



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO SOBRE LOS CONDENSADOS
GENERADOS EN EL AIRE COMPRIMIDO EN PLANTAS DE PROCESO DE ALIMENTOS
QUE CAUSAN CONTAMINACIÓN ALIMENTARIA PARA LA MEJORA DEL PLAN DE
MANTENIMIENTO A LOS SISTEMAS DE COMPRESIÓN**

Luis Pedro Caal Vásquez

Asesorado por el Msc. Ing. Víctor Eduardo Izquierdo Palacios

Guatemala, marzo de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO SOBRE LOS CONDENSADOS
GENERADOS EN EL AIRE COMPRIMIDO EN PLANTAS DE PROCESO DE ALIMENTOS
QUE CAUSAN CONTAMINACIÓN ALIMENTARIA PARA LA MEJORA DEL PLAN DE
MANTENIMIENTO A LOS SISTEMAS DE COMPRESIÓN**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS PEDRO CAAL VÁSQUEZ

ASESORADO POR EL MSC. ING. VÍCTOR EDUARDO IZQUIERDO PALACIOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Ismael Homero Jerez González
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
EXAMINADOR	Ing. Oswin Antonio Melgar Hernández
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO SOBRE LOS CONDENSADOS
GENERADOS EN EL AIRE COMPRIMIDO EN PLANTAS DE PROCESO DE ALIMENTOS
QUE CAUSAN CONTAMINACIÓN ALIMENTARIA PARA LA MEJORA DEL PLAN DE
MANTENIMIENTO A LOS SISTEMAS DE COMPRESIÓN**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, el 01 de marzo de 2013.



Luis Pedro Caal Vásquez

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142

AGS-MIMPP-0005-2013

Guatemala, 01 de marzo de 2013.

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Luis Pedro Caal Vásquez** con carné número **2002-11805**, quien optó la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Ingeniería Mantenimiento**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

"Id y enseñad a todos"

Msc. Ing. Víctor Eduardo Izquierdo P.

Asesor (a)
Ing. *Victor Eduardo Izquierdo P.*
Colegiado No. 3102

Msc. Ing. César Augusto Akú Castillo
Coordinador de Área
Gestión y Servicios

César Akú Castillo MSc
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073

Mayra Virginia Castillo Montes
Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado



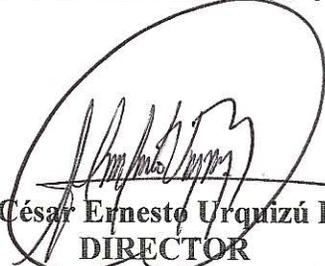
Cc: archivo
/la



REF.DIR.EMI.085.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO SOBRE LOS CONDENSADOS GENERADOS EN EL AIRE COMPRIMIDO EN PLANTAS DE PROCESO DE ALIMENTOS QUE CAUSAN CONTAMINACIÓN ALIMENTARIA PARA LA MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A LOS SISTEMAS DE COMPRESIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Luis Pedro Caal Vásquez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquízú Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2013.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 200 .2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO SOBRE LOS CONDENSADOS GENERADOS EN EL AIRE COMPRIMIDO EN PLANTAS DE PROCESO DE ALIMENTOS QUE CAUSAN CONTAMINACIÓN ALIMENTARIA PARA LA MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A LOS SISTEMAS DE COMPRESIÓN**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Pedro Caal Vásquez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 12 de marzo de 2013



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme sabiduría y fuerza para alcanzar este objetivo en mi vida.
- Mi madre** Eneida Vásquez, por el amor, principios y espíritu de superación que inculco en mi vida para obtener este logro.
- Mis hermanos** Carlos, Sergio, Alexander y Mónica Caal Vasquez, por su ayuda incondicional y ejemplo, que dio valor a mi vida.
- Mi novia** Kimberly Balcarcel, por el amor, comprensión y apoyo que recibí de su parte.
- Mi amigo** Edwin Mejía, por el apoyo brindado cuando más lo necesité.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	IX
OBJETIVOS / HIPÒTESIS	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	5
3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	7
4. ALCANCE	9
5. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	11
5.1 Los metales pesados	11
5.2. Efectos nocivos a la salud por consumir alimentos con alto contenido de metales pesados	13
5.2.1. Mercurio	14
5.2.2. Cadmio	15
5.2.3. Plomo	15
5.2.4. Cromo	16
5.2.5. Arsénico	16
5.3. Inocuidad de alimentos	16
5.4. Compresores	19
5.4.1. Clasificación de los compresores	20
5.4.2. Tratamiento de aire comprimido	21

5.4.2.1.	Pasos para el tratamiento	21
6.	CONTENIDO	23
7.	METODOLOGÍA	27
7.1.	Técnicas de recolección de información.....	27
7.2.	Población y muestra.....	28
7.3.	Análisis.....	28
8.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	28
9.	RECURSOS FÍSICOS Y FINANCIEROS	31
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Tipos de compresores.....	20
2.	Pasos para tratamiento de aire comprimido	22

TABLAS

I.	Ingesta media diaria	19
II.	Cronograma de actividades	29
III.	Recursos financieros.....	32

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Centígrados
Mg	Miligramos
OMS	Organización Mundial de la Salud
FAO	Organización para la alimentación y la agricultura
Cfm	Pies cúbicos por minuto
%	Porcentaje

GLOSARIO

Condensación	Cambio de estado de la materia que se encuentra en forma gaseosa a forma líquida. Es el proceso inverso a la vaporización.
Densidad	Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia.
Ecosistema	Un ecosistema es un sistema natural que está formado por un conjunto de organismos vivos (biocenosis) y el medio físico donde se relacionan (biotopo).
Hematopoyético	Es el proceso de formación, desarrollo y maduración de los elementos formes de la sangre (eritrocitos, leucocitos y plaquetas) a partir de un precursor celular común e indiferenciado conocido como célula madre.
Herrumbre	Término general con el que se conoce a varios tipos de óxido de hierro, estos compuestos se forman cuando el hierro es expuesto al agua o a la humedad
Hiperqueratosis	Es un trastorno caracterizado por el engrosamiento de la capa externa de la piel.

Humedad relativa	La cantidad de vapor de agua contenida en el aire, en cualquier momento determinado, normalmente es menor que el necesario para saturar el aire.
Metilmercurio	El metilmercurio (a veces escrito como metilmercurio) es un catión organometálico de fórmula química $[\text{CH}_3\text{Hg}]^+$.
Nafta	Mezcla de hidrocarburos líquidos; se obtiene por destilación directa del petróleo.
Neuropatía	La neuropatía es una enfermedad del sistema nervioso periférico.
Oligoelementos	Son bioelementos presentes en pequeñas cantidades (menos de un 0,05%) en los seres vivos y tanto su ausencia como una concentración por encima de su nivel característico, puede ser perjudicial para el organismo, llegando a ser hepatotóxicos.
Prurito	Es un hormigueo o irritación presentado en todo el cuerpo.
Toxicidad	Es una medida usada para medir el grado tóxico o venenoso de algunos elementos.

RESUMEN

En Guatemala existe diversidad de empresas que se dedican al procesamiento de alimentos; éstas deben garantizar su inocuidad para que al ingerirse no causen daños a la salud. En el medio se manejan normativas para el aseguramiento del producto inocuo, tal es el caso de las regulaciones dispuestas por el MAGA y el MARN que son básicas en su cumplimiento para garantizar un producto alimenticio sano.

En los diferentes procesos de producción, existen procesos que utilizan aire comprimido y éste tiene contacto directo con los alimentos. En los sistemas de compresión de aire se generan condensados derivados de la humedad que ambiente conlleva al momento de su aspiración. Al reducirse el volumen de aire se generan pequeñas gotas de agua a las cuales se llaman condensados, éstas contienen concentraciones de metales que están en el ambiente son producidos por los humos de automotores y la industria.

Regularmente los humos generados por combustión contienen alto porcentaje de metales pesados, los metales pesados es un grupo de elementos químicos que presentan una densidad relativamente alta y cierta toxicidad para los seres humanos y que al ingerirse en concentraciones altas, generan daños severos y hasta irreversibles a la salud.

Dentro de una planta de procesamiento, el Departamento de Mantenimiento es el que tiene la responsabilidad de garantizar que los condensados deben ser retenidos por diferentes sistemas para que, al tener contactos con los alimentos, no los contamine químicamente. Existen

normativas que rigen los límites tolerables que pueden ser ingeridos por el humano con relación a los metales pesados, estas disposiciones son de OMS y Codex Alimentarius, las cuales son de importancia superlativa para garantizar la inocuidad de los alimentos.

En este orden de ideas, la investigación propuesta es acerca del estudio técnico sobre los condensados generados en el aire comprimido en plantas de proceso de alimentos que causan contaminación alimentaria para la mejora del plan de mantenimiento a los sistemas de compresión, esto con el objeto de medir y garantizar la calidad de aire que es entregado para producir alimentos.

OBJETIVOS

General

Determinar mediante un estudio técnico acerca de los condensados generados en el aire comprimido en plantas procesadoras de alimentos, si la contaminación alimentaria puede erradicarse mediante un plan de mejora de mantenimiento a los sistemas de aire comprimido.

Específicos

1. Identificar las cantidades mínimas tolerables para la salud humana en el consumo de metales pesados, con base en normativa de OMS y Codex Alimentarius.
2. Definir las tecnologías existentes en el mercado guatemalteco, los cuales ayuden a garantizar el correcto manejo de condensados generados en una línea de aire comprimido y su manejo responsable, como desechos líquidos al ambiente para plantas procesadoras de alimentos.
3. Describir los efectos nocivos a la salud que conlleva ingerir alimentos altamente contaminados con aire comprimido que arrastra condensados que poseen metales pesados.
4. Diseñar un Plan de Mantenimiento a Sistemas de Compresión para evitar la contaminación alimentaria por medios químicos a través de los condensados generados por contacto directo.

HIPÓTESIS

La contaminación química de los alimentos se relaciona directamente con la cantidad de metales pesados que existe en los condensados del aire comprimido derivado, de un deficiente Plan de Mantenimiento a los Sistemas de Generación de Aire Comprimido.

Variable Independiente:

Sistema de trampeo y retención de condensados correcto.

Variable Dependiente:

Contaminación química en los alimentos por contacto directo.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación de alimentos en los procesos de la industria alimenticia puede ser provocada en tres vías: física, química y biológica. Para cada una de estas vías de contaminación existen maneras de evitar, controlar y mitigar la amenaza que conllevan. Los medios utilizados para controlar la contaminación en alimentos durante su proceso de producción tienen un solo enfoque, la inocuidad de los alimentos.

El concepto de inocuidad comprende la condición de los alimentos que garantiza que no causaran daño al consumidor cuando se preparen y consuman de acuerdo con el uso al que se destinan.

Dentro de una planta procesadora de alimentos, los colaboradores involucrados en el proceso de producción, tienen la responsabilidad de garantizar la inocuidad de alimentos para que éstos no causen daño a la salud de quienes lo ingieren. El Departamento de Mantenimiento o Departamento de Conservación Industrial, debe aportar en el seguimiento a las normas y reglamentaciones establecidas por la empresa y proveer apoyo técnico y administrativo a la gestión de la calidad.

Es importante señalar que una actividad que compete al Departamento de Mantenimiento, es el aseguramiento de las tecnologías utilizadas para el procesamiento de alimentos; en el caso de la generación y manejo de aire comprimido, que es utilizado en el proceso productivo y que tiene contacto directo con los alimentos. Existe la normativa de la Organización Mundial de la

Salud que establece los límites permisibles de metales pesados que el cuerpo puede ingerir y que al sobrepasarlos, causan enfermedades terminales.

En esta investigación, lo que se busca es determinar el grado de contaminación química que los condensados generados por la compresión de aire pueden causar a los alimentos a través del contacto directo, teniendo una herramienta importante para evitarlo a través de la aplicación correcta del mantenimiento a los sistemas de compresión.

En el capítulo 1, se desarrolla referente a los metales pesados, su presentación en la naturaleza y se expone según la clasificación dispuesta por la Organización Mundial de la Salud, el grado de riesgo que éstos presentan al ser ingeridos en alimentos. Los metales pesados son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. El término de metal pesado refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas, estos tienen aplicación directa en numerosos procesos de producción de alimentos.

En el capítulo 2, se explica acerca de la inocuidad de alimentos, los tipos de contaminación alimentaria, los efectos nocivos a la salud que conlleva ingerir alimentos contaminados químicamente por metales pesados y las regulaciones internacionales del Codex Alimentarius y de la OMS.

En el capítulo 3, se trata sobre los sistemas de compresión de aire, las tecnologías existentes en el mercado guatemalteco, la generación de los condensados, sistemas de trampeo y retención de condensados, además, el mantenimiento a los sistemas de aire comprimido que permitan el aseguramiento de la inocuidad de alimentos.

En el capítulo 4, se ha determinado realizar un estudio de condensados producidos por aire comprimido a empresas guatemaltecas productoras de alimentos y analizarlos en un laboratorio para definir el porcentaje de metales pesados que contiene los condensados, y que al contacto directo con los alimentos en el proceso de producción pueden causar contaminación química a los alimentos teniendo un porcentaje alto de metales pesados en relación a la disposición de la OMS y como consecuencia, daños graves a la salud del consumidor si no son controlados.

Además, se realizará un estudio de los sistemas de trampeo y filtración de condensados actuales, para asegurar la inocuidad de los alimentos y el manejo responsable de los condensados que son descargados al ambiente a través de una propuesta de plan de mejora a los sistemas de aire comprimido de cada planta a investigar.

En la última parte se definirán las conclusiones finales y recomendaciones que permitan enfatizar las mejoras al plan de mantenimiento que ayude a la inocuidad de alimentos.

En este orden de desarrollo, se encontrará la mejora continua a los sistemas de aire comprimido a través del Plan de Mantenimiento que permita garantizar la inocuidad de alimentos.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El aire ambiente contiene pequeñas cantidades de metales y aceite procedentes de los vehículos automotores y la actividad industrial. La industria como la de productos farmacéuticos, procesamiento de alimentos y bebidas, deben evitar cualquier riesgo de contaminación de aire de compresión y las graves consecuencias que ello podría acarrear a la salud de quienes lo ingieren.

La actividad industrial y los vehículos arrojan al ambiente metales tóxicos como plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo, muy dañinos para la salud humana y para la mayoría de formas de vida. Además, los metales originados en las fuentes de emisión generadas por el hombre, incluyendo la combustión de nafta con plomo, se encuentran en la atmósfera como material suspendido que respiramos. Las aguas residuales no tratadas, provenientes de minas y fábricas, llegan a los ríos, mientras los desechos contaminan las aguas subterráneas. Cuando se abandonan metales tóxicos en el ambiente, contaminan el suelo y se acumulan en las plantas y los tejidos orgánicos.

Los elementos denominados metales pesados, que se encuentran suspendidos en el aire son aspirados por los compresores que luego son llevados a alta presión y utilizados para proceso de alimentos. Estos elementos se depositan en el aire en forma de condensados con alta concentración que al tener contacto con alimentos pueden generar contaminación química, que al ser ingeridos pueden provocar un daño de gran magnitud a la salud, por lo tanto: ¿Cuáles son los efectos nocivos a la salud que conlleva ingerir alimentos contaminados con metales pesados?

En Guatemala no existe una ley o normativa clara que defina las cantidades permisibles en el consumo de metales pesados en alimentos, varias planta procesadoras de alimentos se basan en reglamentaciones internacionales que rigen esto, por lo que lleva a considerar: ¿Cuáles son las cantidades mínimas tolerables de metales pesados para la salud en el consumo de alimentos propuestos por la OMS y Codex Alimentarius?

Además, la ineficiente ejecución de planes de mantenimiento y el uso de tecnologías obsoletas (sistemas de filtración y trampeo deficientes), permiten que los alimentos sean contaminados a través de metales pesados, por lo que se plantea: ¿Qué tecnologías ayudan a garantizar el manejo correcto de los condensados en sistemas de aire comprimido?, y ¿Qué mejoras se deben hacer a los sistemas de aire comprimido que permitan reducir la contaminación alimentaria por medio de los condesados?

En este orden de ideas, se plantea la pregunta general que nos permite dar el enfoque necesario a la investigación:

¿Los condensados generados en el aire comprimido que causan contaminación a los alimentos en el proceso de producción pueden erradicarse a través de un plan de mejora de mantenimiento a los sistemas de compresión?

3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La primera responsabilidad social que tienen las plantas procesadoras de alimentos es de garantizar la inocuidad de su procesos hacia los consumidores, en este caso, por contaminación química, es de vital importancia que el Departamento de Mantenimiento sea el gestor, en cooperación conjunta con el Departamento de Calidad, y producir alimentos sanos que no causen daños a la salud. En la actualidad, en Guatemala, no existe ninguna normativa o regulación que solicite a las plantas procesadoras de alimentos la calidad de aire comprimido que se utilizan en sus procesos y mitigar el riesgo de contaminación química a través del contacto directo.

Derivado de las pocas regulaciones existentes en el medio guatemalteco, el estudio adquiere valor al validar los análisis de producción de alimentos, en él se utiliza aire comprimido en contacto directo con alimentos, para garantizar la inocuidad de los alimentos y evitar daños severos a la salud de los consumidores.

El estudio, puede revelar y ser utilizado como base para generar una normativa a nivel nacional que permita regular la calidad de aire comprimido utilizado en plantas procesadoras de alimentos.

4. ALCANCE

Esta investigación es de tipo descriptiva, tomando como referencia la normativa existente hasta el 2012 para el manejo de metales pesados en la industria alimenticia, según referencia de la OMS y Codex Alimentarius. Se realizará un análisis de metales pesados en los condensados generados en la compresión de aire, que permita plantear un plan de mejora de mantenimiento a los sistemas de aire comprimido para mitigar la contaminación química de los alimentos a través del contacto directo.

En base a lo anterior, se desarrollarán estudios para su posterior análisis en plantas procesadoras de alimentos en la ciudad de Guatemala, Escuintla, Chimaltenango y Sacatepéquez previo a obtener el permiso respectivo para ejecutar la medición de calidad de aire de comprimido, otorgado por cada empresa.

Según los resultados obtenidos del análisis de condensados, se desarrollarán las tecnologías a utilizar para garantizar la inocuidad de los alimentos, así como la mejora al Plan de Mantenimiento a los Sistemas de Aire Comprimido, que permita obtener los parámetros permisibles dispuestos por la OMS y Codex Alimentarius de metales pesados, si es que hubiere una ingesta de éstos en un alto porcentaje en referencia a los parámetros establecidos por las entidades ya mencionadas.

5. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

El marco teórico es el grupo central de conceptos y teorías que uno utiliza para formular y desarrollar un argumento. Esto se refiere a las ideas básicas que forman la base para los argumentos, mientras que la revisión de literatura se refiere a los artículos, estudios y libros específicos que uno usa dentro de la estructura predefinida. Tanto el argumento global como la literatura que lo apoya son necesarios para desarrollar una tesis cohesiva y convincente.

5.1. Los metales pesados

Los metales pesados es un grupo de elementos químicos que presentan una densidad relativamente alta y cierta toxicidad para los seres humanos. La actividad industrial y minera arroja al ambiente metales tóxicos como plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo, muy dañinos para la salud humana y para la mayoría de formas de vida. Además, los metales originados en las fuentes de emisión generadas por el hombre, incluyendo la combustión de nafta con plomo, se encuentran en la atmósfera como material suspendido que respiramos (Cervantes Ramos, Claudia, 2009).

Por otro lado, las aguas residuales no tratadas, provenientes de minas y fábricas, llegan a los ríos, mientras los desechos contaminan las aguas subterráneas. Cuando se abandonan metales tóxicos en el ambiente, contaminan el suelo y se acumulan en las plantas y los tejidos orgánicos (Cervantes Ramos, Claudia, 2009).

La peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser química ni biológicamente degradables. Una vez emitidos, pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros, por la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación. Es una realidad, la toxicidad de metales pesados ha quedado documentada a lo largo de la historia: los médicos griegos y romanos ya diagnosticaban síntomas de envenenamientos agudos por plomo mucho antes de que la toxicología se convirtiera en ciencia (Cervantes Ramos, Claudia, 2009).

Algunos de estos metales son imprescindibles para el mantenimiento de los sistemas bioquímicos en los seres vivos, siendo denominados oligoelementos o elementos traza. En este grupo se incluirán metales como el manganeso (Mn), cromo (Cr), zinc (Zn) y cobre (Cu). Otros, aunque no incluidos en este grupo, por estar ampliamente distribuidos por la corteza terrestre, se encuentran presentes en los seres vivos, tales como el plomo (Pb), níquel (Ni), vanadio (V), cadmio (Cd) y mercurio (Hg), que no poseen ningún efecto biológico beneficioso y son tóxicos para las personas (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

Aunque los metales pesados se encuentran en la naturaleza, la actividad humana, y concretamente los procesos industriales, son la mayor fuente de contaminación por dichos metales pesados, cobrando importancia en la actualidad la procedencia de éstos por la incineración de basuras (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

Aunque una fuente importante de exposición a los metales es la de carácter laboral, la gran difusión de estos elementos hace que la población general esté expuesta a través de diferentes fuentes como pueden ser el agua,

el aire, el suelo y/o los diferentes grupos de alimentos, siendo esta ingesta alimentaria la vía principal de exposición para la población general (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

Los metales son causantes en muchas ocasiones de los grandes síndromes tóxicos, siendo el caso del coma producido por el plomo, arsénico o mercurio. Las neuropatías periféricas pueden ser provocadas por plomo, arsénico o talio. En el síndrome hematológico se puede mencionar la anemia por el plomo. En cuanto al síndrome nefrótico, puede ser provocado por el cadmio, el plomo o el mercurio. En el aparato respiratorio, el cadmio puede provocar enfisema, y el arsénico, cáncer de pulmón. En cuanto a la toxicidad embriofetal, todos los metales mencionados son teratógenos (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

En los últimos años, el número de países que han establecido en sus legislaciones alimentarias límites de tolerancia para el contenido en metales pesados de los alimentos ha ido en aumento, gracias a la puesta en marcha de algunos programas nacionales y un gran programa internacional auspiciado por la FAO-OMS, tendentes a obtener información sobre los contenidos usuales en diversos alimentos (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

5.2. Efectos nocivos a la salud por consumir alimentos con alto contenido de metales pesados

En la actualidad se conoce más sobre los efectos de los metales pesados, cuya exposición está relacionada con problemas de salud como retrasos en el desarrollo, varios tipos de cáncer, daños en el riñón, e incluso, con casos de muerte. La relación con niveles elevados de mercurio, cadmio, arsénico, cromo y plomo ha estado asociada al desarrollo de la autoinmunidad. La

autoinmunidad puede derivar en el desarrollo de dolencias en las articulaciones y el riñón, tales como la artritis reumática, y en enfermedades de los sistemas circulatorio o nervioso central (consumer.es, 2001).

A pesar de los abundantes análisis de estos efectos nocivos para la salud, la exposición a los metales pesados continúa y puede incrementarse por la falta de una política consensuada y concreta. El mercurio todavía se utiliza profusamente en las minas de oro de América Latina. El arsénico, junto con los compuestos de cobre y cromo, es un ingrediente activo en los conservantes de la madera. El aumento del uso del carbón incrementará la exposición a los metales porque las cenizas contienen muchos metales tóxicos que pueden ser aspiradas hasta el interior de los pulmones (consumer.es, 2001).

Por otro lado, las aguas residuales no tratadas, provenientes de minas y fábricas, llegan a los ríos, mientras los desechos contaminan las aguas subterráneas. Cuando se abandonan metales tóxicos en el ambiente, contaminan el suelo, se acumulan en las plantas y en los tejidos orgánicos en los que pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años. La exposición a metales pesados genera repercusiones negativas en el ecosistema y la salud del ser humano cuya exposición está relacionada con problemas de salud (consumer.es, 2001).

A continuación se describe los efectos nocivos que los metales pesados provocan a la salud humana:

5.2.1. Mercurio

El mercurio es un metal pesado líquido a temperatura ordinaria, siendo el único metal que se mantiene líquido a 0° C. Tanto él como sus derivados

orgánicos e inorgánicos son tóxicos, con una especial afinidad por el riñón y por el sistema nervioso (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

El mercurio es un elemento tóxico causante de un variado abanico de intoxicaciones, fundamentalmente accidentales originadas bien por exposición ambiental o laboral, o bien debidas al consumo de alimentos contaminados de origen marino (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

5.2.2. Cadmio

Su presencia en el hombre no se ha establecido hasta el momento como esencial. Se encuentra ampliamente distribuido de forma natural en el medio ambiente, aunque en concentraciones relativamente bajas. El cadmio existe como mineral en forma de sulfuro de cadmio y se encuentra casi siempre asociado a la presencia de zinc. Utilizando grandes cantidades de zinc, el hombre ha esparcido el cadmio en el entorno, ya que el zinc comercial puede contener hasta el 1% de este metal. La relación Cd/Zn varía de 1/100 a 1/1000. Ha sido descrito como “uno de los más peligrosos elementos traza que aparece en los alimentos y en el medio humano” (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

5.2.3. Plomo

Síntomas precoces: fatiga, dolores de cabeza, dolores óseos, dolores abdominales, trastornos del sueño, dolores musculares, impotencia, trastornos de conducta, y otros. Síntomas avanzados: anemia, cólicos intestinales, nauseas y vómitos, enfermedad renal, impotencia sexual, delirio, esterilidad, daños al feto, hipertensión arterial, estreñimiento agudo, afectación de los nervios, enfermedad ósea, problemas de cáncer y muerte (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

5.2.4. Cromo

Afecciones locales: sobre la piel causan dermatitis, sensibilización de la piel, es irritante de la piel y mucosas. Afecciones generales: produce tos, bronquitis crónica, ulceraciones del tabique nasal y piel, dolores respiratorios y de cabeza, hemorragia nasal, dermatitis aguda (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

5.2.5. Arsénico

Los síntomas de envenenamiento crónico por arsénico son diarrea, pigmentación cutánea, prurito generalizado, lagrimeo, vitíligo, alopecia, hiperqueratosis y edema circunscriptos. Dermatitis y queratosis en las palmas y plantas son comunes. El hígado puede dilatarse y la obstrucción de los conductos biliares puede producir ictericia. Al avanzar la intoxicación puede desarrollarse una encefalopatía. La médula ósea sufre serios daños. La anemia aplásica es el trastorno hematopoyético más común muerte (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

5.3. Inocuidad de alimentos

El concepto de Inocuidad de Alimentos se define como la garantía de no hacer daño como una responsabilidad compartida, que agregue valor tanto al productor como al consumidor para que sea sostenible en el tiempo. Este concepto ha sido ejecutado por varios países aunque son pocos los que tienen información al respecto (Espinoza, Rebeca, 1999).

El objetivo básico de la epidemiología nutricional es el estudio de la ingesta de alimentos y nutrientes como determinantes de enfermedades. Los

numerosos procesos industriales a que se ven sometidos los alimentos durante su procesado y la presencia en el medio ambiente de gran cantidad de contaminantes metálicos hacen que la investigación de la concentración de metales en alimentos sea un tema de interés para los toxicólogos (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

Los legisladores europeos han creado un sistema global de evaluación de riesgos, destinado a implantar Índices de Seguridad Alimentaria fiables. El Comité del Codex entiende por riesgo una estimación de la probabilidad de que se dé un efecto adverso en la salud de la población expuesta y de la propia gravedad de este efecto, como consecuencia de la existencia de un peligro (agente biológico, químico o físico existente en el alimento que tiene la potencialidad de producir efectos adversos en la salud) (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

El Comité del Codex sobre Higiene de los Alimentos define el análisis del riesgo o análisis de riesgos como un proceso de base científica que consta de tres componentes: evaluación del riesgo, gestión del riesgo y comunicación del riesgo. La evaluación del riesgo, objetivo de esta tesis doctoral, a su vez, consta de cuatro componentes: determinación del peligro, caracterización del peligro, evaluación de la exposición y caracterización del riesgo (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

La determinación del peligro consiste en la determinación de los agentes biológicos, químicos y físicos que pueden causar efectos nocivos para la salud y que pueden estar presentes en un determinado alimento o grupo de alimentos (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

La caracterización del peligro es la evaluación cualitativa y/o cuantitativa de la naturaleza de los efectos nocivos para la salud relacionados con agentes biológicos, químicos y físicos que pueden estar presentes en los alimentos. En el caso de los agentes químicos, deberá realizarse una evaluación de la relación dosis – respuesta, es decir, se determinará la relación entre la magnitud de la exposición (dosis) a un agente químico, biológico o físico y la gravedad y/o frecuencia de los efectos nocivos conexos para la salud (respuesta). En lo que respecta a los agentes biológicos o físicos, deberá realizarse una evaluación de la relación dosis-respuesta, si se dispone de los datos necesarios (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

La caracterización del riesgo es una estimación cualitativa y/o cuantitativa, que incluye las incertidumbres concomitantes, de la probabilidad de que se produzca un efecto nocivo, conocido o potencial, y de la gravedad que entraña para la salud de una determinada población, basada en la determinación del peligro, su caracterización y la evaluación de la exposición (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

La Seguridad Alimentaria, y en concreto, el estudio de contaminantes metálicos en los alimentos así como la valoración del riesgo a que se expone la población que consume estos alimentos es muy importante para la Toxicología Alimentaria. En la siguiente tabla se relacionan las ingestas medias diarias de algunos metales procedentes de los alimentos y agua y del aire. También se citan las vidas medias en el cuerpo para cada uno de ellos (Rubio Armendáriz, Carmen, 2009).

Tabla I. **Ingesta media diaria**

Metal	Ingesta media diaria (mg/día)		Vida media en todo el cuerpo (días)
	Alimento y agua	Aire	
Cadmio	0,160	0,0074	200
Plomo	0,300	0,046	1460
Mercurio	0,025	---	70
Hierro	15,00	0,084	800
Cobre	1,325	0,0114	80
Zinc	14,50	0,0168	933

Fuente: Rubio Armendáriz, Carmen, 2009.

5.4. **Compresores**

Son llamados compresores las maquinas destinadas a comunicar energía potencial al aire, mediante su compresión y almacenamiento en uno o mas recipientes, después de un mayor o menor tratamiento (Salvador Millán, 1996). Realmente, hablamos de compresores cuando la presión alcanzada sobrepasa los 3 bares. Por debajo de esta los denominamos soplantes. Si la presión obtenida es cercana a la atmosfera, entonces los denominaremos ventiladores (Salvador Millán, 1996).

El aire aspirado es una de las principales características que suelen fijar los fabricantes de los compresores. Es la cantidad de aire que pasa a través del conducto de aspiración. Como quiera que el consumo de todos los aparatos neumáticos puedan expresarse en condiciones normales, este es un dato básico para la elección de un compresor. Para una determinada aplicación debemos seleccionar un compresor que por lo menos aspire 1.5 a 2 veces el aire consumido en el circuito (Salvador Millán, 1996).

La otra variable decisoria para la elección del compresor es la presión de descarga que debe ser superior, por supuesto, a la mínima necesaria para que

los cilindros, motores, etc., hagan las maniobras con las características previstas (Salvador Millán, 1996).

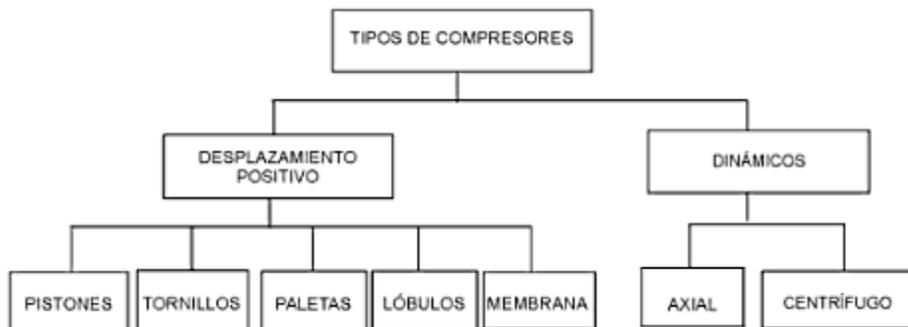
5.4.1. Clasificación de los compresores

Se conoce dos grupos básicos de compresores:

Desplazamiento positivo: la compresión se obtiene mediante la reducción de volumen del gas dentro del dispositivo. Entre éstos están: pistones, paletas, lóbulos, tornillo (Poveda Ramos, Gabriel, 2,007).

Dinámicos: en estos dispositivos el aire es aspirado por un lado y comprimido mediante la aceleración de la masa o el cambio de la energía cinética (como el funcionamiento de las turbinas) (Poveda Ramos, Gabriel, 2,007).

Figura 1. Tipos de compresores



Fuente: Poveda Ramo, Gabriel, 2007.

5.4.2. Tratamiento de aire comprimido

En la mayoría de los procesos industriales se requiere de aire comprimido limpio, para evitar la contaminación de los productos que está entregando la planta. Por esta razón es importante hacerle tratamiento al aire, porque éste al salir del compresor contiene:

Agua: el aire tiene humedad relativa. Al transportarse por la tubería se presentan cambios de temperatura y se presenta condensación. Ésta es una de las mayores desventajas en los sistemas de aire comprimido (Poveda Ramos, Gabriel, 2,007).

Aceite: sólo si el compresor lo requiere y en la operación del mismo permite el paso de éste a la línea (Poveda Ramos, Gabriel, 2,007).

Herrumbre y partículas sólidas: por la corrosión de las tuberías y por la suciedad del aire que entra al compresor (Poveda Ramos, Gabriel, 2,007).

Todo esto genera daños y aumenta los costos de producción del aire comprimido (Poveda Ramos, Gabriel, 2,007).

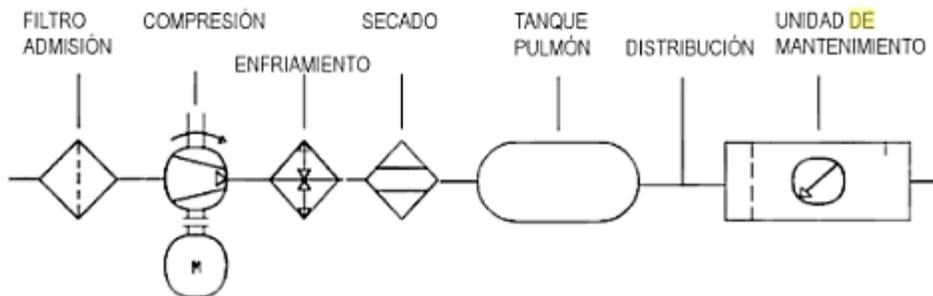
5.4.2.1. Pasos para el tratamiento

Al hacer tratamiento al aire comprimido hay que seguir algunos pasos según la necesidad, y algunos elementos que se ven a continuación no quedan involucrados, pues se debe elegir entre los que se proponen, como es el caso del separador centrífugo, el post-enfriador y el secador. Sin embargo, si se colocan los tres no hay ningún problema en el funcionamiento, pero se

incrementa mucho los costos de inversión en elementos para el tratamiento de aire (Poveda Ramos, Gabriel, 2,007).

En el siguiente esquema se muestra el orden que se debería seguir en la conexión de los elementos para el tratamiento de la línea de aire comprimido. Hay que tener en cuenta que algunos de los elementos que se instalan dependen de la necesidad que se tiene en el proceso de aire limpio y seco (Poveda Ramos, Gabriel, 2,007).

Figura 2. **Pasos para tratamiento de aire comprimido**



Fuente: Poveda Ramo, Gabriel, 2007.

Hay elementos que no deben faltar, como la unidad de mantenimiento, siempre debe haber uno de estos dispositivos a la entrada de la aplicación, garantizando que se filtre al aire, se eliminen condensados y se regule la presión de entrada a la aplicación. El lubricador se coloca solo si la presencia de aceite no afecta el producto con el que se está trabajando el proceso (Poveda Ramos, Gabriel, 2,007).

6. CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES
LISTA DE SÍMBOLOS
GLOSARIO
RESUMEN
OBJETIVOS
INTRODUCCIÓN
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL
 - 1.1. Los metales pesados
 - 1.2. Concepto de metales pesados
 - 1.2.1. Mercurio
 - 1.2.2. Cadmio
 - 1.2.3. Plomo
 - 1.2.4. Cromo
 - 1.2.5. Arsénico
 - 1.3. Concepto de metales pesados

CAPÍTULO II

2. NORMAS Y REGULACIONES EN EL PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS
 - 2.1. Inocuidad de alimentos

- 2.2. Contaminación de los alimentos
 - 2.2.1. Contaminación física
 - 2.2.2. Contaminación química
 - 2.2.3. Contaminación biológica
- 2.3. Efectos nocivos a la salud por ingesta de metales pesados en alimentos
- 2.4. Regulaciones del Codex Alimentarius
- 2.5. Regulaciones de la OMS

CAPÍTULO III

3. SISTEMAS DE COMPRESIÓN

- 3.1. Compresores
 - 3.1.1. Compresores de tornillo
 - 3.1.2. Compresores reciprocantes
- 3.2. Sistemas de aire comprimido
- 3.3. Generación de condensados
- 3.4. Sistemas de trampeo y retención de condensados
- 3.5. Regulaciones nacionales en el manejo de desechos líquidos
- 3.6. Mantenimiento a los sistemas de aire comprimido

CAPÍTULO IV

4. ESTUDIO Y DISEÑO DE PLAN DE MEJORA DE MANTENIMIENTO A SISTEMAS DE COMPRESIÓN

- 4.1. Perfil de las plantas procesadoras de alimentos a estudio
- 4.2. Toma de muestras
- 4.3. Análisis de resultados
- 4.4. Análisis de los sistemas de tratamiento de aire

- 4.5. Plan de mejora a los sistemas de tratamiento de aire comprimido
 - 4.5.1. Compresor
 - 4.5.2. Filtros
 - 4.5.3. Tanques
 - 4.5.4. Tuberías
 - 4.5.5. Secadores
- 4.6. Manejo responsable de los desechos líquidos al ambiente

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

7. METODOLOGÍA

La metodología hace referencia al conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar una gama de objetivos que rigen en una investigación científica, una exposición doctrinal o tareas que requieran habilidades, conocimientos o cuidados específicos. Alternativamente puede definirse la metodología como el estudio o elección de un método pertinente para un determinado objetivo.

7.1. Técnicas de recolección de información

- Teórica: se obtendrá la información existente de manuales, libros o tesis y se aplicará lo que sea necesario para la implementación de estándares establecidos.
- Fichas de resumen: se elaborarán fichas de resumen, que ayudarán en el trabajo de recopilación de datos interesantes para la investigación, añadiéndole a cada una, la información de acuerdo a la experiencia que sea necesaria para su posterior aplicación.
- Boletas de visita a plantas procesadoras: será una herramienta diseñada para hacer el levantamiento de información in situ que servirá para tomar un marco referencial, o sea la situación actual, y después del estudio, se hagan evaluaciones periódicas sobre el mejoramiento de las diversas variables.

7.2. Población y muestra

La población son todas las planta procesadoras de alimentos en Guatemala que poseen sistemas de aire comprimido y que en el proceso, el aire de compresión tiene contacto directo con los alimentos.

La muestra lo constituye:

- Una planta procesadora de aves
- Una planta procesadora de cereales
- Una planta procesadora de bebidas
- Una planta procesadora de envases para alimentos
- Una planta procesadora de embutidos

7.3. Análisis

Se realizará un estudio de la existencia de metales en los condensados de aire de compresor y se comparara en base a los estándares que normaliza la OMS. Se definirán las tecnologías existentes en el medio para garantizar el correcto drenado de condensados y se evaluaran las empresas en base al estándar.

Se harán mediciones en los puntos de entrega de aire para conocer la cantidad en mililitros de agua que a cierta cantidad de Cfms se están generando y conocer el volumen que pueda contaminar los alimentos. Las muestras se llevarán a un laboratorio especializado que hará los análisis respectivos para determinar la cantidad de metales pesados existentes en los condesados y definir el grado de amenaza que estos representan al tener contacto directo con los alimentos durante el proceso de producción.

8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El cronograma de actividades es el esquema básico donde se distribuye y organiza en forma de secuencia temporal el conjunto de experiencias y actividades diseñadas a lo largo de un curso. La organización temporal básicamente se organiza en torno a dos ejes: la duración de la asignatura y el tiempo que previsiblemente el estudiante dedicará al desarrollo de cada actividad.

Tabla II. Cronograma de actividades

		Año 2013																															
No.	Actividades	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1	Realización capítulo 1	■				■																											
2	Realización capítulo 2					■				■																							
3	Realización capítulo 3													■				■															
4	Toma de muestras																	■				■											
5	Análisis de resultados																					■				■							
6	Realización capítulo 4																									■				■			
7	Revisión Informe final																													■			

Fuente: elaboración propia.

El anterior cronograma de actividades muestra la secuencia en las que se ejecutará la programación de los capítulos del diseño de investigación durante el 2013, concluyendo dicha investigación en agosto del año en curso.

9. RECURSOS FÍSICOS Y FINANCIEROS

Los recursos físicos y financieros, en definitiva, son los medios materiales y económicos que ayudan a conseguir algún objetivo.

Para la realización de este diseño de investigación se utilizarán el siguiente recurso:

- **Humano**

Dentro del recurso humano que se necesita para desarrollar el presente estudio están los siguientes:

- Asesor de tesis
- Analista de condensados

- **Financiero**

Los recursos financieros que se utilizarán para llevar a cabo la investigación, ascienden a un total estimado de Q. 7,150.00, los cuales se detallan a continuación:

Tabla III. **Recursos financieros**

Recurso	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Asesor	1	Q. 2,500.00	Q. 2,500.00
Analisis de condensados	5	Q. 800.00	Q. 4,000.00
SUBTOTAL			Q. 6,500.00
Imprevistos 10%	1	Q. 650.00	Q. 650.00
TOTAL A INVERTIR			Q. 7,150.00

Fuente: elaboración propia.

Con este monto se busca cubrir lo referente al costo de asesoría, análisis de condensados e imprevistos que surjan en la realización del estudio para el diseño de la investigación.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAJO TIPAN, JORGE IVÁN (2011). *Elaboración de un Programa de Mantenimiento para Compresores de Aire y Secadores Marca Bogue Distribuido por la Empresa Ecuatoriana Industrial Termoval CIA. LTDA.* Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
2. AROCHE, RODOLFO RENÉ (2,011). *Análisis de Riesgo y Propuesta de Mejora del Sistema de Generación de Distribución Aplicado en la Industria de Pre mezclas para Nutrición Animal. Guatemala.* Universidad de San Carlos de Guatemala.
3. CERVANTES RAMOS, CLAUDIA JUDITH (2,002). *Evaluación de la Genotoxicidad de Suelos Mineros de Villa de La Paz Matehuala.* México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
4. COMISIÓN DE CODEX ALIMENTARIUS (1,993). *Programa Conjunto FAO/OMS Sobre Normas Alimentarias.* Ginebra, Suiza
5. DE BONA, JOSE MARÍA (1,999). *Gestión del Mantenimiento.* Madrid, España.
6. ESPINOZA, REBECA (1,999). *Normas Para la Gestión de Calidad de Productos y Manejo Medioambiental.* Costa Rica.
7. GARCÍA GARCÍA, HAYRO OSWALDO (1,997). *Determinación y Cuantificación de Metales Pesados (Pb, As, Cd, Cr) y Sustancia Toxicas*

por Métodos Espectrofotos en Tejido Muscular CichlasomaManaguense.
Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

8. MILLAN, SALVADOR (1,995). *Automatización Neumática y Electro neumática.* Barcelona, España.
9. MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y ALIMENTACION (1,999). *Reglamento Para la Inocuidad de Alimentos.* Guatemala.
10. POVEDA RAMOS, GABRIEL (2,007). *Modelo Matemático y Dimensional Para el Planeamiento Óptimo de Industrias de Proceso.* Medellín, Colombia.
11. RUBIO ARMENDÁRIZ, CARME (2,002). *Ingesta Dietética de Contaminantes Metálicos en la Comunidad Autónoma Canaria.* España: Universidad de La Laguna.