se corrobora el resultado.

**Figura 14:** Molienda



Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Figura 15:** Tamizado del bagazo de la caña de azúcar

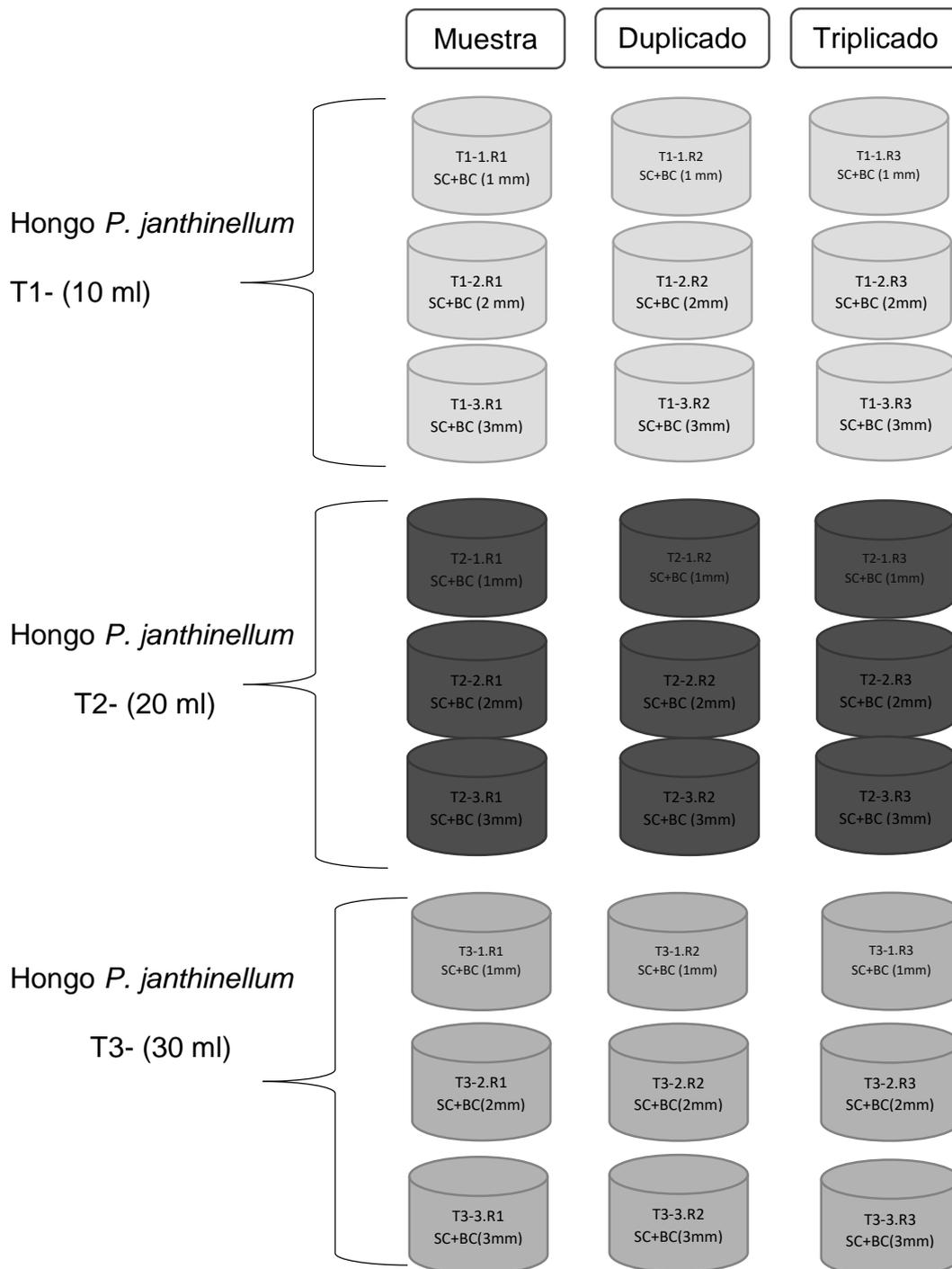


Fuente: Elaboración propia, 2018.

- **Etapa 4: Distribución del diseño experimental**

En esta etapa se plantea el diseño experimental de prets y posts con una unidad experimental de 9 tratamientos y 3 repeticiones cada uno, se usó recipientes cilíndricos para el experimento de 2 Kg de capacidad, el diseño experimental se esquematiza a continuación:

**Figura 16:** Diseño del tratamiento experimental



## Leyenda:

T1: Tratamiento 1/ T2: Tratamiento 2/ T3: tratamiento

**Tabla 9:** Combinación del tratamiento experimental

TRATAMIENTO	COMBINACIONES	RELACION	CONCENTRACION	REPETICIONES
T1-1	SC+BC(1)+PJ(1)	97%:2%:1%	AD+BC(1mm)+PJ 10000mg+20gr+10ml	3
T1-2	SC+BC(2)+PJ(1)	97%:2%:1%	AD+BC(2mm)+PJ 10000mg+20gr+10ml	3
T1-3	SC+BC(3)+PJ(1)	97%:2%:1%	AD+BC(3mm)+PJ 10000mg+20gr+10ml	3
T2-1	SC+BC(1)+PJ(2)	96%:2%:2%	AD+BC(1mm)+PJ 10000mg+20gr+20ml	3
T2-2	SC+BC(2)+PJ(2)	96%:2%:2%	AD+BC(2mm)+PJ 10000mg+20gr+20ml	3
T2-3	SC+BC(3)+PJ(2)	96%:2%:2%	AD+BC(3mm)+PJ 10000mg+20gr+20ml	3
T3-1	SC+BC(1)+PJ(3)	95%:2%:3%	AD+BC(1mm)+PJ 10000mg+20gr+30ml	3
T3-2	SC+BC(2)+PJ(3)	95%:2%:3%	AD+BC(2mm)+PJ 10000mg+20gr+30gr	3
T3-3	SC+BC(3)+PJ(3)	95%:2%:3%	AD+BC(3mm)+PJ 10000mg+20gr+30ml	3

Fuente: Elaboración propia 2018

Leyenda:

SC: Suelo contaminado 1kg

BC(1): Bagazo de caña de 1mm

BC(2): Bagazo de caña de 2 mm

BC(3): Bagazo de caña de 3 mm

PJ(1): Hongo *Penicillium janthinellum* 10 ml =  $10(7 \times 10^7)$  Conidios/ml

PJ(2): Hongo *Penicillium janthinellum* 20 ml =  $20(7 \times 10^7)$  Conidios/ml

PJ(3): Hongo *Penicillium janthinellum* 30 ml =  $30(7 \times 10^7)$  Conidios/ml

AD: concentración de aceite dieléctrico 10000 mg/Kg en el suelo.

**27 unidades  
experimentales**

### - **Etapa 5: Dosificación de insumos**

En esta etapa se dosifican los insumos preparados, consiste en agregar primero la tierra contaminada sobre el recipiente, luego se agrega el bagazo de la caña de azúcar para homogenizar la muestra, en este proceso se verifica que el suelo cambie su textura de compacto a granuloso.

Seguidamente se procede a humedecer el suelo con 200 ml de agua destilada con la finalidad de acondicionar el medio de hábitat del hongos, se deja reposar por 30 minutos, para luego homogenizar mediante la manipulación de una cuchara de

acero inoxidable. Después de este proceso se adicionó el hongo *Penicillium Janthinellum* sobre la superficie del suelo contaminado de acuerdo al diseño experimental.

**Figura 17:** Dosificación de Hongos *Penicillium Janthinellum*



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Figura 18:** Dosificación de bagazo de la caña de azúcar



Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Figura 19:** Codificación de las muestras experimentales



Fuente: Elaboración propia, 2018.

**- Etapa 6: Control de parámetros de campo**

En esta etapa se realizó la medición de los parámetros de campo, que consiste en controlar la humedad, la temperatura, temperatura ambiental, humedad relativa y estos datos obtenidos en campo son recopilados cada 24 horas, durante 20 días consecutivos y registrados en la ficha de observación, para contrarrestar el agua evaporada se adicionó cada 24 horas 150 ml de agua destilada, de ese modo se mantuvo la humedad requerida para que el hongo *Penicillium Janthinellum* se mantenga con vida.

**Figura 20:** Codificación de las muestras



Fuente: Elaboración propia, 2018.

- **Etapa 7: Determinación de los parámetros Físico-Químicos del suelo tratado**

El análisis de los parámetros fisicoquímicos (pH, Temperatura, CE y HTP) del experimento se realizó al inicio, después de 10 días y luego al final dentro de los 20 días, estos datos fueron registrados en la ficha de registro de campo.

Para la medición de los parámetros fisicoquímicos de las muestras se realizó primero un extracto de suelo para cada tratamiento de relación muestra/agua de 1:2, las muestras son agitadas y dejados en reposo por 24 horas, luego se filtra el extracto en un vaso precipitado, este se homogeniza con un movimiento suave.

**Potencial de hidrógeno:** Primero se limpia el sensor con agua destilada, luego se seca y se calibra en los buffers a un pH de 3, 7 y 10, luego se enjuaga con agua destilada y se prueba 3 veces en agua destilada para validar la precisión de los datos, una vez corroborado la confiabilidad de los datos se procede a medir las 27 muestras del tratamiento.

**Temperatura:** La medición se realizó con el mismo sensor de pH, primero se limpió los electrodos del sensor con agua destilada y luego se inicia la medición de temperatura 3 veces y se registro en la ficha observacional las 27 mediciones.

**Conductividad eléctrica:** Primero se limpia el sensor con agua destilada, se seca y se calibra en el buffer de 1413 uS/cm, luego se enjuaga con agua destilada y se prueba 3 veces con agua destilada para validar la precisión de los datos, una vez corroborado la confiabilidad de los datos se procede a medir las 27 muestras del tratamiento.

**Figura 21:** Análisis de control de pH, Ce y temperatura



Fuente: Elaboración propia, 2018.

### **Determinación de Fracción de hidrocarburo F2 (C10-C28)**

Para este análisis de aceite dieléctrico se realizó mediante el método Soxhlet el cual consiste en:

Culminado el tratamiento experimental, se extrae 1.5 Kg de suelo tratado de cada fuente de tratamiento para luego llevarlo a la estufa a una temperatura de 105 °C durante un tiempo de 2 horas.

Terminado el proceso de secado se dejó enfriar y se colectó 2 gr de suelo seco de cada bandeja de aluminio o por cada tratamiento y es colocado dentro del equipo Soxhlet. Antes de iniciar se llena el matraz del equipo Soxhlet con 250 ml de hexano y se instala el circuito de agua.

Se enciende la estufa y se mantiene a una temperatura de 60 °C, y se espera hasta culminar los 4 ciclos de reflujo, cada ciclo demoró aproximadamente 35 min.

Culminado el reflujo se inició con el proceso de evaporación del hexano para dejar solo el balón del equipo Soxhlet con el aceite dieléctrico, luego se pesa y se realiza la diferencia del peso inicial y final, para determinar la cantidad de aceite recuperado; y determinar la concentración de aceite dieléctrico en el suelo.

Para obtener la cantidad del aceite recuperado por el método Soxhlet se anotaron los siguientes datos: Peso inicial y final del matraz del equipo Soxhlet, peso inicial y final de la muestra, cantidad de hexano utilizado, tiempo de evaporación y tiempo de reflujo.

Fórmula matemática para determinar la cantidad de aceite dieléctrico.

$$G(\%) = \frac{m_2 - m_1}{M} \times 100$$

Donde:

$m_2$ : Peso del matraz en gramos inicial

$m_1$ : Peso del matraz en gramos final

M: Peso de la muestra en gramos

G (%): Porcentaje recuperación

**Figura 22:** Secado de la muestra en horno a 105 °C



Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Figura 23:** Muestra de suelo para el análisis de Fracción de hidrocarburo F2 (C10-C28)



Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Figura 24:** Análisis de la Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28) mediante el método SOXHLET



Fuente: Elaboración propia, 2018.

## 2.6 Método de análisis de datos

Los datos son registrados en la fichas de campo, luego se procesaron en los programa Excel y SPSS, para esta investigación se usó la estadística inferencial; mediante la determinación de la normalidad y el T-STUDENT para muestras relacionadas, para dar respuesta a la hipótesis general y se aplicó estadística

descriptiva mediante gráficos de cono y barra para responder a las hipótesis específicas.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Muestreo de diagnóstico

##### 3.1.1 *Penicillium janthinellum*

Datos obtenidos de la ficha técnica del biofertilizante fosfosol, elaborado por el instituto de biotecnología de la universidad de Colombia y biocultivos s.a

**Tabla 10:** Caracterización de los parámetros del *Penicillium janthinellum*

Código	Parámetro Físico-Químico	Cantidad	Resultado
Caracterización del <i>Penicillium janthinellum</i> (C-PJ)	Temperatura (°C)	100 ml	24.3
	Potencial de hidrógeno (pH)		4.44
	Conductividad eléctrica (mS/cm)		40.64
	Concentración (conidias/ml)	--	1*10 <sup>7</sup>

Fuente: Ficha técnica del biofertilizante agrícola fosfosol, 2018.

**Tabla 11:** Resultado de la caracterización del suelo sin contaminar con aceite dieléctrico

Código	Parámetro Físico-Químico	Cantidad de muestra	Resultado
Suelo sin contaminar de ALC Energy(SSC-ALC)	Humedad	2 g	12%
	Estructura del suelo (Arena, Arcilla, Limo)	200 ml	Arena 48% s Limo 31.4 %, Arcilla 20% y Materia Orgánica 0.16 %
	Textura (Triangulo de USDA)		Franco
	Permeabilidad	250 ml	0.02 mm/s
	Temperatura	100 g	23 °C
	Potencial de hidrógeno		7.3 pH
	Conductividad Eléctrica		534 uS/cm

Fuente: Ensayo de laboratorio - LC ICA DEL PERÚ, 2018.

**Tabla 12:** Caracterización de los parámetros del suelo contaminado con aceite dieléctrico

Código	Parámetros	Cantidad de muestra	Resultado
Suelo contaminado de ALC Energy(SSC-ALC)	Temperatura (°C)	100 gr	22
	Potencial de hidrógeno (pH)		6.4
	Conductividad Eléctrica (uS/cm)		320
	TPH's (mg/Kg sc)	5 gr	10 000

Fuente: Ensayo de laboratorio - LC ICA DEL PERÚ, 2018.

En la tabla 12 se presenta el resultado del análisis inicial del suelo contaminado con aceite dieléctrico, dando como resultado una temperatura de 22 °C, un potencial de hidrógeno ligeramente ácido de 6.4, una conductividad eléctrica normal de 320 uS/cm y un resultado inicial de la Fracción de hidrocarburo F2(C10-C28) 10 000 mg/kg en suelo, con esto se demuestra que sobrepasa el Estándar de calidad ambiental (ECAs) para suelo industria (5000 mg/kg), DS-011-2017 MINAM.

### 3.2 Resultado de tratamiento T1, T2 y T3

**Tabla 13:** Resultado del tratamiento N°1 (10 ml de *Penicillium janthinellum*).

Tratamiento N° 1- Dosis de 10 ml de <i>Penicillium janthinellum</i>											
Parámetro	Valor Inicial	Medición a 10 días			Medición a 20 días			Reducción (%)			
		T1-1	T1-2	T1-3	T1-1	T1-2	T1-3	T1-1	T1-2	T1-3	Promedio
Fracción de hidrocarburos F2 (mg/Kg sc)	10000	-	-	-	3283	3498.7	3879.7	67.17	65.01	64.46	65.55
Temperatura(°C)	22	23.7	23.6	22.3	20.9	20.7	20.85				
Potencial de hidrógeno (pH)	6.4	6.8	6.7	6.7	7.1	6.76	6.92				
Conductividad Eléctrica (uS/cm)	320	326	325	324	332	330	329				

Fuente: Ensayo de laboratorio - LC ICA DEL PERÚ, 2018.

En la tabla 13 se presenta el tratamiento N°1(10 ml *Penicillium janthinellum*), evaluado a una granulometría de 1 mm, 2 mm y 3 mm de bagazo de la caña de

azúcar, el cual contiene resultados cuantitativos de los análisis realizado en tres periodos, siendo estas propiedades físico-químicas, la temperatura, potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica y la Fracción de hidrocarburo F2 (C10-C28).

**Tabla 14:** Resultado del tratamiento N°2 (20 ml de *Penicillium janthinellum*)

<b>Tratamiento N° 2- Dosis de 20 ml de <i>Penicillium janthinellum</i></b>											
Parámetro	Valor Inicial	Medición a 10 días			Medición a 20 días			Reducción (%)			
		T2-1	T2-2	T2-3	T2-1	T2-2	T2-3	T2-1	T2-2	T2-3	Promedio
Fracción de hidrocarburos F2 (mg/Kg sc)	10000	-	-	-	3132.33	3242.67	3595.67	68.68	67.57	64.04	66.76
Temperatura(°C)	22	23.6	23.7	23.6	20.77	20.90	20.72				
Potencial de hidrógeno (pH)	6.4	7.10	7.00	6.63	7.18	7.11	6.86				
Conductividad Eléctrica (uS/cm)	320	335	331	322	350	342	324				

Fuente: Ensayo de laboratorio - LC ICA DEL PERÚ, 2018.

En la tabla 14 se presenta el tratamiento N°2(20 ml *Penicillium janthinellum*), evaluado a una granulometría de 1 mm, 2 mm y 3 mm de bagazo de la caña de azúcar, el cual contiene resultados cuantitativo del análisis realizado en tres periodos, siendo estas propiedades físico-químicas, la temperatura, potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica y la Fracción de hidrocarburo F2 (C10-C28).

**Tabla 15:** Resultado del tratamiento N°3 (30 ml de *Penicillium janthinellum*)

<b>Tratamiento N°3- Dosis de 30 ml de <i>Penicillium janthinellum</i></b>											
Parámetro	Valor Inicial	Medición a 10 días			Medición a 20 días			Reducción (%)			
		T3-1	T3-2	T3-3	T3-1	T3-2	T3-3	T3-1	T3-2	T3-3	Promedio
Fracción de hidrocarburos F2 (mg/Kg sc)	10000	-	-	-	2674.00	2787.48	3210.00	73.26	72.13	67.90	71.10
Temperatura(°C)	22	23.7	23.7	23.6	20.90	20.90	20.70				
Potencial de hidrógeno (pH)	6.4	6.79	6.72	6.80	7.19	7.15	7.13				
Conductividad Eléctrica (uS/cm)	320	337	327	322	355	334	325				

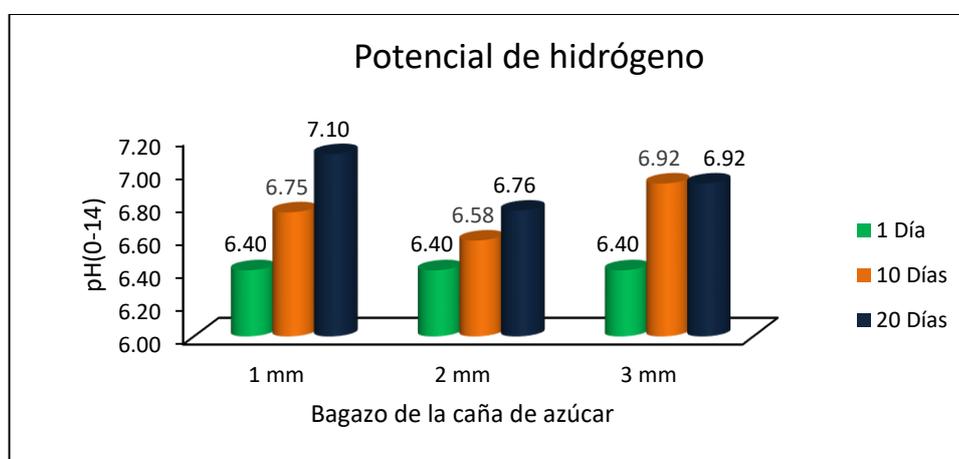
Fuente: Ensayo de laboratorio - LC ICA DEL PERÚ, 2018.

En la tabla 15, se presenta el tratamiento N°3(30 ml *Penicillium janthinellum*), evaluado a una granulometría de 1 mm, 2 mm y 3 mm de bagazo de caña de azúcar, el cual contiene resultados cuantitativo del análisis realizado en tres periodos, siendo estas propiedades físico-químicas, la temperatura, potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica y la Fracción de hidrocarburo F2 (C10-C28).

### 3.3 Análisis de los datos

#### 3.3.1 Análisis del tratamiento N°1 (10 ml de *Penicillium janthinellum*)

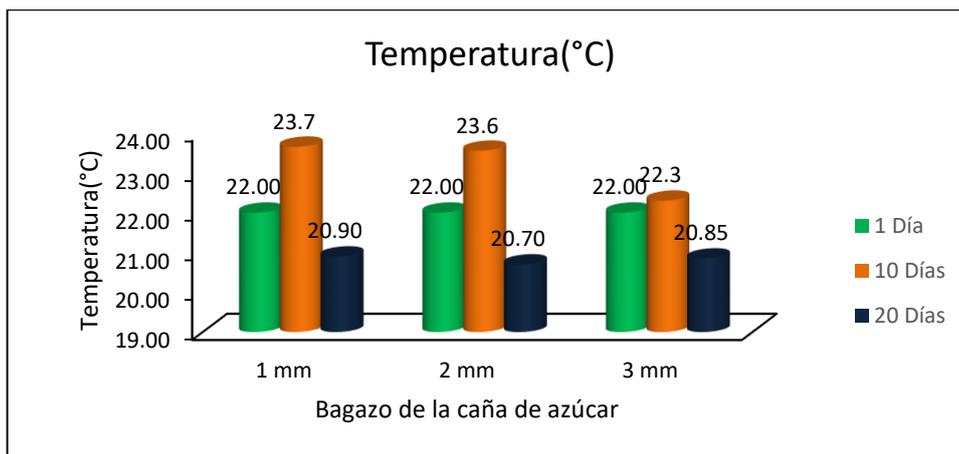
**Figura 25:** Evolución del potencial de hidrogeno en el tratamiento N°1 (10 ml de *Penicillium janthinellum*)



Fuente: Elaboración en base a los datos del Tratamiento N°1, N°2 y N°3, 2018.

En la figura 25, se presenta la evolución del potencial de hidrógeno evaluado en 1, 10 y 20 días de tratamiento experimental, el primer resultado es del análisis preliminar (pre tratamiento) y los siguientes resultados son luego del tratamiento experimental, en todos los casos hubo mejoras del potencial de hidrógeno, sin embargo el tratamiento 1(10 ml *Penicillium janthinellum*) evaluado a 1mm (Bagazo de la caña de la azúcar) tuvo un mejor resultado obteniéndose un pH neutro de 7.1.

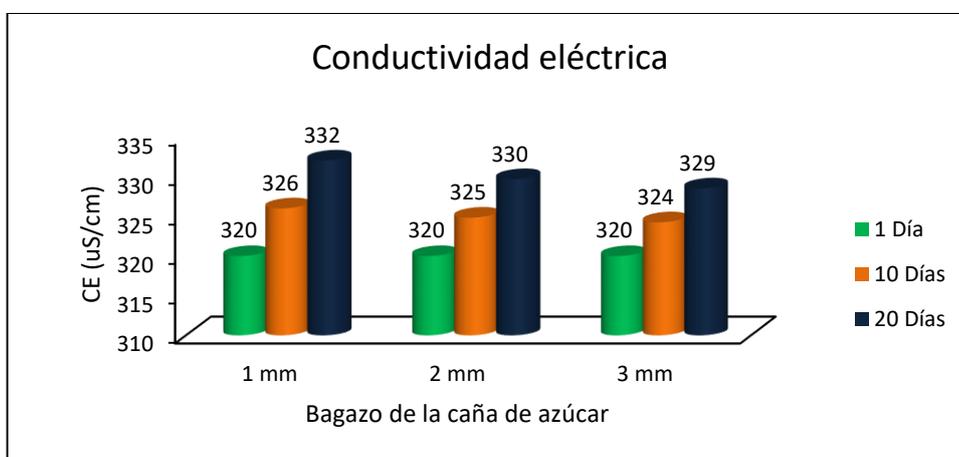
**Figura 26:** Evolución de la temperatura en el tratamiento N°1 (10 ml de *Penicillium janthinellum*)



Fuente: Elaboración en base a los datos del Tratamiento N°1, N°2 y N°3, 2018.

En la figura 26, se observa la variación de la temperatura en el tratamiento 1 (10 ml de *Penicillium janthinellum*) evaluado a diferente granulometría de bagazo de caña de azúcar (1 mm, 2 mm y 3 mm) durante el periodo de 20 días. El primer dato es del análisis inicial del suelo contaminado con aceite dieléctrico de la empresa Alc Energy y los siguientes valores son resultados después del tratamiento experimental, en el que se evidencia que luego de 10 días de tratamiento hay un incremento de 1.7°C para 1 mm y 1.6°C para 2 mm y para 3 mm el incremento es menos de 1°C. A los 20 días de tratamiento se evidencia el descenso de la temperatura para los tratamientos a 1 mm, 2 mm y 3 mm de bagazo de la caña de azúcar.

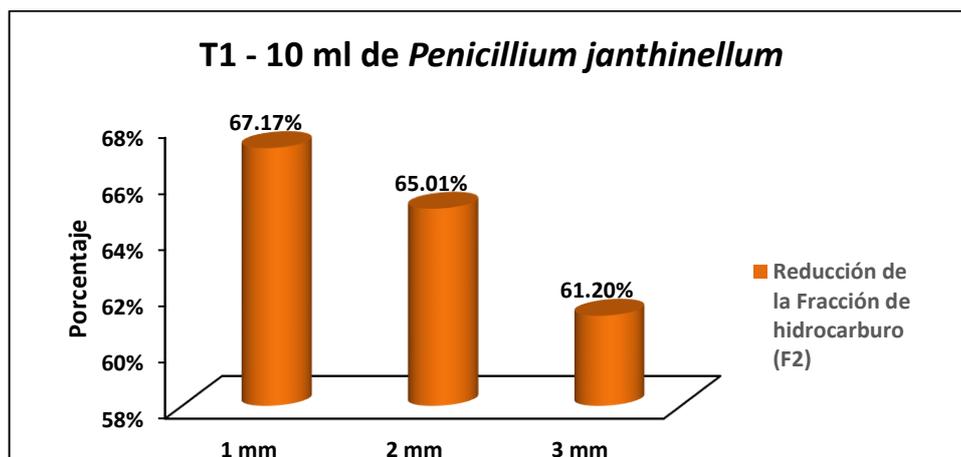
**Figura 27:** Evolución de la conductividad eléctrica en el tratamiento N°1 (10 ml de *Penicillium janthinellum*)



Fuente: Elaboración en base a los datos del Tratamiento N°1, N°2 y N°3, 2018.

En la figura 27, se observa una mejora en la conductividad eléctrica para el tratamiento 1(10 ml de *Penicillium janthinellum*) evaluado a diferentes granulometría del bagazo de la caña de azúcar (1 mm, 2mm y 3 mm) durante el periodo de 20 días. El primer dato es del análisis inicial del suelo contaminado con aceite dieléctrico de la empresa Alc Energy y los siguientes valores son resultados después del tratamiento experimental, se evidencia que en el tratamiento 1(10 ml *Penicillium janthinellum*) a 1 mm (Bagazo de la caña de azúcar) tuvo una mejora de la conductividad eléctrica hasta llegar a un valor 332 uS/cm, superior al tratamiento 1(10 ml *Penicillium janthinellum*) a 2 mm y 3 mm de bagazo de la caña de azúcar estas tuvieron una mejora de 330 uS/cm y 329 uS/cm.

**Figura 28:** Reducción del aceite dieléctrico en el tratamiento N°1 (10 ml de *Penicillium janthinellum*)

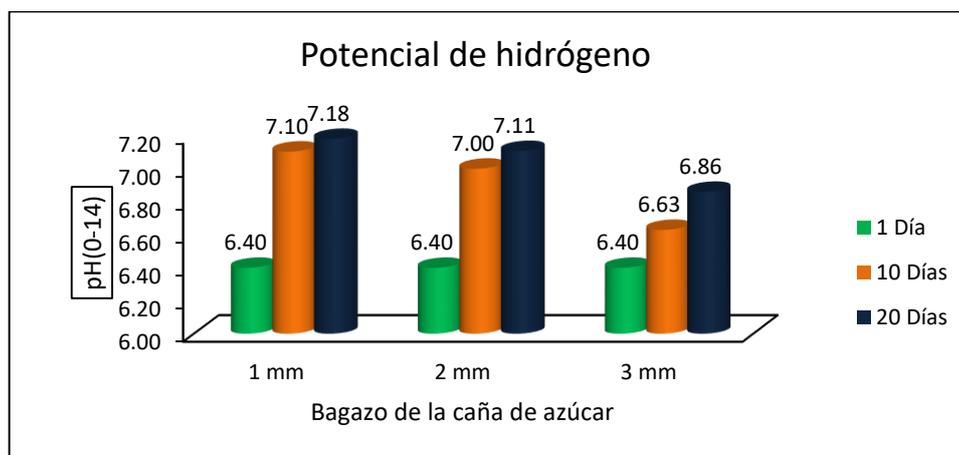


Fuente: Elaboración en base a los datos del Tratamiento N°1, N°2 y N°3, 2018.

En la figura 28, se observa la reducción de aceite dieléctrico en el tratamiento 1(10 ml de *Penicillium janthinellum*) evaluados a diferentes granulometría de bagazo de caña de azúcar (1 mm, 2mm y 3 mm) durante el periodo de 20 días. El tratamiento 1(10 ml *Penicillium janthinellum*) evaluado a 1 mm presenta una óptima reducción al 67.17 % de Fracción de hidrocarburo (F2), y el tratamiento a 1 mm y 2 milímetros se obtuvo una reducción del 65.01% y 61.20 % de TP en el suelo tratado.

### 3.3.2 Análisis del tratamiento N°2 (20 ml de *Penicillium janthinellum*)

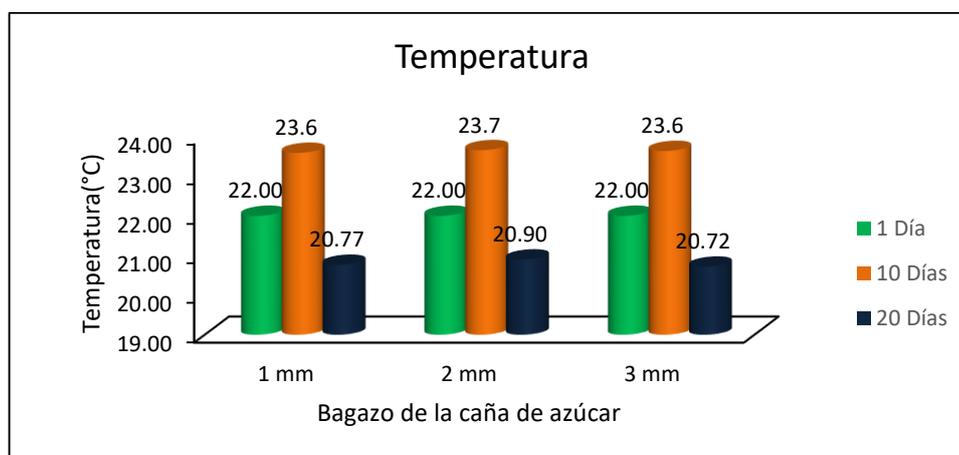
Figura 29:



Fuente: Elaboración en base a los datos del Tratamiento N°1, N°2 y N°3, 2018.

En la figura 29, se presenta la evolución del potencial de hidrógeno evaluado en 1, 10 y 20 días de tratamiento experimental, el primer resultado es del análisis preliminar (pre tratamiento) y los siguientes resultados son luego del tratamiento experimental a 10 ml de *Penicillium janthinellum*, en todos los casos hubo mejoras del potencial de hidrógeno, resaltando el tratamiento a 1 mm y 2 mm que llegaron al valor de 7.18 y 7.11 de potencial de hidrógeno (valores neutros) y evaluado a 3 mm (Bagazo de la caña de azúcar) se obtuvo un aproximación al valor neutro de pH 6.86.

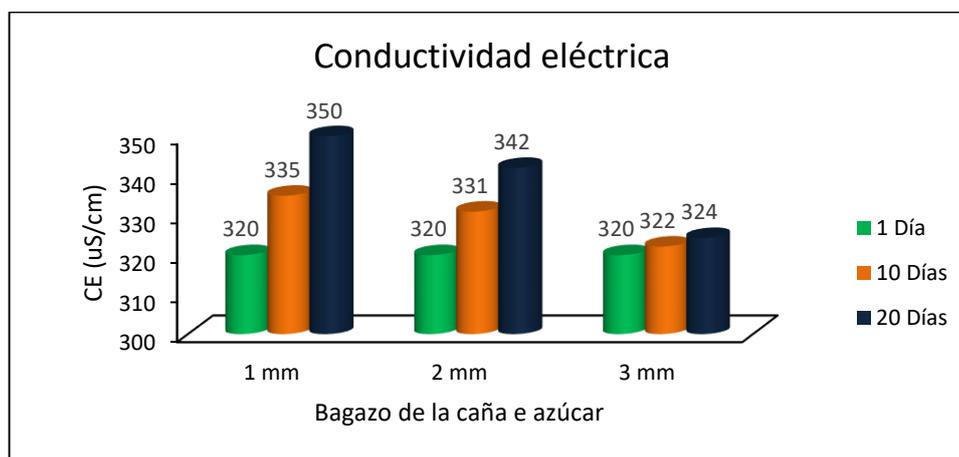
Figura 30: Evolución de la temperatura en el tratamiento N°2 (20 ml de *Penicillium janthinellum*)



Fuente: Elaboración en base a los datos del Tratamiento N°1, N°2 y N°3, 2018.

En la figura 30, se observa la variación de la temperatura en el tratamiento 2(20 ml de *Penicillium janthinellum*) evaluados en diferentes granulometría de bagazo de caña de azúcar (1 mm, 2mm y 3 mm) durante 20 días de tratamiento. El primer dato son valores del ensayo preliminar (pre tratamiento) y los siguientes valores son resultados después del tratamiento experimental, se evidencia luego de 10 días de tratamiento un incremento de 1.6°C para el tratamiento 2 (20 ml *Penicillium janthinellum*) evaluado a 1 mm, 1.7°C para el tratamiento 2 (20 ml *Penicillium janthinellum*) a 2 mm (Bagazo de la caña de azúcar) y para tratamiento 2 (20 ml *Penicillium janthinellum*) a 3 mm (Bagazo de la caña de azúcar) el incremento fue de 1.6 °C.

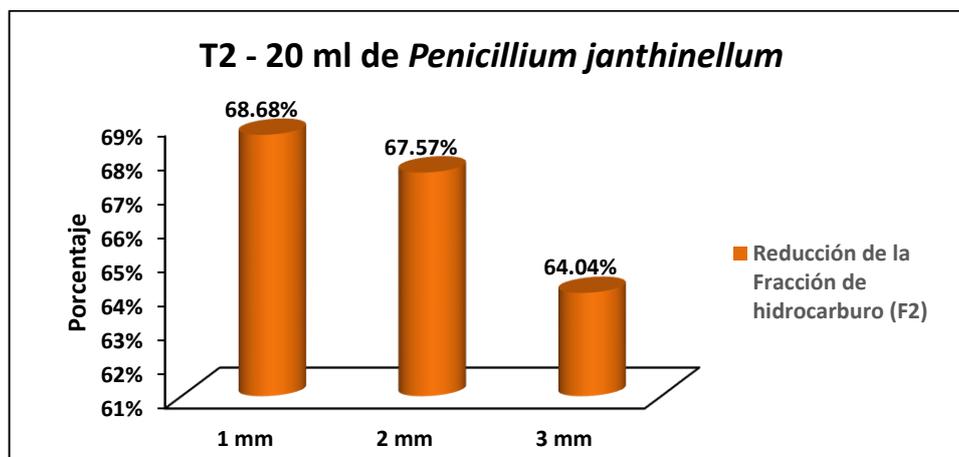
**Figura 31:** Evolución de la conductividad eléctrica en el tratamiento N°2 (20 ml de *Penicillium janthinellum*)



Fuente: Elaboración en base a los datos del Tratamiento N°1, N°2 y N°3, 2018.

En la figura 31, se observa una mejora en la conductividad eléctrica para el tratamiento 2(20 ml de *Penicillium janthinellum*) evaluados a diferentes granulometría de bagazo de la caña de azúcar (1 mm, 2mm y 3 mm) durante un periodo de 20 días. Los datos iniciales son del análisis preliminar (pre tratamiento) y los siguientes valores son resultados después del tratamiento experimental, evidencian que en el tratamiento 2(20 ml *Penicillium janthinellum*) a 1 mm (Bagazo de la caña de azúcar) tuvo una mejora de la conductividad eléctrica hasta obtener un resultado de 350 uS/cm, superior al tratamiento 2 (20 ml *Penicillium janthinellum*) a 2 mm y 3 mm (bagazo de la caña de azúcar), estas tuvieron una mejora de 342 uS/cm y 324 uS/cm.

**Figura 32:** Reducción del aceite dieléctrico en el tratamiento N°2 (20 ml de *Penicillium janthinellum*)

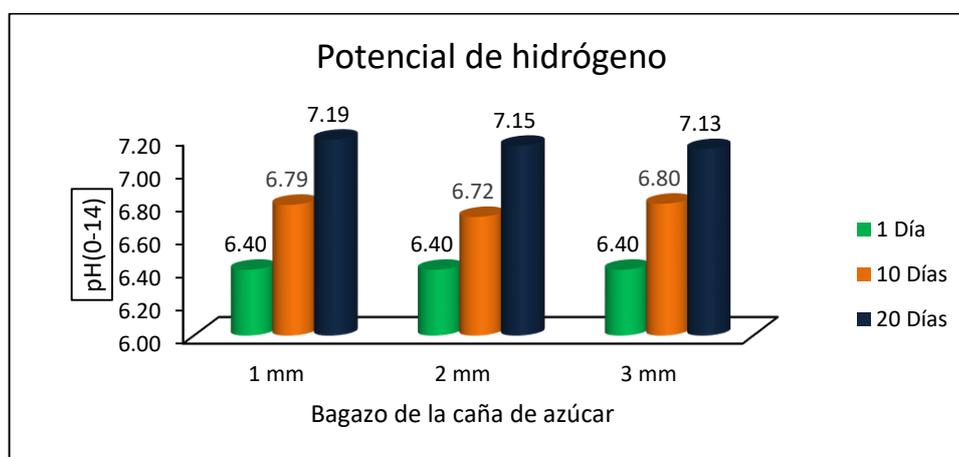


Fuente: Elaboración en base a los datos del Tratamiento N°1, N°2 y N°3, 2018.

En la figura 32, se observa la reducción de aceite dieléctrico en el tratamiento 1 (10 ml de *Penicillium janthinellum*) evaluados a diferentes granulometría de bagazo de caña de azúcar (1 mm, 2mm y 3 mm) durante un periodo de 20 días. El tratamiento 1 (10 ml *Penicillium janthinellum*) evaluado a 1 mm presenta una óptima reducción al 68.68% de Fracción de hidrocarburo F2 (C10-C28), y el tratamiento a 1 mm y 2 mm de bagazo de la caña de azúcar tuvo una reducción del 67.57% y 64.04 %.

### 3.3.3 Análisis de los resultados del tratamiento N°3 (30 ml de *Penicillium janthinellum*)

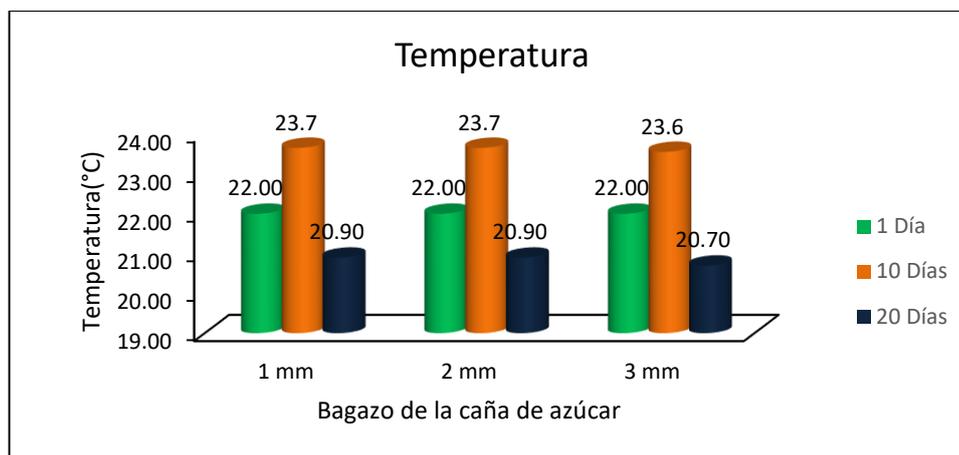
**Figura 33:** Evolución del potencial de hidrógeno en el tratamiento N°3 (30 ml de *Penicillium janthinellum*)



Fuente: Elaboración en base a los datos del Tratamiento N°1, N°2 y N°3, 2018.

En la figura 33, se observa una mejora del potencial de hidrogeno en el tratamiento 3(30 ml de *Penicillium janthinellum*) en diferentes tamaños de bagazo de la caña de azúcar (1 mm, 2mm y 3 mm) durante el periodo de 20 días. El primer dato es del análisis inicial del suelo contaminado con aceite dieléctrico de la empresa Alc Energy y los siguientes valores son resultados después del tratamiento experimental, en todos los casos se obtuvo valores neutro del potencial de hidrogeno siendo a 1 mm un pH de 7.19, a 2 mm un pH 7.15 y para 3 mm un pH de 7.13

**Figura 34:** Evolución de la temperatura en el tratamiento N°3 (30 ml de *Penicillium janthinellum*)

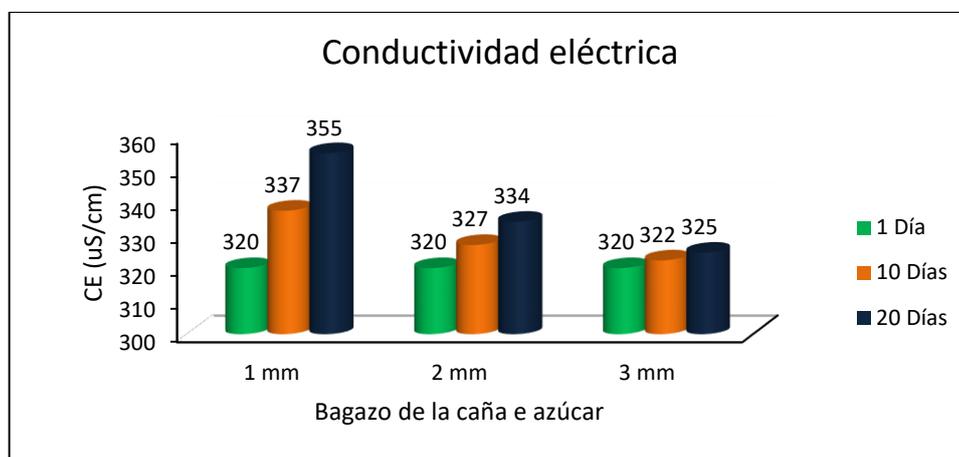


Fuente: Elaboración en base a los datos del Tratamiento N°1, N°2 y N°3, 2018.

En la figura 34, se observa la variación de la temperatura en el tratamiento 3(30 ml de *Penicillium janthinellum*) en diferentes tamaños de bagazo de caña de azúcar (1 mm, 2mm y 3 mm) durante el periodo de 20 días. El primer dato es del análisis inicial del suelo contaminado con aceite dieléctrico de la empresa Alc Energy y los siguientes valores son resultados después del tratamiento experimental, se evidencia luego de 10 días de tratamiento un incremento de 1.7°C para el tratamiento 3 (30 ml *Penicillium janthinellum*) evaluado a 1 mm (Bagazo de la caña de azúcar), 1.7°C para el tratamiento 3 (30 ml *Penicillium janthinellum*) evaluado a 2 mm (Bagazo de la caña de azúcar) y para tratamiento 3 (30 ml *Penicillium*

*janthinellum*) evaluado a 3 mm (Bagazo de la caña de azúcar) el incremento fue de 1.6 °C.

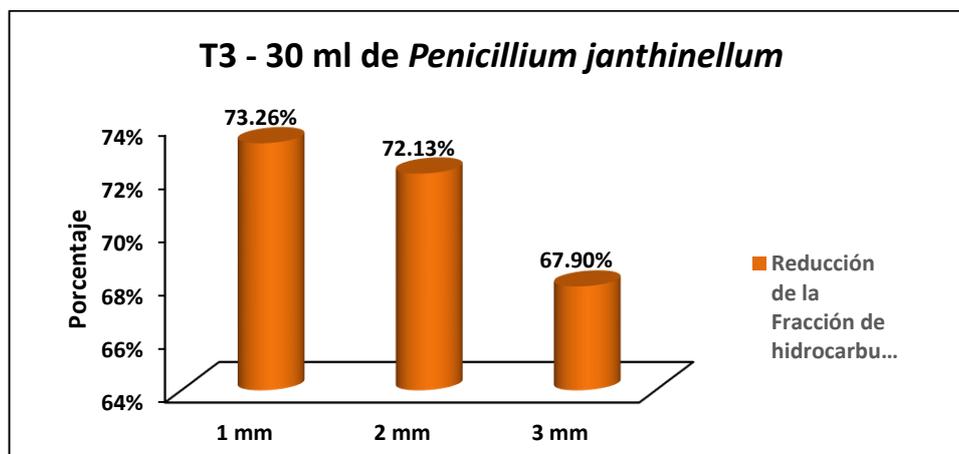
**Figura 35:** Evolución de la conductividad eléctrica en el tratamiento N°3 (30 ml de *Penicillium janthinellum*)



Fuente: Elaboración en base a los datos del Tratamiento N°1, N°2 y N°3, 2018.

En la figura 35, se observa una mejora en la conductividad eléctrica para el tratamiento 3(30 ml de *Penicillium janthinellum*) en diferentes tamaños de bagazo de caña de azúcar (1 mm, 2mm y 3 mm) durante el periodo de 20 días. El primer dato es del análisis inicial del suelo contaminado con aceite dieléctrico de la empresa Alc Energy y los siguientes valores son resultados después del tratamiento experimental, se evidencia que en el tratamiento 3(30 ml *Penicillium janthinellum*) a 1 mm (Bagazo de la caña de azúcar) tuvo una mejora de la conductividad eléctrica hasta llegar a un valor 355 uS/cm, superior al tratamiento 3 (30 ml *Penicillium janthinellum*) a 2 mm y 3 mm de bagazo de la caña de azúcar, estas tuvieron una mejora de 334 uS/cm y 325 uS/cm.

**Figura 36:** Reducción de aceite dieléctrico en el tratamiento N°3 (30 ml de *Penicillium janthinellum*)



Fuente: Elaboración en base a los datos del Tratamiento N°1, N°2 y N°3, 2018.

En la figura 36, se observa la reducción de aceite dieléctrico en el tratamiento 1 (10 ml de *Penicillium janthinellum*) evaluados a diferentes granulometría de bagazo de caña de azúcar (1 mm, 2mm y 3 mm) durante el periodo de 20 días. El tratamiento 1 (10 ml *Penicillium janthinellum*) evaluado a 1 mm presenta una óptima reducción al 73.26 % y el tratamiento a 1 mm y 2 mm se obtuvo una reducción del 72.13% y 67.90 % de Fracción de hidrocarburo F2 (C10-C28) en el suelo tratado.

### 3.4. Contraste de hipótesis general

#### 3.4.1 Prueba de Normalidad y T - Student para muestras relacionadas del tratamiento n°1 (10 ml de *Penicillium janthinellum*)

**Tabla 16:** Prueba de Normalidad para los Datos iniciales y finales de Fracción de Hidrocarburo F2 (C10-C28)

		Pruebas de normalidad							
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk				
Fracción de Hidrocarburo F2 (C10-C28)		Estadístic	o	gl	Sig.	Estadístic	o	gl	Sig.
Concentraciones	Inicial	,175		3	.	1,000		3	1,000
	Final-	,239		3	.	,975		3	,698

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaborado en base a los datos del tratamiento N°1 – SPSS v 25.

### a) Regla de decisión

Sig. (Bilateral) > 0.05, existe una distribución normal de los datos

### b) Resultado/discusión

La reducción de aceite dieléctrico del tratamiento n°1(10 ml *Penicillium janthinellum*) evaluado a 1 mm, 2 mm y 3 mm (Bagazo de la caña de azúcar), tienen una significancia inicial de 1.000 y final 0.698 respectivamente, por lo tanto se evidencia que existe una distribución normal en todos los datos de reducción de la Fracción de Hidrocarburo F2 (C10-C28) a un nivel de confianza del 95%.

**Tabla 17:** T-STUDENT para muestras emparejadas

Fracción de Hidrocarburo F2 (C10-C28)	Prueba de muestras emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Diferencias emparejadas			95% de intervalo de confianza de la diferencia					
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior				
Inicio - Final	6449,32000	300,28808	173,37140	5703,36306	7195,27694	37,199	2	,001	

Fuente: Elaborado en base a los datos del tratamiento N°1 – SPSS v 25.

**H<sub>1</sub>:** Las cepas *Penicillium janthinellum* asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar logran reducir significativamente el aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

**H<sub>0</sub>:** Las cepas *Penicillium janthinellum* asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar no logran reducir significativamente el aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

### a) Regla de decisión

Sig. (Bilateral) < 0.05, si existe diferencia significativa entre los datos iniciales y finales de la Fracción de Hidrocarburo F2 (C10-C28).

### b) Resultado/discusión

La reducción de aceite dieléctrico del tratamiento n°1(10 ml *Penicillium janthinellum*) evaluado a 1 mm, 2 mm y 3 mm (Bagazo de la caña de azúcar), tienen una diferencia significancia entre los datos iniciales y finales con un Sig. 0.001, por

lo tanto se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, a un nivel de confianza del 95%.

### 3.4.2 Prueba de Normalidad y T - Student para muestras relacionadas del tratamiento N°2(20 ml de *Penicillium janthinellum*)

**Tabla 18:** Prueba de normalidad para los Datos iniciales y finales de la Fracción de Hidrocarburo F2 (C10-C28).

Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentraciones	Inicial	,175	3	.	1,000	3	1,000
	Final	,298	3	.	,916	3	,439

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaborado en base a los datos del tratamiento N°2 – SPSS v 25.

#### a) Regla de decisión

Sig. (Bilateral) > 0.05, existe una distribución normal de los datos

#### b) Resultado/discusión

La reducción de aceite dieléctrico del tratamiento n° 1(10 ml *Penicillium janthinellum*) evaluado a 1 mm, 2 mm y 3 mm (Bagazo de la caña de azúcar), tienen una significancia inicial de 1.000 y final 0.439 respectivamente, por lo tanto se evidencia que existe una distribución normal en todos los datos de reducción de aceite dieléctrico, a un nivel de confianza del 95%.

**Tabla 19:** T-STUDENT para muestras emparejadas

Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	Prueba de muestras emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Diferencias emparejadas			Inferior	Superior			
		Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
Par Inicial - Final 1	6678,44333	241,07185	139,18290	6079,58765	7277,29902	47,983	2	,000	

Fuente: Elaborado en base a los datos del tratamiento N°2 – SPSS v 25.

**H<sub>1</sub>:** Las cepas *Penicillium janthinellum* asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar logran reducir significativamente el aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

**H<sub>0</sub>:** Las cepas *Penicillium janthinellum* asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar no logran reducir significativamente el aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

**a) Regla de decisión**

Sig. (Bilateral) < 0.05, si existe diferencia significativa entre los datos iniciales y finales de la Fracción de Hidrocarburo F2 (C10-C28).

**b) Resultado/discusión**

La reducción de aceite dieléctrico del tratamiento n° 2 (20 ml *Penicillium janthinellum*) evaluado a 1 mm, 2 mm y 3 mm (Bagazo de la caña de azúcar), tienen una diferencia significancia entre los datos iniciales y finales con un Sig. 0.000, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna (H<sub>1</sub>) y se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), a un nivel de confianza del 95%.

**3.4.3 Prueba de Normalidad y T - Student para muestras relacionadas del tratamiento N°3(30 ml de *Penicillium janthinellum*)**

**Tabla 20:** Prueba de normalidad para los Datos iniciales y finales de TPH

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentraciones	Inicial	,175	3	.	1,000	3	1,000
	Final	,309	3	.	,900	3	,386

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaborado en base a los datos del tratamiento N°3 – SPSS v 25.

**a) Regla de decisión**

Sig. (Bilateral) > 0.05, existe una distribución normal de los datos

**b) Resultado/discusión**

La reducción de aceite dieléctrico del tratamiento n° 3 (30 ml *Penicillium janthinellum*) evaluado a 1 mm, 2 mm y 3 mm (bagazo de la caña de azúcar), tienen

una significancia inicial de 1.000 y final 0.386 respectivamente, por lo tanto se evidencia que existe una distribución normal en todos los datos de reducción de aceite dieléctrico, a un nivel de confianza del 95%.

**Tabla 21:** T-STUDENT para muestras emparejadas

Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	Prueba de muestras emparejadas							
	Diferencias emparejadas							Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	
Par Inicial - Final			Inferior	Superior				
1	7111,50667	281,50988	162,52980	6412,19737	7810,81597	43,755	2	,001

Fuente: Elaborado en base a los datos del tratamiento N°3 – SPSS v 25.

**H<sub>1</sub>:** Las cepas *Penicillium janthinellum* asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar logran reducir significativamente el aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

**H<sub>0</sub>:** Las cepas *Penicillium janthinellum* asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar no logran reducir significativamente el aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

#### a) Regla de decisión

Sig. (Bilateral) < 0.05, si existe diferencia significativa entre los datos iniciales y finales de la Fracción de Hidrocarburo F2 (C10-C28).

#### b) Resultado/discusión

La reducción de aceite dieléctrico del tratamiento n° 3 (30 ml *Penicillium janthinellum*) evaluado a 1 mm, 2 mm y 3 mm (Bagazo de la caña de azúcar), tienen una diferencia significancia entre los datos iniciales y finales con un Sig. 0.001, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna (H<sub>1</sub>) y se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), a un nivel de confianza del 95%.

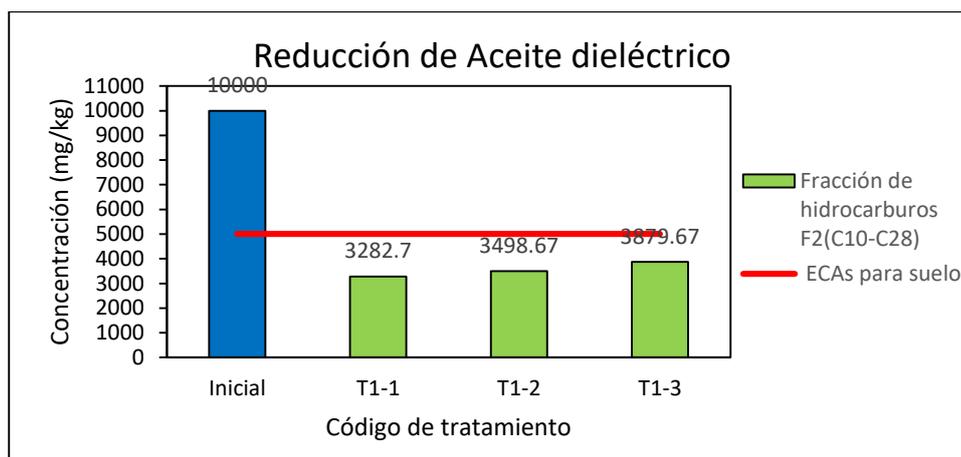
### 3.5 Contraste de Hipótesis específico

#### 3.5.1 Hipótesis específico 1

**H<sub>1</sub>:** Después del tratamiento la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado será menor o igual a 5000 mg/kg, utilizando las cepas de *Penicillium janthinellum* asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

**H<sub>0</sub>:** Después del tratamiento la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado no será menor o igual a 5000 mg/kg, utilizando las cepas de *Penicillium janthinellum* asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

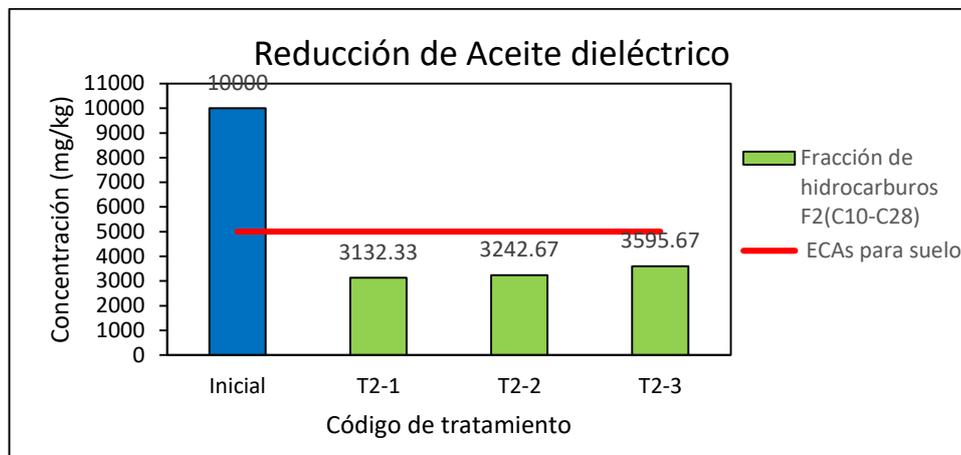
**Figura 37:** Reducción de aceite dieléctrico en el tratamiento 1(10 ml de *Penicillium janthinellum*)



Fuente: Elaborado en base a los datos del tratamiento N°1, 2018.

Se presenta en la figura 38, la reducción de aceites dieléctrico para el tratamiento n°1(10 ml de *Penicillium janthinellum*) evaluado a 1 mm (T1-1), 2 mm (T1-2) y 3 mm (T1-3) de bagazo de caña de azúcar, se obtiene como resultado 3282.7 mg/kg, 3498.67 mg/kg y 3879.67 mg/kg de aceite dieléctrico en el suelo tratado, valores inferiores de 5000 mg/kg, establecido en los Estándares de calidad ambiental (ECAs) para suelo industrial, por lo tanto para el tratamiento n°1 se acepta la hipótesis alterna (H<sub>1</sub>), para rechazar la hipótesis nula(H<sub>0</sub>).

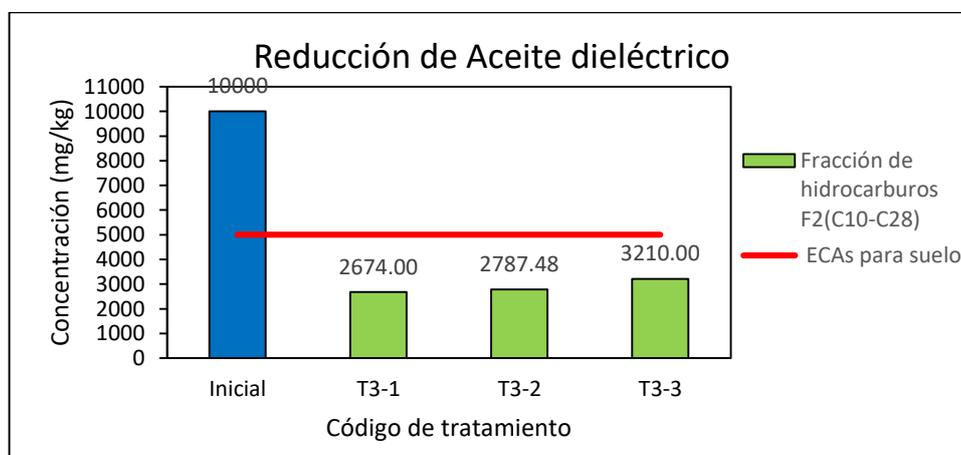
**Figura 38:** Reducción de aceite dieléctrico en el tratamiento 2(20 ml de *Penicillium janthinellum*)



Fuente: Elaborado en base a los datos del tratamiento N°2, 2018.

Se presenta en la figura 39, la reducción de aceites dieléctrico para el tratamiento n°2(20 ml de *Penicillium janthinellum*) evaluado a 1 mm (T2-1), 2 mm (T2-2) y 3 mm (T2-3) de bagazo de la caña de azúcar, se obtiene como resultado 3132.33 mg/kg, 3242.67 mg/kg y 3595.67 mg/kg de aceite dieléctrico en el suelo tratado, valores inferiores de 5000 mg/kg, establecido en los Estándares de calidad ambiental (ECAs) para suelo industrial, por lo tanto para el tratamiento N°1 se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ), para rechazar la hipótesis nula( $H_0$ ).

**Figura 39:** Reducción de aceite dieléctrico en el tratamiento 3(30 ml de *Penicillium janthinellum*)



Fuente: Elaborado en base a los datos del tratamiento N°3, 2018.

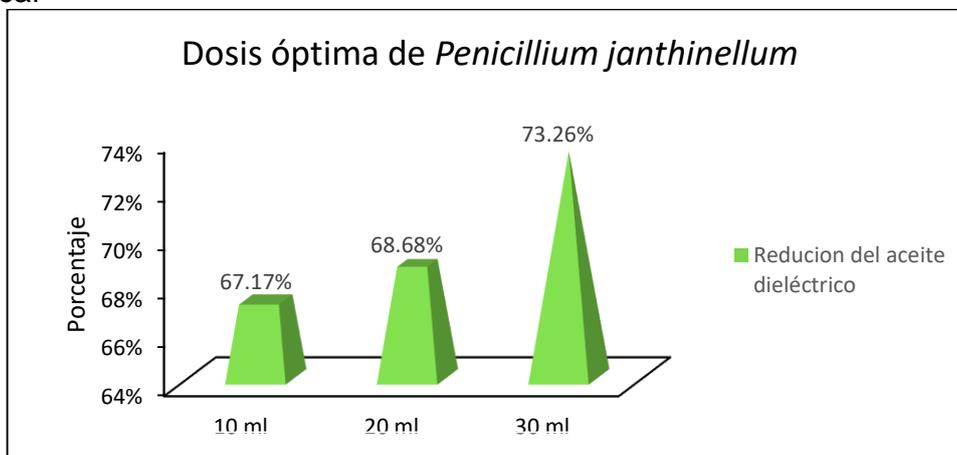
Se presenta en la figura 40, la reducción de aceites dieléctrico para el tratamiento n°3(30 ml de *Penicillium janthinellum*) evaluado a 1 mm (T3-1), 2 mm (T3-2) y 3 mm (T3-3) de bagazo de la caña de azúcar, se obtiene como resultado 2674.00 mg/kg, 2787.48 mg/kg y 3210.00 mg/kg de aceite dieléctrico en el suelo tratado, valores inferiores de 5000 mg/kg, establecido en los Estándares de calidad ambiental (ECAs) para suelo industrial, por lo tanto para el tratamiento N°1 se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ), para rechazar la hipótesis nula( $H_0$ ).

### 3.5.2 Hipótesis específico 2

**H<sub>1</sub>:** La dosis óptima de cepas de *Penicillium janthinellum* es de 30 ml, para reducir la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

**H<sub>0</sub>:** La dosis óptima de cepas de *Penicillium janthinellum* no es de 30 ml, para reducir la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

**Figura 40:** Dosis de *Penicillium janthinellum* evaluado a 1 mm de bagazo de caña de azúcar

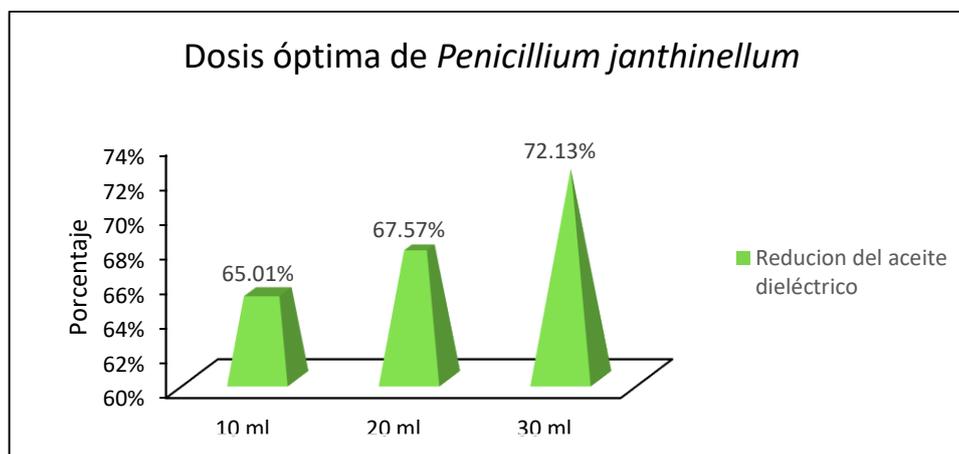


Fuente: Elaborado en base a los datos del tratamiento N°1, N°2 y N°3, 2018.

Se muestra en la figura 40, la capacidad de reducción de aceites dieléctricos en las tres dosis de *Penicillium janthinellum* evaluadas a 1 mm de bagazo de caña de azúcar, mediante el cual se constata que la dosis a 30 ml (*Penicillium janthinellum*) posee mayor capacidad de reducción el aceite dieléctrico con un 73.26% de

efectividad, por el cual se concluye que se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ )

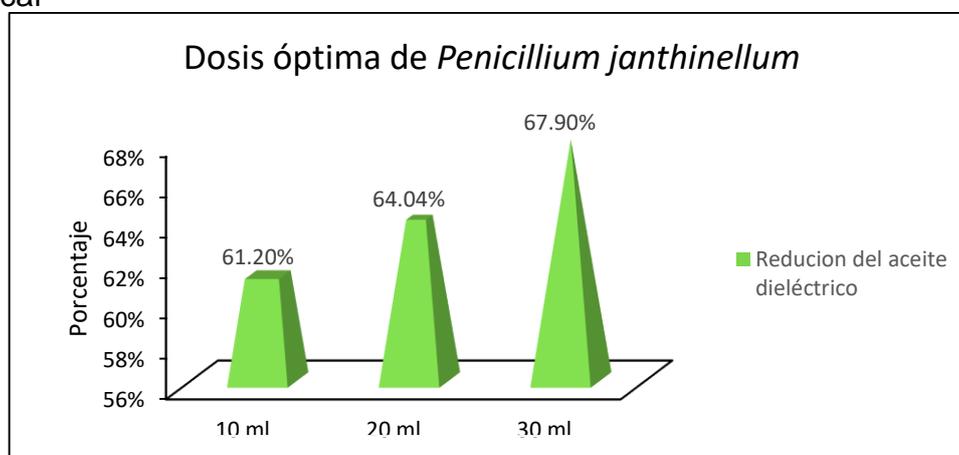
**Figura 41:** Dosis de *Penicillium janthinellum* evaluado 2 mm del bagazo de la caña de azúcar



Fuente: Elaborado en base a los datos del tratamiento N°1, N°2 y N°3, 2018.

Se muestra en la figura 41, la capacidad de reducción de aceites dieléctricos en las tres dosis de *Penicillium janthinellum* evaluadas a 2 mm de bagazo de caña de azúcar, mediante el cual se constata que la dosis a 30 ml (*Penicillium janthinellum*) posee mayor capacidad de reducción del aceite dieléctrico con un 72.13% de efectividad, por el cual se concluye que se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ).

**Figura 42:** Dosis de *Penicillium janthinellum* evaluado a 3 mm de bagazo de caña de azúcar



Fuente: Elaborado en base a los datos del tratamiento N°1, N°2 y N°3, 2018.

Se muestra en la figura 42, la capacidad de reducción de aceites dieléctricos en las tres dosis de *Penicillium janthinellum* evaluadas a 3 mm de bagazo de caña de azúcar, mediante el cual se constata que la dosis a 30 ml (*Penicillium janthinellum*) posee mayor capacidad de reducción a aceite dieléctrico con un 67.90% de efectividad, por el cual se concluye que se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ).

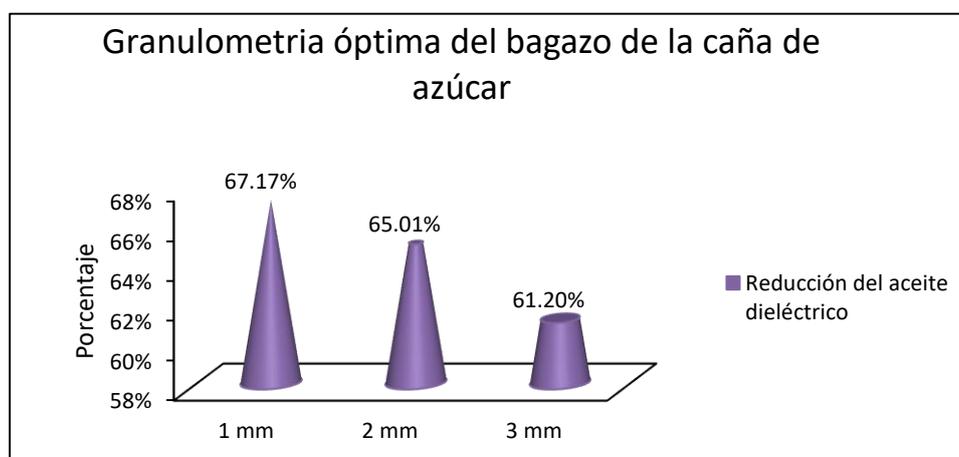
### 3.5.3 Hipótesis específico 3

**H<sub>i</sub>:** La granulometría del bagazo de la caña de azúcar es óptima a 2 mm, para lograr un mejor desarrollo del *Penicillium janthinellum* y por ende tener una efectiva reducción de la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

**H<sub>o</sub>:** La granulometría del bagazo de la caña de azúcar no es óptima a 2 mm, para lograr un mejor desarrollo del *Penicillium janthinellum* y por ende tener una efectiva reducción de la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.

En la siguiente figura 43, se determina la granulometría óptima, para ello se realiza la comparación entre 1mm, 2mm y 3 mm de bagazo de la caña de azúcar, evaluado a 10 ml de *Penicillium janthinellum*

**Figura 43:** Granulometrías del bagazo de la caña de azúcar evaluado a 10 ml de *Penicillium janthinellum*

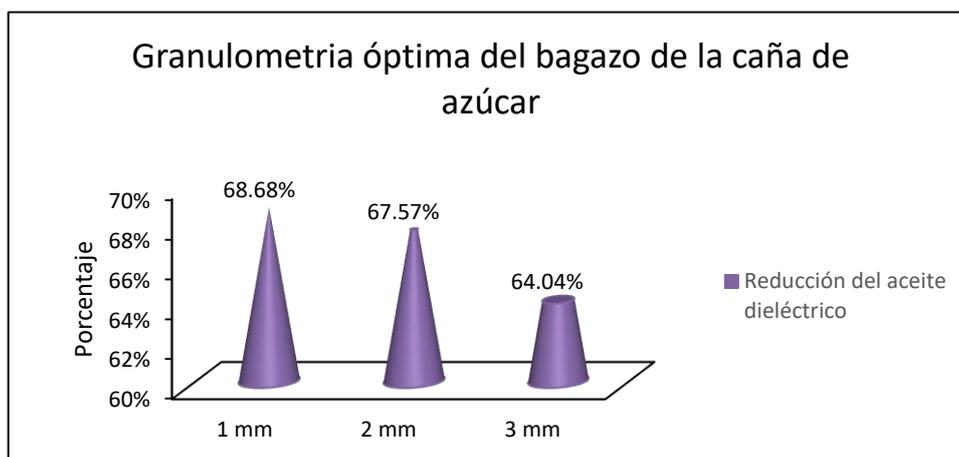


Fuente: Elaborado en base a los dato del tratamiento N°1, 2018.

Se muestra en la figura 43, la capacidad de reducción de aceites dieléctricos en los tres tipos de bagazo de la caña de azúcar, evaluada a 10 ml de *Penicillium janthinellum*, mediante el cual se infiere con la apreciación del gráfico que la granulometría óptima es de 1mm del bagazo de la caña de azúcar, que posee una capacidad de reducción del 67.17% de aceite dieléctrico en el suelo por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna ( $H_1$ ) y se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ).

Se concluye que la granulometría óptima del bagazo de la caña azúcar evaluado a 10 ml de *Penicillium janthinellum* es de 1 mm, posee una efectividad del 67.17% para reducir el aceite dieléctrico en el suelo.

**Figura 44:** Granulometría del bagazo de la caña de azúcar evaluado a 20 ml de *Penicillium janthinellum*

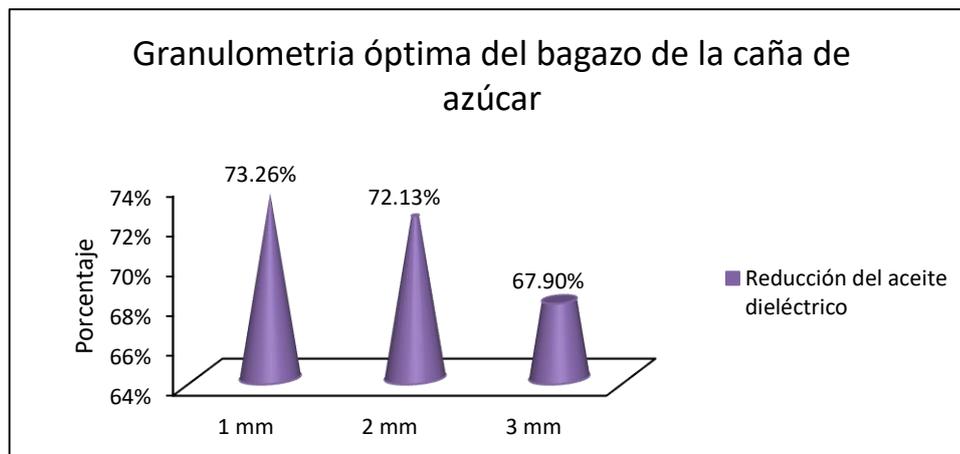


Fuente: Elaborado en base a los datos del tratamiento N°2, 2018.

Se muestra en la figura 44, la capacidad de reducción de aceites dieléctricos en los tres tipos granulometría de bagazo de la caña de azúcar, evaluada a 20 ml de *Penicillium janthinellum*, mediante el cual se infiere con la apreciación del gráfico que la granulometría óptima es de 1mm del bagazo de la caña de azúcar, que posee una capacidad de reducción del 68.68% de aceite dieléctrico en el suelo por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna ( $H_1$ ) y se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ).

Se concluye que la granulometría óptima del bagazo de la caña azúcar evaluado a 20 ml de *Penicillium janthinellum* es de 1 mm, posee una efectividad del 68.68% para reducir el aceite dieléctrico en el suelo.

**Figura 45:** Granulometría del bagazo de la caña de azúcar evaluado a 30 ml de *Penicillium janthinellum*



Fuente: Elaborado en base a los datos del tratamiento N°3, 2018.

Como se muestra en la figura 45, la capacidad de reducción de aceites dieléctricos en los tres tipos granulometría de bagazo de caña de azúcar, evaluada a 30 ml de *Penicillium janthinellum*, mediante el cual se infiere con la apreciación del gráfico que la granulometría óptima es de 1 mm de bagazo de la caña de azúcar, que posee una capacidad de reducción del 73.26% de aceite dieléctrico en el suelo, por lo tanto se rechaza la hipótesis alterna ( $H_1$ ) y se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ).

Se concluye que la granulometría óptima del bagazo de la caña azúcar evaluado a 30 ml de *Penicillium janthinellum* es de 1 mm, posee una efectividad del 73.26% para reducir el aceite dieléctrico en el suelo.

#### IV. DISCUSIÓN

Según SP BAKU (2012) en su presente investigación de tesis de pregrado estudio la biorremediación de efluentes de refinería mediante cepillos de *Pseudomonas aeruginosa* y *Penicillium janthinellum*, a escala de laboratorio en tubos de ensayo, utilizo estas dos cepas de hongos puro y sus respectivos mutantes generado mediante la radiación ultra violeta, los cuales fueron incubado a 30°C y analizados en 5, 10 y 15 días, el resultado del tratamiento a 10 ml de agua residual, 1 ml de petróleo crudo, 0.5 ml de fertilizante, tratado a 2 ml de *Penicillium janthinellum* se obtuvo una biodegradación de hidrocarburo crudo del 50 % en un tiempo de 15 min, es por ello que el investigador concluye que el hongo *Penicillium janthinellum* es un excelente biodegradador de hidrocarburos en un medio líquido y en contraste con los resultados de la presente investigación, estoy de acuerdo con el investigador citado e incluso se obtuvo mejores resultados de degradación de aceite dieléctrico, expuesto a una temperatura promedio de 23°C durante 20 días, siendo el tratamiento T3-1 en donde se obtuvo mayor eficacia de reducción del 73.26 % de aceite dieléctrico.

De acuerdo a los resultados de la presente investigación se comprueba que el tratamiento con *Penicillium janthinellum* a 10 ml, 20 ml y 30 ml, disminuye significativamente la concentración de 10 000 mg/kg de aceite dieléctrico en el suelo a valores inferiores de 5000 mg/kg, por debajo los estándares de calidad ambiental(ECAs) para suelo industrial, esto demuestra que el hongo presenta una cualidad de biodegradador en condiciones aeróbicas, además de acuerdo a los antecedentes bibliográficos se afirma que en estos tratamiento con hongos los resultados del potencial de hidrógeno se aproxima a valores neutros , tanto para la temperatura(°C) tiene una variación ligera al igual que la conductividad eléctrica(uS/cm).

Según RAMIREZ, Alex (2013), en su presente investigación científica usa del hongo *Penicillium* sp. Para la degradación de hidrocarburos de petróleo presentes en un suelo del sureste mexicano, utilizo en su estudio 5 ml de *Penicillium* sp, para el tratamiento de 8000 mg/kg de hidrocarburos en el suelo contaminado, donde obtuvo una degradación del 51%, es por ello en la presente investigación se trabaja con diferentes dosis de *Penicillium janthinellum* donde se demuestra que a 10 ml,

20 ml y 30 ml de *Penicillium janthinellum* evaluado a 1mm de bagazo de caña de azúcar, se obtiene una reducción del aceite dieléctrico del 67.17%, 68.68% y 73.26 % respectivamente, esto demuestra la importancia de la dosis en un tratamiento biológico, sin embargo si se busca optimizar recurso se trabaja con una dosis de 10 ml, siendo la dosis óptima para este investigación en particular.

Según García R. et al. (2012) En su revista científica donde estudia la remoción de hidrocarburos totales de petróleo e hidrocarburos aromáticos policíclicos en suelos contaminados utilizando cachaza y bagazo de caña de azúcar como enmienda, en su diseño de investigación plantea una relación de 98/2 ( suelo/bagazo) para la remoción de hidrocarburos en un periodo de 30 días, mediante el cual obtuvo una eficacia del 60.1 % y en contraste con la investigación de Pérez- Armendáriz Et al.(2004), obtuvo similares resultados en condiciones iguales de cultivo, ambos investigadores utilizaron el bagazo de caña de azúcar como enmienda y texturizante en una proporción de tratamiento 49:1(suelo/Bagazo), humedad del 60% y ajustes de macronutrientes de 100:10:1(C:N:P), del cual obtuvieron una efectividad de remoción del 54% de hidrocarburos totales de petróleo. Estos investigadores establecieron una relación de tratamiento (suelo contaminado/gabazo), sin embargo ellos no establecieron un tamaño de bagazo de caña de azúcar óptimo, es por ello en la presente investigación adoptó la misma relación(98/2) (suelo/bagazo) y trabajó con 3 tamaños de bagazo de caña de azúcar(1 mm, 2 mm y 3mm), mediante el cual se obtuvo resultados superiores en contraste a los investigadores citados, los mejores resultados se obtuvieron en los tratamiento n° 1, n°2 y n°3 evaluado a 1mm(Bc), con una efectividad del 67.17% , 68.68% y 73.26 % de reducción de aceite dieléctrico, mediante el cual se concluye que 1mm(Bagazo de caña de azúcar) es la medida óptimo para una efectiva biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.

## V. CONCLUSIONES

Se llega a las siguientes conclusiones:

Primero: El uso del *Penicillium janthinellum* asociado con el bagazo de la caña de azúcar es eficaz para reducir la presencia del aceite dieléctrico en el suelo contaminado del lugar de estudio siempre y cuando se tenga controlado ciertos parámetros Físico- Químicos (Potencial de hidrogeno, temperatura, conductividad eléctrica y humedad).

Segundo: La concentración de aceite dieléctrico (Fracción de hidrocarburo F2 de C10-C28) en el suelo se redujo en las 3 dosis del hongo *Penicillium janthinellum*, siendo los resultados más significativos para cada dosis: 67.17% en 10 ml, 68.68% en 20 ml y 73.26% en 30 ml, además también se demuestra en la presente investigación que las tres dosis de *Penicillium janthinellum* reducen el aceite dieléctrico hasta obtener concentraciones admitidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para suelo de uso industrial establecido en el Decreto Supremo N° 011 - 2017. MINAM.

Tercero: Las tres dosis de *Penicillium janthinellum* trabajada en la presente investigación fueron 10 ml, 20 ml y 30 ml, de los cuales se obtuvo que la mas optima en reducir la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado es 30 ml, con una eficacia del 73.26%.

Cuarto: En la presente investigación se trabajó con tres granulometrías de bagazo de la caña de azúcar, las cuales fueron de 1 mm, 2 mm y 3 mm; se obtuvo un óptimo desarrollo de las tres dosis de *Penicillium janthinellum*, cuando fueron evaluadas a 1 mm del bagazo de la caña de azúcar.

## VI. RECOMENDACIONES

En estos tipos de tratamientos la humedad es indispensable para el desarrollo del *Penicillium janthinellum*, motivo por el cual se debe monitorear cada 8 horas la humedad del suelo, puesto que una reducción inferior al 40% de humedad, ocasionaría la pérdida de la densidad poblacional del *Penicillium janthinellum*, ya que no tolera el estrés hídrico.

Para implementar esta metodología de tratamiento biológico en la empresa eléctrica ALC Energy SAC, se debe utilizar una dosis de 10 ml de *Penicillium janthinellum* asociado a una granulometría inferior o igual a 3 mm del bagazo de la caña de azúcar.

La implementación del tratamiento biológico con el uso de *Penicillium janthinellum* asociado al bagazo de la caña de azúcar, es una alternativa viable y amigable con el medio ambiente que posee alta eficiencia para reducir compuestos orgánicos apolares.

Se requiere de un ambiente del 60% de radiación solar, específicamente puede ir colocado bajo la sombra de un techo o cubierto por maya raschel, de ese modo evitamos la insolación y pérdida de humedad del suelo.

Utilizar agua libre de cloro, debió a que este es nocivo y puede eliminar la población del hongo *Penicillium janthinellum*, es por ello que se deja reposar el líquido durante un tiempo de 24 horas, expuesto a la radiación solar.

Esta metodología experimental es apta para concentraciones mayores a 10000 mg/kg de Aceite dieléctrico en un suelo contaminado, puesto que a esta concentración es efectivo la reducción de aceite dieléctrico hasta obtener valores inferiores del Estándar de calidad ambiental para suelo de uso industrial.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ADSUL M, BASTAWDE K, VARMA A, GOKHALE D. Mejora de las cepas de *Penicillium janthinellum* NCIM 1171, para aumentar la producción de celulosa [en línea]. Tecnología Bioambiental 98. 2007, p. 1467-1473 - [Fecha de Consulta: 14 de octubre del 2017].

Disponible en:

<http://europepmc.org/abstract/MED/17097876>

ABU-ELGHEIT, M. y Yusef, H. Aislamiento de microorganismos degradadores de hidrocarburos en aguas mediterráneas. Medio Ambiente Internacional [en línea]. Universidad Austral de Chile, 2006, p 417-420 - [Fecha de Consulta: 18 de octubre del 2017].

Disponible en:

[file:///C:/Users/CAMPEON/Downloads/242-489-1-SM%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/CAMPEON/Downloads/242-489-1-SM%20(2).pdf)

AGUILAR, N. Bioetanol de la caña de azúcar. Avances en Investigación Agropecuaria, vol. 11, núm. 3, septiembre-diciembre, 2007, pp. 25-39 [en línea]. Universidad de Colima. Colima, México - [Fecha de Consulta: 28 de octubre del 2017].

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/837/83711303.pdf>

ANDRADES, Marisol, MOLLNER, Ana y MASAGUER, Alberto. Prácticas de Edafología: Métodos didácticos para el análisis de suelos. 1ra. ed. España: Universidad de la Rioja, servicio de publicaciones, 2015. 77 p.  
ISBN: 978-84-608-5117-2

AVILA Baray, Héctor L. Introducción a la metodología de la investigación [en línea]. México. 2006 - [Fecha de consulta 10 de mayo del 2017]  
ISBN: 84-690-1999-6

Disponible en:

<http://www.eumed.net/librosgratis/2006c/203/index.htm>

BUENDÍA, Hildebrando. Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante compost de aserrín y estiércoles. Tesis (Magister en geografía mención: Ordenamiento y Gestión Ambiental) [En línea]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2012 - [Fecha de Consulta: 08 de julio del 2017].

Disponible en:

[http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/2290/1/Buend%C3%ADa\\_rh.pdf](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/2290/1/Buend%C3%ADa_rh.pdf)

BIODETERERORIO Y BIODEGRADACION. El aislamiento, identificación y caracterización de potencial biotecnológico [En línea]. Volumen 15, enero 2015, Página 235–244 - [Fecha de Consulta: 08 de julio del 2017].

Disponible:

<https://es.slideshare.net/andhygv/hidrocarburos-aromaticos-policclicos>

BOCKHEIM, J. G., 1991. SUELO FORESTALES. In: R. A. Young (ed.) Introducción a las ciencias forestales. Limusa, México, D. F.

CERÓN, Andrés. Índice de Salud para Transformadores de Potencia Inmersos en Aceite Mineral con Voltajes entre 69kV y 230kV usando Lógica Difusa. Rev. Inf. tecnol. vol.26 no.2 [En línea]. La Serena, 2015 - [Fecha de Consulta: 05 de julio del 2017].

ISSN: 0718-0764

Disponible en:

[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S071807642015000200013](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071807642015000200013)

DA SILVA, R. 2009. Biorremediação de solos contaminados com organoclorados por fungos basidiomicetos em biorreatores. Doctor. São Paulo, Brasil. Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 186 p.

FERNANDEZ, Núñez F. ¿Cuáles son las técnicas de recogida de información? Butlletí *La Recerca* [En línea].2006 - [Fecha de consulta: 12 de Marzo del 2018], ISSN: 1886-1946

Disponible en:

<http://www.ub.edu/ice/recerca/pdf/ficha3-cast.pdf>.

DOBSON, S. Environmental Health Criteria 140: Polychlorinated Biphenyls and Terphenyls, 2d ed. World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (IPCS) [en línea]. Geneva, Switzerland, (1993) - [Fecha de consulta: 25 de octubre del 2017].

Disponible en:

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5454/MENDOZA\\_ZEGARRA\\_MARIO ESTRATEGIA GESTION.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5454/MENDOZA_ZEGARRA_MARIO ESTRATEGIA GESTION.pdf?sequence=1)

FLORES, Carlos. MENDOZA, Jorge. Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos por derrames de la estación de servicio en el campamento de Guarumales – Celec, [en línea]. Universidad de Cuenca, Ecuador, 2017 - [Fecha de consulta: 27 de agosto del 2017)].

Disponible en:

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27211/1/tesis.pdf>

FRICK, C. M., R. E. Farrell y J. J. Germida. 2013. Assessment of Phytoremediation as an in situ Technique for Cleaning Oil-Contaminated Sites. Petroleum Technology Alliance of Canada. Vancouver, British Columbia.

GARCÍA, Carlos. Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos aromáticos policíclicos mediante aplicación de sustrato post-cultivo de champiñón (*Agaricus bisporus*) [en línea]. Tesis (Doctoral). Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 2012 - [Fecha de consulta: 27 de agosto del 2017)].

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/profile/Carlos\\_GarciaDelgado/publication/280013601\\_Bioremediation\\_of\\_contaminated\\_soils\\_with\\_polycyclic\\_aromatic\\_hydroca](https://www.researchgate.net/profile/Carlos_GarciaDelgado/publication/280013601_Bioremediation_of_contaminated_soils_with_polycyclic_aromatic_hydroca)

[rbons using spent mushroom substrate Agaricus bisporus/links/55a3c62e08aed99da24d17e3.pdf](http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v27n1/v27n1a3.pdf)

GARCÍA, Reyna, Torres *et al.* Uso de cachaza y bagazo de caña de azúcar en la remoción de hidrocarburos en suelo contaminado [en línea]. México: universidad de Veracruz. Marzo-octubre 2010, no. 1 - [fecha de consulta: 04 de noviembre del 2017].

Disponible en:

<http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v27n1/v27n1a3.pdf>

GUERRERO, J. 2001. El Compost un abono orgánico compuesto para mejorar y dar vida a nuestros suelos. Taller de conservación de suelos y agricultura sostenible. UNALM. Lima.

GIL, I. 2017. Lubricantes Industriales, herramientas de corte, abrasivas y consumibles para electroerosión [en línea]. Brettis 2017 - [fecha de consulta: 04 de noviembre del 2017].

Disponible en:

<https://www.brettis.com/Tutorial/08Transformadores.pdf>

HERNÁNDEZ, G. Álvarez, N. Ríos, L. Biorremediación de organofosforados por hongos y bacterias en suelos agrícolas: revisión sistemática, Artículo de revisión. 2017 [en línea]. Colombia. 18(1):139-159 - [fecha de consulta: 29 de diciembre del 2017].

ISSN 0122-8706

<http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v18n1/v18n1a09.pdf>

HERNÁNDEZ, Roberto. FERNÁNDEZ, Carlos. BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. México: McGraw- Hill Interamericana Editores. 2010.

HOUBRAKEN J, Samson R. 2011. Filogenia de *Penicillium* y la segregación de Trichocomaceae en tres familias. Estudios en Micología 70: p 1-51.

JAURIXJE, Margareth, et al. Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor

[en línea]. Estado Lara. Rev. Bioagro, vol. 25, núm. 1, enero-abril, 2013, pp. 47-56. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto, Venezuela - [fecha de consulta: 29 de diciembre del 2017].

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/857/85726736002.pdf>

ISSN: 1316-3361

RAMÍREZ, Olga., et al. Biorremediación de un suelo con diésel Mediante el uso de microorganismos autóctonos [en línea]. Rev. Gestión y Ambiente, vol. 15, núm. 1, febrero-mayo, 2012, pp. 27-39. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia - [fecha de consulta: 29 de diciembre del 2017].

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/1694/169424101004.pdf>

ISSN: 0124-1772

RAMÍREZ, Axel, RAMIREZ Constanza. Uso del hongo *Penicillium* sp., para la degradación de hidrocarburos de petróleo presentes en un suelo del sureste mexicano [en línea]. Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado Morelos, 2013 [Fecha de consulta 06 de marzo del 2018].

Disponible en:

<http://galeria.uaem.mx/sites/default/files/obras/texto/Axel%20cartel.pdf>

LÓPEZ BERMÚDEZ, F. 1994. Degradación del suelo ¿Fatalidad climática o mala gestión humana? Hacia una gestión sostenible del recurso en el contexto mediterráneo. Papeles de Geografía, nº20, págs. 49-64.

NAVAS, Fernando., et al (2012). Aplicación del aceite dieléctrico de origen vegetal en transformadores eléctricos. Revista Ingeniería y Universidad [en línea]. Enero-junio, 2012, núm. 1 - [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2017].

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/477/47723297012.pdf>

NODAL, M, RODRIGUEZ, I, ESPERANZA, G, LEIVA, J. 2013. Cuba. Caracterización y evaluación del bagazo de caña de azúcar como biosorbente de hidrocarburos.

ALMAZÁN DEL OLMO, o. *et al.* 2011. el bagazo de la caña de azúcar. Propiedades, constitución y potencial [en línea]. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México - [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2017].

Disponible en:

[http://karin.fq.uh.cu/acc/2016/ciencias\\_tecnicas/032/new/documentaci%c3%b3n/parte%20v/parte%20v.pdf](http://karin.fq.uh.cu/acc/2016/ciencias_tecnicas/032/new/documentaci%c3%b3n/parte%20v/parte%20v.pdf)

MARTÍNEZ, Adriana., *et al.* Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos empleando lodos residuales como fuente alterna de nutrientes. Revista Internacional de Contaminación Ambiental [en línea]. Vol. 27, núm. 3, agosto, 2011, pp. 241-252. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México - [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2017].

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/370/37020226009.pdf>

ISSN: 0188-4999

MARTINEZ Pastora de la concepción, Rodríguez Iván, Leiva Jorge. Caracterización y evaluación del bagazo de caña como biosorbente de hidrocarburo. Tesis (Ingeniería Química) Cuba, ediciones Universidad Central de Las Villas, departamento Ingeniería Química., 2013. 61p.

MENDOZA Zegarra, Mario. Estrategia para la gestión ambientalmente racional de Bifenilos Policlorados (PCB) en el Perú, consideraciones ambientales y tecnologías. Tesis (Magister en desarrollo ambiental). Lima, Perú: Pontificia universidad católica del Perú, 2012. 12 p.

MOLITERNI, Elena. Biorremediación acelerada de suelos contaminados con hidrocarburos tipo diésel. Tesis (Doctoral) [en línea]. La Mancha: Universidad de Castilla, 2015 - [Fecha de consulta: 011 de octubre de 2017].

Disponible en:

<https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/8877/TESIS%20Moliterni%20Merlo.pdf?sequence=1>

SACHUN, Víctor. Tratamiento ex situ de suelo contaminado por hidrocarburo a través del método volatilización natural [en línea]. Tesis (Ingeniero Ambiental). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2015 - [Fecha de consulta: 09 de agosto del 2017].

ISSN: 0123-2126

Disponible en:

[http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3271/SachunRodriguez\\_V.pdf?sequence=1](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3271/SachunRodriguez_V.pdf?sequence=1)

SUAREZ, Mauro. Uso de fluidos dieléctricos a base de aceites en maquinado por descargas eléctricas por penetración [en línea]. Rev. ing. no.36 Bogotá Jan./ June 2012 - [Fecha de consulta: 09 de agosto del 2017].

ISSN 0121-4993

Disponible en:

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S012149932012000100007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012149932012000100007)

SP BAKO, “Bio-Remediación de efluentes de refinería por cepillos de Pseudomonas Aerugenosa y Penicilio Janthinellum”, en el periodo 2007-2008. Tesis pregrado. Zari, Nigeria: Departamento d Ciencia Biológicas, Universidad Ahmadu Bello, 2008. 60 p.

ISSN: 15891623

VÁSQUEZ M. C., Guerrero Figueroa, J. T., del Pilar Quintero, A. Biorremediación de lodos contaminados con aceites lubricantes usados [en línea]. Colombia: Revista Colombiana Biotecnológica 12, 2013. P. 141- 157. [Fecha de consulta: 02 de Setiembre del 2017].

USEPA OUST, 2003. Environmental Fact Sheet: Analytical Métodos for FuelOxygenates [en línea]. EPA 510-F-03-001 - [Fecha de consulta: 09 de Setiembre del 2017].

Disponible en:

<http://www.epa.gov/OUST/mtbe/omethods.pdf>.

VIVANCO. Luis. (2013). Degradación de petróleo en suelos contaminados con Borra de la Refinería Talara utilizando microorganismos autóctonos y compost. Tesis (Ingeniero microbiólogo) [en línea]. Trujillo. Universidad Nacional de Trujillo, 2013 - [Fecha de consulta: 08 de Setiembre del 2017].

Disponible en:

<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4233/Vivanco%20Yovera%20Luis%20Segundo.pdf?sequence=1>

VOLKET Tania, VELASCO Juan, Tecnologías de remediación para suelos contaminados [en línea]. México: Instituto Nacional de ecología (INE-SEMARBAT), 2002- [Fecha de consulta: 16 de Setiembre del 2017].

ISBN: 968-557-9

Disponible en:

<http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/372.pdf>

PÉREZ - Armendariz A. B., Loera C. O., Fernandez-Linares L., Esparza-García G. F. y Rodríguez-Vázquez R. (2004). Bioestimulación de microorganismos a partir de médula de bagazo de caña de azúcar para la eliminación del hidrocarburo molido de trigo del suelo. Letón. Appl. Microbiol. 38, 373-377. Rhykerd R. L., Crews B., McInnes K. J. y Weaber R. W.

PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE (PROFEPA) [en línea]. Dirección General de Inspección de Fuentes de Contaminación, México, 2002 - [Fecha de Consulta: 15 de Noviembre del 2017].

Disponible en:

[http:// www.profepa.gob.mx/](http://www.profepa.gob.mx/)

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL-OEFA (Perú). Resolución directoral N°012-2016 – OEFA/DS. Lima, Perú: OEFA, 2016. 12p

OU DOT, J.; Dupont, J.; Haloui, S. & Roquebert, M. (1993) Potencial de biodegradación de los hongos degradadores de hidrocarburos en suelos tropicales. Suelo Biol. Biochem. 25:1167-1173

ZEGARRA, Eduardo y TUESTA, Jorge. Crecimiento agrícola pobreza y desigualdad en el Perú rural. En: Boom agrícola, pobreza y desigualdad en el Perú rural. Roma: FAO, 2009. pp. 299.

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL-OEFA (Perú). Resolución directoral N°012-2016 – OEFA/DS. Lima, Perú: OEFA, 2016. 12p

ZEGARRA, Eduardo y TUESTA, Jorge. Crecimiento agrícola pobreza y desigualdad en el Perú rural. En: Boom agrícola, pobreza y desigualdad en el Perú rural. Roma: FAO, 2009. pp. 299.

ZAK, B., 1973. Classification of ectomycorrhizae. In: G. C. Marks y T. T. Kozlowski (eds.) Ectomycorrhizae. Their ecology and physiology. Academic, New York. \_Recibido: 17-07-2001/\_Aceptado: 29-04-2002

ZAMORA, A. y ARIAS, M. Bioagro, 2012. Efecto de la contaminación por hidrocarburos sobre algunas propiedades químicas y Microbiológicas de un suelo de sabana. pág. 5-12.

VELÁSQUEZ, J. Colombia, 2016. Contaminación de suelos y cuerpos de agua por hidrocarburos en Colombia Fitoremediación como estrategia biotecnológica de recuperación.pág.16.

WHYLIE, Paul & Warmuth, Andrea. Producción, uso y toxicidad de los Bifenilos Policlorados [en línea]. PEN Magazine, 2010 - [Fecha de Consulta: 15 de Noviembre del 2017].

Disponible en:

<file:///C:/Users/CAMPEON/Downloads/UNEP-POPS-PCBPEN-MAG-01.Sp.pdf>

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1 : Ficha de registro de los Parámetros Físico-Químicos del suelo

Ficha de registro de los Parámetros Físico-Químicos del suelo										
Nombres y apellidos del técnico:		Lugar del estudio:		Coordenadas(UT):			Distrito:		Región/provincia:	
Código	Resultado inicial			Resultado a diez días			Resultado final			Observaciones
	Fecha:			Fecha:			Fecha:			
	pH (0-14)	T (°C)	CE (mS/cm)	pH (0-14)	T (°C)	CE (mS/cm)	pH (0-14)	T (°C)	CE (mS/cm)	
T1-1.R1										
T1-1.R2										
T1-1.R3										
T1-2.R1										
T1-2.R2										
T1-2.R3										
T1-3.R1										
T1-3.R2										
T1-3.R3										
T2-1.R1										
T2-1.R2										
T2-1.R3										
T2-2.R1										
T2-2.R2										
T2-2.R3										
T2-3.R1										
T2-3.R2										
T2-3.R3										
T3-1.R1										
T3-1.R2										
T3-1.R3										
T3-2.R1										
T3-2.R2										
T3-2.R3										
T3-3.R1										
T3-3.R2										
T3-3.R3										

Fuente: Elaboración propia, 2018.

## Anexo 2: Ficha para registro de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)

Ficha para registro de Hidrocarburos Totales de Petróleo del suelo						
Nombres y apellidos del técnico:		Lugar del estudio:	Coordenadas(UTM):	Distrito:	Región/provincia:	
Código	Cantidad de muestra (gr)	Fecha:	TPH - Inicial (mg/Kg)	TPH a Diez días (mg/Kg)	TPH - Final (mg/Kg)	Observación
T1-1.R1						
T1-1.R2						
T1-1.R3						
T1-2.R1						
T1-2.R2						
T1-2.R3						
T1-3.R1						
T1-3.R2						
T1-3.R3						
T2-1.R1						
T2-1.R2						
T2-1.R3						
T2-2.R1						
T2-2.R2						
T2-2.R3						
T2-3.R1						
T2-3.R2						
T2-3.R3						
T3-1.R1						
T3-1.R2						
T3-1.R3						
T3-2.R1						
T3-2.R2						
T3-2.R3						
T3-3.R1						
T3-3.R2						
T3-3.R3						

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Anexo 3:** Caracterización de los parámetros Físico- Químicos del Hongos  
*Penicillium Janthinellum*

Caracterización de los parámetros fisicoquímico del hongos <i>Penicillium Janthinellum</i>				
Nombres y apellidos del técnico:	Lugar del estudio:	Coordenadas(UTM):	Distrito:	Región/provincia:
Código:			Fecha:	
Muestra	100 ml de Solución líquida de cepas de <i>Penicillium Janthinellum</i>			
<b>Parámetro Físico-Químico</b>	Resultado		Observaciones	
Temperatura (°C)				
Potencial de hidrogeno (0-14)				
Conductividad Eléctrica (uS/cm)				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Anexo 4:** Caracterización de los parámetros Físico- Químicos del suelo contaminado

Caracterización de los Parámetros Físico-Químicos del Suelo contaminado			
Nombres y apellidos del técnico:	Lugar del estudio:		Región/provincia:
Muestreo superficial	Ancho(m)	Profundidad(m)	Herramientas:
Código de muestra	Fecha:		
Parámetros	Cantidad de muestra (gr)	Resultado	Observaciones
Humedad (%)			
Estructura(% arena,% limo, arcilla y % Materia orgánica)			
Textura(arcillosas, Francos o arenosas)			
Permeabilidad(cm/s)			
Temperatura (°C)			
PH(0-14)			
Conductividad eléctrica (uS/cm)			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Anexo 5:** Caracterización de los parámetros Físico- Químicos del Bagazo de caña de azúcar

Caracterización de los Parámetros Físico-Químico del Bagazo de Caña de azúcar				
Nombres y apellidos del técnico:	Lugar del estudio:	Coordenadas(UT):	Distrito:	Región/provincia:
Muestra	5 gr de Bagazo de caña de azúcar		Fecha:	
<b>Parámetros Físicos-Químicos Físico</b>	Resultado		Observaciones	
Humedad (%)				
Temperatura (°C)				
pH(0-14)				
Conductividad Eléctrica(uS/cm)				
P. Rédox (mv)				

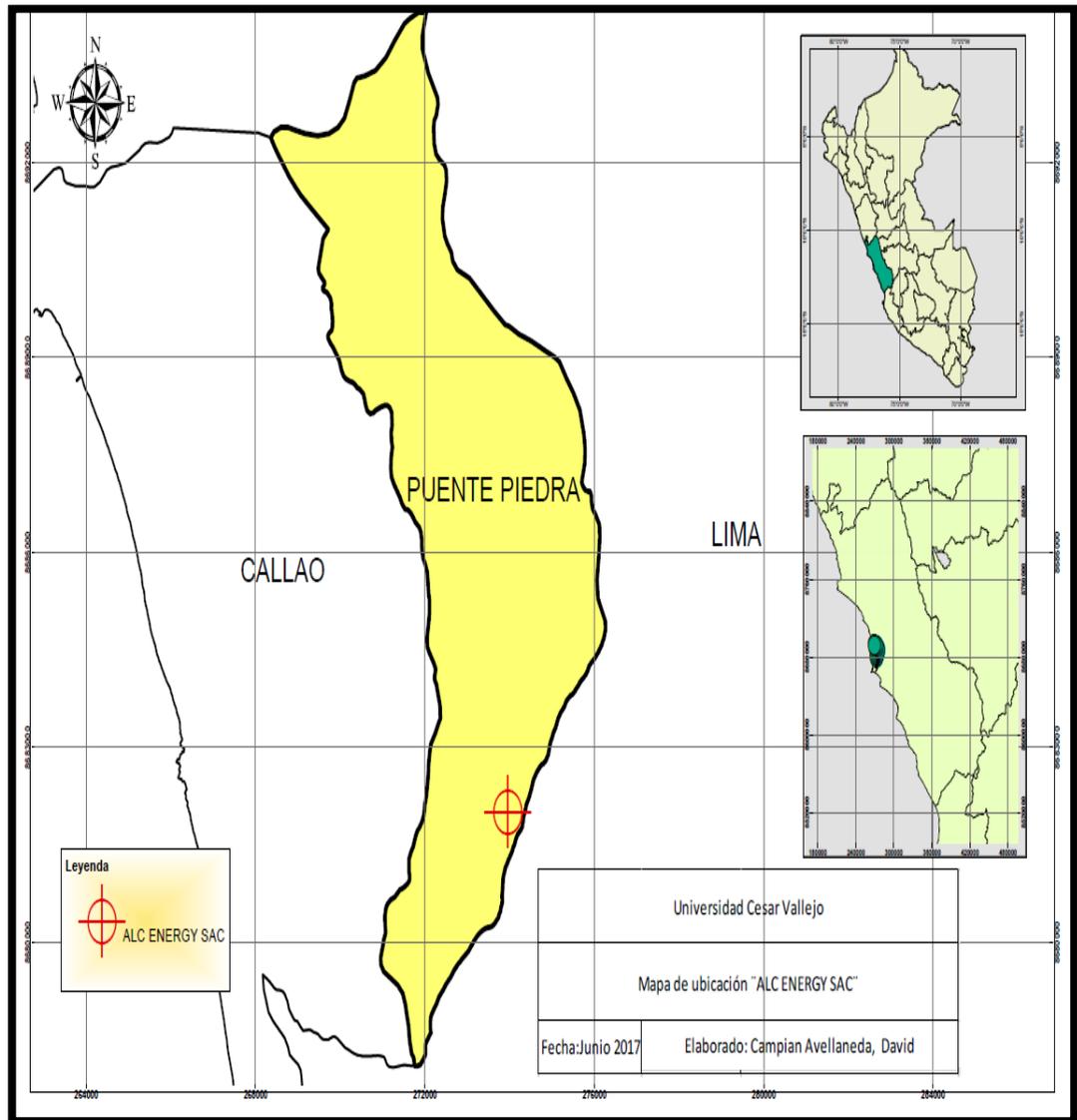
Fuente: Elaboración propia, 2018.

## Anexo 6: Matriz de consistencia

"Reducción del aceite dieléctrico en el suelo contaminado utilizando las cepas del <i>Penicillium Janthinellum</i> asociado con bagazo de la caña de azúcar en Shangrilla, Puente Piedra – 2018"							
Tipo	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Generales	¿Cuánto será la reducción del aceite dieléctrico en el suelo contaminado utilizando las cepas de <i>Penicillium janthinellum</i> asociados al bagazo de la caña de azúcar en Sangrilla, Puente Piedra, 2018?	Determinar la reducción del aceite dieléctrico en el suelo contaminado utilizando las cepas de <i>Penicillium janthinellum</i> asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar en Sangrilla, Puente Piedra, 2018	H <sub>1</sub> : Las cepas <i>Penicillium janthinellum</i> asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar logran reducir significativamente el aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.	Variable dependiente	Concentración de la Fracción de hidrocarburo F2 (C10-C28) en mg/kg sc	Fracción de hidrocarburo F2 (C10-C28) - Inicial	Razón
			H <sub>0</sub> : Las cepas <i>Penicillium janthinellum</i> asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar no logran reducir significativamente el aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.			Fracción de hidrocarburo F2 (C10-C28) - Final	
Específicos	¿En cuánto se reducirá la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado después del tratamiento con cepas de <i>Penicillium janthinellum</i> asociados al Bagazo de la Caña de azúcar en Sangrilla, Puente Piedra, 2018?	Determinar la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado después del tratamiento utilizando las cepas de <i>Penicillium janthinellum</i> asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.	H <sub>1</sub> : Después del tratamiento la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado será menor o igual a 5000mg/kg, utilizando cepas de <i>Penicillium janthinellum</i> asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.	Reducción de Aceite dieléctrico en el suelo contaminado	Parámetros Físico-Químicos de control del suelo contaminado	pH (Ácido, Neutro o Alcalino)	Razón
			H <sub>0</sub> : Después del tratamiento la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado no será menor o igual a 5000mg/kg, utilizando cepas de <i>Penicillium janthinellum</i> asociados con el Bagazo de la Caña de azúcar en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.			Temperatura (°C)	
	¿Cuál es la dosis óptima de las cepas de <i>Penicillium janthinellum</i> , que mejor reducen la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018?	Determinar la dosis óptima de las cepas de <i>Penicillium janthinellum</i> , que mejor reduce la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.	H <sub>1</sub> : La dosis óptima de cepas de <i>Penicillium janthinellum</i> es de 30 ml, para reducir la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018			Conductividad eléctrica (uS/cm)	
			H <sub>0</sub> : La dosis óptima de cepas de <i>Penicillium janthinellum</i> no es de 30 ml, para reducir la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.			Humedad (%)	
¿Cuál es la granulometría óptima del bagazo de la caña de azúcar, para lograr un mejor desarrollo del <i>Penicillium janthinellum</i> y por ende tener una efectiva reducción de la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018?	Determinar la granulometría óptima del bagazo de la caña de azúcar, para lograr un mejor desarrollo del <i>Penicillium janthinellum</i> y por ende tener una efectiva reducción en la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.	H <sub>1</sub> : La granulometría del bagazo de la caña de azúcar es óptima a 2 mm, para lograr un mejor desarrollo del <i>Penicillium janthinellum</i> y por ende tener una efectiva reducción de la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.	Variable independiente	Cepas de <i>Penicillium Janthinellum</i>	Dosis: 10 ml, 20 ml y 30 ml	Razón	
		H <sub>0</sub> : La granulometría del bagazo de la caña de azúcar no es óptima a 2 mm, para lograr un mejor desarrollo del <i>Penicillium janthinellum</i> y por ende tener una efectiva reducción de la concentración del aceite dieléctrico en el suelo contaminado en Sangrilla, Puente Piedra, 2018.	Cepas de <i>Penicillium Janthinellum</i> asociado al Bagazo de caña de azúcar	Bagazo de caña de azúcar	Granulometría: 1 mm, 2 mm y 3 mm	Razón	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### Anexo 7: Ubicación del punto de muestreo – ALC Energy SAC.



Fuente: Elaboración propia 2018- ARCGIS.

## Anexo 8: Constancia de análisis de suelo.



**LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA  
DEL PERU S.A.C. – LC ICA DEL PERU SAC  
R.U.C. 20552341679**

PROYECTOS DE REMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS, TRATAMIENTO DE AGUA DOMESTICAS,  
INDUSTRIALES Y AGUAS ACIDAS DE MINA, MONITOREOS AMBIENTALES EN SUELO, AIRE Y AGUA,  
ESTUDIOS AMBIENTALES, S&SOMA, IMPLEMENTACION Y CAPACITACION DE METODOS  
ANALITICOS EN LABORATORIO QUIMICO, FABRICACION DE EQUIPOS DE CONTROL DE GASES,  
MATERIAL PARTICULADO, MUFLAS, PLANCHAS DE DIGESTION, CAMPANAS EXTRACTORAS,  
VENTA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS - IMPORTADOR - EXPORTADOR.



### Constancia

Por medio de la presente dejamos la constancia que el alumno, David Teodoro Campian Avellaneda con DNI: 46204256 de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo con código 6700241360 a realizado su desarrollo de investigación con el apoyo académico de profesionales colegiados con experiencias de 15 años en problemas ambientales que laboran en prestigiosas empresas y entidades públicas quienes participaron como guías en el desarrollo de métodos estandarizados nacionales como internacionales y uso de equipos en el laboratorio particular de la empresa LC ICA DEL PERU SAC, los que fueron realizados de manera personal por el interesado dando constancia de su originalidad, veracidad de su trabajo como lo ameritan sus antecedentes que se tomaron en su trabajo que realizaron.

Expidiendo la presente constancia para fines que crea convenientes.

San Martin de Porres, 01 de julio del 2018

Chris Lisset Luis Chiroque  
Ing. Químico. Reg. CIP. 153976

Rosy Susana Pinedo Ochoa  
Ing. Ambiental. Reg. CIP: 164142

Luis Fernando Mendoza Apolaya  
Ing. Ambiental. Reg. CIP: 213529  
Gerente

  
.....  
**LC ICA DEL PERU S.A.C.**  
*Luis Fernando Mendoza Apolaya*  
GERENTE

**Dirección:** Asoc. Residencial Villa Los Olivos Calle 1 Mz B Lte. 31  
San Martín de Porres - Lima.  
**Teléfono:** 523-6273, **Celular:** 995418217  
**Email:** fica\_mena77@hotmail.com

## Anexo 9: Caracterización de suelo sin contaminar



### LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C.

R.U.C. N° 20552341679

FABRICACIÓN - MANTENIMIENTO - REPARACIÓN - METALMECÁNICA  
ELECTRICIDAD - ELECTRÓNICA  
LAB. QUÍMICO - LAB. METALÚRGICO  
MONITOREOS AMBIENTALES - ARTESANÍA  
COMPRA - VENTA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS  
IMPORTADOR - EXPORTADOR



### ANÁLISIS DE SUELO

Técnico de muestreo: David T. Campian Avellaneda	Nombre de la empresa: ALC- ENERGY SAC
Fecha de muestreo : 16/06/2017	Código de muestra: SSC-ALC
<b>Parámetros</b>	<b>Resultados</b>
Humedad (%)	12
Estructura del suelo (Arena, Arcilla, Limo)	Arena 48% Limo 31.4 %, Arcilla 20% y Materia Orgánica 0.16 %
Textura (Triangulo de USDA)	Franco
Permeabilidad (mm/s)	0.02
pH (0-14)	7.3
Temperatura (°C)	23
Conductividad Eléctrica (uS/cm)	534

Nota:

- SSC-ALC: Suelo sin contaminar – ALC Energy SAC
- USDA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América

**Anexo 10:** Suelo contaminado con aceite dieléctrico, proveniente de la empresa ALC ENERGY SAC.



**LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA  
DEL PERÚ S.A.C.**

**R.U.C. N° 20552341679**

FABRICACIÓN - MANTENIMIENTO - REPARACIÓN - METALMECÁNICA  
ELECTRICIDAD - ELECTRÓNICA  
LAB. QUÍMICO - LAB. METALÚRGICO  
MONITOREOS AMBIENTALES - ARTESANÍA  
COMPRA - VENTA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS  
IMPORTADOR - EXPORTADOR



**ANÁLISIS DE SUELO**

<b>Técnico de muestreo: David T. Campian Avellaneda</b>	<b>Nombre de la empresa: ALC- ENERGY SAC</b>
<b>Fecha de muestreo : 16/06/2017</b>	<b>Código de muestra: SC-ALC</b>
<b>Parámetros</b>	<b>Resultados</b>
pH (0 -14)	6.4
Temperatura (°C)	22
Conductividad Eléctrica (uS/cm)	320
Fracción de hidrocarburos F2 (mg/Kg <sub>sc</sub> )	10 000

Nota:

- SC-ALC: Suelo contaminado con aceite dieléctrico – ALC Energy SAC
- Fracción de hidrocarburos F2 (C10-28) en mg/kg<sub>sc</sub>

Método de análisis

- Fracción de hidrocarburos F2 (C10-28): Método SOXHLET
- pH: medidor digital-Multiparámetro HACH
- Conductividad Eléctrica: medidor digital-Multiparámetro HACH
- Temperatura: Medidor digital-Multiparámetro HACH

## Anexo 11: Análisis de suelo post tratamiento experimental



### LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERÚ S.A.C.

R.U.C. N° 20552341679

FABRICACIÓN - MANTENIMIENTO - REPARACIÓN - METALMECÁNICA  
ELECTRICIDAD - ELECTRÓNICA  
LAB. QUÍMICO - LAB. METALÚRGICO  
MONITOREOS AMBIENTALES - ARTESANÍA  
COMPRA - VENTA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS  
IMPORTADOR - EXPORTADOR



### ANÁLISIS DE SUELO

Técnico de muestreo de campo: David T. Campian Avellaneda					Distrito: independencia	
Fecha : 27/05/2018			hora: 09:00 am			
Ítems	Código de muestra	Muestra analizada (Kg)	pH (0 -14)	Temperatura (°C)	Conductividad Eléctrica (uS/cm)	Fracción de hidrocarburos F2 (mg/Kg <sub>sc</sub> )
1	T1-1.R1	1	7.20	20.90	335	3176
2	T1-1.R2	1	7.00	20.90	331	3234
3	T1-1.R3	1	7.10	21.90	330	3438
4	T1-2.R1	1	7.10	20.70	331	3597
5	T1-2.R2	1	6.62	20.70	328	3521
6	T1-2.R3	1	6.56	20.70	330	3378
7	T1-3.R1	1	6.93	20.90	325	3943
8	T1-3.R2	1	6.90	20.80	332	3786
9	T1-3.R3	1	6.94	20.85	329	3910
10	T2-1.R1	1	7.27	20.70	352	3132
11	T2-1.R2	1	7.15	20.80	350	3147
12	T2-1.R3	1	7.21	20.80	348	3118
13	T2-2.R1	1	7.27	20.90	342	3254
14	T2-2.R2	1	7.04	20.90	339	3243
15	T2-2.R3	1	7.01	20.90	337	3231
16	T2-3.R1	1	6.98	20.80	327	3601
17	T2-3.R2	1	6.86	20.80	325	3582
18	T2-3.R3	1	6.74	20.80	321	3604
19	T3-1.R1	1	7.30	20.90	361	2683
20	T3-1.R2	1	7.25	20.90	353	2673
21	T3-1.R3	1	7.01	20.90	350	2666
22	T3-2.R1	1	7.13	20.90	345	2782
23	T3-2.R2	1	7.14	20.90	330	2797
24	T3-2.R3	1	7.17	20.90	327	2783
25	T3-3.R1	1	7.12	20.70	327	3215
26	T3-3.R2	1	7.11	20.70	326	3205
27	T3-3.R3	1	7.16	20.70	321	3210

#### Método de análisis

- Fracción de hidrocarburos F2 (C10-28): Método SOXHLET
- pH: medidor digital-Multiparámetro HACH
- Conductividad Eléctrica: medidor digital-Multiparámetro HACH
- Temperatura: medidor digital-Multiparámetro HACH

## Anexo 12: Acta de originalidad

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD          DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo, Cecilia Cermeño Castromonte, docente de la Facultad Ingeniería Ambiental y Escuela Profesional Ingeniería de la Universidad César Vallejo, Lima Norte, revisor (a) del desarrollo de tesis titulada: "**Reducción de aceite dieléctrico en el suelo contaminado utilizando cepas de *Penicillium janthinellum* asociado con bagazo de caña de azúcar en Shangrilla, Puente Piedra – 2018**" del estudiante **DAVID TEODORO CAMPIAN AVELLANEDA**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 09 de julio de 2018

  
 .....  
**CECILIA LIBIA**  
**CERMEÑO CASTROMONTE**  
**INGENIERA AGRÓNOMA**  
 Reg. CIP. N° 123075

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Anexo 13: Resultado del turnitin

feedback studio david teodoro campian avellaneda REDUCCION DE ACEITE DIELECTRICO EN EL SUELO CONTAMINADO UTILIZANDO CEPAS DE PENICILLIUM JANTHINELLU



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

REDUCCIÓN DE ACEITE DIELECTRICO EN EL SUELO CONTAMINADO UTILIZANDO CEPAS DE *PENICILLIUM*

*JANTHINELLUM* ASOCIADO CON BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN SHANGRIILA, PUENTE PIEDRA – 2018

*Cecilia Libia Cermeño Castromonte*  
 INGENIERA AGRÓNOMA  
 Reg. CIP. N° 123075

**Resumen de coincidencias**

**17%**

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

**Coincidencias**

1	Entregado a Universidad... Tópico del estudiante	5%
2	repositorio ucv.edu.pe Fuente de internet	3%
3	www.redalyc.org Fuente de internet	1%
4	S Al Ami SOLUBILIZA. Publicación	1%
5	dspace.untr.u.edu.pe Fuente de internet	<1%
6	cybertesis.unmsm.edu...	<1%



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE  
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo David Teodoro, Campian Avellaneda ., identificado con DNI N° 46204256..., Egresado(a) de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la Universidad César Vallejo, autorizo ( X), No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado: **REDUCCIÓN DE ACEITE DIELECTRICO EN EL SUELO CONTAMINADO UTILIZANDO LAS CEPAS DE *PENICILLIUM JANTHINELLUM* ASOCIADO CON BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN SHANGRILLA, PUENTE PIEDRA – 2018** en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822. Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

  
FIRMA

DNI: 46204256.....

FECHA: Los Olivos ...09... de julio.. del 2018....

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

CAMPIAN AVELLANEDA DAVID TEODORO

INFORME TÍTULADO:

REDUCCIÓN DE ACEITE DIELECTRICO EN EL SUELO CONTAMINADO  
UTILIZANDO CEPAS DE PENICILLIUM JANTHINELLUM ASOCIADO  
CON BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN SHANGRILLA, PUENTE  
PIEDRA – 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

**INGENIERO (A) AMBIENTAL**

SUSTENTADO EN FECHA: 09 de julio de 2018

NOTA O MENCIÓN: 14

FIRMA DEL ENCARGADO

Dr. Elmer Benites Alfaro