

# **GESTIÓN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO**

---

## **Guía de Trabajo**

---



## **VISIÓN**

Ser la mejor organización de educación superior posible para unir personas e ideas que buscan hacer realidad sueños y aspiraciones de prosperidad en un entorno incierto

## **MISIÓN**

Somos una organización de educación superior que conecta personas e ideas para impulsar la innovación y el bienestar integral a través de una cultura de pensamiento y acción emprendedora.

**Universidad Continental**

Material publicado con fines de estudio

Código: ASUC01337



## **Presentación**

El mantenimiento industrial, ha adquirido en los últimos años, una importancia relevante, debido principalmente a la evolución de los equipamientos industriales.

La integración y el desarrollo de los aparatos robotizados, autómatas programables y otros equipos de tecnología punta y continuo desarrollo, han obligado a las empresas a la necesidad de contar con personal de mantenimiento altamente cualificado y materiales de alta tecnología.

La importancia de la Gestión de Mantenimiento se basa principalmente en el deterioro de los equipos industriales y las consecuencias que este radica. Debido al alto coste para las empresas, que supone este deterioro, es necesario aumentar la fiabilidad de las máquinas, la seguridad de los equipos y de las personas.

La industria ha pasado de realizar una política de mantenimiento correctivo, destinado a atender las averías producidas en los equipos, a implantar políticas de mantenimiento preventivo, con el objetivo de adelantarse al deterioro y pérdidas de funcionalidad de las máquinas.

De lo anteriormente descrito se deriva que sea necesario realizar una óptima Gestión del Mantenimiento. Si además añadimos que el mantenimiento se encuentra estrechamente ligado a la calidad, debido a que la calidad de la producción depende en gran medida del estado de los equipos, comprenderemos la importancia del mantenimiento en la empresa.

*El autor*



## Índice

Visión .....	2
Misión.....	2
Presentación.....	3
Índice .....	4
Primera Unidad.....	6
Semana 1 .....	6
Introducción al mantenimiento .....	6
Semana 2.....	11
Mantenimiento correctivo .....	11
Semana 3.....	18
Mantenimiento preventivo .....	18
Semana 4.....	19
Ciclo de vida de los activos .....	19
Segunda Unidad.....	20
Semana 5.....	20
Mantenimiento predictivo .....	20
Semana 6.....	21
Costos de mantenimiento .....	21
Semana 7.....	23
Indicadores de gestión de mantenimiento.....	23
Tercera Unidad.....	26
Semana 9.....	26
Programación de mantenimiento.....	26
Semana 10.....	29
Gestión económica para reemplazo de equipos - VAN.....	29
Semana 11 .....	32
Gestión económica para reemplazo de equipos - CAUE.....	32
Cuarta Unidad .....	34
Semana 12.....	34
Gestión de mantenimiento, políticas y auditoría.....	34
Semana 13.....	36
Mantenimiento productivo total.....	36



Semana 14.....	37
Mantenimiento centrado en la confiabilidad .....	37
Semana 15.....	39
Análisis de línea de espera en mantenimiento.....	39
Referencias.....	41



## Primera Unidad

### Semana 1

#### Introducción al mantenimiento

Docente	:	
Unidad	:	I
Semana	:	I
Fecha	:	...../...../..... Duración: min

Apellidos y Nombres:
.....
Tipo de práctica: Individual ( X ) Equipo ( )

**Instrucciones:** lee atentamente los textos y desarrolla o responde según se solicita.

- I. **Propósito:** el estudiante será capaz de desarrollar problemas utilizando las herramientas de mantenimiento
  
- II. **Descripción de la actividad a realizar:** leer los problemas y desarrollarlos
  1. **Utilizando el diagrama de Ishikawa y considerando como mínimo 5 de las 6 categorías y realizar el análisis de causas de las siguientes fallas:**
    - a. Falla de un motor de combustión interna (maquinaria pesada, camión, tractor agrícola, automóvil) después de 30 horas de reparada.
    - b. Incremento del 15% en el 2019 de reparación de componentes mecánicos en taller.
    - c. Disminución de la disponibilidad mecánica del área de mantenimiento de 87% a 78% en el último mes de operación.
    - d. Incremento de quejas de clientes del 25% en el último semestre por incumplimiento en los plazos de entrega de repuestos.



2. Al investigar el desempeño en los valores excelente (E), bueno (B), regular (R), malo (M) y pésimo (P) en el Área de Mantenimiento de la Cía minera Kuntur, en setiembre del 2019; 88 trabajadores dieron los siguientes resultados:

E	B	B	E	B	R	M	P	P	B	B
M	R	R	B	R	M	P	B	R	P	R
R	M	M	R	M	P	E	R	M	R	R
M	E	R	P	P	E	R	M	P	M	M
P	R	M	P	M	R	B	R	B	R	M
R	R	R	P	R	M	P	M	R	P	P
P	B	R	P	R	M	R	M	R	P	B
M	P	M	P	R	M	P	M	R	P	M

- Se pide construir la tabla de distribución de frecuencias y el diagrama de Pareto
- Realizar los comentarios de interpretación de los datos obtenidos en la tabla.

3. Al tabular el número de incidencias del volquete Volvo FM de la municipalidad provincial de Huancayo, tomadas en los últimos 90 días de trabajo se obtuvieron los siguientes resultados:

4	2	1	1	2	2	1	2	1
3	1	2	3	1	3	2	1	2
2	5	4	4	3	1	1	1	1
5	4	5	1	5	1	2	2	2
1	3	1	2	1	2	3	3	3
1	1	2	1	2	2	1	1	2
4	2	2	2	1	5	1	5	4
3	4	2	3	1	5	1	5	5
4	3	2	4	1	5	5	5	4
3	2	2	3	3	2	2	3	3

- Se pide construir la tabla de distribución de frecuencias y el diagrama de Pareto.
- Realizar los comentarios de interpretación de los datos obtenidos en la tabla.







Deforme	III	5
Otros	NI	5
	<b>Total</b>	<b>200</b>

5. Se realizó el análisis de las fallas reportadas en los últimos 180 días en el área de mantenimiento de la empresa agroindustrial “El Maicito”, siendo los resultados los mostrados en la siguiente tabla. Se pide construir la tabla de distribución de frecuencias, el diagrama de Pareto y realizar los comentarios de interpretación de los datos obtenidos en la tabla.

No.	Horas parada	Nro. de fallas
1	100	4
2	32	15
3	50	4
4	19	14
5	4	3
6	30	8
7	40	12
8	80	2
9	55	3
10	150	5
11	160	4
12	5	3
13	10	8
14	20	8

Registro de Fallas

6. Un proyecto de ingeniería consta de las actividades que aparecen en la siguiente tabla, determina: el diagrama de Gantt e interpreta el resultado.

Actividad	Precedentes	Duración (meses)
a	-	2
b	-	4
c	a	3
d	a	1
e	b, c	2
f	d	1
g	e, f	1
h	f, c	2
i	g	2
j	h	1
k	j	2
l	j	2
m	k	3
n	i	2



**III. Procedimientos**

1. Desarrollo individual
2. Plantear un tema de interés sobre el que les gustaría investigar algo al respecto.
3. Plantear al menos seis preguntas que les gustaría responder sobre el tema. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.



## Semana 2

### Mantenimiento correctivo

Docente : Unidad : 1 Semana : 2 Fecha : ...../...../..... Duración: min	Apellidos y Nombres: ..... Tipo de práctica: Individual ( ) Equipo ( X )
<b>Instrucciones:</b> lee atentamente los textos y desarrollar o responde según se solicita	

- I. **Propósito:** el estudiante será capaz de comprender la importancia del mantenimiento correctivo y su aplicación en la industria petrolera.
- II. **Descripción de la actividad a realizar:** leer atentamente el caso.

#### Caso para discusión

##### Declaración a tres años de la tragedia de la refinería Amuay

Al cumplirse el tercer aniversario del más grave incidente ocurrido en la industria petrolera venezolana, en el que, según la fuente oficial, perdieron la vida 42 personas, 150 resultaron heridas y 5 aún permanecen desaparecidas, nuestras instituciones expresan nuevamente su pesar y palabras de solidaridad a los familiares de todas las personas fallecidas y heridas, así como también a aquellos ciudadanos cuyos bienes se vieron afectados por este desastre, a la vez que manifiestan su preocupación por no haberse obtenido de los organismos oficiales respuestas razonables y perentorias a las interrogantes básicas que surgieron desde el primer día de ocurrida esta tragedia.

Ante la gravedad del evento y tal como fue oportunamente comunicado por nuestras instituciones a la opinión pública, en aquel momento se imponía que el Gobierno Nacional designara rápidamente un Comité de Investigación independiente, integrado por expertos nacionales e internacionales, en el cual el personal de la refinería participara únicamente para prestar el soporte requerido para la recopilación de la información pertinente. Dicho comité debería, en un plazo perentorio, determinar las causas de esta lamentable tragedia, identificar los elementos necesarios para establecer las responsabilidades del caso y lo que es más importante, emitir las recomendaciones necesarias para evitar la ocurrencia de otra fatalidad similar, acciones que no se ejecutaron en el momento preciso.



Dado que en agosto de 2013 -transcurrido un año de la tragedia- no se había emitido un informe oficial del accidente por ningún organismo del Estado, el Centro de Orientación en Energía (COENER) presentó a la opinión pública los resultados de su investigación realizada por un equipo de técnicos y especialistas. Este documento se publicó el 25 de agosto de 2013 en el blog de COENER <http://coener2010.blogspot.com/> e inclusive fue entregado personalmente al presidente de la Comisión de Energía de la Asamblea Nacional. En este informe se presentó el análisis del accidente; sus causas potenciales; su impacto de tipo material, económico y ambiental, para la corporación PDVSA y el país; las conclusiones que se derivan de la investigación; y un conjunto de recomendaciones orientadas a evitar la recurrencia de accidentes similares en la Industria Petrolera Nacional.

Seguidamente PDVSA (intuimos que como un mecanismo de defensa/respuesta a la iniciativa tomada por COENER), realizó el lunes 9 de septiembre de 2013 una presentación sobre el accidente de la Refinería de Amuay, en la que concluyó que el mismo fue ocasionado por una acción de "sabotaje", afirmando que "se encontraron aflojados siete de ocho espárragos de la base de la bomba de olefinas P-2601 del Bloque 23", situación que atribuyeron a una "acción intencional de terceros interesados en provocar una catástrofe" y que prontamente se darían a conocer sus responsables. Esta presentación mostró una serie de datos y eventos análogos a los indicados en los análisis e informes presentados previamente por COENER.

De manera inmediata, especialistas que integran COENER, analizaron cuidadosamente el contenido de la referida presentación de PDVSA (pues no se publicó el correspondiente informe técnico) y unánimemente se llegó a la conclusión que el argumento del sabotaje no tenía sustento técnico alguno; por el contrario, en esta presentación se reforzaba la tesis que las causas de la fuga de gas, la secuencia de eventos previos a la explosión e incendio, y la lamentable ausencia de los sistemas de alarma, de procedimientos efectivos de combate de incendios y de la aplicación oportuna de adecuados procedimientos de evacuación, fueron consecuencia de serias deficiencias operacionales y de mantenimiento.

A pesar de los compromisos anunciados por el Ejecutivo Nacional y por la Fiscalía General de la República desde el mismo momento del evento, todavía hoy a tres años



de ocurrida la tragedia, PDVSA no ha publicado el Informe Definitivo ni ha vuelto a declarar sobre el tema. De igual forma, los demás entes oficiales responsables de investigar este asunto, como es por ejemplo el Ministerio Público, que se comprometió a publicar su respectivo informe y en el que debía haberse pronunciado formalmente sobre las responsabilidades del caso, tampoco lo ha hecho. Esto denota el grave vacío institucional que impide que la sociedad venezolana tenga una respuesta clara, veraz y confiable sobre las causas de este accidente que causó la pérdida de invalorable vidas humanas y cuantiosos daños materiales al patrimonio de los venezolanos y particularmente a la comunidad de Paraguaná. Lo más grave y preocupante es que no se hayan presentado hasta ahora recomendaciones de lo que ha debido y debe hacerse para evitar que vuelvan a ocurrir tragedias de esta magnitud.

En el recién publicado Informe de Gestión Social y Ambiental de PDVSA año 2014, hay varias menciones que intentan mostrar como una tendencia, la disminución en sus índices de accidentalidad respecto al año anterior, 2013. A continuación, un resumen de los datos:

**Cifras de accidentalidad PDVSA según Informes Gestión Social y Ambiental**

Periodo	Lesiones totales	Lesiones incapacitantes	Fatalidades	Días perdidos/cargados	HH exposición (miles)	IFB	IFN	IS
2012	3400	2345	24	186102	380202.94	8.94	6.17	489
2013	3195	2352	12	118731	437845.47	7.30	5.37	271
2014	3254	2339	13	117376	468312.70	6.95	4.99	251

IFB: Índice de Frecuencia Bruta, Nro. de Accidentes Totales por Millón de Horas-Hombre trabajadas

IFN: Índice de Frecuencia Neta, Nro. de Accidentes con Pérdida de Tiempo por Millón de Horas-Hombre trabajadas

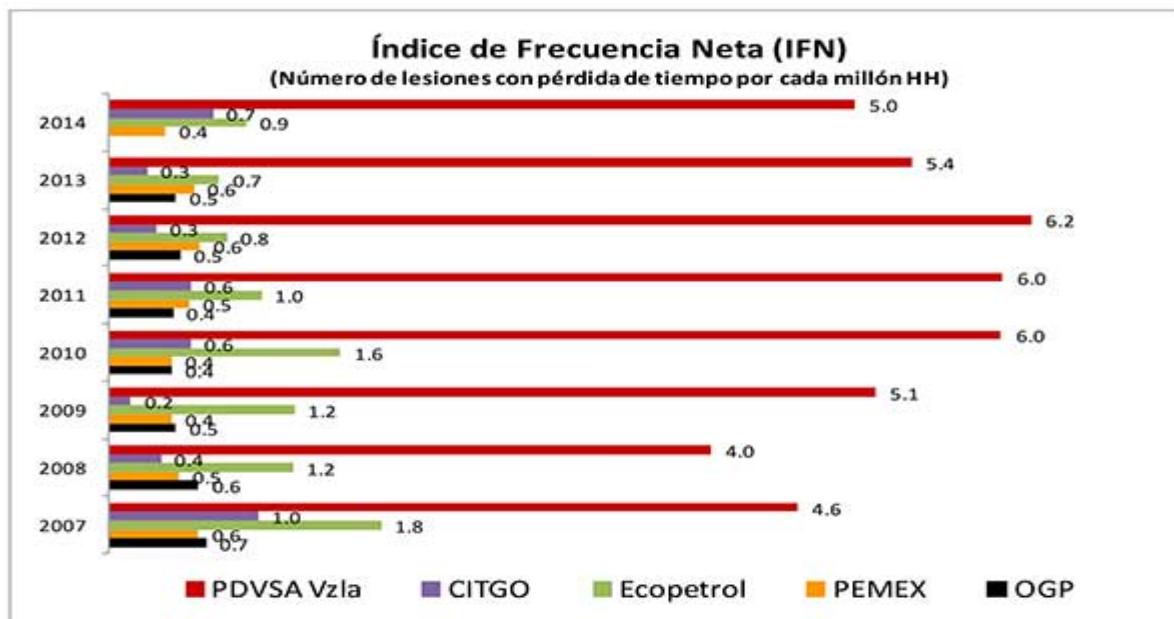
IS: Índice de Severidad, Nro. de días perdidos por Accidente Incapacitante X 10<sup>6</sup> dividido entre Total de Horas-Hombre trabajadas

De hecho, se reporta una reducción en general de los eventos y de los índices, sin embargo, se observa que los números siguen siendo muy elevados y la cantidad de "lesiones incapacitantes" y el Índice de Frecuencia Neta (IFN), que indica la frecuencia de accidentes que causan lesiones incapacitantes en los trabajadores, se mantienen en 2013 y 2014 en el mismo elevado nivel de 2012. Por otra parte, al comparar con otras referencias internacionales, e incluso con empresas que son propiedad de la misma PDVSA, como es el caso de CITGO, se confirma que los esfuerzos que se hayan podido realizar no han sido suficientes ni eficaces y que están lejos de traducirse en una urgente y significativa reducción de los índices de accidentalidad. Adicionalmente, lo que se



evidencia de las noticias sobre siniestros y fatalidades que han llegado a publicarse en lo que va del presente año 2015, hace pensar que los niveles de riesgo de la industria petrolera venezolana tienden a aumentar.

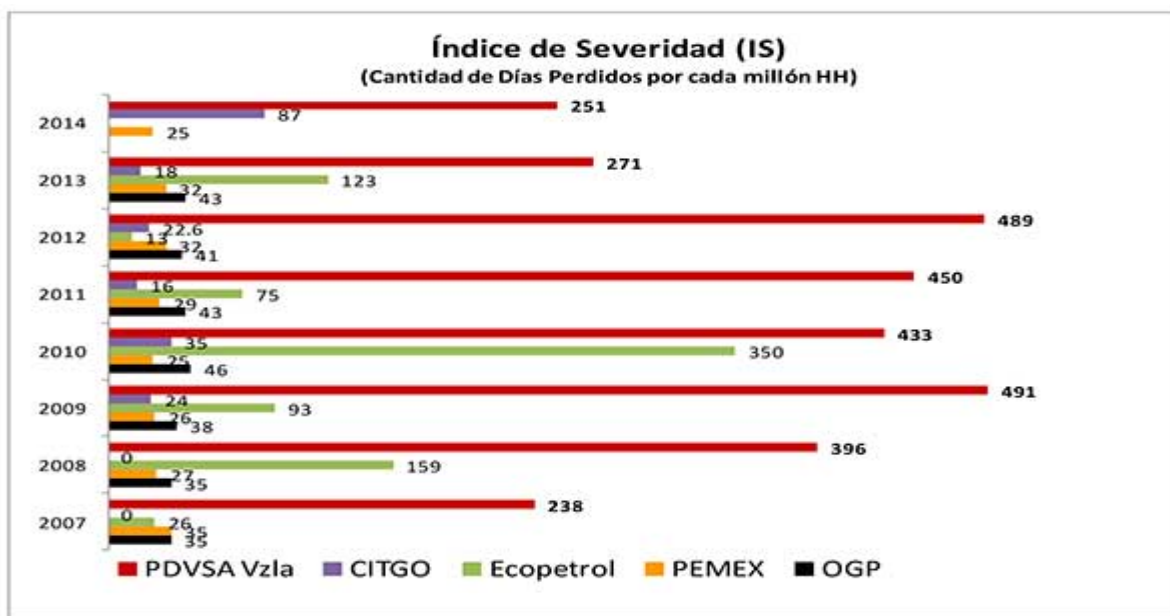
Uno de los indicadores más importantes para medir la accidentalidad es el Índice de Frecuencia Neta (IFN) antes mencionado. A continuación las cifras de 2007 a 2014:



OGP: Oil and Gas Producers – Safety Indicators

Fuentes: PDVSA, CITGO, Ecopetrol, PEMEX, OGP (no ha publicado data 2014)

Uno de los indicadores más importantes para medir la accidentalidad es el Índice de Frecuencia Neta (IFN) antes mencionado. A continuación las cifras de 2007 a 2014:



OGP: Oil and Gas Producers – Safety Indicators

Fuentes: PDVSA, CITGO, Ecopetrol (no publicó este indicador de 2014), PEMEX, OGP (no ha publicado data 2014)



Ambas gráficas indican que la lamentable situación de PDVSA en cuanto al riesgo industrial, lejos de presentarse como una situación coyuntural por la ocurrencia de un accidente grave, como fue el caso de Ecopetrol en 2010, luce como una característica intrínsecamente relacionada con el modelo de gestión que se ha adoptado en los últimos años en la industria de los hidrocarburos en Venezuela que ha impactado la manera cómo se programan, se supervisan y se llevan a cabo los procedimientos operacionales y de mantenimiento. Sus índices de siniestralidad siguen siendo escandalosos y consistentemente elevados, aun observando una leve disminución en 2014, en comparación con empresas similares y con su propia subsidiaria CITGO, lo cual confirma que el problema es propio de sus operaciones y de su pésima gerencia en Venezuela. Este lamentable desempeño queda aún más evidenciado con los indicadores específicos del CRP, donde en 2014 el índice de severidad alcanzó una de las cifras más elevadas de la industria (689 días perdidos por millón de HH según Informe de Gestión Social y Ambiental PDVSA 2014). Esto indica que a pesar del lamentable siniestro de 2012 la gerencia de este complejo y la Junta Directiva de PDVSA siguen sin tomar medidas efectivas en materia de seguridad industrial.

Un aspecto adicional de reciente repercusión en las redes sociales y en los poquísimos medios de comunicación que aún se mantienen independientes y con una digna posición crítica frente a la acción gubernamental, ponen de manifiesto la nefasta gestión de la Directiva de PDVSA y lo que obliga a preguntarnos: ¿Cuántas demandas judiciales habrán iniciado las compañías de seguros contra PDVSA sobre este accidente y con relación a los programas de mantenimiento y prácticas operacionales aplicadas en los sistemas donde se produjo la explosión de Amuay, y con relación a accidentes similares producidos posteriormente en las refinerías de Cardón, El Palito y Puerto La Cruz? A este respecto invitamos al lector a acceder a más información sobre el asunto en los siguientes enlaces: <http://www.lasarmasdecoronel.blogspot.com/2015/07/las-empresas-aseguradoras-frente-al.html> -  
<http://lasarmasdecoronel.blogspot.com/2014/11/otro-sabotaje-en-la-refinería-de-amuay.html>

De su lectura, nos surgen preguntas adicionales: ¿Cuál es la verdadera situación del Centro de Refinación Paraguaná en cuanto a las pólizas de seguro de sus



instalaciones? ¿Logró PDVSA recuperar de las compañías de seguros las cuantiosas pérdidas económicas de este incidente?

Queda evidenciado que el lamentable accidente ocurrido en la Refinería de Amuay el 25 de agosto de 2012, no fue un hecho fortuito. La tendencia creciente de paradas no programadas, la extensión de paradas programadas en las refinerías y el recurrente aumento de la accidentalidad en todas las instalaciones industriales de PDVSA, son consecuencia directa de la decisión de despedir en el año 2003 a más de 20 mil trabajadores, irresponsable acción que desprofesionalizó sus cuadros gerenciales y técnicos, agravado por el hecho de desviar la atención de la empresa de sus actividades medulares para convertirla en un brazo ejecutor de múltiples actividades ajenas al negocio petrolero. Para superar esta crisis, se requiere retomar el modelo de una empresa eficiente, productiva y orientada a la mejora continua de su gestión, concentrada en el negocio de los hidrocarburos, que fue la razón de ser y caracterizó a Petróleos de Venezuela, S. A. en sus primeros veinticinco años.

Ante la ausencia de respuestas y el desconocimiento de esta situación por parte de PDVSA, del Ejecutivo y de los poderes públicos responsables de la fiscalización de los entes públicos y la defensa de los trabajadores y las comunidades circundantes a los centros petroleros, exigimos de nuevo a la Comisión de Energía de la Asamblea Nacional y a la Fiscalía General de la República, acometer las acciones inherentes a sus funciones de contraloría y ejercer las acciones necesarias para que se responda, tal como lo establece la Ley y sus Normas Internas, por el grave accidente ocurrido en la Refinería de Amuay, y en particular se adopten las medidas requeridas para evitar que vuelvan a ocurrir tragedias similares. Solicitamos igualmente se someta a PDVSA y a todas sus filiales a una auditoría integral de Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA) en todas sus operaciones y que los resultados de esa auditoría se apliquen para corregir irregularidades y prevenir futuras desviaciones, con estrictos seguimientos mensuales.

Esperamos que se haga justicia con las familias que han perdido a sus seres queridos, con empresas y comerciantes que perdieron bienes y propiedades producto de muchos años de trabajo honesto y sacrificios, como consecuencia de esta dolorosa tragedia, y otras que han ocurrido durante los últimos tres años en la industria petrolera nacional





**III. Procedimientos**

1. Formar grupos de 5 integrantes.
2. Después de leer el caso, ingresa a los links de la lectura y busca más información en la red.
3. Realiza un mapa mental sobre las causas que desencadenaron el accidente.
4. Responde las siguientes preguntas: ¿qué acciones se tuvieron que desarrollar para evitar el accidente? ¿qué lección hallamos de este accidente?
5. Plantear un tema de interés sobre el que les gustaría investigar algo al respecto.
6. Plantear al menos seis preguntas que les gustaría responder sobre el tema. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
7. Analicen y evalúen si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación y expliquen por qué.
8. Elijan la que les resulte más pertinente como problema de investigación.



### Semana 3

#### Mantenimiento preventivo

Docente : Unidad : 1 Semana : 3 Fecha : ...../...../..... Duración: min	Apellidos y Nombres: ..... Tipo de práctica: Individual ( ) Equipo ( X )
<b>Instrucciones:</b> desarrollar un plan de mantenimiento considerando los temas desarrollados en clases	

I. **Propósito:** el estudiante será capaz de desarrollar un plan de mantenimiento preventivo.

II. **Descripción de la actividad a realizar:**

Los estudiantes determinarán un activo común (máquina o equipo) para desarrollar un plan de mantenimiento preventivo que deberá incluir las actividades diarias, semanales, mensuales y semestrales. Se deberán incluir tareas de inspección, engrases, ajustes, limpieza, reemplazo de lubricantes y filtros.

III. **Procedimientos**

1. Formar grupos de 5 integrantes.
2. Plantear un tema de interés sobre el que les gustaría investigar algo al respecto.
3. Plantear al menos seis preguntas que les gustaría responder sobre el tema. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
4. Analicen y evalúen si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación y expliquen por qué.
5. Elijan la que les resulte más pertinente como problema de investigación.



## Semana 4

### Ciclo de vida de los activos

Docente : Unidad : 1 Semana : 4 Fecha : ...../...../..... Duración: min	Apellidos y Nombres: ..... Tipo de práctica: Individual ( ) Equipo ( X )
----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------

**Instrucciones:** leer el artículo científico y responder las preguntas planteadas

**IV. Propósito:** el estudiante será capaz de comprender la gestión de los activos físicos.

**V. Descripción de la actividad a realizar:**

Los estudiantes leerán el artículo científico “La gestión de los activos físicos en la función del mantenimiento”:

([http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59442010000200008&script=sci\\_arttext&lng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59442010000200008&script=sci_arttext&lng=en) )

**VI. Procedimientos**

1. Formar grupos de 5 integrantes.
2. Después de leer el artículo científico, busca más información en la red.
3. Realiza un mapa mental sobre la lectura.
4. Responde las siguientes preguntas: ¿por qué es importante determinar el ciclo de vida de los activos? ¿qué lección hallamos de la relación que debe existir entre producción y mantenimiento?
5. Plantear un tema de interés sobre el que les gustaría investigar algo al respecto.
6. Plantear al menos seis preguntas que les gustaría responder sobre el tema. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
7. Analicen y evalúen si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación y expliquen por qué.
8. Elijan la que les resulte más pertinente como problema de investigación.



## Segunda Unidad

### Semana 5

#### Mantenimiento predictivo

Docente : Unidad : II Semana : 5 Fecha : ...../...../..... Duración: min	Apellidos y Nombres: ..... Tipo de práctica: Individual ( ) Equipo ( X )
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------

**Instrucciones:** leer las preguntas y desarrollar conforme se solicita.

- I. **Propósito:** el estudiante será capaz de conocer y comprender la aplicación de las técnicas del mantenimiento predictivo.
- II. **Descripción de la actividad a realizar:**
- a. Los estudiantes leerán el artículo científico "La detección de ultrasonido: una técnica empleada en el mantenimiento predictivo" <https://www.redalyc.org/pdf/849/84921327035.pdf>
- b. Utilizando la siguiente tabla, halla 10 técnicas de mantenimiento predictivo e indica: cuáles son las características, aplicaciones y limitaciones (para ello utiliza archivos y videos que puedes encontrar en la red).

Técnica MPd	Características	Aplicaciones	Limitaciones	Link de video

III. **Procedimientos**

1. Formar grupos de 5 integrantes.
2. Después de leer el artículo científico (a) realiza un mapa mental sobre la lectura.
3. Plantear un tema de interés sobre el que les gustaría investigar algo al respecto.
4. Plantear al menos seis preguntas que les gustaría responder sobre el tema. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
5. Analicen y evalúen si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación y expliquen por qué.
6. Elijan la que les resulte más pertinente como problema de investigación.



## Semana 6

### Costos de mantenimiento

Docente : Unidad : II Semana : 6 Fecha : ...../...../..... Duración: min	Apellidos y Nombres: ..... Tipo de práctica: Individual ( ) Equipo ( X )
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------

**Instrucciones:** leer las preguntas y desarrollar conforme se solicita.

- I. **Propósito:** el estudiante será capaz de conocer y comprender la adecuada administración de costos en mantenimiento.
  
- II. **Descripción de la actividad a realizar:**
  1. Ver el video y realizar un mapa mental sobre Costos de Mantenimiento. (<https://www.youtube.com/watch?v=GKzuP4aOUw&feature=youtu.be&t=1579> )
  2. Leer el artículo en PDF “Análisis y Control de Costos”, páginas 27 a 32 y luego realiza la **Hilera de disfuncionamientos** (mínimo 12) de un hecho ocurrido al interior del área de mantenimiento (ejemplo ilustración 3.1-pág. 28).
  3. Un contratista puede elegir entre dos sitios para colocar el equipo de una planta mezcladora de asfalto, para pavimentar la superficie de una autopista nueva. El contratista estima que costará \$1.15 por yarda cúbica por milla (yd<sup>3</sup>-milla) llevar el material de pavimentación asfáltica desde la planta mezcladora al sitio de trabajo. Algunos de los factores relacionados con los dos sitios para la planta de asfalto son los siguientes (los costos de producción en cada sitio son iguales): El trabajo requiere de 50,000 yardas cúbicas de material asfáltico mezclado para pavimentar. Se estima que para este trabajo se necesitarán cuatro meses (17 semanas de cinco días de trabajo por semana). Compare los dos sitios en términos de sus costos fijos, variables y totales. Suponga que el costo del viaje de regreso es despreciable. ¿Qué sitio es mejor? Para el sitio seleccionado, ¿cuántas yardas cúbicas de material de pavimentación tiene que transportar el contratista antes de que comience a tener una utilidad si se le paga \$8.05 por cada yarda cúbica que traslade al sitio de la obra?



Factor de costo	Sitio A	Sitio B
Distancia promedio de acarreo	6 millas	4.3 millas
Renta mensual del sitio	\$1,000	\$5,000
Costo de instalar y retirar el equipo	\$15,000	\$25,000
Gastos de acarreo	\$1.15/yd <sup>3</sup> -milla	\$1.15/yd <sup>3</sup> -milla
Persona encargada de señalización	no se requiere	\$96/día

4. En un estudio económico presente se están evaluando dos bombas capaces de abastecer 100 hp a un trabajo agrícola. La bomba seleccionada solo se utilizará por un año, y carecerá de valor de mercado al final de ese tiempo. Los datos pertinentes se resumen como sigue:

	Bomba ABC	Bomba XYZ
Precio de compra	\$2,900	\$6,200
Mantenimiento anual	\$170	\$510
Eficiencia	80%	90%

Si la energía eléctrica tiene un costo de \$0.10 por kWh, y la bomba operará 4,000 horas al año, ¿qué bomba debería escogerse? Recuerde que 1 hp = 0.746 kW.

### III. Procedimientos

1. Formar grupos de 5 integrantes.
2. Después de leer el artículo científico (a) realiza un mapa mental sobre la lectura.
3. Plantear un tema de interés sobre el que les gustaría investigar algo al respecto.
4. Plantear al menos seis preguntas que les gustaría responder sobre el tema. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
5. Analicen y evalúen si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación y expliquen por qué.
6. Elijan la que les resulte más pertinente como problema de investigación.



### Semana 7

## Indicadores de gestión de mantenimiento

Docente	:	
Unidad	:	II
Semana	:	7
Fecha	:	...../...../..... Duración: min

Apellidos y Nombres:	.....
Tipo de práctica:	Individual ( ) Equipo ( X )

**Instrucciones:** leer las preguntas y desarrollar conforme se solicita.

I. **Propósito:** el estudiante será capaz de conocer y comprender la aplicación de las técnicas del mantenimiento predictivo

II. **Descripción de la actividad a realizar:**

a. Los estudiantes leerán el artículo científico “Método para el Cálculo de Indicadores de Mantenimiento”

<https://www.redalyc.org/pdf/5862/586262042008.pdf>

b. La empresa de transporte de mercadería y bienes “Domingos” tiene una flota de 4 camiones de 18 tm. Los vehículos fueron comprados a inicios del 2015. De acuerdo a los datos obtenidos por el área de mantenimiento se han realizado las siguientes intervenciones.

Calcule el MTBF, MTTR y Disponibilidad por avería de cada uno de los camiones de la empresa.

	Camion 1	Camion 2	Camion 3	Camion 4
Numero Preventivos por año cada unidad	6	2	6	2
Duradon de cada Preventivo	8 horas	8 horas	8 Horas	8 horas
Intervencion 1	Planchado y Pintado (144h)	Corto Circuito (24 h)	Bateria Muerta (4 h)	Cambio de faros quemados (6 h)
Intervencion 2	Aire Acondicionado defectuoso(24h)	Radiador con hueco (36 h)	Planchado y Pintado (128h)	Silenciador muy ruidoso (36 h)
Intervencion 3	Perdida de liquido de frenos (24h)	Cambio de color de tapiz (18 h)	Sistema Hidráulico de compuerta trasera con falla 9 h	Fallas en el encendido (48h)
Intervencion 4	Tanque de gasolina chorrea (16 h)			Reparación Puerta del copiloto trabada (2 h)
Kilómetros recorridos	72.000	81.000	108.000	90.000
Velocidad Promedio	80 km/h	90km/h	60 km/h	90 km/h



- c. En una planta procesadora de alimentos para mascotas se han analizado los 3 principales equipos de producción obteniéndose la siguiente información:

El molino principal trabaja 10 horas por 5 días a la semana. Durante los 4 años anteriores ha sufrido 8 roturas de las cuchillas las cuales han demorado en cambiarse 5 horas cada vez. Asimismo, se han programado mantenimientos preventivos unas 6 veces en ese periodo demorando 2.5 horas cada una. También se ha tenido que reparar su motor principal dos veces con una duración total de 84 horas por trabajos de rebobinado y reemplazo del eje.

La mezcladora ha recibido mantenimiento preventivo todas las semanas durante el periodo de 4 años demorando este mantenimiento 4 horas y solo una vez tuvo que intervenir el equipo para cambiar los cojinetes por desgaste prematuro ya que la vibración que generaba era una condición peligrosa. Este trabajo duró 108 horas.

La máquina de cocción requiere semanalmente el cambio de aguja, labor que se realiza todos los lunes al iniciar la jornada y requiere 20 minutos. En los mismos 4 años este componente ha sido intervenido 14 veces por rotura de faja cuyo trabajo obliga a parar la máquina por 3 horas.

Para las 3 máquinas, calcular el tiempo medio entre fallas, el tiempo medio para reparaciones y la disponibilidad por avería

### **III. Procedimientos**

1. Formar grupos de 5 integrantes.
2. Después de leer el artículo científico realiza un mapa mental sobre la lectura
3. Plantear un tema de interés sobre el que les gustaría investigar algo al respecto.
4. Plantear al menos seis preguntas que les gustaría responder sobre el tema. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.





5. Analicen y evalúen si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación y expliquen por qué.
6. Elijan la que les resulte más pertinente como problema de investigación.



## Tercera Unidad

### Semana 9

#### Programación de mantenimiento

Docente : Unidad : III Semana : 9 Fecha : ...../...../..... Duración: min	Apellidos y Nombres: ..... Tipo de práctica: Individual ( ) Equipo ( X )
------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------

**Instrucciones:** leer las preguntas y desarrollar conforme se solicita.

- I. **Propósito:** el estudiante será capaz de conocer y comprender la aplicación de la programación de mantenimiento dentro de las actividades industriales.
  
- II. **Descripción de la actividad a realizar:**
  1. Ver el video y leer las páginas 47 a 63 del libro base compartido “Sistemas de Mantenimiento – Duffua” y realizar un mapa mental sobre Operaciones y Control de Mantenimiento.  
(<https://www.youtube.com/watch?v=FvbCr1vEm2M> )
  
  2. Hoy es el día 25 de una serie de trabajos que corresponden a un programa de mantenimiento en una pequeña empresa de fabricación de zapatos. Hay O/T’s para 3 trabajos (1, 2 y 3) con datos de tiempos como se indica a continuación:

Trabajo	Fecha de entrega	Días de trabajo restantes
1	30	4
2	28	5
3	27	2

- Determine la razón crítica para cada trabajo y establezca un ranking de prioridad para su procesamiento.
- Comente sobre el valor de CR para cada uno.



3. Hoy es el día 5 en una empresa de papelería y 5 trabajos esperan para ser asignados. En la siguiente tabla se proporcionan los tiempos de ejecución y fechas de entrega. Los trabajos se designaron de acuerdo al orden de llegada.

Trabajo	Fecha de Entrega (días)	Tiempo de ejecución (días)
A	8	6
B	6	2
C	18	8
D	15	3
E	23	9

- Determine la razón crítica para cada trabajo y establezca un ranking de prioridad para su procesamiento.
  - Calcular tiempo de flujo promedio y tiempo de atraso promedio en base a la secuencia obtenida.
4. En un taller se tiene 5 trabajos que requieren ser programados. Para que un trabajo sea terminado debe pasar primero por la máquina T y luego por la máquina F. Los tiempos en cada máquina se especifican en el siguiente tabulado:

Actividad	Máquina T	Máquina F
A	1,2	1,8
B	2,2	0,8
C	0,7	3,1
D	0,5	1,1
E	1,5	2,3

- Utilice método de Jhonson para determinar la secuencia óptima
5. En la siguiente tabla se dan los tiempos de ejecución y los plazos de 5 trabajos que deben llevarse a cabo en un equipo. Asigne los trabajadores de acuerdo con el tiempo de operación más breve y calcule el tiempo promedio de flujo.



Trabajo	Tiempo de procesam. (días)	Días faltantes
101	6	5
102	7	3
103	4	4
104	9	7
105	5	2

Aplicar FIFO, SOT, EDD

6. Se requiere ejecutar 7 trabajos en 2 equipos PA y PB. Los 7 trabajos deben realizarse en ambos equipos, en ese orden, primero en PA y luego PB. A continuación, podrá observar en la tabla los tiempos para cada uno:

Trabajo	PA	PB
1	9	6
2	8	5
3	7	7
4	6	3
5	1	2
6	2	6
7	4	7

- **Determine el orden en que los trabajos deben ser ejecutados, aplicando regla de Jhonson.**

### III. Procedimientos

1. Formar grupos de 5 integrantes.
2. Después de leer el artículo científico realiza un mapa mental sobre la lectura
3. Plantear un tema de interés sobre el que les gustaría investigar algo al respecto.
4. Plantear al menos seis preguntas que les gustaría responder sobre el tema. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
5. Analicen y evalúen si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación y expliquen por qué.
6. Elijan la que les resulte más pertinente como problema de investigación.



### Semana 10

### Gestión económica para reemplazo de equipos - VAN

Docente	:	
Unidad	:	II
Semana	:	10
Fecha	:	...../...../..... Duración: min

Apellidos y Nombres:	.....
Tipo de práctica:	Individual ( ) Equipo ( X )

**Instrucciones:** leer las preguntas y desarrollar conforme se solicita.

I. **Propósito:** el estudiante será capaz de conocer y comprender la aplicación de la gestión económica para el reemplazo de equipos.

II. **Descripción de la actividad a realizar:**

1. Se contempla una situación de Inversión. Los proyectos son mutuamente excluyentes con los flujos netos estimados como se muestra, considerar TMAR 10%. Las alternativas de inversión son las siguientes:

Alternativa	A	B
Inversión de capital	-60000	-73000
Ingresos anuales menos gastos	22000	26225

¿Cuál de las alternativas elegiría?. Considerar n=4 años

2. Se contempla una situación de Inversión. Los proyectos son mutuamente excluyentes con los flujos netos estimados con una vida de 3 años. Las alternativas de costos son todos negativos a excepción del valor de salvamento. TMAR anual 10%.

Alternativa	C	D
Año 0	-370000	-425000
Año 1	-37500	-28500
Año 2	-38600	-28500
Año 3	-39700	-28500
VS	0	25500

¿Cuál de las alternativas elegiría?



**Ejemplo 3.-** Se estimaron los siguientes datos para las siguientes dos alternativas de inversión mutuamente excluyentes, AIR DYNAMIC y NEUMATIC POWER, asociadas a un pequeño proyecto de neumática cuyos ingresos y egresos se incluyen en la tabla.

Tienen vidas útiles de cuatro y seis años, respectivamente. Si la TMAR = 10% anual, muestre cuál alternativa factible es más conveniente utilizando los métodos del VAN.

Alternativa	AIR	NEUMATIC
Inversión de capital	- \$ 3 500	- \$ 5 000
Ingreso anual	\$ 1 900	\$ 2 500
Erogaciones anuales	- \$ 645	- \$ 1 020
Vida útil ( años )	4	6
VS	0	0

**Ejemplo 4.-** Para un nuevo proceso de inyección de espuma de poliuretano para puertas de refrigeradoras, se tienen tres propuestas mutuamente excluyentes. En la siguiente tabla se presentan los datos de la inversión:

ALTERNATIVA	A	B	C
INVERSION INICIAL	\$ 15 000	\$ 17 200	\$ 16 200
COSTO DE PRODUCCION	\$ 6 000	\$ 4 800	\$ 5 100
VALOR DE SALVAMENTO	\$ 2 500	\$ 3 300	\$ 4 800
HORIZONTE DE PLANEACION	4 AÑOS	3 AÑOS	4 AÑOS

¿Qué alternativa debe seleccionarse? Si la TMAR es de 8% anual.



**Ejemplo 5.-** Se tienen dos alternativas mutuamente excluyentes para adquirir un grupo electrógeno. En la tabla se muestran los datos económicos:

EQUIPO	Diesel	Gasolina
INVERSION INICIAL	\$ 80 500	\$ 77 000
COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO	\$ 5 300	\$ 5 800
VALOR DE SALVAMENTO	\$ 10 500	\$ 5 000
VIDA UTIL (AÑOS)	10	9

Determine la mejor alternativa:

- Considerando un horizonte del proyecto de 7 años y con una TMAR DE 12% anual.
- Considerando un horizonte del proyecto de 9 años y con una TMAR DE 12% anual.

### III. Procedimientos

1. Formar grupos de 5 integrantes.
2. Después de leer el artículo científico realiza un mapa mental sobre la lectura
3. Plantear un tema de interés sobre el que les gustaría investigar algo al respecto.
4. Plantear al menos seis preguntas que les gustaría responder sobre el tema. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
5. Analicen y evalúen si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación y expliquen por qué.
6. Elijan la que les resulte más pertinente como problema de investigación.



## Semana 11

### Gestión económica para reemplazo de equipos - CAUE

Docente : Unidad : II Semana : 11 Fecha : ...../...../..... Duración: min	Apellidos y Nombres: ..... Tipo de práctica: Individual ( ) Equipo ( X )
------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------

**Instrucciones:** leer las preguntas y desarrollar conforme se solicita.

I. **Propósito:** el estudiante será capaz de conocer y comprender la aplicación de la gestión económica para el reemplazo de equipos.

II. **Descripción de la actividad a realizar:**

1. Hace 5 años se compró un camión por \$23 000 con una vida estimada de 8 años, un valor de salvamento de \$ 10600 y un costo anual de operación de \$3500. El valor actual en libros es de \$8100.

Ahora se ofrece un retador por \$ 11 000 y un valor de canje de \$7500 por el volquete viejo. La compañía estima que el retador tendrá una vida útil de 10 años, un valor de salvamento de \$2 000 y los costos anuales de operación de \$1 800 por año. Se hacen estimaciones nuevas sobre el volquete viejo como sigue: valor de salvamento realizable de \$2000; vida útil restante de 3 años y los mismos costos de operación.

¿Qué valores deben usarse para P, n, VS, y CAO de cada activo?  
¿Cuál de las dos opciones elegirías?

2. Una compañía ha sido propietaria de una máquina durante tres años. Basándose en el valor de mercado actual, el activo tiene un CAUE de \$ 5 210 al año y una vida útil restante de 5 años debido al rápido avance tecnológico. El posible reemplazo del activo tiene un costo inicial de \$25 000, un valor de salvamento de \$3 800, una vida útil de 5 años y un costo anual de operación de \$720 al año.

Si la compañía utiliza una tasa mínima de retorno de 10% anual sobre inversiones en activos y piensa retener la máquina durante toda su vida útil anticipada, ¿deberá reemplazarse el activo?





3. Un activo con 7 años de uso puede reemplazarse con dos activos nuevos. La información actual para cada alternativa se da en el siguiente cuadro. Con una TMAR de 18%, determinar la decisión más económica

	Activo actual	Reemplazos posibles	
	Defensor	Retador 1	Retador 2
Costo inicial	...	\$ 10000	\$18000
Valor de canje del defensor	...	3500	2500
Costo anual	\$3000	1500	1200
Valor de salvamento	500	1000	500
Vida útil estimada en años	5	5	5

**III. Procedimientos**

1. Formar grupos de 5 integrantes.
2. Después de leer el artículo científico realiza un mapa mental sobre la lectura
3. Plantear un tema de interés sobre el que les gustaría investigar algo al respecto.
4. Plantear al menos seis preguntas que les gustaría responder sobre el tema. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
5. Analicen y evalúen si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación y expliquen por qué.
6. Elijan la que les resulte más pertinente como problema de investigación.



## Cuarta Unidad

### Semana 12

#### Gestión de mantenimiento, políticas y auditoría

Docente : Unidad : 1 Semana : 12 Fecha : ...../...../..... Duración: min	Apellidos y Nombres: ..... Tipo de práctica: Individual ( ) Equipo ( X )
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------

**Instrucciones:** desarrollar el trabajo de investigación tomando como referencia una empresa y exponer.

**I. Propósito:** el estudiante será capaz de comprender y analizar sobre los aspectos de gestión de mantenimiento que se desarrolla en una empresa y la relación que existe con la política de mantenimiento.

**II. Descripción de la actividad a realizar:**

Los estudiantes determinarán una empresa industrial para el desarrollo de la gestión de mantenimiento considerando los siguientes aspectos.

- o Registro del Historial de Equipos
- o Planificación y Programación de Actividades
- o Plan Integral de Mantenimiento
- o Análisis Costo - Riesgo - Beneficio
- o Gestión de Inventarios
- o Control de Indicadores de Gestión
- o Plan de Mejoramiento Continuo

Asimismo, dentro de la Política de Mantenimiento considerar:

- o Determinación del personal que tendrá a su cargo el mantenimiento, esto incluye, el tipo, especialidad, y cantidad de personal.
- o Determinación del tipo de mantenimiento que se va a llevar a cabo.
- o Fijar el tiempo previsto en que los equipos van a dejar de producir, lo que incluye la hora en que comienzan las acciones de mantenimiento, y la hora en que deben de finalizar.
- o Determinación de los equipos que van a ser sometidos a mantenimiento, para lo cual debe haber un sustento previo que implique la importancia y las consideraciones tomadas en cuenta para escoger dichos equipos.



- Señalización de áreas de trabajo y áreas de almacenamiento de partes y equipos.
- Stock de equipos y repuestos con que cuenta el almacén, en el caso de que sea necesario reemplazar piezas viejas por nuevas.
- Inventario de herramientas y equipos necesarios para cumplir con el trabajo.
- Planos, diagramas, información técnica de equipos.
- Plan de seguridad frente a imprevistos.

### **III. Procedimientos**

1. Formar grupos de 5 integrantes.
2. Después de leer el artículo científico realiza un mapa mental sobre la lectura
3. Plantear un tema de interés sobre el que les gustaría investigar algo al respecto.
4. Plantear al menos seis preguntas que les gustaría responder sobre el tema. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
5. Analicen y evalúen si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación y expliquen por qué.
6. Elijan la que les resulte más pertinente como problema de investigación.



## Semana 13

### Mantenimiento productivo total

Docente : Unidad : II Semana : 13 Fecha : ...../...../..... Duración: min	Apellidos y Nombres: ..... Tipo de práctica: Individual ( ) Equipo ( X )
<b>Instrucciones:</b> leer las preguntas y desarrollar conforme se solicita.	

I. **Propósito:** el estudiante será capaz de conocer y comprender la importancia del Mantenimiento Productivo Total de la industria y su aplicación en actividades de mantenimiento.

II. **Descripción de la actividad a realizar:**

2. Lee y analiza el siguiente archivo:

[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4970/1/IV\\_FI\\_N\\_108\\_TI\\_Aguilar\\_Bustamante\\_2018.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4970/1/IV_FI_N_108_TI_Aguilar_Bustamante_2018.pdf), luego mediante un mapa mental responde: cuál es el título de la investigación, cuáles son los problemas (general y específicos), objetivos (general y específicos), resultados y conclusiones.

3. Ver el siguiente video:

<https://www.youtube.com/watch?v=OmiCyJzQRGU&feature=youtu.be> y utilizando las 5S indica los procedimientos que deben desarrollar para evitar las condiciones de falta de orden y limpieza.

III. **Procedimientos**

1. Formar grupos de 5 integrantes.
2. Después de leer el artículo científico realiza un mapa mental sobre la lectura
3. Plantear un tema de interés sobre el que les gustaría investigar algo al respecto.
4. Plantear al menos seis preguntas que les gustaría responder sobre el tema. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
5. Analicen y evalúen si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación y expliquen por qué.
6. Elijan la que les resulte más pertinente como problema de investigación.



## Semana 14

### Mantenimiento centrado en la confiabilidad

Docente : Unidad : 1 Semana : 14 Fecha : ...../...../..... Duración: min	Apellidos y Nombres: ..... Tipo de práctica: Individual ( ) Equipo ( X )
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------

**Instrucciones:** desarrollar el trabajo de investigación tomando como referencia una empresa y exponer.

I. **Propósito:** el estudiante será capaz de comprender y analizar sobre los aspectos del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad que se podría desarrollar en una empresa.

II. **Descripción de la actividad a realizar:**

Los estudiantes determinarán una empresa industrial para el desarrollo del RCM en un área específica o un grupo mínimo de 10 de máquinas que se interrelacionen. Se seguirán las siguientes fases:

Fase 1: definición clara de lo que se pretende, implantando RCM. Determinación de indicadores, y valoración de estos antes de iniciar el proceso.

Fase 2: codificación y listado de todos los sistemas, subsistemas y equipos/máquinas que componen el área específica. Para ello es necesario recopilar esquemas, diagramas funcionales, diagramas lógicos, etc.

Fase 3: estudio detallado del funcionamiento del sistema. Determinación de las especificaciones del sistema de listado de funciones primarias y secundarias del sistema en su conjunto. Listado de funciones principales y secundarias de cada subsistema.

Fase 4: determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos.

Fase 5: determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior.



Fase 6: estudio de las consecuencias de cada modo de fallo. Clasificación de los fallos en críticos, significativos, tolerables o insignificantes en función de esas consecuencias.

Fase 7: determinación de medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos.

Fase 8: agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías: Elaboración del Plan de Mantenimiento, lista de mejoras, planes de formación, procedimientos de operación y de mantenimiento, lista de repuesto que debe permanecer en stock y medidas provisionales a adoptar en caso de fallo.

### **III. Procedimientos**

1. Formar grupos de 5 integrantes.
2. Después de leer el artículo científico realiza un mapa mental sobre la lectura
3. Plantear un tema de interés sobre el que les gustaría investigar algo al respecto.
4. Plantear al menos seis preguntas que les gustaría responder sobre el tema. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
5. Analicen y evalúen si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación y expliquen por qué.
6. Elijan la que les resulte más pertinente como problema de investigación.



## Semana 15

### Análisis de línea de espera en mantenimiento

Docente : Unidad : II Semana : 15 Fecha : ...../...../..... Duración: min	Apellidos y Nombres: ..... Tipo de práctica: Individual ( ) Equipo ( X )
------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------

**Instrucciones:** leer las preguntas y desarrollar los siguientes problemas.

I. **Propósito:** el estudiante será capaz de conocer y comprender la aplicación del análisis de línea de espera en mantenimiento.

II. **Descripción de la actividad a realizar:**

1. Truck Car presta servicio de cambio de lubricantes de un solo canal para camiones. La tasa de llegadas de los clientes es de 2,5 por hora. La tasa de servicios es de 5 camiones por hora.

**Hallar:**

- ¿Cuál es el número promedio de camiones en el sistema?
- ¿Cuál es el tiempo promedio que un camión espera para que comiencen a darle el servicio de cambio de lubricantes?
- ¿Cuál es el tiempo promedio que un camión pasa en el sistema?
- ¿Cuál es la probabilidad de que una llegada tenga que esperar a que la atiendan?

2. En una empresa metalmecánica, se desarrollan trabajos de reparación de estructuras metálicas. Se reciben un promedio de 10 reparaciones por día y el tiempo de reparación es de 2 horas.

Obtenga las medidas de desempeño de acuerdo con el modelo M/M/1 si el tiempo de trabajo por día es de 24 horas.

**Además:**

- La probabilidad de tener 0 y 2 clientes en el sistema.
  - Probabilidad de tener más de 3 clientes en el sistema.
  - Probabilidad de esperar más de 5 horas en la cola y sistema.
3. TTC decidió contratar a un nuevo mecánico para que se encargue de todos los cambios para clientes que piden un nuevo juego de llantas. Dos mecánicos solicitaron el trabajo. Uno tiene experiencia limitada y puede



ser contratado a S/ 14 la hora y puede atender a un promedio de 3 clientes por hora. El otro tiene varios años de experiencia y puede atender a un promedio de 4 clientes por hora, pero espera recibir un sueldo de S/ 20 por hora. Suponer que los clientes llegan a razón de 2 clientes por hora

- a) ¿Cuáles son las características de operación con cada mecánico?
- b) Si la empresa asigna un costo de S/ 30 soles por cliente que espera, ¿cuál mecánico ofrece el menor costo de operación?

4. CAL S. A. Ofrece asesoría en diseño y mantenimiento de soluciones técnicas. En operación normal, llega a un promedio de 2.5 clientes cada hora. Un asesor que se encarga de responder las preguntas de los clientes se demora en promedio 10 minutos por cliente.

- a) ¿Cuáles son las características de operación con cada mecánico?
- b) Las metas del servicio dictan que un cliente que llega no debe esperar a que lo atiendan más de 5 min ¿se cumple la meta? Si no, ¿qué acción recomienda?
- c) Si el asesor puede reducir el tiempo empleado por cliente a 8 min ¿cuál es la tasa media de servicios? ¿Se cumplirá con la meta de servicio?

### **III. Procedimientos**

1. Formar grupos de 5 integrantes.
2. Después de leer el artículo científico realiza un mapa mental sobre la lectura
3. Plantear un tema de interés sobre el que les gustaría investigar algo al respecto.
4. Plantear al menos seis preguntas que les gustaría responder sobre el tema. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
5. Analicen y evalúen si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación y expliquen por qué.
6. Elijan la que les resulte más pertinente como problema de investigación.





## Referencias

### Básica

García, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento: manual práctico para la implementación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial*. Ediciones Díaz de Santos.

### Recursos digitales

Duffua, D. (2000). *Sistema de Mantenimiento: Planeación y Control*.  
[https://www.academia.edu/15173781/Sistemas\\_de\\_Mantenimiento\\_Duffua\\_1](https://www.academia.edu/15173781/Sistemas_de_Mantenimiento_Duffua_1)  
[Consulta: 4 de octubre de 2020]

Gestión Moderna del Mantenimiento. *Manual del Ingeniero de Mantenimiento*.  
[http://www.pcmanagement.es/editorial/management\\_sp/Manual%20ingeniero%20mantenimiento.pdf](http://www.pcmanagement.es/editorial/management_sp/Manual%20ingeniero%20mantenimiento.pdf) [Consulta: 4 de octubre de 2020]

Lourival, T. (2010). *Administración Moderna de Mantenimiento*.  
<https://soportec.files.wordpress.com/2010/06/administracion-moderna-de-mantenimiento.pdf> [Consulta: 4 de octubre de 2020]