



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL**

“Efecto del polvo de cáscara de *Musa paradisiaca* en la remoción de cromo total de las aguas residuales de INVERSIONES HAROD S.A.C., Trujillo”

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

**AUTOR**

Baca Silva, Almendra Olenka

**ASESOR**

Dr. José Félix Rivero Méndez

**LINEA DE INVESTIGACIÓN**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**TRUJILLO – PERÚ**

2016

## HOJA DE JURADO

---

Dr. Medardo Alberto Quezada Álvarez

PRESIDENTE

---

Ms. Misael Ydilbrando Villacorta González

SECRETARIO

---

Dr. José Félix Rivero Méndez

VOCAL

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios ya que es mi guía para poder avanzar y seguir encaminándome a lo largo de mi vida, dándome las esperanzas para lograr las metas y proyectos que me he propuesto, mejorando cada día.

Dedico en segunda instancia a mis padres, ya que son el motor y el motivo de mi vida, personas que siempre me apoyaron y me formaron como buena hija y profesional, apoyándome día tras día en todo lo que me he proyectado.

Dedico la tesis a mis hermanos que fueron las personas que me impulsaron a mejorar y aprender de ellos, tanto en lo personal, como en lo profesional, dándome los alientos para elegir la debida carrera de Ingeniería Ambiental.

Dedico esta tesis a mi asesor el Dr. José Rivero Méndez, un gran profesional que fue mi principal guía para el transcurso del desarrollo de la presente tesis, guiándome desde un principio. Así también dedico al Dr. Quezada Álvarez, por su apoyo semana tras semana a lo largo de estos dos ciclos.

A la Mg. Magda Rodríguez Yupanqui, ya que fue un apoyo desde inicios de mi carrera profesional, hasta estos momentos, impulsándonos siempre a ser mejores. Finalmente dedico esta tesis a todas las personas que en algún momento de mi carrera me compartieron sus conocimientos y apoyo.

BACA SILVA.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradezco a Dios, ya que es aquel que cuida mis pasos y me da la oportunidad de luchar por lo que quiero realizar día a día.

Agradezco a mis padres ya que sin duda alguna, fueron las personas que me han apoyado desde inicios de mi etapa estudiantil, hasta mi formación general, aquellas personas que me dieron la oportunidad de ser alguien en la vida e ir mejorando poco a poco, son las personas más importantes en mi vida.

Agradezco a mis hermanos, ya que su ejemplo de ser profesionales me han impulsado a ser como ellos, personas trabajadoras y luchadoras por la vida.

Agradezco a mi asesor el Dr. Rivero Méndez, una persona que me guio desde un inicio y me dio la oportunidad de concluir satisfactoriamente mi tesis. Agradezco también a mis profesores Dr. Quezada Álvarez y la Mg. Magda Rodríguez, personas que me impulsaron a poder mejorar día a día en la tesis.

Agradezco también al Señor Daniel Haro y al Ing. Marco Marcos, personas que me permitieron realizar esta tesis en la Curtiembre HAROD S.A.C.

### **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, BACA SILVA, ALMENDRA OLENKA con DNI N° 74460067, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presentan en la tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde 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.

Trujillo, Diciembre del 2016

**BACA SILVA, ALMENDRA OLENKA**  
**Nombres y Apellidos del Tesista**

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Efecto del polvo de cáscara de *Musa paradisíaca* en la remoción de cromo total de las aguas residuales de INVERSIONES HAROD S.A.C., Trujillo”, la misma que someto a su consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental, la presente contiene lo siguiente:

En el primer capítulo se menciona la introducción, que redacta; la realidad problemática en los tres enfoques: mundial, nacional y local; posterior a ello los trabajos previos que redactan la información requerida para contrarrestar los resultados de la presente tesis, las teorías relacionadas al tema para complementar la investigación, se formuló el problema, justificando el estudio, ya que el cromo viene hacer un metal sumamente tóxico para la salud de las personas y el medio ambiente; luego de ello se habló sobre la importancia y las características que tiene esta fruta para retener metales pesados, gracias a su capacidad de adsorción por contener componentes como hidroxilo y carboxilo, que están presenten en la pectina de la misma.

En los siguientes capítulos se explica el método utilizado, los análisis elaborados, la población, muestra, y los resultados de los mismos.

Como objetivo y solución de la presente tesis se tiene que el polvo de *Musa paradisíaca* remueve el cromo total en las aguas residuales de la curtiembre ya indicada, dando como resultado que por el método de volumetría se obtuvo una remoción de cromo de 97.81 %, y que gracias a la ayuda de los restos de esta fruta, si se puede remover metales pesados y limpiar aguas, en este caso para procesos industriales dentro de una curtidora.

# ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.2.	TRABAJOS PREVIOS	4
1.3.	TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA	7
1.3.1.	MARCO TEÓRICO	7
1.3.1.1.	UBICACIÓN DE LA CURTIEMBRE INVERSIONES HAROD SAC	7
1.3.1.2.	PROCESO DE CURTIDO	7
1.3.1.3.	IMPACTOS EN EL PROCESO DE CURTIÓN	7
1.3.1.4.	EFFECTOS DEL CROMO EN LA SALUD	8
1.3.1.5.	IMPACTO DEL CROMO EN LOS ECOSISTEMAS	8
1.3.1.6.	PROCESO DE BIOSORCIÓN DE METALES PESADOS	9
1.3.1.7.	CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE METALES PESADOS POR CÀSCARA DE PLÁTANO	9
1.3.1.8.	PROCESO DE OBTENCIÓN DEL POLVO DE CÁSCARA DE PLÁTANO	9
1.3.1.9.	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	9
1.3.1.10.	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES EN EL AGUA	10
1.3.2.	MARCO CONCEPTUAL	11
1.3.2.1.	CROMO	11
1.3.2.2.	CROMO TRIVALENTE	11
1.3.2.3.	CROMO HEVALENTE	11
1.3.2.4.	PLÁTANO	11
1.3.2.5.	AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	12
1.3.2.6.	REMOCIÓN	12
1.3.2.7.	ADSORCIÓN	12
1.3.2.8.	BIOSORCIÓN	12
1.3.2.9.	FISISORCIÓN	12
1.3.2.10.	GRUPOS HIDROXILO	12
1.3.2.11.	GRUPOS CARBOXILO	13
1.3.2.12.	TAMAÑO DE PARTÍCULAS	13
1.3.2.13.	PECTINA	13
1.4.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.5.	JUSTIFICACIÓN	13
1.6.	HIPÓTESIS	14
1.7.	OBJETIVOS	14
1.7.1.	GENERAL	14
1.7.2.	ESPECIFICOS	14
II.	MÉTODO	15

2.1.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	15
2.2.	VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN	16
2.2.1.	VARIABLES	16
2.2.2.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	15
2.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA	18
2.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, CALIBRACIÓN Y VALIDEZ	18
2.4.1.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	18
2.4.2.	CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS	19
2.5.	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	19
2.5.1.	PARA ANÁLISIS DE DATOS	19
2.6.	ASPECTOS ÉTICOS	19
III.	RESULTADOS	20
3.1.	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL	20
3.2.	CARACTERÍSTICAS DE LA CÁSCARA <i>MUSA PARADISIACA</i>	20
3.3.	ENSAYOS PREVIOS PARA VERIFICAR LA ADSORCIÓN DE CROMO	20
3.4.	CUADRO DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CROMO TOTAL (OBJ. GENERAL)	21
3.5.	CUADRO DE COMPARACIÓN CON LA NORMATIVIDAD AMBIENTAL (OBJ. ESPECÍFICO 4)	24
IV.	DISCUSIÓN	25
V.	CONCLUSIONES	28
VI.	RECOMENDACIONES	29
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
	ANEXOS	34
	ANEXO N° 1: RESULTADOS	34
	ANEXO N° 2: ESTADÍSTICA	37
	ANEXO N° 3: MATRIZ DE CONSISTENCIA	43
	ANEXO N° 4: FOTOGRAFÍAS E IMÁGENES	44
	ANEXO N° 5: METODOLOGÍA Y MATERIALES PARA REALIZAR LOS ANÁLISIS	57
	ANEXO N° 6: DETERMINACIÓN DE CROMO RESIDUAL POR EL MÉTODO VOLUMÉTRICO - MÉTODO ESTÁNDAR APHA – AWWA- WIAR 3500 – Cr	60
	ANEXO N° 7: OBTENCIÓN DE LA MUESTRA A RECOLECTAR	60



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Valores Referenciales y LMP de efluentes para alcantarillado	10
Tabla N° 2: VMA para descargas al alcantarillado	10
Tabla N° 3: Diseño experimental con concentraciones de polvo de Musa paradisíaca	15
Tabla N° 4: Diseño experimental con las tres variables trabajadas	15
Tabla N° 5: Variables y sub variables a trabajadas	16
Tabla N° 6: Operacionalización de variables y sub variables	15
Tabla N° 7: Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
Tabla N° 8: Técnicas de recolección de datos en base teórica	18
Tabla N° 9: Técnicas de Validación y calibración de los instrumentos	19
Tabla N° 10: Características de la muestra	20
Tabla N° 11: Composición del polvo de cáscara de Musa paradisíaca	20
Tabla N° 12: Resultados de los ensayos previos	20
Tabla N° 13: Resumen de resultados finales de cromo removido	21
Tabla N° 14: ANOVA para porcentaje de remoción	21
Tabla N° 15: ANOVA para N° de mallas	22
Tabla N° 16: ANOVA para tiempos	22
Tabla N° 17: Pruebas de efectos inter-sujetos	22
Tabla N° 18: Comparación de resultados con la normatividad ambiental	24
Tabla A. 1: Valores críticos de Grubbs para un contraste de dos colas	34
Tabla A. 2: Resultados de muestras de cromo removido a 600 $\mu\text{m}$ y a 1 hr	34
Tabla A. 3: Resultados de muestras de cromo removido a 600 $\mu\text{m}$ y a 2 hrs	35
Tabla A. 4: Resultados de muestras de cromo removido a 420 $\mu\text{m}$ y a 1 hr	35
Tabla A. 5: Resultados de muestras de cromo removido a 420 $\mu\text{m}$ y a 2 hrs	36
Tabla A. 6: Estadísticos descriptivos con todos los tratamientos	37
Tabla A. 7: Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error	38
Tabla A. 8: Prueba de Post Hoc para los tratamientos	39
Tabla A. 9: Prueba de Post Hoc para las cantidades	40
Tabla A. 10: Estadística de regresión	41
Tabla A. 11: Intercepción con cada variable	42
Tabla A. 12: Análisis de los residuales	42
Tabla A. 13: Matriz de consistencia	43
Tabla A. 14: Pesaje de cáscaras de Musa paradisíaca húmedas	57
Tabla A. 15: Pesaje de cáscaras de Musa paradisíaca secas al ambiente	58
Tabla A. 16: Conservación y evaluación de muestra en función del parámetro evaluado	60

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Remoción de cromo total a 1 hr	23
Gráfico N° 2: Remoción de cromo total a 1 hr	23
Gráfico N° 3: Cantidad de cromo removido en Malla N° 30	36
Gráfico N° 4: Cantidad de cromo removido en Malla N° 40	37
Gráfico N° 5: Gráfico de normalidad para remoción	41

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS E IMAGEN

Fotografía e Imagen 1: Aguas residuales en la curtiembre Inversiones HAROD SAC	44
Fotografía e Imagen 2: Ubicación de la empresa INVERSIONES HAROD S.A.C	44
Fotografía e Imagen 3: Pesaje de cáscaras con humedad	45
Fotografía e Imagen 4: Efluente final de la Curtiembre HAROD SAC.	45
Fotografía e Imagen 5: Tamices	46
Fotografía e Imagen 6: Balanza Electrónica - SARTORIUS	46
Fotografía e Imagen 7: Molienda de cáscara de plátano	47
Fotografía e Imagen 8: Polvo de Musa paradisíaca	47
Fotografía e Imagen 9: Tamizaje de polvo de Musa paradisíaca	48
Fotografía e Imagen 10: Filtrado de muestra de INVERSIONES HAROD S.A.C	48
Fotografía e Imagen 11: Lectura de pH de muestra	49
Fotografía e Imagen 12: Digestión de muestra	49
Fotografía e Imagen 13: Agitación de muestra	50
Fotografía e Imagen 14: Oxidación de muestra	50
Fotografía e Imagen 15: Preparación de muestra	51
Fotografía e Imagen 16: Muestras listas para añadir polvo de Musa paradisiaca	51
Fotografía e Imagen 17: Agitación de muestra por 1 hr	52
Fotografía e Imagen 18: Muestra listas para filtrar	52
Fotografía e Imagen 19: Filtrado de muestra	53
Fotografía e Imagen 20: Resultado de muestras filtradas	53
Fotografía e Imagen 21: Digestión de muestras	54
Fotografía e Imagen 22: Método de volumetría	54
Fotografía e Imagen 23: Agitación de muestra	55
Fotografía e Imagen 24: Determinación de cromo	55
Fotografía e Imagen 25: Preparación de reactivos	56
Fotografía e Imagen 26: Preparación de reactivos	56
Fotografía e Imagen 27: Flujiograma del área de ribera en la Curtiembre HAROD SAC	61

## RESUMEN

En la presente tesis titulada: “Efecto del polvo de cáscara de *Musa paradisíaca* en la remoción de cromo total de las aguas residuales de INVERSIONES HAROD S.A.C, Trujillo”, se evaluó el efecto de la cáscara de *Musa paradisíaca* en la remoción de cromo total para lo cual en el proceso de adsorción, se tuvo presente las variables independientes: concentración de polvo de *Musa paradisíaca*, tamaño de partícula y tiempo de contacto; evaluando así cual fue el mayor porcentaje y la eficiencia de la misma. El estudio fue de tipo aplicativo y experimental con un enfoque cuantitativo, siendo también de diseño factorial, con tres niveles. Se trabajó con una muestra de 100 ml añadiendo 1 g, 3 g y 5 g de polvo de *Musa paradisíaca*, a tiempos de contacto de 1 hr y 2 hrs y a mallas de 600  $\mu m$  y 420  $\mu m$ , dando como resultado un porcentaje de extracción de 97.81 %, para condiciones de 5 g, 2 hrs y en malla N° 30 de 600  $\mu m$  , concluyendo que si cumple con los objetivos planteados, se trabajó la estadística por el método ANOVA, a un nivel de significancia del 95%, se aprobó la hipótesis alterna con un sigma inferior a 0.05.

### PALABRAS CLAVE:

Cromo total, remoción, adsorción, fisisorción y alcantarilla.

## ABSTRACT

In the present thesis entitled: "Effect of Musa paradisiac husk powder on the removal of total chromium from the waste water of INVERSIONES HAROD SAC, Trujillo", the effect of the shell of Musa paradisiaca on the removal of total chromium from the residual waters of this tannery were the independent variables: the concentration of Musa paradisiacal powder, particle size and contact time; Thus evaluating what was the highest percentage and the efficiency of the same. The investigation was of an application and experimental type with a quantitative approach, being also of factorial design, with three levels. A sample of 100 ml was added by adding 1 g, 3 g and 5 g of Musa paradisiacal powder was used at contact times of 1 hr and 2 hrs and meshes of 600  $\mu\text{m}$  and 420  $\mu\text{m}$ , resulting in 97.81% extraction, For conditions of 5 g, 2 hrs also in mesh No. 30 of 600  $\mu\text{m}$ , concluding that if it meets the objectives set, the statistic was worked by the ANOVA method, at a level of significance of 95%, the alternative hypothesis was approved with a sigma of less than 0.05.

### KEYWORDS:

Total chromium, removal, adsorption, physisorption and sewer.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Hoy en día los efluentes industriales que contienen diferentes derivados de metales pesados tales como: cadmio, plomo, manganeso, cromo, arsénico, fierro, etc., se están descargando continuamente en el ecosistema produciéndose efectos tóxicos significativos en el medio ambiente. Este es un problema a nivel mundial, la contaminación de agua se da tanto en mares, ríos, lagunas, lagos, entre otros, y en algunas ocasiones se va directamente al alcantarillado para el caso de las aguas residuales en su mayoría es de trabajos de empresas que no tratan sus efluentes, esto se produce principalmente por la acción humana. Entre las principales fuentes de contaminantes se encuentra la minería, los procesos industriales, residuos domésticos, la agroindustria, que no solo aportan metales al agua, sino también al aire, suelo y dañan la salud de las personas. Esta contaminación es, sin embargo, frecuente en cualquier sociedad ya que no existe educación ambiental por parte de empresas, industrias u otras actividades humanas, que al realizar sus procesos de bienes o servicios dañan la composición del agua.

“La contaminación de las aguas residuales de las curtidorías es un problema global. A nivel mundial, el 80% de ellas usan el procedimiento a base de cromo, y el 20% restante recurre a taninos vegetales. En el país de Grecia, pobladores en Konitsa hicieron una petición para pedir el cierre de una curtidoría que contaminaba ríos locales. En Uruguay, varios empleados del servicio de alcantarillado murieron al pasar por una alcantarilla llena de agua residual de una curtidoría. En Turquía, las aguas residuales "tratadas" no cumplen en absoluto las normas legales. Se han cerrado casi todas las curtidorías de la antigua República Democrática Alemana. Sin embargo, Italia, el primer productor de cuero, está demostrando que la industria de curtiembre puede ser a la vez rentable y ecológica. Este país tiene unas 2.600 curtidorías que dan trabajo a unos 27.000 empleados y cerca del 85% de las aguas residuales se depuran en nueve depuradoras centralizadas. Las estadísticas hasta el año 2006 indican que los principales países productores de cuero

fueron China, Italia e India. Así mismo Brasil y Argentina lograron ubicarse entre los 10 países con mayor producción “. (Revista EUROSUR, 2010).

La Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA), advirtió que el cromo, plomo y los sulfuros que utilizan las curtiembres causan severos daños como la leucemia. Los compuestos cromo (VI) pueden absorberse por ingestión o inhalación, produciendo un efecto irritante inmediato y ulceraciones. Estas producen la necrosis del tejido circundante llegando a perforar el tabique. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que los compuestos de cromo son carcinogénicos en seres humanos. El undécimo informe sobre sustancias carcinogénicas del Programa Nacional de Toxicología clasifica a los compuestos de cromo (VI) como sustancias reconocidas como carcinogénicas en seres humanos. En animales de laboratorio, los compuestos de cromo (VI) han producido tumores del estómago, los intestinos y el pulmón. (ASTSR. Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, 2016).

Las empresas dedicadas a la industria curtiembres en Perú, tanto formales como informales, operan principalmente en las ciudades de Trujillo, Arequipa y Lima. El Reporte Técnico para la Industria de Curtiembres en el Perú indicó que aproximadamente solo el 50% del cuero producido a nivel nacional proviene de empresas formales. Por la gran falta de documentación causada tanto por las empresas formales como las informales, es muy difícil estimar la producción anual nacional. En Arequipa y Trujillo se cuenta con parques industriales donde se agrupan empresas, entre ellas las del sector curtiembre. El Reporte Técnico del MITINCI recomendó que estos parques instalen plantas de tratamiento de aguas residuales comunes y plantas de reciclaje de cromo; sin embargo, hasta la fecha no se ha encontrado información que certifique si dichas medidas han sido tomadas ni que evalúe los resultados obtenidos. (MITINCI, Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales, 1999).

En La Libertad, las curtiembres ubicadas en el distrito de El Porvenir representan parte importante del sector industrial, clave del desarrollo en la

región, sin embargo los efluentes que se generan son altamente contaminantes, porque estos son descargados al ambiente con altos contenidos de materia orgánica, sulfuro, cloruro y cromo trivalente en concentraciones que alcanzan niveles tóxicos, por lo que se requiere de urgente atención para minimizar el impacto. (Pinedo, 2012). En nuestra región las curtiembres contribuyen a la elevada carga contaminante de los efluentes en nuestra ciudad, dentro de esta actividad, que en su mayoría sobrepasan los valores máximos admisibles de las descarga de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, contaminando las aguas, y creando a futuro enfermedades que pueden llegar a la muerte. (D.S N° 21-2009- VIVIENDA).

Según las estadísticas publicadas por el Consejo Provincial de Trujillo en el Atlas ambiental de la ciudad de Trujillo (2012). El Porvenir cuenta con 24 curtiembres, Florencia con 09 curtiembres, mientras que La Esperanza cuenta con 42 curtiembres y en Trujillo con 16 curtiembres.

El problema en esta investigación radica en la falta de tratamiento de aguas residuales dentro de las industrias de curtiembres, donde estas aguas son descargadas directamente al alcantarillado, por lo que se pretende realizar un tratamiento sostenible, como es el caso del polvo de cáscara de "*Musa paradisíaca*", el cual va a adsorber el metal pesado de cromo total, se realizó ello, en las aguas residuales del área de ribera de la Curtiembre Inversiones HAROD S.A.C. En dicha curtiembre, se utiliza actualmente un sistema de rejillas para retener los materiales como pelos, grasas u otros, que es una medida solo para retener sólidos mas no, sus aguas residuales, sin embargo se pretende elaborar a futuro un tratamiento para disminuir la contaminación directa de las aguas residuales, por ello esta medida de adsorción de metales pesados con desechos como la cáscara de *Musa paradisíaca*, no solo está reduciendo los posibles impactos en el agua, sino también se está minimizando y dando un nuevo uso a un residuo, que actualmente no tiene mucho interés.

## 1.2. TRABAJOS PREVIOS

A nivel internacional se encontró los siguientes antecedentes:

- OLIVEIRA (1992), utilizó la cáscara de plátano como bioadsorbente para la purificación de cuerpos acuáticos contaminados por derivados de petróleo, tales como óleo, diésel y gasolina. La metodología incluyó, al igual que en trabajos similares, un pretratamiento sencillo y barato, el cual consistió en el secado al sol de la cáscara, trituración y tamizado. La biosorción fue probada en un sistema de lecho diferencial, donde el tiempo de contacto entre la biomasa y el agua varió de 1 a 120 minutos, dependiendo de la concentración. Los resultados de la adsorción demostraron la eficiencia, obteniendo una extracción del 100% del contaminante para concentraciones bajas (de 1 a 3%), y de hasta 95% para concentraciones altas (5%).
- RODRIGUEZ (2009), evaluó la posibilidad del aprovechamiento de la cáscara de plátano para remover metales pesados del agua. Empleó un pretratamiento sencillo que constó en secado en estufa por 24 horas, trituración, tamizado y lavado con HCl. Obtuvo como resultado que las mayores remociones obtenidas fueron en el siguiente orden: 10.77 mg Cu/g, 13.06 mg Zn/g, 15.34 mg Cd/g. Se empleó HCl 0.01 M como para desorber los metales de la cáscara. Llegó a la conclusión que la regeneración puede ser realizada por lo menos 20 veces sin la pérdida superior al 2% en las capacidades de adsorción.
- RICHARDSON (2011), las investigaciones condujeron que, "Las cáscaras picadas de banano o de banana podrían ser utilizadas repetidamente para purificar el agua contaminada por las plantas industriales y explotaciones agrícolas, hasta 11 veces y ser aún efectivas. Se especuló que los contenidos de ácido de las cáscaras, hacían un buen material para adsorber los metales pesados. Un ejemplo muy claro fue el uso de dispersantes químicos en el Golfo de México después del gran derrame de petróleo. Gustavo Castro, PhD. de la Universidad Estatal Paulista en São Paulo fue uno de los principales investigadores en estos temas".



- HOSSAIN, et al. (2012), realizó un pretratamiento sobre la cáscara de plátano, para ello consistió en lavado, secado y tamizado para la remoción de cobre. Los parámetros de control fueron el tamaño de la partícula, la dosis de bioadsorbente, pH, tiempo de contacto, velocidad de agitación y la temperatura. La capacidad de adsorción de la monocapa resultó ser de 27.78 mg/g. También se llevó a cabo el proceso de desorción en el que, con el solvente ácido sulfúrico 0.1 N se logró una desorción de cobre del 94%, y el proceso de adsorción, desorción pudo ser repetido siete veces de manera eficiente.
- RÍOS (2014), evaluó la capacidad de biosorción de la harina de cáscara de banano maduro (HCBM) para la eliminación de metales pesados con los desechos obtenidos de la empresa ecuatoriana CONFOCO S.A. La metodología consistió en variar 2 parámetros: tamaño de partícula de la biomasa y cantidad de biomasa (4, 8, 12 y 16 g). El estudio consistió en colocar diferentes concentraciones de HCBM con diferentes tamaños de partícula en soluciones de 50 ppm de arsénico, se midió el pH cada 8 horas. Adicionalmente se utilizó espectroscopía. Los resultados mostrarán un % de bioadsorción de 95,5 %. A mayor concentración de bioadsorbente mayor % de biosorción de arsénico; el pH ligeramente ácido (6.9 y 5.4), favorece la adsorción, ya que el grado de protonación de la superficie aumenta.
- HERRERA (2015), evaluó la capacidad de adsorción de cromo (VI). La metodología consistió en el lavado de la cáscara de plátano, secado a 100°C, y posteriormente molido y tamizado. Donde adicionó la biomasa a muestras de 100 mL. de solución de Cr (VI) con distintas concentraciones. Fueron analizados los parámetros de temperatura, pH, dosis de bioadsorbente, tamaño de partícula del bioadsorbente y concentración inicial de Cr (VI). Se obtuvo como conclusión que la dosis de 1 g. de biomasa de cáscara de plátano, por cada 100 mL, es efectiva para la máxima remoción de cromo alcanzada, la cual corresponde a la adsorción total de 600 mg/L con 7 horas como tiempo de contacto y a 50° C, pH 2 y 0.25 mm. de tamaño de partícula. Para describir el proceso de biosorción fue utilizada la isoterma de Langmuir. Se utilizó hidróxido de sodio 0.1 N para llevar a cabo la desorción del cromo,

recuperando el 61% del bioadsorbente y demostrando que éste puede ser reutilizado para otro ciclo de adsorción eficientemente.

A nivel nacional se encontró lo siguiente:

- GAMBOA y ESPARZA (2001), investigaron sobre la contaminación de la industria de curtiembre, y encontró que los impactos ambientales de las curtidoras son tan considerables como los de las industrias mineras y del petróleo. El espectro de contaminantes es muy amplio: metales pesados (como el cromo, y en algunos casos aluminio y titanio), sólidos en suspensión, sales inorgánicas, sulfuros, gran cantidad de materia putrescible y polímeros orgánicos. Esto hace que los efluentes de la industria curtiembre sean difíciles de purificar y, por lo general, arrastran un volumen considerable de lodos, para el caso del Perú las curtiembres en su mayoría no hacen el tratamiento debido a sus aguas residuales.

A nivel local el estudio tiene relación con lo siguiente:

- BOCANEGRA (2012), opinó que: “Las curtiembres antes se encontraban lejos de la ciudad, ahora prácticamente son parte del continuo urbano de Trujillo. Después del proceso de curtido, se generan lodos si es que la curtiembre cuenta con planta de tratamiento, pero en el caso de Trujillo, capital del cuero y calzado”; sus efluentes líquidos trasladan gran cantidad de agua residual, que son vertidos directamente a las alcantarillas y tienen como destino final el mar del litoral de Trujillo, puesto que al llegar a la planta de tratamiento de aguas servidas de Covicorti, y éstas al no tener la capacidad de tratamiento las vierten al mar y finalmente son trasladadas por las corrientes al norte, impactando negativamente las playas de Huanchaquito y Huanchaco. Se sabe que durante el proceso de curtido por lo menos 450 Kg de insumos químicos son adicionados por tonelada de piel. Para tener una idea del daño ambiental que está generando El Porvenir, donde se procesan aproximadamente 20 toneladas de piel al mes, lo cual requiere el uso de 9 000 kg de químicos /mensual, es decir 108 000 kg/anual de contaminantes que son descargados inescrupulosamente”.

### **1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA**

#### **1.3.1. MARCO TEÓRICO**

##### **1.3.1.1. UBICACIÓN DE LA CURTIEMBRE INVERSIONES HAROD S.A.C**

La Curtiembre INVERSIONES HAROD S.A.C, está ubicado en Manzana. C-3 Lote. 01 Parque Industrial, del distrito La Esperanza, Trujillo, La Libertad, y de fecha de inicio de sus actividades 06 de octubre del 2003, la actividad comercial que ejercen es del curtido y adobo de cueros. Sus coordenadas son: Este: 712920.84 y Norte: 9104537.46.

##### **1.3.1.2. PROCESO DE CURTIDO**

En la etapa de ribera ocurren procesos de transformación de pieles en cuero por la reacción de fibras de colágeno, en donde se “estabiliza el colágeno de la piel mediante agentes curtientes minerales o vegetales, transformándola en cuero, siendo las sales de cromo las más utilizadas. Los curtidos minerales emplean diferentes tipos de sales de Cr (III) en varias proporciones, en los curtidos vegetales para la producción de suelas se emplea extractos comerciales de taninos. Los procesos de desencalado, desengrase y purga eliminan la cal, el sulfuro y las grasas contenidas en la piel y limpian los poros de la misma. El consumo de agua no es tan alto como en la etapa de pelambre y su efluente tiene pH neutro. Los dos últimos procesos de esta etapa consumen el menor volumen de agua”. (Hipertexto del área de la Biología, 2012).

##### **1.3.1.3. IMPACTOS EN EL PROCESO DE CURTICIÓN**

A lo largo del proceso, se van generando impactos significativos como: los vertimientos industriales que cuando son descargados directamente a la alcantarilla o a un cuerpo de agua ocasiona efectos negativos en la vida acuática, cuando se vierten a la red de alcantarillado, ocasionan incrustaciones y algunas veces taponamiento de la tubería por la gran cantidad de sólidos sedimentables que genera el proceso. “En las curtiembres, los valores altos de DBO se deben a la presencia de materia orgánica biodegradable en el vertimiento y se obtienen los mayores valores en el pelambre y la curtición vegetal. Los sólidos suspendidos, además de ser

un factor antiestético, tienen su mayor efecto negativo cuando se sedimentan, ya que pueden taponar las redes de alcantarillado, y en los cuerpos de agua, el lodo sedimentado cubre la fauna natural destruyendo la vida acuática de la cual dependen”. Así mismo afectan al ambiente por los residuos generados y al aire por los químicos que se utilizan como COVs. (Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente, 2004).

#### 1.3.1.4. EFECTOS DEL CROMO EN LA SALUD

Los efectos del cromo son: irritación del revestimiento del interior de la nariz, secreción nasal, y problemas para respirar (asma, tos, falta de aliento, respiración jadeante). En los trabajadores también se da alergias a compuestos de cromo, lo que puede producir dificultad para respirar, salpullido en la piel y hasta en algunas ocasiones cáncer al pulmón. Así, estos efectos ocurren con concentraciones de cromo (VI) mucho más altas que de cromo (III). La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que los compuestos de cromo (VI) son carcinogénicos en seres humanos. En el caso de animales de laboratorio, los compuestos de cromo (VI) han producido tumores del estómago, los intestinos y el pulmón. (ASTSR. Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, 2016).

#### 1.3.1.5. IMPACTO DEL CROMO EN LOS ECOSISTEMAS

En los ecosistemas acuáticos, el Cr (VI) se encuentra principalmente en forma soluble, que puede ser lo suficientemente estable como para ser transportado por el agua. Se ha comprobado que se acumulan en muchas especies acuáticas, especialmente en peces que se alimentan del fondo, como el bagre (*Ictalurus nebulosus*), en los bivalvos, como la ostra (*Crassostrea virginica*), el mejillón azul (*Mytilus edulis*) y la almeja de caparazón blando. En los suelos, el Cr (III) es relativamente inmóvil debido a su gran capacidad de adsorción, pero el Cr (VI) es muy inestable. Debido a esta razón, aunque el Cr (III), (en muy bajas dosis) constituye un microelemento esencial en los animales, el Cr (VI) es no esencial y tóxico en concentraciones bajas; por lo cual deben controlarse las actividades antrópicas que liberan Cr (III). Aun cuando se libera al ambiente, no existe garantía alguna de que permanezca en ese estado químico. (Revista de Ingeniería Universidad de Medellín, 2010).

#### 1.3.1.6. PROCESO DE BIOSORCIÓN DE METALES PESADOS

“Este término se utiliza para referirse a la captación de metales que lleva a cabo una biomasa completa (viva o muerta), a través de mecanismos fisicoquímicos como la adsorción o el intercambio iónico. Cuando se utiliza biomasa viva, los mecanismos metabólicos de captación también pueden contribuir en el proceso. El proceso de biosorción involucra una fase sólida (sorbente) y una fase líquida (solvente, que es normalmente es el agua)”. (Canizares, 2000).

#### 1.3.1.7. CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE METALES PESADOS POR CÁSCARA DE PLÁTANO

Esta capacidad se debe a la pectina, esta misma es una sustancia que podemos encontrar en todas las frutas y en un gran número de vegetales, que aporta a nuestro cuerpo grandes beneficios. Una de ellas es la cáscara de plátano que cuenta en su composición con hidroxila y carboxila de pectina, elementos capaces de adsorber metales pesados. La cáscara de plátano adsorbe los metales por fisisorción ya que la especie adsorbida (fisisorbida) conserva su naturaleza química. (Annadurai, y Juang, 2002).

#### 1.3.1.8. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL POLVO DE CÁSCARA DE PLÁTANO

El proceso consiste en el secado de las cáscaras, estas pueden ser secadas al ambiente durante una semana o en secadores industriales a temperaturas de 105°C, hasta obtener peso constante. Posterior a ello se usa la molienda, para la elaboración de puré, que se obtenga un polvo soluble, luego tamizado, para asegurar que las partículas sean uniformes. (Richardson, 2011).

#### 1.3.1.9. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

Los (LMP) para efluentes de alcantarillado, “es el nivel de concentración o cantidad de uno o más elementos, sustancias descargadas a la alcantarilla, que al ser excedido puede ocasionar daños a la infraestructura del sistema de alcantarillado y los procesos de tratamiento de aguas servidas, afectando así a los ecosistemas acuáticos y a la salud de las personas. Los límites aprobados son de cumplimiento obligatorio para el caso de actividades o instalaciones industriales manufactureras de cemento, cerveza, curtiembre y

papel que se estén en curso o que se inicien a partir de la fecha de vigencia del reglamento”. (D.S N° 003-2002- PRODUCE).

**Tabla N° 1: Valores Referenciales y LMP de efluentes para alcantarillado de las actividades en curso del sub sector de curtiembre**

PARÁMETROS	CURTIEMBRE (ANEXO 2)	CURTIEMBRE EN CURSO (LMP – ANEXO 1)	CURTIEMBRE NUEVA (LMP – ANEXO 1)
<b>ALCANTARILLADO</b>			
Grado de Acidez o Alcalinidad (pH)	6.5 - 9.5	-	6.5- 9
DBO mg/L	1000	-	500
DQO mg/L	2500	-	1500
Sólidos Suspendidos Totales(SST) mg/L	1000	-	500
Sulfuros mg/L	10	-	3
<b>Cromo (VI) mg/L</b>	<b>0.5</b>	-	<b>0.4</b>
<b>Cromo total mg/L</b>	<b>5</b>	-	<b>2</b>
Aceites y Grasas		100	50

Fuente: D.S N° 003-2002- PRODUCE

#### 1.3.1.10. VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES EN EL AGUA

Los (VMA) son aplicables en el ámbito nacional y son de obligatorio cumplimiento para todos los usuarios que efectúen descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario; su cumplimiento es exigible por las entidades prestadoras de servicios de saneamiento -EPS, con ello evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, equipos y asegurar el adecuado funcionamiento del sistema de alcantarillado. (DS N° 001- 2015. VIVIENDA).

**Tabla N° 2: VMA para descargas al alcantarillado**

PARÁMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0.5
Cianuro	mg/L	CN <sup>-</sup>	1
<b>Cromo hexavalente</b>	mg/L	<b>Cr<sup>+6</sup></b>	<b>0.5</b>
<b>Cromo total</b>	mg/L	<b>Cr</b>	<b>10</b>
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0.02
Plomo	mg/L	Pb	0.5

Fuente: D.S N° 001- 2015-VIVIENDA

## 1.3.2. MARCO CONCEPTUAL

### 1.3.2.1. CROMO

“El cromo (Cr) es aquel metal pesado de color gris acero, con número atómico 24; se encuentra en la roca, tierra, fauna, flora y en las cenizas volcánicas como ion cromito, se utiliza en diversas industrias como: industria metalúrgica, industria del cuero y de lana, etc. Este metal viene teniendo un extenso uso en actividades humanas, su toxicidad para las personas y su no biodegradabilidad en el medio natural, son las principales razones por las que el cromo es considerado un contaminante. Las valencias más importantes del cromo son: el cromo II, III y VI. Sin embargo, los principales estados de oxidación son trivalente Cr (III) y hexavalente Cr (VI)”. (Sánchez, Moreno, y Gismera, 2009).

### 1.3.2.2. CROMO TRIVALENTE

“El cromo (III) existe en aguas naturales en la forma hidrolizada y también adsorbido en coloides. Es usado en gran número de productos comerciales como teñidos, pigmentos para pinturas y sales para el curtido de los cueros”. (Sánchez, Moreno, y Gismera, 2009).

### 1.3.2.3. CROMO HEVALENTE

“El cromo (VI) es encontrado bajo la forma de cromato o dicromato dependiendo del pH del medio, y es considerado mil veces más tóxico que el cromo (III). El cromo (III) puede ser oxidado a cromo (VI) por oxidantes químicos y éste puede volver a ser reducido a cromo (III) por reductores que están presentes en aceites y agua, como por ejemplo óxido de manganeso y/o hierro”. (Sánchez y Gismera, 2009).

### 1.3.2.4. PLÁTANO

“El nombre científico del plátano de seda es *Musa paradisíaca* y los nombres comunes banano, plátano, topocho, etc.; hacen referencia a un gran número de plantas herbáceas del género *Musa*, tanto híbridos obtenidos horticulturalmente a partir de las especies silvestres como cultivares genéticamente puros de estas especies. Clasificado originalmente por Carlos Linneo como *Musa paradisíaca* en 1753”. (Universidad Nacional Autónoma de México, 2012).

#### 1.3.2.5. AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Las aguas residuales industriales son las que proceden de cualquier actividad industrial en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de drenaje. (Revista Abientum. Eco Times, 2002).

#### 1.3.2.6. REMOCIÓN

Es cuando se elimina, se quita, o se borra una parte de algo; entonces se está removiendo, ya que consiste en modificar la situación actual y/o el estado o la condición de la solución. (Porto, et al., 2012). Una remoción significativa para la presente tesis se dará cuando esta sobrepase el 60%.

#### 1.3.2.7. ADSORCIÓN

El proceso de adsorción implica la transferencia de una sustancia de una fase a la acumulación o concentración en la superficie de otra. La superficie donde queda acumulada la sustancia es el adsorbente, y el material concentrado o adsorbido es el adsorbato. (Open Couse Ware, 2009).

#### 1.3.2.8. BIOSORCIÓN

La biosorción es un término que describe la eliminación de metales pesados por la unión pasiva a biomasa no viva a partir de soluciones acuosas. El proceso es barato ya que se utiliza como biosorbentes materiales naturales como desechos de agricultura. (Sala, et al., 2010).

#### 1.3.2.9. FISISORCIÓN

Se encuentra dentro de los dos tipos de adsorción, la fisisorción es el fenómeno por el cual la especie adsorbida que conserva su naturaleza química adhiriendo a la superficie, mientras que el otro tipo de adsorción es la quimisorción que sufre una transformación más o menos intensa que da lugar a una especie distinta. (García, 2010).

#### 1.3.2.10. GRUPOS HIDROXILO

Los grupos hidroxilo no son altamente reactivos, pero ellos fácilmente forman puentes de hidrógeno y contribuyen para hacer las moléculas solubles en el agua. Los alcoholes y las azúcares son "cargados" con grupos hidroxilo. (Open Couse Ware, 2009).



#### 1.3.2.11. GRUPOS CARBOXILO

Este es un grupo característico unido a un resto orgánico se representa como  $\text{COOH}$  y se denomina grupo carboxilo o grupo carboxi. Como dice el nombre, tienen propiedades ácidas; los dos átomos de oxígeno son electronegativos y tienden a atraer a los electrones del átomo de hidrógeno del grupo hidroxilo. (Open Course Ware, 2009).

#### 1.3.2.12. TAMAÑO DE PARTÍCULAS

El tamaño de partículas viene a ser un proceso de tamizado se puede definir como la técnica de clasificar partículas de una muestra a través de un orificio de dimensiones regulares. La técnica consiste en colocar la muestra de polvo en la parte superior de un juego de tamices, uno debajo del otro con una secuencia de reducción de tamaño. (Quintana, 2011).

#### 1.3.2.13. PECTINA

La pectina es un coloide que tiene la propiedad para adsorber una gran cantidad de agua. Pertenece al grupo de polisacáridos y se encuentra en vegetales y frutas. Tiene una función intercelular para adsorber metales en las paredes de las mismas. (D'Addosio, et al., 2005).

### 1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el efecto del polvo de cáscara de *Musa paradisíaca* en la remoción de cromo total de las aguas residuales de INVERSIONES HAROD S.A.C., Trujillo?

### 1.5. JUSTIFICACIÓN

El estudio se justifica en lo práctico ya que se elaboró pruebas con las diferentes variables propuestas del polvo de cáscara de *Musa paradisíaca* para la remoción y adsorción de cromo total, así mismo este estudio es viable no solo para la Curtiembre INVERSIONES HAROD S.A.C, sino también para otras plantas industriales y otros medios, disminuyendo metales pesados de manera económica.

Las aguas residuales descargan ácidos, y metales pesados sumamente tóxicos, el cromo total es uno de ellos, ya que al oxidarse el Cr (III) se produce Cr (VI), donde no solo contamina al medio ambiente, sino también a la salud de las personas y demás seres vivos, esto trae consigo problemas como

cáncer, déficit en las vías respiratorias, alteraciones cardiovasculares, entre otros, e inclusive puede llegar a la muerte.

Este metal, es uno de los principales contaminantes que son descargados directamente al alcantarillado, sin ningún tratamiento, este tema se escogió, ya que al reducir los niveles de cromo de las aguas residuales de la Curtiembre HAROD S.A.C, se contribuirá con la conservación del ambiente, a la espera que este bioadsorbente sea aplicado en sus procesos de curtido, recirculándose y recuperándolo a Cr (III). Así mismo la cantidad de cromo adsorbido puede calcinarse para obtener óxido de cromo. En esta empresa se calcula que aproximadamente se utilizan 1266 gr/L de cromo total, descargados en sus efluentes, índices que sobrepasan los valores establecidos en la normativa vigente.

## **1.6. HIPÓTESIS**

El polvo de cáscara de *Musa paradisiaca* tiene efectos positivos en la remoción de cromo total de las aguas residuales de la Curtiembre INVERSIONES HAROD S.A.C.

## **1.7. OBJETIVOS**

### **1.7.1. GENERAL**

- Evaluar el efecto del polvo de cáscara de *Musa paradisiaca* en la remoción de cromo total de las aguas residuales de INVERSIONES HAROD S.A.C, Trujillo.

### **1.7.2. ESPECIFICOS**

- Determinar el porcentaje de remoción de cromo total a diferentes concentraciones de polvo de cáscara de *Musa paradisiaca*.
- Determinar el porcentaje de remoción de cromo total a diferentes tamaños de partículas del polvo de cáscara de *Musa paradisiaca*.
- Calcular el tiempo de contacto entre la cáscara de *Musa paradisiaca* y la solución de 1 a 2 horas para la remoción de cromo total.
- Comparar las concentraciones de cromo total con la normatividad ambiental vigente para descargas al sistema de alcantarillado.

## II. MÉTODO

### 2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

- Diseño Experimental sobre las pruebas realizadas junto con la muestra recolectada de la empresa, y la utilización del polvo de cáscara de *Musa paradisiaca* para la remoción de cromo. El tipo de investigación fue aplicativo y experimental, con un enfoque cuantitativo.

En los siguientes cuadros se muestra una relación de las variables a utilizar en el diseño de investigación factorial con 3 niveles, comprendiendo para la primera variable, posterior a ello combinado en las tres sub variables: concentración del polvo de *Musa paradisiaca*, tamaño de partícula y tiempo de contacto.

**Tabla N° 3: Diseño experimental con concentraciones de polvo de *Musa paradisiaca* y tamaño de partícula.**

	$A_1$ 1 g	$A_2$ 3 g	$A_3$ 5 g	Total Combinado B
$B_1$ (600 $\mu$ m) Malla N° 30	$A_1B_1$	$A_2B_1$	$A_3B_1$	$3B_1$
$B_2$ (420 $\mu$ m) Malla N° 40	$A_1B_2$	$A_2B_2$	$A_3B_2$	$3B_2$
Total Combinado A	$3A_1$	$3A_2$	$3A_3$	2 X 3

Fuente: Propia

**Tabla N° 4: Diseño experimental con las tres variables trabajadas**

	$C_1$ (1 hr)	$C_2$ (2 hrs)	Total Combinado
$A_1B_1$	$A_1B_1C_1$	$A_1B_1C_2$	2
$A_1B_2$	$A_1B_2C_1$	$A_1B_2C_2$	2
$A_2B_1$	$A_2B_1C_1$	$A_2B_1C_2$	2
$A_2B_2$	$A_2B_2C_1$	$A_2B_2C_2$	2
$A_3B_1$	$A_3B_1C_1$	$A_3B_1C_2$	2
$A_3B_2$	$A_3B_2C_1$	$A_3B_2C_2$	2
Total Combinado	6	6	6 x 2

Fuente: Propia

$$N = 3 \times 2 \times 2 = 12 \times 3 = 36$$

Dando un total de 12 tratamientos para 3 repeticiones.

Donde:

**A = Concentración del polvo de cáscara de *Musa paradisiaca***

$A_1$ =Concentración (1 g)  $A_2$ =Concentración (3 g)  $A_3$ =Concentración (5 g)

**B = Tamaño de partícula**

$B_1$ =Tamaño de Partícula (600  $\mu m$ )  $B_2$ =Tamaño de Partícula (420  $\mu m$ )

**C= Tiempo de Contacto**

$C_1$ =Tiempo a 1 hr  $C_2$ =Tiempo a 2 hrs

## 2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

### 2.2.1. VARIABLES

Tabla N° 5: Variables y sub variables a trabajadas

VARIABLES	SUB VARIABLES	INDICADORES	ESCALA
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: POLVO DE CÁSCARA DE <i>Musa paradisiaca</i></b>	Concentración de polvo de <i>Musa paradisiaca</i>	gramos	DE RAZÓN
	Tamaño de partícula	N° de Mallas N° 30 y N° 40 (600 y 420 $\mu m$ )	DE INTERVALO
	Tiempo de contacto	horas	DE INTERVALO
<b>VARIABLE DEPENDIENTE: REMOCIÓN DE CROMO TOTAL</b>	-	-% de remoción -Concentración Inicial- ppm -Concentración Final- ppm	DE RAZÓN

Fuente: Propia

## 2.2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla N° 6: Operacionalización de variables y sub variables

VARIABLE	DIMENSIONES - SUB VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>INDEPENDIENTE:</b> <b>Polvo de cáscara de <i>Musa paradisiáca</i>.</b>	<b>Concentración de polvo de <i>Musa paradisiáca</i></b>	Las cáscaras de plátano son desechos que ayudan a filtrar aguas, gracias a su capacidad de adsorción de metales pesados. (Lozano, 2014).	El polvo de cáscara de <i>Musa paradisiáca</i> se obtuvo de manera casera, secándola al ambiente, moliéndola, hasta obtener un polvo adecuado, posterior a ello el instrumento a utilizar fue la balanza electrónica.	Concentración: Gramos (g /ml)	De Razón
	<b>Tamaño de partícula</b>	Proceso de tamizado que sirve para clasificar partículas de una muestra a través de un orificio a dimensiones regulares. (Quintana, 2011).	El tamaño de partícula se trabajó después de obtener el polvo, para clasificarla a diferentes tamaños de partículas, el instrumento a utilizar fue las mallas o tamices N° 30 y N° 40.	Tamaño de partículas N° de Mallas (600 y 420 $\mu m$ )	De Intervalo
	<b>Tiempo de contacto</b>	Es el tiempo que una sustancia está en contacto con un líquido.	El tiempo se obtuvo con la ayuda del cronómetro, para la medición del mismo.	Tiempo de contacto: Horas	De Intervalo
<b>DEPENDIENTE:</b> <b>Remoción de Cromo Total</b>		La remoción viene hacer el proceso en el cual se va a eliminar en su totalidad, o a un porcentaje de ello metales pesados, para este caso el cromo total. Se dio como respuesta a una remoción significativa cuando esta, sobrepase el 60 %.	La remoción de cromo total, fue medida por el método volumétrico, método que mide la concentración de cromo. Fue valorada mediante las distintas concentraciones de partes por millón (ppm) que se dieron en los análisis.	% de remoción Concentración Inicial -ppm Concentración Final - ppm	De Razón

Fuente: Propia

### 2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

- POBLACIÓN: Aguas residuales de la Curtiembre INVERSIONES HAROD S.A.C, Trujillo.
- MUESTRA: 5 Litros de muestra de las aguas residuales de la Curtiembre INVERSIONES HAROD. S.A.C. Fue seleccionada mediante el criterio del investigador
- UNIDAD DE ANÁLISIS: 100 ml de agua de la Curtiembre INVERSIONES HAROD S.A.C

El muestreo que se realizó fue un muestreo probabilístico: aleatorio simple, ya que se escogió lo que se usó, en este caso 5 Litros de muestra de agua residual de la curtiembre indicada.

### 2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, CALIBRACIÓN Y VALIDEZ

#### 2.4.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas de recolección de datos se basaron en la utilización de los instrumentos de medición, análisis de documentos, observación directa de los hechos, entre otras; que permitieron llegar a obtener los datos confiables de la investigación.

**Tabla N° 7: Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

TÉCNICA	INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
Volumetría	Bureta de 50 ml + soporte
Pesaje	Balanza Electrónica
Granulometría	Mallas - Tamices
Medición de Tiempo	Cronómetro - Reloj

Fuente: Propia

**Tabla N° 8: Técnicas de recolección de datos en base teórica**

ETAPA	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Levantamiento de información necesaria	El análisis de documentos	Análisis de Documentos
Análisis y ensayos en la parte experimental.	El análisis experimental	Matriz de análisis, Registro de resultados.
Interpretación y análisis	El análisis de documentos	Análisis de Documentos

Fuente: Propia

## 2.4.2. CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

**Tabla N° 9: Técnicas de Validación y calibración de los instrumentos**

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN</b>
Materiales de Laboratorio, para análisis volumétrico	La calibración del instrumento fue dada por el laboratorio Technical Service Group SAC, ya que los materiales de laboratorio son utilizados, y medidos repetitivamente para su confiabilidad, además de ello se aplicó métodos estadísticos en la presente tesis.
Balanza Electrónica	La calibración del instrumento fue dada por el laboratorio Technical Service Group SAC, ya que el equipo con modelo MSE2245-000-DV, fue calibrado durante la fecha 08/05/2016, la calibración fue dada según la Norma Metrológica Peruana 003:2009.
Mallas - Tamices	Certificación conforme a ISO 3310, ASTM E 11, AFNOR, BS 410 - Certificación y calibración de tamices de ensayo.
Cronómetro	Calibración de cronómetros – Según Postigio, Henry – Indecopi.

Fuente: Propia

## 2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

### 2.5.1. PARA ANÁLISIS DE DATOS

- MÉTODO ANOVA: Herramienta estadística, de gran utilidad tanto en la industria, para el control de procesos, como en el laboratorio de análisis, para el control de métodos analíticos. (Boque y Maroto, 2005).

El análisis estadístico se ha realizado en base a un programa de SPSS versión 23 para análisis factorial de tres niveles, en el que se determinó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos realizados.

## 2.6. ASPECTOS ÉTICOS

Se muestra con respecto a las citas bibliográficas, respetando la Norma ISO 690, la estructura indicada en el Anexo 2 de la Resolución Rectoral N.º 0459-2015/UCV y demás consideraciones que la Universidad César Vallejo pone en reglamento.

Para la recopilación de datos, fotografías de la empresa, ubicación y otros aspectos que son netamente de la empresa, no se brindó mayor detalle, ya que con ello se trata de llevar una armonía salvaguardando y respetando la privacidad de la empresa que facilito la realización de la presente tesis.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL

- **Ubicación:** Agua de descarga final de la poza de tratamiento antes de ser manipulada, en la Curtiembre INVERSIONES HAROD S.A.C
- **Coordenadas:** Este: 712920.84 - Norte: 9104537.46.

Se recogió la muestra y se la conservó según la R. J 010 – 2016 – ANA, para la conservación de cromo total, se utilizó un envase de plástico (polietileno), la cantidad de muestra recolectada fue de 5 L. Así mismo se le añadió  $HNO_3$  hasta que el pH sea  $< 2$ , el tiempo de duración máximo es de hasta 6 meses.

Tabla N° 10: Características de la muestra

PARÁMETROS	RESULTADOS
pH	8.3
Conductividad (mS)	5.59
T°	22.4 °C
Color	Verde claro
Olor	Olor Séptico de alcantarilla

Fuente: Propia

#### 3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA CÁSCARA *Musa paradisiaca*

En la Tabla N° 11, se puso a secar 50 cáscaras de *Musa paradisiaca*, que dio un total de polvo aproximado de 236 gr, para lo cual se encontró lo siguiente:

Tabla N° 11: Composición del polvo de cáscara de *Musa paradisiaca*

PARÁMETROS	RESULTADOS
pH	5.34
Humedad	35.86 %
Pectina	8.33 %

Para la humedad se mantuvo secado a 3 hrs a una T° de 105 °C

Fuente: Propia

#### 3.3. ENSAYOS PREVIOS PARA VERIFICAR LA ADSORCIÓN DE CROMO

Por el método de volumetría se obtuvo los siguientes resultados:

Fuente: **MÉTODO ESTÁNDAR APHA – AWWA- WIAR 3500 – Cr**

Tabla N° 12: Resultados de los ensayos previos T = 1 HORA

Muestras	$[ ]_0$ ppm	$[ ]_f$ ppm	Cromo removido ppm	% de remoción
1 g	1187,3	285,9	900,5	75,92 %
2 g		95,33	1091,1	91,97 %
3 g		75,99	1110,4	93,60%

Se utilizó Malla N° 30.

Fuente: Propia



INTERPRETACIÓN: De la Tabla N° 12 con la intención de verificar la remoción de cromo se observa que probando diferentes cantidades de adsorbente, este tiene buenos rendimientos para la remoción frente al cromo.

### 3.4. CUADRO DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CROMO TOTAL (Obj. General, Obj. Específicos 1, 2 y 3)

**Tabla N° 13: Resumen de resultados finales de cromo removido**

TIEMPO DE AGITACIÓN	CONCENTRACIÓN DE Musa paradisíaca (g)	MALLA N° 30 - 600 $\mu$ m			MALLA N° 40 - 420 $\mu$ m		
		[ ] <sub>0</sub> ppm	[ ] <sub>f</sub> ppm	% de remoción	[ ] <sub>0</sub> ppm	[ ] <sub>f</sub> ppm	% de remoción
1 hr	1	1187,3	292,88	75,33	1187,3	231,38	80,51
	3		102,26	91,39		146,46	87,66
	5		37,05	96,88		64,13	94,59
2 hrs	1		354,45	70,14		493,11	58,47
	3		78,86	93,36		228,79	80,73
	5		26	97,81		53,66	95,48

Muestra trabajada de 100 ml y a un pH < 2.

Fuente: Propia

INTERPRETACIÓN: La Tabla N° 13 se muestra el porcentaje de cromo removido en los distintos tiempos de 1 hr y 2 hrs, con respecto a las cantidades y al N° de malla, en donde se aprecia que se logró un mayor porcentaje de remoción en las condiciones de 2 hrs y 5 gr y malla N° 30.

- Prueba de hipótesis al 95 % de confianza.

**Ho:** Todas las medias son iguales  $\%_1 = \%_2 = \%_3 = \%_4 = \%_5 = \%_6 = \%_7 = \%_8 = \%_9 = \%_{10} = \%_{11} = \%_{12}$

**Ha:** Al menos una media es diferente  $\%_1 \neq \%_{12}$

**Tabla N° 14: ANOVA para porcentaje de remoción**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Entre grupos	3361,947	11	305,632	583,656	,000
Dentro de grupos	6,284	12	,524		
Total	3368,231	23			

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

INTERPRETACIÓN: El contraste estadístico de F, es equivalente a 583.65, teniendo un valor “p” asociado a 0,000 entre los grupos para los porcentajes de remoción, indicando así que se acepta la hipótesis alterna, ya que los tratamientos son diferentes.

**Tabla N° 15: ANOVA para concentraciones de Musa paradisíaca**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Entre grupos	2630,136	2	1315,068	37,416	,000
Dentro de grupos	738,095	21	35,147		
Total	3368,231	23			

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

INTERPRETACIÓN: En la tabla N° 15, el contraste para ANOVA con respecto a las concentraciones trabajadas en donde el F es equivalente a 37,416 y con una probabilidad de 0,000, indicando así que se acepta la hipótesis alterna.

**Tabla N° 16: ANOVA para N° de mallas**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Entre grupos	125,675	1	125,675	,853	,366
Dentro de grupos	3242,555	22	147,389		
Total	3368,231	23			

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

INTERPRETACIÓN: En la tabla se observa que para las mallas trabajadas no hubo diferencia significativa, y por lo tanto se rechaza la hipótesis alterna.

**Tabla N° 17: ANOVA para tiempos**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (p)
Entre grupos	153,824	1	153,824	1,053	,316
Dentro de grupos	3214,406	22	146,109		
Total	3368,231	23			

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

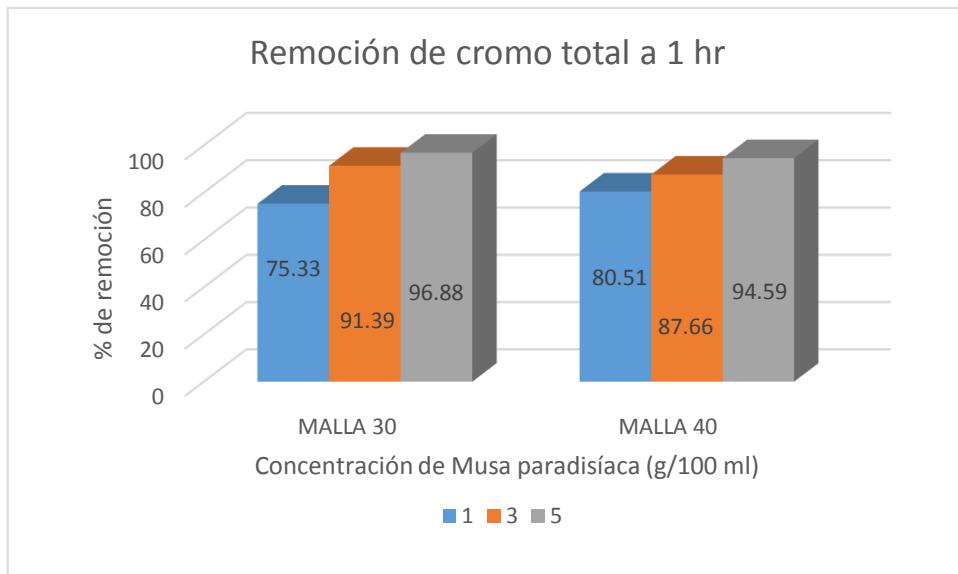
INTERPRETACIÓN: En la tabla se observa que para los tiempos trabajados no hubo diferencia significativa, por lo tanto se rechaza la hipótesis alterna.

**Tabla N° 18: Pruebas de efectos inter-sujetos**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig. (p)
Modelo corregido	3361,399 <sup>a</sup>	11	305,582	579,806	,000
Intersección	174210,144	1	174210,144	330543,399	,000
Malla * Tiempo	111,284	1	111,284	211,149	,000
Malla * Concentración	39,705	2	19,852	37,668	,000
Tiempo * Concentración	230,834	2	115,417	218,990	,000
Malla * Tiempo * Concentración	70,843	2	35,422	67,208	,000
Error	6,325	12	,527		
Total	177577,868	24			
Total corregido	3367,724	23			

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

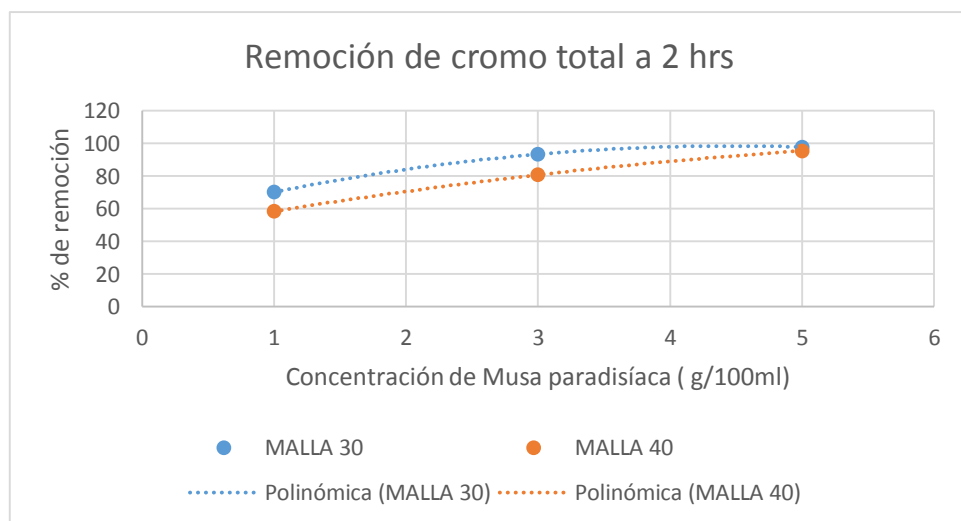
INTERPRETACIÓN: En la tabla se observa la interacción de las variables conjugadas entre sí, en donde en cada relación hay significancia, y por lo tanto se acepta la hipótesis alterna para cada contraste de variables.



**Gráfico N°1: Remoción de cromo total a 1 hr**

Fuente: Propia

INTERPRETACIÓN: Con respecto a las mallas trabajadas y las concentraciones hubo mayor porcentaje de remoción para 5 g, de igual manera se observa en su mayoría una mayor remoción en malla N° 30.



**Gráfico N° 2: Remoción de cromo total a 2 hrs**

Fuente: Propia

INTERPRETACIÓN: En el gráfico se observa que con respecto a las mallas trabajadas en la función polinomial hubo mayor remoción para la malla N° 30 en las condiciones de 2 hrs de tiempo de agitación.

### 3.5. CUADRO DE COMPARACIÓN CON LA NORMATIVIDAD AMBIENTAL (Obj. Específico 4)

Tabla N° 19: Comparación de resultados con la normatividad ambiental

Condiciones	Concentración de polvo de <i>Musa paradisiaca</i> (g)	[ ] <sub>0</sub> ppm	[ ] <sub>f</sub> ppm REPETICIONES			Valores Máximos Admisibles	Límites Máximos Permisibles
			R-1	R-2	R-3		
1 hr – malla N° 30	1	1187.3	285.9	315.45	299.85	10 mg/L	2 mg/L
	3	1187.3	75.99	105.73	98.79	10 mg/L	2 mg/L
	5	1187.3	37.69	55.46	36.40	10 mg/L	2 mg/L
2 hrs – malla N° 30	1	1187.3	376.52	355.31	353.58	10 mg/L	2 mg/L
	3	1187.3	186.34	72.79	84.92	10 mg/L	2 mg/L
	5	1187.3	24.27	39.87	27.73	10 mg/L	2 mg/L
1 hr – malla N° 40	1	1187.3	263.62	225.32	237.45	10 mg/L	2 mg/L
	3	1187.3	103.99	149.06	143.85	10 mg/L	2 mg/L
	5	1187.3	62.39	97.06	65.86	10 mg/L	2 mg/L
2 hrs – malla N° 40	1	1187.3	332.63	483.57	502.64	10 mg/L	2 mg/L
	3	1187.3	155.90	242.65	214.92	10 mg/L	2 mg/L
	5	1187.3	50.13	91.86	57.19	10 mg/L	2 mg/L

Fuente: Propia

INTERPRETACIÓN: En la Tabla N° 19 se aprecia que la menor cantidad de cromo adsorbido fue de 24.27 ppm en las condiciones de 5 g y 2 hrs, indicando así y comparando con la normatividad no se pudo llegar a los 10 mg/L, sin embargo si este se hace repetitivamente el proceso puede adsorber aún más las aguas residuales, como también darle un segundo tratamiento.

#### IV. DISCUSIÓN

- La remoción de cromo total aumenta a una mayor cantidad de bioadsorbente, tal es el caso del polvo de *Musa paradisiaca*, como se muestra en la Tabla N° 13, Gráfico N° 1 y N° 2, lo cual indica una mayor adsorción de cromo, ello coincide con el investigador RÍOS (2014), en cuyo estudio, utilizó gran cantidad de adsorbente en proporciones de 4,8,12 y 16 g, removiendo arsénico a un 95.5 %, así mismo comparando en la presente tesis se obtiene que al añadir 5 g de este bioadsorbente, se aplica el proceso de fisisorción, en donde la especie fisisorbida conserva su naturaleza química, removiendo a un 97.81 % cromo total. De igual manera de la Tabla A.12, se obtiene que al haber realizado la constatación de los resultados en el programa estadístico SPSS, se obtuvo que según Tukey, Ducan y Scheffe, indican que la cantidad en donde representa mayor remoción es de 5 g de adsorbente, posterior a 3 g y siguiendo de 1 g, confirmando así la remoción significativa.
- Los resultados obtenidos con respecto al efecto del N° de malla y la concentración de *Musa paradisiaca*, en los Gráficos N° 1 y N° 2 indican que se obtuvo una mayor remoción en cuanto a la malla N° 30 al añadir mayor cantidad de bioadsorbente, sin embargo en la Tabla N° 16, se muestra que no hubo diferencias significativas al variar el N° de mallas en N° 30 y N° 40. Mientras tanto en la Tabla N° 18, se obtuvo significancia al realizar el contraste de variables, aceptando la hipótesis alterna, en donde el N° de Mallas si tiene significancia al conjugar con las demás variables. HERRERA (2015), evaluó la capacidad de remover el cromo (VI), a 0.25 mm de tamaño de partícula, además de ello indico que la temperatura influye en la remoción.
- Al realizar el análisis de datos, se extrae de la Tabla N° 17, que para los tiempos trabajados de 1 hr y 2 hrs, indican por el programa estadístico que por sí solos no hay diferencia significativa en ambos tiempos, sin embargo al realizar la prueba inter sujetos como se muestra en la Tabla N° 18, indican que al combinar el tiempo con las demás variables, si existe diferencia significativa aceptando la hipótesis alterna. Al comparar con OLIVEIRA (1992), en donde utilizó la cáscara de *Musa paradisiaca* para adsorber derivados de petróleo, su variable fue el tiempo, donde trabajo de hasta 120 minutos de agitación, se

pudo extraer de ahí dicho tiempo, para comparar con los resultados obtenidos en la presente tesis, en donde se trabajó con tiempos de 1hr y 2 hrs, dando buenos resultados, al realizar el contraste de variables, por otro lado OLIVEIRA, utilizo un sistema de lecho diferencial para obtener mayores resultados.

- De la Tabla N° 19, comparando con la normatividad ambiental se tiene con los resultados obtenidos, que no se llegó a cumplir con los valores máximos admisibles de 10 mg/L y los límites máximos permisibles de 2 mg/L, ya que se obtuvo una adsorción de 24,27 mg/L, esto quiere decir que al no cumplir con la normatividad se puede aplicar varias veces el polvo fino para que la adsorción sea en su totalidad, o llevar a un proceso secundario para su tratamiento final. Otro punto de interés según los antecedentes descritos anteriormente, indican que este cromo removido, se puede desorber de la cáscara de *Musa paradisíaca*, añadiendo ácido sulfúrico a 0,1 N, ácido clorhídrico a 0,01 M, HERRERA (2015), indico que el hidróxido de sodio a 0,1 N lleva el proceso de desorción, recuperando el bioadsorbente a un 61 % y este puede ser utilizando nuevamente para eliminar contaminantes en el agua, y no se genera ningún otro residuo.
- Para la conservación de la muestra se mantuvo constante el pH a lo largo de esta tesis a fuertemente ácido, así mismo este pH se confirma de la Tabla N° 10, que la preservación de la muestra de cromo es de 6 meses como indica el RJ N°010-2016-ANA, y así por los análisis elaborados, este indicador si influye adecuadamente en los tratamientos, ya que el pH con el que se recogió inicialmente la muestra fue de 8.3, y al no ser conservada la muestra pudo traer complicaciones al estudio. HERRERA (2015), donde nos dice que el pH debe ser de 2 o menor, variable constante que dio buenos resultados.
- La técnica de análisis que uso RÍOS (2014), donde evaluó la capacidad de adsorción del metal, en este caso arsénico fue por el método de espectrofotometría, dicho método no se utilizó, al igual que el método por absorción atómica, ya que al considerarse y al haber analizado el metal (cromo), este fue de 1187.3 ppm, donde para un mayor análisis y mejor lectura se tomó por analizar el método volumétrico, según método estándar APHA – AWWA- WIAR 3500 – Cr, y al intentar hacer las pruebas por el método de espectrofotometría, este no se logró leer adecuadamente por la cantidad de

cromo que contenía, al preparar los reactivos y digestar el cromo trivalente, oxidándolo totalmente a cromo hexavalente, se pudo apreciar adecuadamente, de color amarillo para cromo hexavalente, esta oxidación se dio añadiendo ácido perclórico a la solución a analizar, finalmente oxidando todo el cromo trivalente a hexavalente se dio por lectura final el cromo total, haciendo de este método, apropiado para analizar las cantidades de cromo de dicha curtiembre.

- Así mismo se discute en que se puede realizar los análisis tal como lo indica RICHARDSON (2011), en su investigación el polvo fino de cáscara de plátano puede ser utilizado varias veces en una misma agua para mejorar la eficiencia de remoción y esta purificarla, ya que hasta el momento se encontró una remoción utilizando 5 g del mismo polvo de 97,81 % de eficiencia, dando a conocer que utilizando la mayor cantidad de gramos adsorbe más el cromo. Por otro lado se sabe que esta fruta contiene gran cantidad de pectina, se calculó un 8.33 % de pectina extraída, tal como lo indica la Tabla N° 11, dando así a conocer que en su mayoría la pectina como lo dice D´ Addosio, et al. ( 2005), este coloide al ser un polisacárido, tiene la propiedad de adsorber gran cantidad de agua, y debido a sus componentes como hidroxilo y carboxilo permite la adsorción del metal eficientemente, gracias también a una de los procesos de adsorción, llamado fisisorción.
- Al realizar los análisis por el método volumétrico en los ensayos previos, se extrae de la Tabla N° 12, que se tomó lectura a las cantidad en gramos de 1 g, 2 g y 3 g y al realizar los análisis pilotos, se tuvo complicaciones, ya que en algunos casos no se pudo dar lectura en algunas muestras y estas no azulearon el almidón, como suele realizarse en este método, en este caso no se filtró adecuadamente, dando complicaciones a los ensayos, y dando un color no apropiado para visualizar el cromo hexavalente.
- En la Tabla A.1 a la Tabla A.5, se muestra los resultados de los análisis elaborados, en donde se puede apreciar las diferentes variables analizadas y dadas, de las tres repeticiones elaboradas, se aplicó el contraste de Grubbs para eliminar los datos sospechosos, quedando así dos repeticiones, en donde el promedio fue de 26 ppm con un 97.81% de remoción de cromo total, esto se realizó con la finalidad de disminuir el porcentaje (%) de error estándar que existe entre los análisis elaborados.

## V. CONCLUSIONES

1. De los 12 tratamientos analizados, se rechaza la hipótesis nula ya que si hay diferencia significativa entre ellos, y el polvo de cáscara de *Musa paradisíaca*, si tiene efectos positivos en la remoción de cromo total de las aguas residuales de INVERSIONES HAROD S.A.C, a un nivel de significancia del 95% y a un sigma menor a 0.05, se aprueba la hipótesis y se concluye que se removió el cromo total a 26 ppm y a un 97.81%.
2. Se obtuvo que a mayor concentración en gramos de *Musa paradisíaca* se remueve más cromo total, en este caso en 5 g fue la concentración que más removió a un tiempo de 2 hrs, en el tamaño de malla N° 30 de 600  $\mu\text{m}$  a una extracción de cromo total de 97.81 %.
3. Las concentraciones de cromo total al comparar con la normatividad ambiental no llega a cumplir, sin embargo se puede utilizar varias veces el polvo de *Musa paradisíaca* para remover en su totalidad u obtener un tratamiento secundario.
4. Se construyó una nueva forma de reutilizar desechos orgánicos como es la cáscara de plátano, dando así, valor agregado a este desecho para así contribuir con la conservación del medio ambiente.
5. La pectina analizada en el polvo de *Musa paradisíaca* dio un porcentaje extraído de 8.33 %, cantidad que permite la remoción de cromo y purificar las aguas.
6. El nivel de significancia individualizado para cada variable, se concluyó en que las diferentes concentraciones de polvo de *Musa paradisíaca* si son significativos, mientras que el N° de malla y tiempo de 1 hr y 2 hrs, no son significativos. Sin embargo al realizar la prueba inter sujetos, entre el contraste si se mostró significancia, al conjugar las variables entre sí.
7. Con una correlación entre las variables: concentración, malla y tiempo, y un  $R^2= 0.9118$ , se obtuvo 83.14% de valores que cumplen para la linealidad de la recta.



## VI. RECOMENDACIONES

- Repetir el proceso de adsorción con el agua de la muestra residual varias veces, para que la eficiencia sea mayor, así mismo el cromo removido puede calcinarse y este puede pasar a óxido de cromo y ser devuelto a la planta. Se puede aplicar el proceso de desorción con hidróxido de sodio, y ácido clorhídrico.
- Utilizar tamices con tamaños más finos y de menor diámetro, para ver el efecto que tiene el tamaño de partícula en este adsorbente.
- Realizar futuras investigaciones con la cáscara de *Musa paradisiaca*, es decir el material que queda después de la remoción con cromo, y ver si este puede ser utilizado para realizar un biogás, compost o entre otras investigaciones.
- Realizar un tratamiento secundario de intercambio iónico, para adsorber el cromo restante y demás metales pesados a través de una columna catiónica.
- Para futuras investigaciones se recomienda, realizar cenizas de polvo de cáscara de plátano, así de esta manera activarlo con químicos y este pueda aumentar su capacidad de adsorción, convirtiéndolo en carbón activado.
- Para el análisis de metales pesados se recomienda usar el método por espectrometría o de absorción atómica, ya que es la técnica que mejor cuantifica estos contaminantes, pero se debe aplicar con disoluciones de las mismas para saber la cantidad exacta en ppm.
- Realizar investigaciones para neutralizar la cáscara de plátano evitando que se oxide, y observar si se obtiene mayores remociones.
- Se recomienda utilizar un sistema de columnas de lecho diferencial, para el tiempo trabajado y obtener mayor remoción.
- Si se tiene en cuenta la cantidad enorme de plátanos que se consumen en el mundo, y se recogiera la cáscara para utilizarla en esto, podrían destinarse a limpiar aguas contaminadas industrialmente. Mientras, si se desecha, la piel de plátano tarda dos años en biodegradarse.
- Se recomienda manipular adecuadamente y utilizar los equipos de protección personal adecuados, ya que se trabaja con un metal sumamente tóxico, utilizar una mascarilla especial de gases.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANNADURAI, G y JUANG, R. Use of cellulose based wastes for adsorption of dyes from aqueous solutions, Journal of Hazardous Materials. Barein, 2002. 263 p.
- ASTSR. Agencia de Sustancias Tóxicas y registro de Enfermedades. Resúmenes de Salud Pública - Cromo (Chromium). Georgia, 2012, modificada en el 2016.
- AUTORIDAD Nacional Del Agua. Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. RJ N° 010-2016 – ANA.
- BOCANEGRA, Carlos. 22 años de la contaminación con cromo. [En línea]. Diario La República, Trujillo, 19 de Septiembre del 2012. [fecha de consulta: 10 de Mayo 2016]. Disponible en: <http://notaspres.blogspot.pe/2012/09/22-anoa-de-contaminacion-con-crmo-en.html>.
- BOQUE y MAROTO. Análisis de la varianza (ANOVA). Comparación de múltiples poblaciones. Grupo de Quimiometría y Cualimetría. cod143005. Tarragona. 6 p.
- CANIZARES Villanueva, R. Biosorción de metales pesados mediante uso de biomasa microbiana. Revista Latinoamericana de Microbiología. Departamento de Biotecnología y Bioingeniería. Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Ave. IPN N° 2508. México, 2000, pp. 131-143.
- CANTONI, G. Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa. Volumen 7. N° 2. Argentina, 2009. ISSN: 1669-1555.
- CONSEJO Provincial de Trujillo. La Industria del calzado. Publicado en el Atlas ambiental de la ciudad de Trujillo, 2012. p. 121.
- DAMA. Departamento Técnico Administrativo Del Medio Ambiente. Guia ambiental para el sector curtiembres, Colombia, 2004, p.1-68.
- EATON, Clesceri, et al. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater. American Public Health Association 800 I Street, NW, Washington, DC. 20001 – 3710, 2005. 21 st Edition.
- ESCUDERA C., Baldivieso, et al. Centro de Investigaciones de Procesos Industriales. “Desarrollo y validación de un método espectrofotómetro colorímetro para la determinación de cromo en licores residuales de piquelado. ISSN 1814-6333.

- EUROSUR. [En línea]. Miembros de la European FairTrade Association, Cuero y artículo de cuero: Las ganancias en divided se pagan caro. 20. Capítulo 11, 2010. Disponible en: <http://www.eurosur.org/EFTA/c11.htm>.
- FCISA. Elaboración del Diagnóstico Ambiental Preliminar de la empresa Inversiones HAROD SAC, Resumen Ejecutivo, enero del 2014.
- FONT J, Marsal A. Libro de calidad para la producción de piel y cuero libre de cromo (VI). Departamento de Ecotecnologías. CSI. Elche, 4-7. mayo, 2006. pp.19 de 169.
- GAMBOA, N y ESPARZA, E. Revista de Química Vol. XV. N° I. Contaminación debida a la industria curtiembre Eliana Esparza y Nadia Gamboa "Pontificia Universidad Católica del Perú. Departamento de Lima, Perú, junio del 2001. pp. 42- 62.
- GARCÍA. Materiales zeolíticos: síntesis, propiedades y aplicaciones. Fragmento del artículo "Adsorción e intercambio iónico en zeolitas". Universidad de Alicante. España, 2010.
- HERRERA, L. Bioadsorción de cromo hexavalente de soluciones acuosas utilizando cáscara de plátano. Tesis (Ingeniero Ambiental). Universidad Veracruzana, México, junio del 2015. pp.12 – 33.
- HIPERTEXTO del área de Biología. Proceso de Curtido. [en línea]. 2012. [consultada el 05 de Mayo 2016]. Disponible en: [http://www.biologia.edu.ar/tesis/forcillo/proceso\\_de\\_curtido.htm](http://www.biologia.edu.ar/tesis/forcillo/proceso_de_curtido.htm).
- HOSSAIN, et al. Remoción de Cobre del agua por adsorción utilizando cáscaras de plátano como bioadsorbente. [en línea].2012. [consultada el 13 de Abril 2016]. Disponible en:  
<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/39919/1/herreragarcialidya.pdf>
- KOHON, I. Beneficios del Cromo. [en línea]. Artículo de en Buenas Manos, 2001. Disponible en: <http://www.enbuenasmanos.com/el-cromo>.
- LABORATORIOS FI-LUZ. Física I. Cronómetros. [en línea]. Mayo 2015. [consultada el 15 de Junio 2016].  
Disponible en: <https://sites.google.com/site/laboratoriodefisicaifiluz/practicas-de-laboratorio/practica-no-1/instrumentos-de-medicin/el-cronometro>.

- LABORATORIOS INNSUMA. Método de ensayo de análisis granulométrico por mallas para agregados finos y gruesos. Cód. p45.2015. p1-5.
- LOZANO, Styfler. Salud Natural. [en línea]. México, 2014. [consultada el 20 de Mayo 2016]. Disponible en: <http://www.saludnaturalrm.com/2014/07/despues-de-leer-esto-no-nunca-sera.html>.
- METTER, Toledo. El ABC de la pesada. GWP. Good Weighing Practice. Junio 2013.
- MILLER S, GAGNET A y WORDEN R. Informe para el MITINCI, Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales. Reporte Técnico para la Industria de Curtiembres en el Perú. Lima, 3 abril de 1999. pp 3- 43.
- MINISTERIO de Producción. Aprueban Límites Máximos Permisibles (LMP), para el sector curtiembre, papel, cemento y cerveza. DS N° 003 – 2002 – Produce.
- MINISTERIO de Vivienda. Modificatoria de los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. DS N° 001 – 2015 Vivienda.
- OLIVEIRA S. Uso de la cáscara de plátano como bioadsorbente en lecho diferencial en la adsorción de compuestos orgánicos. [en línea]. 1992. [consultada el 13 de Abril 2016]. Disponible en: <http://cddigital.uv.mx/bitstream/123456789/39919/1/herreragarcialidlya.pdf>.
- OPEN Course Ware. Química Física Avanzada. Tema 7. Superficies sólidas: adsorción y catálisis heterogénea, Valencia, 2009. pp 1-54.
- PINEDO, R. Impactos Ambientales generados por la Curtiembre D- Leyse, en el distrito del Porvenir, provincia Trujillo, región La Libertad. Universidad Agraria de la Selva, 2012. p. 7.
- POSTIGIO, Henry. Calibración de cronómetros. Servicio Nacional de Meteorología. INDECOPI, 20 de Mayo del 2010.
- PORTO y Merino. Remoción. [en línea]. 2014. Disponible en: <http://definicion.de/remocion/>

- QUINTANA, R. Análisis Granulométrico. [en línea]. Centro de Investigaciones de Soldadura. Universidad Central de Las Villas, 2011 p 2.
- R D'Addosio, Paez, et al. Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Degener). Caracas. Rev. Fac. Agron. v.22 n.3s, 2005. ISSN 0378-7818.
- REVISTA Ingenierías Universidad de Medellín. Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la Industria de Curtiembre., Colombia. Julio- Diciembre 2010.vol. 9. Medellín, Colombia. pp 41-50. ISSN 1692-3324.
- RICHARDSON, Jake. Cáscaras de Banana Aplicadas a la Fase Sólida de Extracción sólida del cobre y el plomo de Aguas del Río - Pre-concentración de Iones Metálicos con Residuos de Fruta - Banana Peel Applied to the Solid Phase Extraction of Copper and Lead from River Water - Preconcentration of Metal Ions with a Fruit Waste". Tesis (Ingeniería). Brazil, 2011.
- RIOS, E. Cinética de bioadsorción de arsénico utilizando cáscara de banano maduro en polvo. Tesis. Universidad Técnica de Machala. Ecuador, 2014.
- RODRIGUEZ, C. Polvo de cáscara de plátano: un bioadsorbente de bajo costo para metales pesados. Tesis. Universidad Estadual de Londrina, Londres. 2009.
- SÁNCHEZ, J. GISMERA, M. y SEVILLA, J. Procopio. Chromium (III) determination without sample treatment by batch and flow injection potentiometry. Analytica Chimica Acta 23, 2009. Vol. 639, p. 69. ISSN: 2391-5420.
- SALA, García, Gonzáles, et al. Química y Medio Ambiente. Biosorción para la eliminación de metales pesados en aguas de desecho, 2010, p 114-120.
- TEJADA, Villabona, et al. Adsorption of heavy metals in wastewater using biological materials. Vol. 18, No. 34, junio del 2014. pp. 109-123. ISSN: 0123-7799.
- UNAM. Universidad Autónoma de México. Musa bananera. ¿Cómo ves? [en línea]. Revista de divulgación científica de la UNAM, abril 2012. [consultada el 20 de Abril 2016]. Disponible en: <http://www.unamenlinea.unam.mx/recurso/como-ves-revista-de-divulgacion-de-la-ciencia-de-la-unam>.

## ANEXOS

### ANEXO N° 1: RESULTADOS

Tabla A. 1: Valores críticos de Grubbs para un contraste de dos colas

Tamaño de muestra	Valor crítico
3	1.155
4	1.481
5	1.715
6	1.887
7	2.020
8	2.126
9	2.215
10	2.290

Fuente: Outliers in Statistical data, Vic Barnett and oby Lewis, 2nd Edicion, 1984.

### 600 $\mu m$ – MALLA N° 30

Tabla A. 2: Resultados de muestras de cromo removido a 600  $\mu m$  y a 1 hr

t	Concentración de polvo de <i>paradisíaca</i> (g)	de <i>Musa</i>	[ ] <sub>0</sub> ppm	[ ] <sub>f</sub> ppm REPETICIONES				Cromo Removido	Adsorción
				R- 1	R-2	R-3	$\bar{x}$	ppm	%
1 hr	1		1187,3	285,9	315.45	299,85	292,88	888,42	74,82 %
	3		1187,3	75,99	105,73	98,79	102,26	1085,04	91,38 %
	5		1187,3	37,69	55.46	36,40	37,05	1150,25	96,88 %

Muestra de 100 ml, a un pH < 2

Fuente: Propia

$$G = \left| \frac{\text{Valor sospechoso} - \bar{x}}{s} \right|$$

Se aplicó el contraste de Grubbs para eliminar los valores sospechosos, en la determinación de 1 g se tiene: El dato sospechoso es 315.45, este es mayor al G tabla. 1.24 > 1.155, por lo tanto se elimina.

En 3 g se tiene lo siguiente: El dato sospechoso es 75.99, G tabla. 1.37 > 1.155, por lo tanto se elimina.

En 5 g se tiene lo siguiente: El dato sospechoso es 55.46, G tabla. 1.41 > 1.155, por lo tanto se elimina.

### 600 $\mu\text{m}$ – MALLA N° 30

Tabla A. 3: Resultados de muestras de cromo removido a 600  $\mu\text{m}$  y a 2 hrs

t	Concentración de polvo de <i>Musa paradisiaca</i> (g)	[ ] <sub>0</sub> ppm	[ ] <sub>f</sub> ppm REPETICIONES				Cromo Removido ppm	Adsorción %
			R-1	R-2	R-3	$\bar{x}$		
2 hrs	1	1187,3	376,52	355,31	353,58	354,45	832,86	70,14 %
	3	1187,3	186,34	72,79	84,92	78,86	1108,45	93,36 %
	5	1187,3	24,27	39,87	27,73	26	1161,3	97,81 %

Muestra de 100 ml, a un pH < 2

Fuente: Propia

Se aplicó el contraste de Grubbs para eliminar los valores sospechosos, en la determinación de 1 g se tiene: El dato sospechoso es 376.52, este es mayor al G tabla. 1.41 >.155, por lo tanto se elimina.

En 3 g se tiene lo siguiente: El dato sospechoso es 186.34, G tabla. 1.40 >1.155, por lo tanto se elimina.

En 5 g se tiene lo siguiente: El dato sospechoso es 39.87, G tabla. 1.38 >1.155, por lo tanto se elimina.

### 420 $\mu\text{m}$ – MALLA N° 40

Tabla A. 4: Resultados de muestras de cromo removido a 420  $\mu\text{m}$  y a 1 hr

t	Concentración de polvo de <i>Musa paradisiaca</i> (g)	[ ] <sub>0</sub> ppm	[ ] <sub>f</sub> ppm REPETICIONES				Cromo Removido ppm	Adsorción %
			R-1	R-2	R-3	$\bar{x}$		
1 hr	1	1187,3	263,62	225,32	237,45	231,39	955,92	80,51 %
	3	1187,3	103,99	149,06	143,85	146,46	1040,85	87,66 %
	5	1187,3	62,39	97,06	65,86	64,13	1123,18	94,59 %

Muestra de 100 ml, a un pH < 2

Fuente: Propia

Se aplicó el contraste de Grubbs para eliminar los valores sospechosos, en la determinación de 1 g se tiene: El dato sospechoso es 263.62, este es mayor al G tabla. 1.34 >.155, por lo tanto se elimina.

En 3 g se tiene lo siguiente: El dato sospechoso es 103.99, G tabla. 1.40 >1.155, por lo tanto se elimina.

En 5 g se tiene lo siguiente: El dato sospechoso es 39.87, G tabla.  $1.40 > 1.155$ , por lo tanto se elimina.

### 420 $\mu\text{m}$ – MALLA N°40

Tabla A. 5: Resultados de muestras de cromo removido a 420  $\mu\text{m}$  y a 2 hrs

t	Concentración de polvo de <i>Musa paradisiaca</i> (g)	[ ] <sub>0</sub> ppm	[ ] <sub>f</sub> ppm REPETICIONES				Cromo Removido ppm	Adsorción %
			R-1	R-2	R-3	$\bar{x}$		
2 hrs	1	1187,3	332,63	483,57	502,64	493,11	694,20	58,47 %
	3	1187,3	155,90	242,65	214,92	228,79	958,52	80,73 %
	5	1187,3	50,13	91,86	57,19	50,16	1137,14	95,48 %

Muestra de 100 ml, a un pH < 2

Fuente: Propia

Se aplicó el contraste de Grubbs para eliminar los valores sospechosos, en la determinación de 1 g se tiene: El dato sospechoso es 332.63, este es mayor al G tabla.  $1.40 > 1.155$ , por lo tanto se elimina.

En 3 g se tiene lo siguiente: El dato sospechoso es 155.90, G tabla.  $1.34 > 1.155$ , por lo tanto se elimina.

En 5 g se tiene lo siguiente: El dato sospechoso es 91.86, G tabla.  $1.39 > 1.155$ , por lo tanto se elimina.

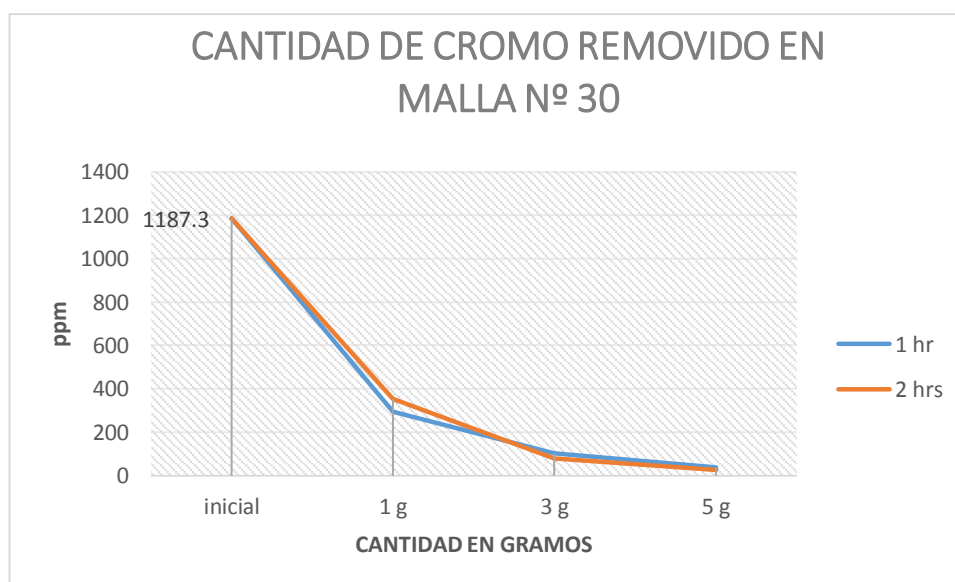
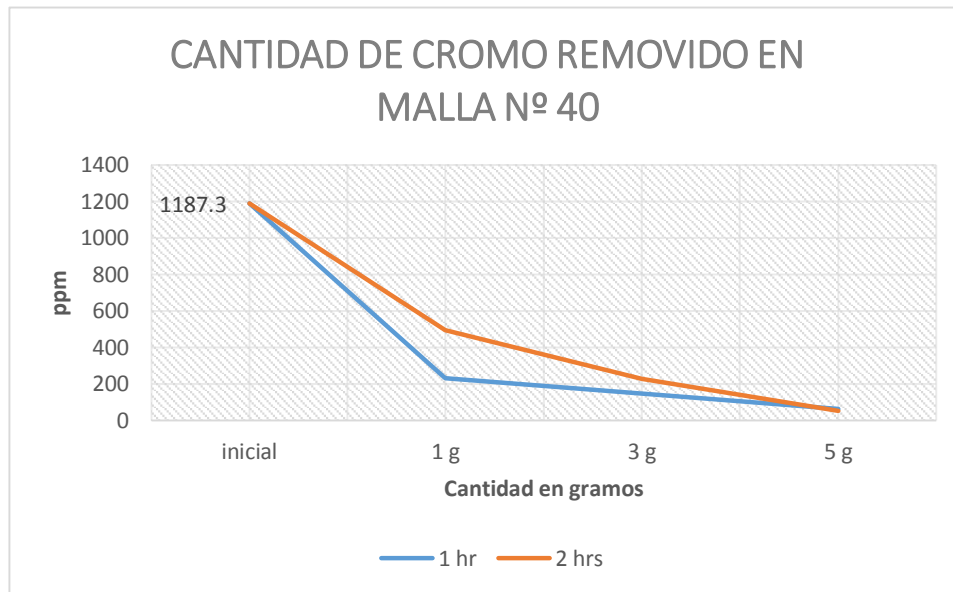


Gráfico N° 3: Cantidad de cromo removido en Malla N° 30

Fuente: Propia



INTERPRETACIÓN: En el gráfico N° 3, se observa el comportamiento entre 1 hr y 2 hrs, con las cantidades añadidas de *Musa paradisíaca*.



**Gráfico N° 4: Cantidad de cromo removido en Malla N° 40**

Fuente: Propia

INTERPRETACIÓN: En el gráfico N° 4, se observa que la cantidad de cromo removido en su mayoría para malla N° 40 fue de 2 hrs.

## ANEXO N° 2: ESTADÍSTICA

**Tabla A. 6: Estadísticos descriptivos con todos los tratamientos**

MALLA	TIEMPO DE AGITACIÓN	CONCENT RACIÓN	Media	Desviación estándar	N
MALLA 30	1 Hora	1 G	75,3300	,83439	2
		3 G	91,3850	,41719	2
		5 G	96,8800	,07071	2
		Total	87,8650	10,02446	6
	2 Horas	1 G	70,1450	,10607	2
		3 G	93,3550	,71418	2
		5 G	97,8050	,20506	2
		Total	87,1017	13,28873	6
	Total	1 G	72,7375	3,03269	4
		3 G	92,3700	1,23356	4
		5 G	97,3425	,54854	4
		Total	87,4833	11,22962	12

MALLA 40	1 Hora	1 G	80,5250	,74246	2
		3 G	87,6800	,33941	2
		5 G	94,6000	,21213	2
		Total	87,6017	6,30612	6
	2 Horas	1 G	58,4700	1,13137	2
		3 G	80,7250	1,64756	2
		5 G	95,4800	,42426	2
		Total	78,2250	16,68931	6
	Total	1 G	69,4975	12,75741	4
		3 G	84,2025	4,13125	4
		5 G	95,0400	,57718	4
		Total	82,9133	12,98694	12
Total	1 Hora	1 G	77,9275	3,06787	4
		3 G	89,5325	2,16150	4
		5 G	95,7400	1,32267	4
		Total	87,7333	7,98574	12
	2 Horas	1 G	64,3075	6,77242	4
		3 G	87,0400	7,36527	4
		5 G	96,6425	1,36963	4
		Total	82,6633	15,11171	12
	Total	1 G	71,1175	8,75737	8
		3 G	88,2863	5,19866	8
		5 G	96,1913	1,33658	8
		Total	85,1983	12,10053	24

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

INTERPRETACIÓN: En la Tabla A.6 se observa un resumen de los 24 tratamientos elaborados en las distintas mallas y tiempos, así mismo esta estadística se obtuvo luego de aplicar el contraste de Grubbs.

- **Homogeneidad de varianzas (varianzas iguales)**

Tabla A. 7: Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error

F	df1	df2	Sig.
6,020	11	12	,067

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

INTERPRETACIÓN: Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre los grupos, como requisito para aplicar el método ANOVA.

**Tabla A. 8: Prueba de Post Hoc para los tratamientos**

PORCENTAJE DE REMOCIÓN												
	Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HSD Tukey <sup>a</sup>	C1M2T2	2	58,4700									
	C1M1T2	2		70,1450								
	C1M1T1	2			75,3300							
	C1M2T1	2				80,5100						
	C2M2T2	2				80,7250						
	C2M2T1	2					87,6650					
	C2M1T1	2						91,3850				
	C2M1T2	2							93,3600	93,3600		
	C3M2T1	2								94,6000	94,6000	
	C3M2T2	2								95,4800	95,4800	95,4800
	C3M1T1	2									96,8800	96,8800
	C3M1T2	2										97,8100
	Sig.			1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	,314	,240	,175	,158
Duncan <sup>a</sup>	C1M2T2	2	58,4700									
	C1M1T2	2		70,1450								
	C1M1T1	2			75,3300							
	C1M2T1	2				80,5100						
	C2M2T2	2				80,7250						
	C2M2T1	2					87,6650					
	C2M1T1	2						91,3850				
	C2M1T2	2							93,3600			
	C3M2T1	2								94,6000	94,6000	
	C3M2T2	2									95,4800	95,4800
	C3M1T1	2										96,8800
	C3M1T2	2										97,8100
	Sig			1,000	1,000	1,000	,771	1,000	1,000	,112	,247	,077

C= CONCENTRACIÓN (C1 = 1 g, C2= 3 g y C3= 5 g), M= MALLA (M1= Malla Nº 30, M2= Malla Nº 40), T= TIEMPO (T1= 1 hr, T2= 2 hrs).

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

INTERPRETACIÓN: En la Tabla A.8, se muestra los tratamientos realizados y las medias obtenidas, según los autores Tukey y Duncan, en donde se indican que para Tukey los tratamientos de C3M2T2, C3M1T1, C3M1T2, para la concentración de 5 g de polvo de Musa paradisíaca, con un 97.81 % de remoción de cromo total. Así mismo para Duncan se visualiza que los tratamientos que obtuvieron mayor porcentaje de remoción fueron de C3M1T2, C3M1T2, en las concentraciones de 5 g, malla Nº 30 y ambos tiempos de 1 hr y 2 hrs.

**Tabla A. 9: Prueba de Post Hoc para las cantidades**

REMOCIÓN					
	CONCENTRACIÓN	N	Subconjunto		
			1	2	3
<b>HSD Tukey<sup>a,b</sup></b>	1 G	8	71,1138		
	3 G	8		88,2838	
	5 G	8			96,1925
	Sig.		1,000	1,000	1,000
<b>Duncan<sup>a,b</sup></b>	1 G	8	71,1138		
	3 G	8		88,2838	
	5 G	8			96,1925
	Sig.		1,000	1,000	1,000
<b>Scheffe<sup>a,b</sup></b>	1 G	8	71,1138		
	3 G	8		88,2838	
	5 G	8			96,1925
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

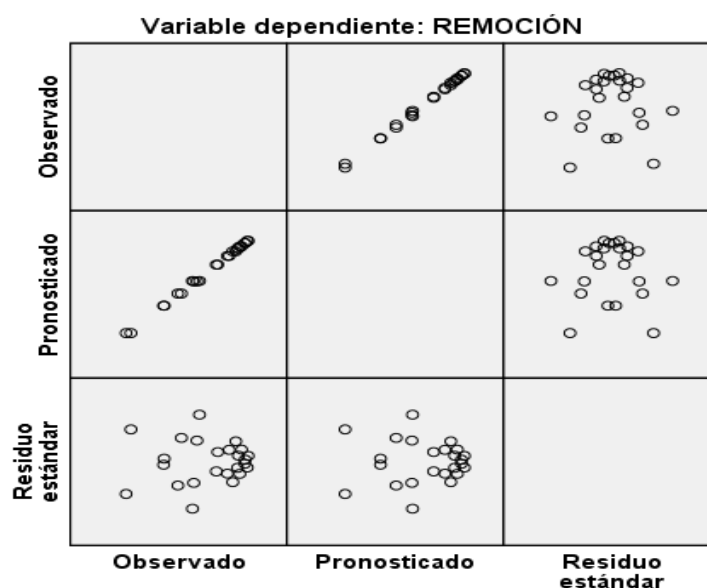
INTERPRETACIÓN: En la Tabla A.9, se visualiza la opinión de cada autor para describir cual fue el tratamiento más apropiado, en este caso se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos en donde se obtiene que Según Tukey la cantidad más apropiada es de 5 g con un media de 96.19 % de remoción, al igual que Duncan y Scheffe.

Las pruebas de post hoc no se realizan para las Mallas porque hay menos de tres grupos, al igual que el tiempo.

**- Las muestras son independientes:**

Se observa en el Gráfico N° 5, exactamente en la cuadrícula de Residuo estándar (eje y) con lo Observado y Pronosticado (eje x), donde los puntos se encuentran dispersos.

**Gráfico N°5: Gráfico normalidad para remoción**



Modelo: Intersección + MALLA + AGITACIÓN + CANTIDAD + MALLA \* AGITACIÓN + MALLA \* CANTIDAD + AGITACIÓN \* CANTIDAD + MALLA \* AGITACIÓN \* CANTIDAD

Fuente: IBM SPSS Statistics 23

INTERPRETACIÓN: En el gráfico se observa, exactamente en la cuadrícula de Pronosticado y Observado (eje y) con lo Observado y Pronosticado (eje x), que los puntos se ubican formando una línea, demostrando así que la distribución es normal.

**Tabla A. 10: Estadística de regresión**

<b>Coefficiente de correlación múltiple</b>	<b>0.9118058</b>
<b>Coefficiente de determinación R<sup>2</sup></b>	0.83138982
<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	0.768161
<b>Error típico</b>	5.95211793
<b>Observaciones</b>	12

Fuente: Propia

INTERPRETACIÓN: En la Tabla A.11 se aprecia el coeficiente de relación múltiple, con respecto a la linealidad con un 91.18 %, así mismo se observa un coeficiente de determinación con un 83.13 %, indicando así que con un error típico de 5.95, la recta aproximadamente es lineal.

**Tabla A. 11: Intercepción con cada variable**

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
<b>Intercepción (remoción)</b>	90.004375	13.570198	6.63250272	0.00016375	58.7114424	121.297308	58.7114424	121.297308
<b>Variable X 1 (Nº de malla)</b>	-0.4578333	0.34364569	-1.3322831	0.21946782	-1.2502817	0.33461505	-1.2502817	0.33461505
<b>Variable X 2 (cantidad)</b>	6.269375	1.05219574	5.95837331	0.00033879	3.84300728	8.69574272	3.84300728	8.69574272
<b>Variable X 3 (tiempo)</b>	-5.0616667	3.43645689	-1.4729318	0.1789896	-12.98615	2.86281713	-12.98615	2.86281713

Fuente: Propia

INTERPRETACIÓN: En la Tabla A.12 se aprecia la interacción con respecto a la remoción de cromo y las variables independientes, se ve una mayor significancia en la variable 2, ya que es menor a 0.05.

**Tabla A. 12: Análisis de los residuales**

<i>Observación</i>	<i>Pronóstico para Y</i>	<i>Residuos</i>
1	77.4770833	-2.1470833
2	90.0158333	1.37416667
3	102.554583	-5.6745833
4	72.89875	7.61125
5	85.4375	2.2225
6	97.97625	-3.38625
7	72.4154167	-2.2754167
8	84.9541667	8.40583333
9	97.4929167	0.31708333
10	67.8370833	-9.3670833
11	80.3758333	0.35416667
12	92.9145833	2.56541667

Fuente: Propia

INTERPRETACIÓN: En la se observa los residuos mínimos encontrados en los promedios.

$$Y = 90.004375 - 0.4578333 X_1 (\text{MALLA}) + 6.29375 X_2 (\text{CONCENTRACIÓN DE Musa paradisíaca}) - 5.061667 X_3 (\text{TIEMPO})$$

**DECISIÓN:**

La estadística trabajada se puede encontrar en anexos a partir de la Tabla A.6 – Tabla A.12, en donde se tiene que el criterio de decisión fue el siguiente: A un nivel de significancia del 95 %, se dio la constatación de hipótesis y se interpreta que es < que 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula, ya que la mayoría de los resultados indicaron, que la hipótesis alterna se acepta, dando así como respuesta que los tratamientos son diferentes, con un sigma de 0,00, se aprueba que el polvo de Musa paradisíaca tiene efectos positivos en la remoción de cromo total de las aguas residuales de INVERSIONES HAROD S.A.C.

### ANEXO N ° 3: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla A.13: MATRIZ DE CONSISTENCIA					
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MUESTRA
<b>PREGUNTA GENERAL</b>  ¿Cuál es el efecto del polvo de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> en la remoción de cromo total de las aguas residuales de INVERSIONES HAROD S.A.C., Trujillo?	<b>OBJETIVO GENERAL</b>  Evaluar el efecto del polvo de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> en la remoción del cromo total de las aguas residuales de INVERSIONES HAROD S.A.C., Trujillo.	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>  El polvo de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> tiene efectos positivos en la remoción de cromo total de las aguas residuales de la Curtiembre INVERSIONES HAROD S.A.C.	<b>VARIABLE VARIABLE DEPENDIENTE</b>  Remoción de Cromo Total	% de remoción Concentración Inicial -ppm  Concentración Final - ppm	<b>MUESTRA POBLACIÓN</b>  Aguas residuales de la Curtiembre INVERSIONES HAROD S.A.C., Trujillo 2016.
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>	<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>	-	<b>MUESTRA</b>
¿Se podrá remover el cromo total a diferentes concentraciones de polvo de <i>Musa paradisiaca</i> ?	Determinar el porcentaje de remoción de cromo total a diferentes concentraciones de polvo de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> .	El polvo de <i>Musa paradisiaca</i> a diferentes concentraciones remueve el cromo total.	Concentración de polvo de <i>Musa paradisiaca</i>	Concentración: Gramos (g /100 ml)	5 Litros de muestra de las aguas residuales de la Curtiembre INVERSIONES HAROD. SAC. Fue seleccionada mediante el criterio del investigador
¿Se podrá remover el cromo total a diferentes tamaños de partícula del polvo de <i>Musa paradisiaca</i> ?	Determinar el porcentaje de remoción de cromo total a diferentes tamaños de partículas del polvo de cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> .	El polvo de <i>Musa paradisiaca</i> a diferentes tamaños de partículas remueve el cromo total.	Tamaño de partícula	N° de Mallas (600 y 420 $\mu m$ )  N° 30 y N° 40	<b>UNIDAD DE ANÁLISIS</b>  100 ml de agua de la Curtiembre INVERSIONES HAROD. SAC
¿Se podrá remover el cromo total a tiempos de 1 hr y 2 hrs en contacto con las concentraciones de polvo de <i>Musa paradisiaca</i> ?	Calcular el tiempo de contacto entre la cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> y la solución de 1 a 2 horas para la remoción de cromo total.	El polvo de <i>Musa paradisiaca</i> a tiempos de contacto de 1 hr y 2hrs remueve el cromo total.	Tiempo de contacto	1 HR	
¿Se podrán comparar las concentraciones de cromo total con los rangos establecidos en la normatividad ambiental vigente?	Comparar las concentraciones de cromo total con la normativa ambiental vigente para descargas al sistema de alcantarillado.	Las concentraciones de cromo total se comparan con los rangos establecidos en la normatividad ambiental vigente.		2 HRS	

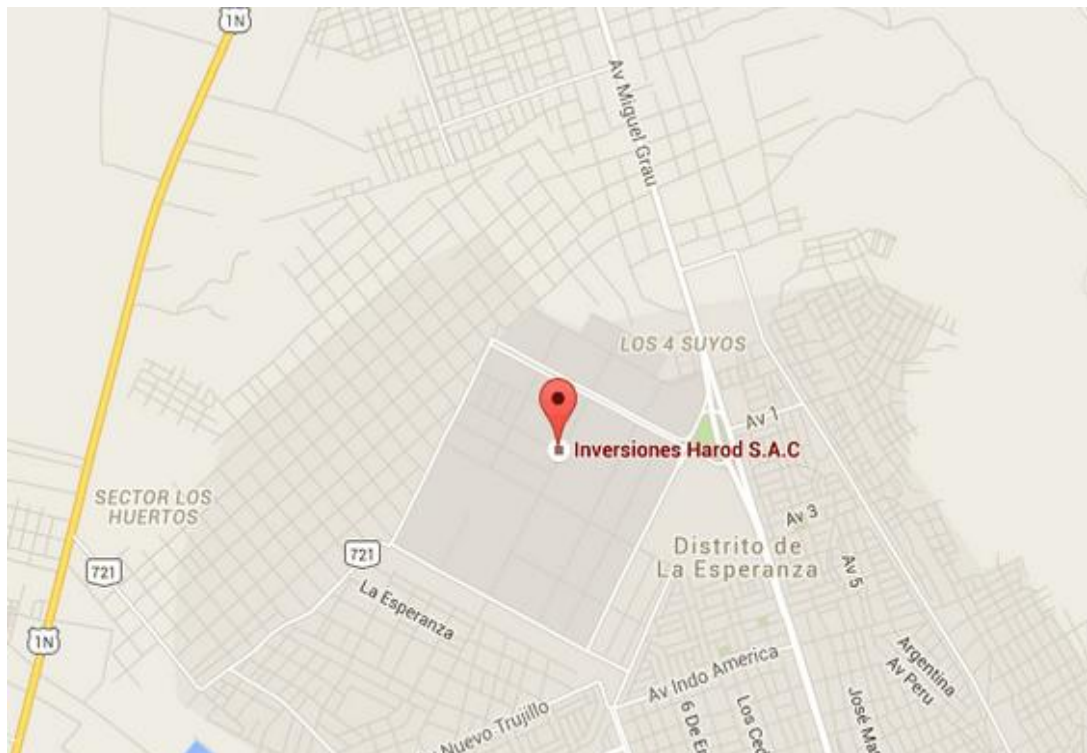
Fuente: Propia

## ANEXO N ° 4: FOTOGRAFÍAS E IMÁGENES



Fotografía e Imagen 1: Aguas residuales en la curtiembre Inversiones HAROD SAC

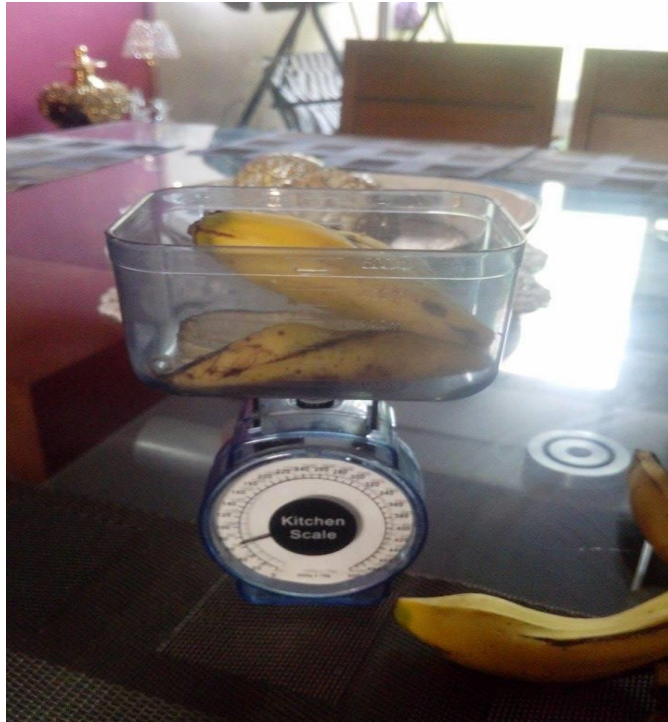
Fuente: Propia



Fotografía e Imagen 2: Ubicación de la empresa INVERSIONES HAROD S.A.C

Fuente: Google maps





**Fotografía e Imagen 3: Pesaje de cáscaras con humedad**

**Fuente: Propia**



**Fotografía e Imagen 4: Efluente final de la Curtiembre HAROD S.A.C.**

**Fuente: Propia**



**Fotografía e Imagen 5: Tamices**

**Fuente: Propia**



**Fotografía e Imagen 6: Balanza Electrónica - SARTORIUS**

**Fuente: Propia**





**Fotografía e Imagen 7: Molienda de cáscara de plátano**

**Fuente: Propia**



**Fotografía e Imagen 8: Polvo de Musa paradisiáca**

**Fuente: Propia**



**Fotografía e Imagen 9: Tamizaje de polvo de Musa paradisíaca**

**Fuente: Propia**



**Fotografía e Imagen 10: Filtrado de muestra de INVERSIONES HAROD S.A.C**

**Fuente: Propia**





**Fotografía e Imagen 11: Lectura de pH de muestra**

**Fuente: Propia**



**Fotografía e Imagen 12: Digestión de muestra**

**Fuente: Propia**



**Fotografía e Imagen 13: Agitación de muestra**

**Fuente: Propia**



**Fotografía e Imagen 14: Oxidación de muestra**

**Fuente: Propia**



**Fotografía e Imagen 15: Preparación de muestra**

**Fuente: Propia**



**Fotografía e Imagen 16: Muestras listas para añadir polvo de Musa paradisiaca**

**Fuente: Propia**





**Fotografía e Imagen 17: Agitación de muestra por 1 hr**

**Fuente: Propia**



**Fotografía e Imagen 18: Muestra listas para filtrar**

**Fuente: Propia**





**Fotografía e Imagen 19: Filtrado de muestra**

**Fuente: Propia**



**Fotografía e Imagen 20: Resultado de muestras filtradas**

**Fuente: Propia**



**Fotografía e Imagen 21: Digestión de muestras**

**Fuente: Propia**



**Fotografía e Imagen 22: Método de volumetría**

**Fuente: Propia**





**Fotografía e Imagen 23: Agitación de muestra**

**Fuente: Propia**



**Fotografía e Imagen 24: Determinación de cromo**

**Fuente: Propia**



Fotografía e Imagen 25: Preparación de reactivos

Fuente: Propia



Fotografía e Imagen 26: Preparación de reactivos

Fuente: Propia

## ANEXO Nº 5: METODOLOGÍA Y MATERIALES PARA REALIZAR LOS ANÁLISIS

### ➤ METODOLOGÍA

#### - ETAPA 1.- Obtención del polvo de cáscara de *Musa paradisiaca*:

Para realizar la obtención de ello se debe:

- Conseguir la mayor cantidad posible de plátanos para utilizar su cáscara. Para el presente análisis se necesitó aproximadamente 300 g de polvo, que se obtiene de un aproximado de 50 cáscaras de plátano.
- Posterior a ello se pesa la cáscara fresca del plátano. Un plátano promedio pesa aproximadamente 30 g.
- Se lava con agua destilada, hasta asegurarnos de que se haya eliminado las impurezas.
- Luego se seca la cáscara al sol (teniendo cuidadosa atención en los cambios de temperatura y posibles precipitaciones) durante un tiempo de 2 a 4 semanas.
- Una vez que se seca la cáscara, se introduce porciones convenientes en la moladora para obtener el polvo.
- Se tamiza el polvo obtenido para obtener partículas más finas y uniformes, para que de ese modo sea más sencillo el filtrado. En este caso se utilizará tamiz de 600  $\mu\text{m}$  y 420  $\mu\text{m}$ .

**Tabla A.14: Pesaje de cáscaras de *Musa paradisiaca* húmedas**

CÁSCARA DE PLÁTANO CON HUMEDAD	PESO
1	26 gr
2	39 gr
3	23 gr
4	42 gr
5	24 gr
6	24 gr
7	38 gr
8	30 gr
9	40 gr
10	49 gr

Fuente: Propia

En promedio cada cáscara pesa 34 gr. Desviación estándar ( $\sigma$ ): 8.74

**Tabla A.15: Pesaje de cáscaras de *Musa paradisiaca* secas al ambiente**

CÁSCARA SECA	PESO
1	10 gr
2	15 gr
3	12,3 gr
4	8,5gr
5	5 gr
6	5,7 gr
7	13,2 gr
8	10,8 gr
9	12 gr
10	8 gr

Fuente: Propia

En promedio cada cáscara seca pesa 10 gr. Desviación estándar ( $\sigma$ ): 3.08  
Se obtuvo un peso total de 416 gr de cáscaras secas de *Musa paradisiaca*, convirtiéndolas en polvo se obtuvo un total de 236 gr.

#### **- ETAPA 2.- Recolección de muestra de la zona de estudio**

- Se procede a ir al lugar de estudio, con los materiales de campo necesario, y las indicaciones de están escritas en el Protocolo de Muestra de la calidad de las aguas del recurso hídrico – ANA, punto donde menciona para aguas residuales industriales.
- Luego de ello se toma las referencias de las coordenadas en el punto de ubicación del efluente.
- Se coloca las medidas de seguridad y se procede a llevar en un recipiente esterilizado la muestra de 5 Litros.
- Se cierra bien los envases para que no se contamine, ni entren otros componentes, y se lleva al laboratorio.

#### **- ETAPA 3.- Análisis**

- Se procede a analizar la muestra recolectada, para observar cual es la concentración inicial de cromo total, esto se dará en el laboratorio con el equipo de espectrofotometría UV o por el método volumétrico según la cantidad de cromo que se obtenga.
- Posterior a ello se realizó una solución patrón para ver la eficiencia del polvo de cáscara de *Musa paradisiaca*.

- Y se prosiguió con las demás muestras de recolectadas de la curtiembre INVERSIONES HAROD SAC, pesando en la balanza analítica muestras de 1 g, 3 g y 5 g para 3 repeticiones, haciendo un total de 36.
- Finalmente se dio lectura por el método volumétrico la determinación de cromo.

## ➤ MATERIALES

### - MATERIALES DE LABORATORIO

- 12 Fiolas de 100 ml
- 12 Matraces de 500 ml
- Pipetas de 1, 5 10, 20 ml
- 12 Papeles filtro
- 12 Vasos de precipitación de 100 ml
- 3 Ltr. de agua destilada
- Polvo de cascara de plátano
- 3 Embudos
- Balas para el agitador magnético
- Bureta de 50 ml + soporte

### - INSTRUMENTOS

- Moledora
- Balanza Analítica
- Agitador Magnético
- Tamiz de 600  $\mu m$  y 420  $\mu m$

### - REACTIVOS según APHWA – AWWA – WPCF 3500 – Cr.

- Ácido Nítrico concentrado
- Ácido Sulfúrico,  $H_2SO_4$ , , 0,2000 N
- Peróxido de Hidrogeno,  $H_2O_2$  al 30%
- $NH_3$  amoniaco cc
- Solución de  $KMnO_4$ , permanganato de potasio.
- Solución de Acida de Sodio
- Solución de Difenilcarbazida
- Solución de Cupferrón



- Ácido Fosfórico, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> al 85%
- Anaranjado de metilo
- HCL O<sub>4</sub> CC, ácido perclórico
- Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Tiosulfato de sodio)

## ANEXO Nº 6: DETERMINACIÓN DE CROMO RESIDUAL POR EL MÉTODO VOLUMÉTRICO - MÉTODO ESTÁNDAR APHA – AWWA- WIAR 3500 – Cr

1. Filtrar muestra y tomar 25 ml de muestra filtrada (V muestra= 25,0) en un matraz de 500 ml.
2. Agregar 5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> cc, agregar 10 ml de HCL O<sub>4</sub> CC
3. Digestar de verde a amarillo
4. Adicionar 200 ml de agua destilada. Enfriar
5. Adicionar 15 ml de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> al 85%
6. Agregar 20 ml de KI
7. Agregar almidón 1%. Se pone azul
8. Titular con Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> estándar hasta verde claro o transparente en algunos casos. El gasto será VNa<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Reemplazar en:

$$Cr_2O_3 \left( \frac{g}{Lt} \right) = \frac{(N Na_2S_2O_3 * V Na_2S_2O_3 * P. E Cr_2O_3)}{V_{muestra \text{ en ml}}}$$

## ANEXO Nº 7: OBTENCIÓN DE LA MUESTRA A RECOLECTAR

Según el “PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS - AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA – DGCRH” – RJ – 010 - 2016

Tabla A.16: Conservación y evaluación de muestra en función del parámetro evaluado

PARÁMETRO	TIPO DE RECIENTE	CONDICIONES DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
CROMO	PE-HD, o PFA O FEP	Acidificar a pH A-2 con HNO <sub>3</sub>	6 meses
CROMO HEXAVALENTE	Plástico o vidrio	-	24 horas

Fuente: RJ – 010 – 2016



Fotografía e Imagen 27: Flujograma del área de ribera en la Curtiembre HAROD S.A.C

