

UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS” - FACULTAD TECNOLÓGICA		
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA		
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO		
Nº DE RADICACIÓN: _____		
INFORMACIÓN EJECUTORES		
<b>Ejecutor 1</b>		
Nombre (s):	Yurani Marlen	
Apellido (s):	Ubaque Castillo	
Código:	20172375008	
E-mail:	<a href="mailto:ymubaquec@gmail.com">ymubaquec@gmail.com</a>	
Teléfono fijo:	-	
Celular:	3058173417	
<b>Ejecutor 2</b>		
Nombre (s):	Eliana Lucía	
Apellido (s):	Aguirre Zabala	
Código:	20172375012	
E-mail:	<a href="mailto:elianita.az0325@gmail.com">elianita.az0325@gmail.com</a>	
Teléfono fijo:	-	
Celular:	3218549690	
INFORMACIÓN DEL PROYECTO		
Título del Proyecto:	ESTRUCTURACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO POR CONDICIÓN PARA LOS EQUIPOS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA KELLOGG DE COLOMBIA S.A.	
Duración (estimada):		
Tipo de Proyecto: (Marqué con una “x”)	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	Monografía	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Desarrollo tecnológico local e institucional.	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Mantenimiento Industrial	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Mantenimiento de máquinas Industriales	
INFORMACIÓN PASANTÍA		

Nombre de la empresa:	
Dirección:	
Teléfonos:	
Correo electrónico:	
Página Web:	
<b>INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA</b>	
Director: (Vo. Bo.)	Ing. Mauricio González Colmenares
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	

## TABLA DE CONTENIDO.

0.	RESUMEN.....	4
0.	INTRODUCCIÓN.....	4
1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	5
2.	ESTADO DEL ARTE.....	5
3.	JUSTIFICACIÓN.....	7
4.	OBJETIVOS. ....	8
a.	Objetivo General. ....	8
b.	Objetivos Específicos. ....	8
5.	MARCO TEÓRICO .....	8
a.	Mantenimiento correctivo .....	9
b.	Mantenimiento preventivo .....	9
c.	Mantenimiento predictivo .....	9
6.	METODOLOGÍA.....	10
a.	Documentación. ....	10
b.	Levantamiento de información en planta. ....	10
c.	Recolección de datos. ....	10
d.	Análisis.....	11
e.	Conclusiones.....	11
7.	CRONOGRAMA. ....	11
8.	PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN.....	12
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	13

## ÍNDICE DE FIGURAS.

FIGURA 1 .....	11
----------------	----

## ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA 1 Presupuesto del proyecto .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b> 12
--	---

## **0. RESUMEN**

El auge en las industrias actualmente consiste en la disminución de costos en los procesos de producción, uno de los principales costos que presenta una planta de producción es el área de mantenimiento donde por paros inesperados, o cambios prematuros de repuestos se generan sobrecostos en producto a fabricar.

El presente proyecto pretende hacer un análisis del costo/beneficio que puede llegar a generar la migración desde un mantenimiento preventivo en la planta Kellogg de Colombia donde actualmente el cambio de repuestos se realiza sin un análisis técnico adecuado hasta un mantenimiento predictivo por condición donde la vida útil de los repuestos llegaría hasta su tope máximo de durabilidad y así generar ahorros en cuanto al cambio de repuestos, paros programados y paros no programados.

En este proyecto se usarán dispositivos de análisis y toma de datos como colector de vibraciones, cámara termográfica y alineador de poleas facilitadas por la empresa en función del estado de los equipos seleccionados como el secador 1, secador 2, cubrimiento MP y cubrimiento DX.

Éste análisis nos permitirá evidenciar los daños reales de los equipos y sus componentes permitiendo así plantear un plan de acción que permitirá disminuir costos en mantenimiento/Kg producido, aprovechar entre el 90% y el 100% de vida útil de los repuestos, disminuir tiempos de intervención a máquinas, por lo tanto mayor tiempo disponible para producción, implementar una nueva tecnología en cuanto a mantenimiento para la compañía, mejorar la confiabilidad de los equipos de planta, disminuyendo el indicador de paradas por mantenimiento y generando confiabilidad de proceso.

## **0. INTRODUCCIÓN**

El mantenimiento preventivo en la mayoría de las industrias, ha representado un avance significativo en la industria ya que ha logrado disminuir sustancialmente los costos por paros de producción que generalmente representan las pérdidas más grandes por desperdicio de materia prima, mano de obra y tiempos de producción; sin embargo el mantenimiento preventivo sigue representando un costo elevado en ya que los paros de producción para ejecución de los mismos, el cambio prematuro de repuestos y la mano de obra calificada para el mismo siguen representando un costo elevado en la producción de cualquier producto.

El mantenimiento predictivo por condición busca minimizar los costos de producción reduciendo al máximo los costos de mantenimientos llevando los repuestos a su punto límite de durabilidad con el fin de ahorrar dinero tanto en repuestos como en paros programados y no programados.

El presente proyecto tiene como fin mostrar cómo se puede hacer la migración desde un mantenimiento preventivo hasta un mantenimiento predictivo por condición con ayuda de herramientas que son accesibles para cualquier industria de producción en masa.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Durante el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo de la compañía Kellogg de Colombia S.A; ingenieros y técnicos de mantenimiento han notado que cuando se hace el cambio de muchos repuestos de los equipos, se hace en un lapso en el que la vida útil de estos aún no ha alcanzado su tope máximo, lo que genera un gasto innecesario de dinero en cuanto a mano de obra, tiempos de producción y repuestos en los equipos. Es por esto que el presente proyecto pretende realizar una migración de mantenimiento preventivo a mantenimiento predictivo por condición, el cual pretende generar una confiabilidad en el proceso de mantenimiento basados en datos técnicos establecidos por fabricantes o distribuidores tal que permita realizar cambios en los repuestos únicamente cuando estos hayan llegado a su tope máximo de vida útil, generando así un ahorro significativo en el plan de mantenimiento actual de la compañía.

## **2. ESTADO DEL ARTE**

Hoy en día el estudio, implementación y desarrollo de planes de mantenimiento industrial han entrado en auge; para ello ha sido necesario realizar un largo recorrido a través de los años, en donde se han reconocido diferentes formas de llevar a cabo estos planos pensados por profesionales y con ayuda de herramientas y dispositivos que cada vez facilitan más el trabajo y responsabilidad de predecir y prevenir algún evento que pueda llegar a alterar la vida útil de la maquinaria y hasta de una producción completa. El mantenimiento predictivo se ha venido desarrollando y tomando aún más fuerza en las empresas gracias al uso de diferentes aparatos, estudios y técnicas como las termografías, análisis de vibración etc.; tecnologías no invasivas y que de la mano del operario de las mismas y su conocimiento logran pronosticar con un alto grado de confiabilidad las fallas que se podrán presentar en un equipo en un determinado tiempo y así evitar daños irreversibles y paradas innecesarias. Anteriormente, estos tipos de mantenimiento se ideaban arbitrariamente y no estaban basados en análisis complejos de datos de laboratorio y operativos <sup>1</sup>; así sucedía en los años 90, en donde el mantenimiento predictivo no era tan utilizado y conocido y los planes desarrollados eran inexactos y acarreaban altos costos y posibles averías; aunque el mantenimiento predictivo no predice el fracaso, no garantiza al 100% que la falla no ocurra antes del mantenimiento preventivo, es una gran ayuda para evitarlo lo más posible; lo que sí es

---

<sup>1,2</sup> Ronald D. Lucier. (Abril,1992). *"Predictive maintenance for the '90s: an overview"*, Vol.1682, 35-42.

seguro, es que este tipo de práctica identifica una condición anormal<sup>2</sup> en el equipo y/o máquina.

Para poder tener claro lo que se va a desarrollar, se deben tener en cuenta seis preguntas, como lo menciona Ronald D. Lucier, en su artículo "PREDICTIVE MAINTENANCE FOR THE 90 ' S - AN OVERVIEW" (American Risk Management Corp. Cleveland, Ohio); que son: ¿Quién? ¿Qué? ¿Dónde? ¿Cuándo? ¿Por qué? ¿Cómo?"; en donde respondiendo a cada una de ella se tendrá la información necesaria para planear un muy buen programa de mantenimiento; allí también se menciona algo importante y es que, "a medida que aprendemos más sobre los modos de falla del equipo que inspeccionamos, tecnologías adicionales, serán integradas como instrumento para agregar capacidades de diagnóstico a nuestra labor."

A través de los años han surgido nuevas tecnologías y ramas de la ciencia en donde se estudian diversos casos de falla para así poder suministrar la solución adecuada; análisis térmicos, de vibraciones, láseres, ultrasonidos etc.; que logran captar información que llega a ser imperativa a la hora de implementar y poner en marcha un plan de mantenimiento predictivo que colabora y abra paso a uno preventivo.

Como ya se ha mencionado, al pasar de los años, se han desarrollado distintas técnicas para detectar fallas en el funcionamiento de una máquina antes de que éstas sucedan; la implementación de planes de mantenimiento efectivos ha tomado tanta fuerza que se han realizado múltiples investigaciones para mejorar cada día más en este campo; por ejemplo, en el año 2012, un grupo integrado por Daniela I. Borissova, Ivan C. Mustakerov, and Lyubka A. Doukovska; desarrollaron una investigación acerca de "colocación de sensores de mantenimiento predictivo por optimización combinatoria", en donde buscaban monitorear y recopilar información precisa de la máquina a trabajar para así predecir sus posibles fallas; con la disposición y número adecuado de sensores, se lograba realizar un análisis casi preciso de vibraciones del equipo y así evitar el daño de la misma. Esto fue un desarrollo importante puesto que revisando históricamente, los tipos de mantenimiento sólo se reducían en preventivos y reactivos, ya que no se contaba con un gran campo de investigación en este tema, hasta que se vio la necesidad de reducir costos y tiempos muertos en producción y aumentar así el tiempo de trabajo y disponibilidad de la máquina; cabe mencionar lo indicado por los autores, " implementar un monitoreo de este tipo acarrea una inversión, pero estos costos serán compensados por los beneficios que se cosechan en forma de producción continua"<sup>3</sup>; en este trabajo se buscaba la óptima colocación de los sensores y estimar el número requerido de ellos para un mejor rendimiento del sensor y así mismo, toma de datos. Así como en ese artículo, actualmente se encuentran más ideas que fueron desarrolladas en busca de innovación en técnicas e instrumentos que faciliten, mejoren y vuelvan más acertado el pronóstico de fallas en una máquina y así evitar tanto cambios y mantenimientos anticipados como daños inminentes tanto en los equipos como en la economía de la empresa.

---

<sup>3</sup> Daniela I. Borissova, Ivan C. Mustakerov, and Lyubka A. Doukovska. (Junio, 2012). "Predictive Maintenance Sensors Placement by Combinatorial Optimization". Vol.58.153-158.

Como ya es conocido, anteriormente sólo se adoptaban dos tipos de mantenimiento tradicionales, el correctivo, el cual se basa exclusivamente en reparar daños cuando ya están hecho y el preventivo, en donde se desarrollaban actividades programadas en donde se decidía cambiar repuestos y revisar máquina y se llevaban a cabo a criterio del encargado; pero al día de hoy han evolucionado estas técnicas y se cuenta con el mantenimiento predictivo por condición en donde se estudia con ayuda de los avances tecnológicos, nuevos dispositivos e innovación en toma de pruebas en las máquinas, las fallas que puede llegar a tener el equipo y así planear con más exactitud las tareas adecuadas para mantener el equipo en buen estado y ampliando así su vida útil; el mantenimiento predictivo por condición en donde según los resultados de los informes y monitoreo realizados con herramientas disponibles para ello se obtiene un diagnóstico más confiable y en base a él se puede decidir con certeza el plan de mantenimiento y/o estrategia correcta que puede llegar a mejorar la disponibilidad de los equipos y por ende la eficiencia económica en la empresa<sup>4</sup>.

Gracias a los avances tecnológicos y el afán de las industrias por reducir costos y tiempo muertos en sus producciones, se han venido desarrollando e investigando nuevas técnicas para llevar a otro nivel la forma de diagnosticar equipos, realizar mantenimientos etc; se ha llevado a cabo investigaciones con diferentes modalidades en temas de pruebas y análisis, como las de vibraciones y de lubricantes<sup>5</sup>, y también en muchos casos éstos métodos pueden ir ligados a mecanismos automatizados, modelos computacionales como redes neuronales<sup>6</sup> que llegan a ser tan asertivos en predecir el funcionamiento de una máquina en el futuro que pueden lograr reducir costos en una compañía y en términos globales y gran escala, lograr evitar gastos incalculables en repuestos, mano de obra y lo más importante, salvaguardar la línea de producción, la cual mantiene en pie la misma.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en la planta de Kellogg Colombia el mantenimiento preventivo se lleva a cabo teniendo en cuenta un tiempo específico de cambio de repuestos que no está planeado bajo especificaciones técnicas de duración de acuerdo a factores determinantes como esfuerzos, humedad o temperaturas elevadas de trabajo, si no dando un tiempo estándar específico de duración de acuerdo a recomendaciones del fabricante, sin embargo, al realizar los cambios de repuestos se ha evidenciado que muchos de estos

---

<sup>4</sup> **Wang. Hongxia, Ye. Xiaohui, Yin. Ming.**(2016). *“Study on predictive maintenance strategy”*.Vol 9. 295-300.

<sup>5</sup> Del Carmen Carnero Moya, Maria. (Junio, 2017). *“Model for the Selection of Predictive Maintenance Techniques”*. Vol.45. 83-94.

<sup>6</sup> **Sujata Butte ; Prashanth A R ; Sainath Patil.** (Abril, 2018). *“Machine Learning Based Predictive Maintenance Strategy: A Super Learning Approach with Deep Neural Networks”*. Vol. 1. 1-5.

tienen una vida útil del más del 50% y que el costo del mantenimiento preventivo puede ser disminuido si se genera una ruta de cambio basada en análisis técnicos de duración de los mismos con ayuda de herramientas como la cámara termográfica, aplicando análisis de tribología (para algunos repuestos) y análisis de vibraciones que es la herramienta que permite analizar con detalle el estado inicial y sus cambios con respecto al tiempo de acuerdo a mediciones periódicas realizadas.

#### **4. OBJETIVOS**

##### **a. Objetivo General**

- Estructuración del programa de mantenimiento predictivo por condición para los equipos del área de producción en la empresa Kellogg de Colombia S.A

##### **b. Objetivos Específicos**

- Diagnóstico de la situación actual de la compañía en cuanto a los planes de mantenimiento establecidos.
- Diseño del plan de mantenimiento para la compañía basado en condición para los equipos de la línea de proceso.
- Implementación y análisis de resultados implementados bajo actividades proactivas teniendo en cuenta los resultados arrojados en el diagnóstico.

#### **5. MARCO TEÓRICO**

El correcto mantenimiento en la maquinaria a nivel industrial es de vital importancia para que un proceso de producción funcione correctamente y evitar paros inesperados que representen pérdidas de tiempos y aumenten los costos del producto.

En una empresa de acuerdo a la organización estructural de la misma y teniendo en cuenta el tamaño de la misma se pueden presentar tres tipos de mantenimiento: (mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo).<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> **Renovetec.** "Ingeniería de mantenimiento- Tipos de mantenimiento". Vol. 1. Recuperado de: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>



### **a. MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

El mantenimiento correctivo es el que se usa en todas las fábricas, también es llamado mantenimiento por reacción.

El mantenimiento correctivo se basa en arreglar las averías en el momento exacto en que suceden, no requiere planeación, si no, atender la falla en el momento exacto en que sucede lo cual provoca paros en producción y gastos por pérdidas de producto.

Una forma de minimizar el impacto que trae consigo el mantenimiento correctivo es tener los repuestos y el personal capacitado disponible en el momento en que ocurra la falla para así solucionarla en el menor tiempo posible.

Este mantenimiento es aplicable a empresas con bajo nivel de producción donde las averías no representan una pérdida económica muy alta o en aquellas que no tienen líneas continuas de producción.

### **b. MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El mantenimiento preventivo o planificado consiste en un conjunto de tareas que tienen como objetivo anticiparse a una posible falla. Su objetivo es obtener una prestación del servicio de los equipos y máquinas y compensar el desgaste de los repuestos a medida que pasa el tiempo y de manera planeada antes de que surja una avería.

Sus mantenimientos están planeados de manera sistemática, se realizan por horas de funcionamiento o por periodos de tiempo.

El mantenimiento preventivo se basa en inspecciones que permiten identificar una falla antes de que suceda una ruptura.

Para empresas grandes es muy útil ya que permite reducir los costos de producción por paros no planificados; sin embargo, representan un costo alto en paros plantificados para realizar las rutinas de inspección.

### **c. MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

El mantenimiento predictivo es aquel que relaciona una variable física con el desgaste o estado de una máquina. Se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. Con esto se definen valores pre-alarma que indican el momento en que hay que realizar un el cambio de un repuesto.

A comparación del mantenimiento preventivo el mantenimiento predictivo tiene la ventaja de que no es necesario hacer grandes desmontajes de equipos para realizar una revisión y en muchos casos no es necesario parar la máquina, son técnicas no invasivas. Si tras la inspección se parecía algo irregular, se propone o se programa una intervención.

Las técnicas predictivas más habituales e instalaciones industriales son:

- ◆ Análisis de vibraciones que es la técnica más utilizada gracias a su fiabilidad y confiabilidad a la hora de detectar una falla.
- ◆ Termografía
- ◆ Boroscopias
- ◆ Análisis de aceites o tribología
- ◆ Análisis de ultrasonidos
- ◆ Análisis de humos de combustión
- ◆ Control de espesores en equipos estáticos

## **6. METODOLOGÍA**

### **a. Documentación**

Para la realización de este proyecto es muy importante contar con bases bibliográficas, fuentes de apoyo e información verídica y confiable para obtener buenos resultados y desarrollar lo mejor posible los objetivos propuestos, por ello nos basamos en bases de datos ofrecidas por la universidad como lo Science Direct, Scopus, Engineering Village; también contamos con artículos, revistas y documentos publicados tanto por universidades nacionales como extranjeras de donde se extraerán técnicas utilizadas para la implementación de mantenimiento predictivo en plantas de producción continua.

### **b. Levantamiento de información en planta**

Para la realización del proyecto se hará uso de documentos ya existentes con los cuales se realizan los planes de mantenimiento preventivo, y por medio de estas rutas determinar cuáles son los repuestos que más se cambian en planta e iniciar a hacer un levantamiento para realizar los análisis técnicos necesarios y así realizar la implementación en los equipos piloto.

### **c. Recolección de datos**

El Registro y recopilación de datos se llevará a cabo en la Planta de la compañía KELLOGG DE COLOMBIA S.A, ubicada en la ciudad de Bogotá, en la Calle 17 N° 68-95, con la utilización de dispositivos como colector de vibraciones, cámara termográfica y alineador de poleas facilitadas por la empresa en los equipos secador 1, secador 2, cubrimiento MP y cubrimiento DX.

#### d. Análisis

Los datos e información obtenidos con ayuda de los dispositivos utilizados se analizarán para así evidenciar el cambio tanto en costos como tiempos de mantenimiento, desarrollando por completo los objetivos de éste proyecto.

#### e. Conclusiones

Con la realización de este proyecto podemos establecer un plan de mantenimiento predictivo eficaz que permitirá disminuir tanto costos en el proceso como paradas innecesarias de la maquinaria y aprovechando al máximo la vida útil de los equipos mayor tiempo disponible de las mismas para la producción.

### 7. CRONOGRAMA

Para la realización de este trabajo se debe tener un control estricto de las actividades a realizar, para ello se hace uso de un diagrama de Gantt que nos ayudará a planificar con mayor eficiencia nuestro tiempo; allí se establecen las tareas en orden a desarrollar y el tiempo estimado para llevarlas a cabo; el cronograma nos permite visualizar lo que haremos y en el orden debido por ello no se puede continuar si la actividad anterior no está desarrollada<sup>8</sup>.

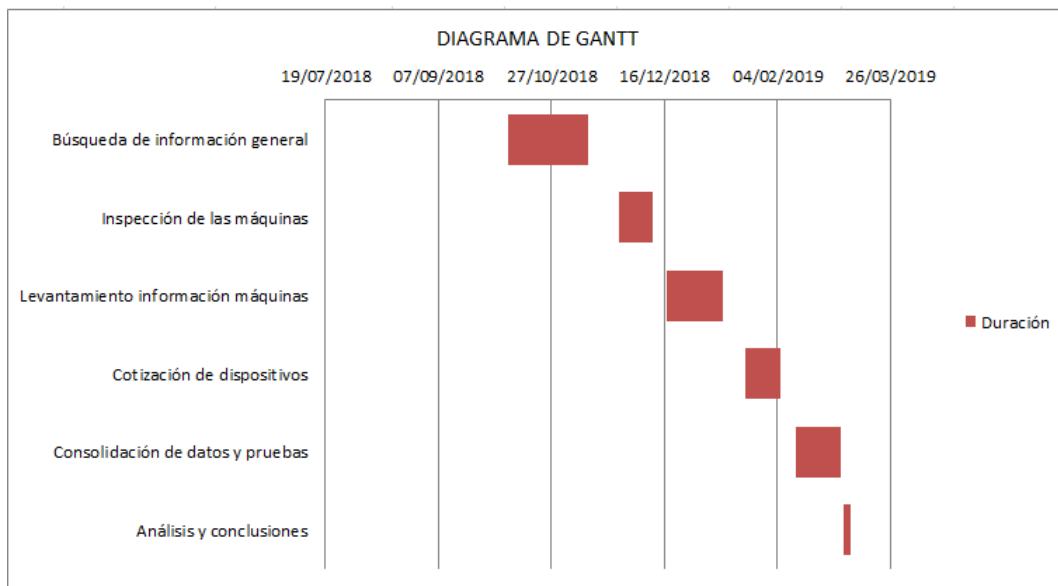


Figura 1. Diagrama de Gantt, control actividad - tiempo<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Salih O. Duffuaa, A. Raouf, John Dixon Campbell. (2000) "Sistemas de Mantenimiento, Planeacion y Control".

<sup>9</sup> Diagrama de Gantt, control actividad - tiempo

## 8. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

<b>Presupuesto del proyecto</b>				
<b>Tiempo estimado de duración en meses</b>	<b>4</b>			
<b>Tiempo estimado de duración en semanas</b>	<b>16</b>			
<b>Recurso</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Financiación</b>
<b>Autor (Tiempo)</b>			<b>\$4,000,000.00</b>	<b>Personal</b>
<b>Tutor (Tiempo)</b>			<b>\$4,800,000.00</b>	<b>Institucional</b>
<b>Bases de datos, adquisición bibliográfica</b>			<b>\$800,000.00</b>	<b>Institucional</b>
<b>Máquinas, herramientas, dispositivos</b>			<b>-</b>	<b>-</b>

Uso de los laboratorios			-	-
Gastos generales			\$1,000,000.00	Personal
Impresión trabajo	200	\$100.00	\$20,000.00	Personal
Tiempo en internet	1 mes	\$70,000.00	\$70,000.00	Personal
Empastados	2	\$12,000.00	\$24,000.00	Personal
Costos totales			\$ 10,714,000.00	

Tabla 1. Presupuesto del proyecto

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- 1- **Ronald D. Lucier.** (Abril, 1992). *"Predictive maintenance for the '90s: an overview"*, Vol.1682, 35-42. Doi:10.1117/12.58522.
- 2- **Daniela I. Borissova, Ivan C. Mustakerov, and Lyubka A. Doukovska.** (Junio, 2012). *"Predictive Maintenance Sensors Placement by Combinatorial Optimization"*. Vol.58.153-158. Doi: 10.2478/v10177-012-0022-6.
- 3- **Wang. Hongxia, Ye. Xiaohui, Yin. Ming.**(2016). *"Study on predictive maintenance strategy"*. Vol.9. 295-300. Doi: 10.14257/ijunesst.2016.9.4.29.
- 4- **Del Carmen Carnero Moya, Maria.** (Junio, 2017). *"Model for the Selection of Predictive Maintenance Techniques"*. Vol.45. 83-94. Doi: 10.3138/infor.45.2.004.

- 5- **Sujata Butte ; Prashanth A R ; Sainath Patil.** (Abril, 2018). *“Machine Learning Based Predictive Maintenance Strategy: A Super Learning Approach with Deep Neural Networks”*. Vol. 1. 1-5. doi: 10.1109/WMED.2018.8360836.
  
- 6- **David Luna.** (Febrero, 2018). *“Monitoreo de condición vs mantenimiento predictivo”*. Recuperado de: <http://www.reporteroindustrial.com/temas/Monitoreo-de-condicion-vs-mantenimiento-predictivo+123957>.
  
- 7- **InfoPLC- Blog Autómatas** *“Mantenimiento Preventivo Vs Mantenimiento Predictivo”*. (Diciembre, 2016). Recuperado de: <http://www.infoplcn.net/blogs-automatizacion/item/103786-mantenimiento-preventivo-vs-predictivo>.
  
- 8- **Renovetec.***“Ingeniería de mantenimiento- Tipos de mantenimiento”*. Vol. 1. Recuperado de: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>.
  
- 9- **Qi Hao ; Yunjiao Xue ; Weiming Shen ; Brian Jones; Jie Zhu.** (2010). *“A Decision Support System for Integrating Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, and Condition-Based Maintenance”*. Recuperado de: [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41109\(373\)47](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41109(373)47) .
  
- 10- **José P. Rayo Peinado.**(Julio, 2013). *“Mantenimiento Predictivo (PdM), Mantenimiento Basado en Condición (CBM) y Monitorizado de Condición (CM). ¿Qué diferencia a uno de otro?”*. Recuperado de: <http://www.preditecnico.com/2013/07/mantenimiento-predictivo-pdm.html>.
  
- 11- **Tecnocontrol.** *“Mantenimiento Basado en Condición CBM”*. Recuperado de: <http://portal.tc.com.co/tecnicocontrol/soluciones/confiabilidad-operacional/cbm>.
  
- 12- **Salih O. Duffuaa, A. Raouf, John Dixon Campbell.** (2000) *“Sistemas de Mantenimiento, Planeacion y Control”*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/rusvel7/sistemas-demantenimientoduffuayotros>.