

Gestión Integral de Mantenimiento

Guía de Trabajo
Gestión Integral de Mantenimiento

Primera edición digital
Huancayo, 2022

De esta edición

© Universidad Continental, Oficina de Gestión Curricular
Av. San Carlos 1795, Huancayo-Perú
Teléfono: (51 64) 481-430 anexo 7361
Correo electrónico: recursosucvirtual@continental.edu.pe
<http://www.continental.edu.pe/>

Cuidado de edición

Fondo Editorial

Diseño y diagramación

Fondo Editorial

Todos los derechos reservados.

La *Guía de Trabajo*, recurso educativo editado por la Oficina de Gestión Curricular, puede ser impresa para fines de estudio.

Contenido

Presentación	5
Primera Unidad	7
Semana 1: Introducción al mantenimiento	8
Semana 2: Mantenimiento correctivo	13
Semana 3: Mantenimiento preventivo	21
Semana 4: Ciclo de vida de los activos	22
Segunda Unidad	23
Semana 5: Mantenimiento predictivo	24
Semana 6: Costos de mantenimiento	26
Semana 7: Indicadores de gestión de mantenimiento	29
Tercera Unidad	33
Semana 9: Programación de mantenimiento	34
Semana 10: Gestión económica para reemplazo de equipos-VAN	38
Semana 11: Gestión económica para reemplazo de equipos-CAUE	41
Cuarta Unidad	43
Semana 12: Gestión de mantenimiento, políticas y auditoría	44
Semana 13: Mantenimiento productivo total	46
Semana 14: Mantenimiento centrado en la confiabilidad	48
Semana 15: Análisis de línea de espera en mantenimiento	50
Referencias	53

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

Primera Unidad



Introducción al mantenimiento

Sección: Fecha:/...../..... Duración:
Docente: Unidad: I
Apellidos y nombres:
Tipo de práctica: Individual (X) Equipo ()

Instrucciones

Lea atentamente los textos. Luego desarrolle o responda según se solicita.

I. Objetivo

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 cinco de las seis 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 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 compañía minera Kuntur, en setiembre de 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.



4. Elabore un diagrama de Pareto del caso plástico moldeado: decida qué problemas se investigarán, qué datos se necesitarán y cómo clasificarlos. Elabore una tabla de datos para el diagrama de Pareto con la lista de ítemes, los totales individuales, los totales acumulados, la composición porcentual y los porcentajes acumulados mediante una tabla, organice los ítemes por orden de cantidad, llene la tabla de datos, construya un diagrama de barras y dibuje la curva acumulada por ítemes defectuosos (curva de Pareto).

Caso: plástico moldeado. A continuación, en el cuadro 1, se muestra la Hoja de registro utilizada en la inspección final de cierto producto de plástico moldeado. El inspector hace una marca en el registro cada vez que encuentra un defecto. Al finalizar el día de trabajo, puede calcular de inmediato el número total y el tipo de defectos que ocurrieron, mediante la información se deduce cuáles son los defectos más frecuentes y cuáles no.

Cuadro 1

Hoja de registro

Producto: plástico moldeado	Fecha: 23/7/20	
Eta de manufactura: inspección final	Sección: Terminado	
Tipo de defecto: rayones, rajaduras, tensión, burbuja, fractura, incompleto, deformado	Nombre del inspector: Espinoza	
Número total inspeccionado: 1600	Número del lote: 100	
Observaciones: se inspeccionaron todos los ítemes	Número de orden: 35	
Tipo	Registro	Subtotal
Rayas superficiales		15
Rajaduras		55
Tensión		45
Burbuja		10
Fractura		5
Incompleto		60
Deforme		5
Otros		5
Total		200

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. Los resultados se muestran 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.

N.º	Horas parada	N.º 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.

N.º	Horas parada	N.º de fallas
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. Desarrollar de modo individual.
2. Plantear un tema de interés sobre el que le gustaría investigar algo al respecto.
3. Plantear al menos seis preguntas que le gustaría responder.
No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.



Semana 2

Mantenimiento correctivo

Sección: Fecha:/...../..... Duración:
 Docente: Unidad: I
 Apellidos y nombres:
 Tipo de práctica: Individual () Equipo (X)

Instrucciones

Lea atentamente los textos. Luego desarrolle o responda según se solicita.

I. Objetivo

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 todos las personas fallecidas y heridas.

También a los ciudadanos cuyos bienes se vieron afectados por este desastre, a la vez se expresa 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 solo para prestar el soporte requerido para la recopilación de la información pertinente.

Este 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 —a 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](#) 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 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".

Afirmó 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 día 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 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 de 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 periodos / cargos	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

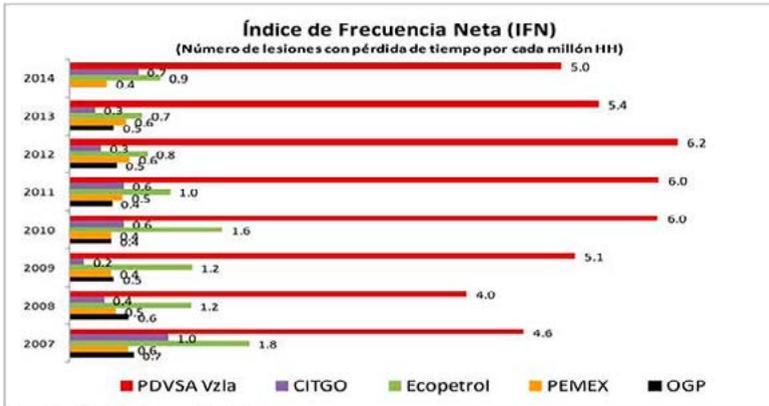
IS: Índice de Severidad, Nro. de días perdidos por Accidentes Incapacitante X 10⁵ dividido entre Total de horas - Hombre trabajadas

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 CITGO, se confirma que los esfuerzos que se hayan realizado no han sido suficientes ni eficaces y que están lejos de traducirse en una urgente y significativa reducción de los índices de accidentalidad.

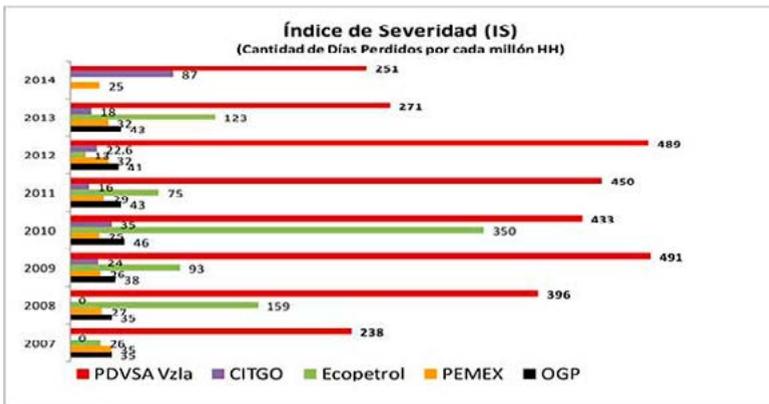
Además, lo que se evidencia de las noticias sobre siniestros y fatalidades que han llegado a publicarse en lo que va del presente 2015, hace pensar que los niveles de riesgo de la industria petrolera venezolana tienden a aumentar.

Uno de los indicadores más importantes para medir la accidentalidad es el Índice de Frecuencia Neta (IFN) 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 Severidad (IS) 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 realizan 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 en relación con los programas de mantenimiento y prácticas operacionales aplicadas en los sistemas donde se produjo la explosión de Amuay, y en relación con 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 el siguiente artículo: [Las empresas aseguradoras frente al desastre de Amuay: el despelote de PDVSA](#)

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? ¿Recuperó PDVSA 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 2003 a más de 20 mil trabajadores, acción que desprofesionalizó sus cuadros gerenciales y técnicos, agravado por 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 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, por esta dolorosa tragedia, y otras que han ocurrido durante los últimos tres años en la industria petrolera nacional.

III. Procedimientos

1. Formar grupos de cinco integrantes.
2. Después de leer el caso, ingrese a los links de la lectura y busque más información en la red.
3. Realizar un mapa mental sobre las causas que desencadenaron el accidente.
4. Responder las siguientes preguntas: ¿qué acciones se tomaron que desarrollar para evitar el accidente? ¿qué lección hallamos de este accidente?
5. Plantear un tema de interés sobre el que le gustaría investigar algo al respecto.
6. Plantear al menos seis preguntas que le gustaría responder. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
7. Analizar y evaluar si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación. Explicar por qué.
8. Elegir la que les resulte más pertinente como problema de investigación.



Semana 3

Mantenimiento preventivo

Sección: Fecha:/...../..... Duración:
 Docente: Unidad: I
 Apellidos y nombres:
 Tipo de práctica: Individual () Equipo (X)

Instrucciones

Desarrollar un plan de mantenimiento considerando los temas desarrollados en clases.

I. Objetivo

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 cinco integrantes.
 2. Plantear un tema de interés sobre el que le gustaría investigar algo al respecto.
 3. Plantear al menos seis preguntas que le gustaría responder.
No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
 4. Analizar y evaluar si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación. Explicar por qué.
 5. Elegir la que les resulte más pertinente como problema de investigación.
-

Ciclo de vida de los activos

Sección: Fecha:/...../..... Duración:
Docente: Unidad: I
Apellidos y nombres:
Tipo de práctica: Individual () Equipo (X)

Instrucciones

Leer el artículo científico y responder las preguntas planteadas.

I. Objetivo

El estudiante será capaz de comprender la gestión de los activos físicos.

II. Descripción de la actividad a realizar

Los estudiantes leerán el artículo científico "[La gestión de los activos físicos en la función del mantenimiento](#)".

III. Procedimientos

1. Formar grupos de cinco integrantes.
2. Después de leer el artículo científico, buscar más información en la red.
3. Realizar un mapa mental sobre la lectura.
4. Responder 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 le gustaría investigar.
6. Plantear al menos seis preguntas que le gustaría responder. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
7. Analizar y evaluar si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación. Explicar por qué.
8. Elegir la que les resulte más pertinente como problema de investigación.

Segunda Unidad



Mantenimiento predictivo

Sección: Fecha:/...../..... Duración:

Docente: Unidad: II

Apellidos y nombres:

Tipo de práctica: Individual () Equipo (X)

Instrucciones

Leer las preguntas y desarrollar conforme se solicita.

I. Objetivo

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](#)".
- b. Utilizando la siguiente tabla, hallar diez técnicas de mantenimiento predictivo e indicar cuáles son las características, aplicaciones y limitaciones (para ello, utilizar archivos y videos de la red).

Técnica MPd Características Aplicaciones Limitaciones *Link de video*

III. Procedimientos

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

Costos de mantenimiento

Sección: Fecha:/...../..... Duración:
Docente: Unidad: II
Apellidos y nombres:
Tipo de práctica: Individual () Equipo (X)

Instrucciones

Leer las preguntas y desarrollar conforme se solicita.

I. Objetivo

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 [Costos del mantenimiento](#) y realizar un mapa mental).
2. Leer el artículo en PDF "Análisis y control de costos", páginas 27-32 y realizar la hilera de disfuncionamientos (mínimo 12) de un hecho ocurrido en el 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 dólares por yarda cúbica por milla (yd³-milla) llevar el material de pavimentación asfáltica desde la planta mezcladora al sitio de trabajo. Algunos 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 dólares 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 ³ -milla	\$ 1.15 / yd ³ -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 cinco integrantes.
2. Después de leer el artículo científico, realizar un mapa mental sobre la lectura.
3. Plantear un tema de interés sobre el que le gustaría investigar algo al respecto.
4. Plantear al menos seis preguntas que le gustaría responder. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
5. Analizar y evaluar si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación. Explicar por qué.
6. Elegir la que les resulte más pertinente como problema de investigación.



Semana 7

Indicadores de gestión de mantenimiento

Sección: Fecha:/...../..... Duración:

Docente: Unidad: II

Apellidos y nombres:

Tipo de práctica: Individual () Equipo (X)

Instrucciones

Leer las preguntas y desarrollar conforme se solicita.

I. Objetivo

El estudiante será capaz de conocer y comprender la aplicación de los indicadores de gestión de mantenimiento.

II. Descripción de la actividad a realizar

- a. Los estudiantes leerán el artículo científico "[Método para el cálculo de indicadores de mantenimiento](#)".
- b. La empresa de transporte de mercadería y bienes Dominicos tiene una flota de cuatro camiones de 18 toneladas. Los vehículos fueron comprados a inicios de 2015. Según el área de mantenimiento, se han realizado las siguientes intervenciones.

Calcule el MTBF, MTTR y disponibilidad por avería de cada camión de la empresa.

Ver "cuadro de intervenciones" en la siguiente página.



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

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

El molino principal trabaja diez horas por cinco días a la semana. Durante los cuatro años anteriores ha sufrido 8 roturas de las cuchillas las cuales han demorado en cambiarse cinco horas cada vez. Asimismo, se han programado mantenimientos preventivos unas seis 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 cuatro años demorando este mantenimiento cuatro horas y solo una vez tuvo que

intervenirse 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 cuatro años este componente ha sido intervenido 14 veces por rotura de faja cuyo trabajo obliga a parar la máquina por tres horas.

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

III. Procedimientos

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



Tercera Unidad



Programación de mantenimiento

Sección: Fecha:/...../..... Duración:
 Docente: Unidad: III
 Apellidos y nombres:
 Tipo de práctica: Individual () Equipo (X)

Instrucciones

Leer las preguntas y desarrollar conforme se solicita.

I. Objetivo

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 [Curso Mantenimiento Eficaz - Clase 6 - Órdenes de trabajo](#) y leer las páginas 47 a 63 del libro base Sistemas de mantenimiento: *Duffua*, luego realizar un mapa mental sobre operaciones y control de mantenimiento.
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 para tres 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 cinco trabajos esperan para ser asignados. En la siguiente tabla se proporcionan los tiempos de ejecución y fechas de entrega. Los trabajos se designaron según el 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 cinco trabajos que requieren ser programados. Antes de terminar un trabajo, debe pasar 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 cinco trabajos que deben realizarse en un equipo. Asigne los trabajadores según 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, EDO.
6. Se requiere ejecutar siete trabajos en dos equipos (PA y PB). Los siete trabajos deben realizarse en ambos equipos, en ese orden, primero en PA y luego en PB. A continuación, observe 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, si aplica la regla de Jhonson.

III. Procedimientos

1. Formar grupos de cinco integrantes.
2. Después de leer el artículo científico realizar un mapa mental sobre la lectura.

3. Plantear un tema de interés sobre el que le gustaría investigar algo al respecto.
4. Plantear al menos seis preguntas que le gustaría responder. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
5. Analizar y evaluar si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación. Explicar por qué.
6. Elegir la que les resulte más pertinente como problema de investigación.



Gestión económica para reemplazo de equipos-VAN

Sección: Fecha:/...../..... Duración:

Docente: Unidad: III

Apellidos y nombres:

Tipo de práctica: Individual () Equipo (X)

Instrucciones

Leer las preguntas y desarrollar conforme se solicita.

I. Objetivo

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 gasto	22000	26225

¿Cuál alternativa 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 tres 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	\$ 1900	\$ 2 500
Erogaciones anuales	-\$ 645	- \$ 1020
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
Inversión Inicial	\$ 15 000	\$ 17 200	\$ 16 200
Costo de producción	\$ 6 000	\$ 4 800	\$ 5 100
Valor de salvamento	\$ 2 500	\$ 3 300	\$ 4 800
Horizonte de planeación	4 años	3 años	4 años

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

Alternativa	Diesel	Gasolina
Inversión inicial	\$ 80 500	\$ 77 200
Costo anual de mantenimiento	\$ 5 300	\$ 5 800
Valor de salvamento	\$ 10 500	\$ 5 000
Vida útil (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 cinco integrantes.
2. Después de leer el artículo científico realizar un mapa mental sobre la lectura.
3. Plantear un tema de interés sobre el que le gustaría investigar algo al respecto.
4. Plantear al menos seis preguntas que le gustaría responder. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
5. Analizar y evaluar si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación. Explicar por qué.
6. Elegir la que les resulte más pertinente como problema de investigación.

Semana 11

Gestión económica para reemplazo de equipos-CAUE

Sección: Fecha:/...../..... Duración:
 Docente: Unidad: III
 Apellidos y nombres:
 Tipo de práctica: Individual () Equipo (X)

Instrucciones

Leer las preguntas y desarrollar conforme se solicita.

I. Objetivo

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 cinco años se compró un camión por 23,000 dólares con una vida estimada de ocho años, un valor de salvamento de 10,600 dólares y un costo anual de operación de 3,500 dólares. El valor actual en libros es de 8,100 dólares.

Ahora se ofrece un retador por 11,000 dólares y un valor de canje de 7,500 dólares por el volquete viejo. La compañía estima que el retador tendrá una vida útil de diez años, un valor de salvamento de 2,000 dólares y los costos anuales de operación de 1,800 dólares por año. Se hacen estimaciones nuevas sobre el volquete viejo como sigue: valor de salvamento realizable de 2,000 dólares; vida útil restante de tres 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 acti-

vo tiene un CAUE de 5,210 dólares al año y una vida útil restante de cinco años debido al rápido avance tecnológico. El posible remplazo del activo tiene un costo inicial de 25,000 dólares, un valor de salvamento de 3,800 dólares, una vida útil de cinco años y un costo anual de operación de 720 dólares 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 remplazarse el activo?

3. Un activo con siete 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	Remplazos posibles	
	Defensor	Retador 1	Retador 2
Costo inicial	...	\$10 000	\$18 000
Valor de canje del defensor	...	3 500	2 500
Costo anual	\$3 000	1 500	1 200
Valor de salvamento	500	1 000	500
Vida útil estimada en años	5	5	5

III. Procedimientos

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

Cuarta Unidad



Gestión de mantenimiento, políticas y auditoría

Sección: Fecha:/...../..... Duración:

Docente: Unidad: IV

Apellidos y nombres:

Tipo de práctica: Individual () Equipo (X)

Instrucciones

Desarrollar el trabajo de investigación tomando como referencia una empresa y exponer.

I. Objetivo

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.

- Registro del historial de equipos.
 - Planificación y programación de actividades.
 - Plan integral de mantenimiento.
 - Análisis costo-riesgo-beneficio.
 - Gestionar inventarios.
 - Controlar indicadores de gestión.
 - Plan de mejoramiento continuo.
 - Asimismo, en la política de mantenimiento, considerar:
 - Determinar el personal que tendrá a su cargo el mantenimiento, esto incluye, el tipo, especialidad, y cantidad de personal.
-
-

- Determinar el tipo de mantenimiento que se va a llevar a cabo.
- 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.
- Determinar 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 cinco integrantes.
2. Después de leer el artículo científico realizar un mapa mental sobre la lectura.
3. Plantear un tema de interés sobre el que le gustaría investigar algo al respecto.
4. Plantear al menos seis preguntas que le gustaría responder. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
5. Analizar y evaluar si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación. Explicar por qué.
6. Elegir la que les resulte más pertinente como problema de investigación.



Mantenimiento productivo total

Sección: Fecha:/...../..... Duración:

Docente: Unidad: IV

Apellidos y nombres:

Tipo de práctica: Individual () Equipo (X)

Instrucciones

Leer las preguntas y desarrollar conforme se solicita.

I. Objetivo

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

1. Lea y analice la tesis [Análisis y mejoras de la gestión del área de mantenimiento mecánico molienda procesos C2 de la planta concentradora de cobre de Sociedad Minera Cerro Verde Arequipa basado en la filosofía de mantenimiento productivo total](#), luego, mediante un mapa mental, responda: cuál es el título de la investigación, cuáles son los problemas (general y específicos), objetivos (general y específicos), resultados y conclusiones.
2. Ver el siguiente video: [Animación: Falta de orden y limpieza](#) y, utilizando las 5S, indicar los procedimientos que deben desarrollar para evitar las condiciones de falta de orden y limpieza.

III. Procedimientos

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



Mantenimiento centrado en la confiabilidad

Sección: Fecha:/...../..... Duración:

Docente: Unidad: IV

Apellidos y nombres:

Tipo de práctica: Individual () Equipo (X)

Instrucciones

Desarrollar el trabajo de investigación tomando como referencia una empresa y exponer.

I. Objetivo

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 diez 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: Determinar los fallos funcionales y fallos técnicos.

Fase 5: Determinar 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 cinco integrantes.
2. Después de leer el artículo científico realizar un mapa mental sobre la lectura.
3. Plantear un tema de interés sobre el que le gustaría investigar algo al respecto.
4. Plantear al menos seis preguntas que le gustaría responder. No inhiban ninguna de las preguntas que surjan.
5. Analizar y evaluar si todas estas preguntas podrían ser consideradas un problema de investigación. Explicar por qué.
6. Elegir la que les resulte más pertinente como problema de investigación.



Análisis de línea de espera en mantenimiento

Sección: Fecha:/...../..... Duración:

Docente: Unidad: IV

Apellidos y nombres:

Tipo de práctica: Individual () Equipo (X)

Instrucciones

Leer las preguntas y desarrollar los siguientes problemas.

I. Objetivo

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 cinco 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 según el modelo M/M/1 si el tiempo de trabajo por día es de 24 horas.

Además:

- La probabilidad de tener 0 y dos clientes en el sistema.
 - Probabilidad de tener más de tres clientes en el sistema.
 - Probabilidad de esperar más de cinco 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 14 soles la hora y puede atender a un promedio de tres clientes por hora. El otro tiene varios años de experiencia y puede atender a un promedio de cuatro clientes por hora, pero espera recibir un sueldo de 20 soles por hora. Suponer que los clientes llegan a razón de dos clientes por hora
- a) ¿Cuáles son las características de operación con cada mecánico?
 - b) Si la empresa asigna un costo de 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 minutos. ¿Se cumple la meta? Si no, ¿qué acción recomienda?
 - c) Si el asesor puede reducir el tiempo empleado por cliente a 8 minutos, ¿cuál es la tasa media de servicios? ¿Se cumplirá con la meta de servicio?



III. Procedimientos

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



Referencias

- Aguilar, R. (2018). *Análisis y mejoras de la gestión del área de mantenimiento mecánico molienda procesos C2 de la planta concentradora de cobre de Sociedad Minera Cerro Verde Arequipa basado en la filosofía de mantenimiento productivo total* [Tesis para optar el grado de Bachiller, Universidad Continental]. Repositorio Institucional. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4970/1/IV_FIN_108_TI_Aguilar_Bustamante_2018.pdf
- Azoy, A. (2014). Método para el cálculo de indicadores de mantenimiento. *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(4), 45-49. <https://www.redalyc.org/pdf/5862/586262042008.pdf>
- Centro de Orientación en Energía. (s.f.). Quienes somos. *Coener Venezuela*. Recuperado el 1 de febrero de 2022, de <http://coener2010.blogspot.com/>
- Coordinación Logística y Operaciones. (15 de noviembre de 2017). *Costos del mantenimiento* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=GKzuP4aOUw&t=1579s>
- Coronel, G. (25 de julio de 2015). Las empresas aseguradoras frente al desastre de Amuay: el despelote de PDVSA. *Las armas de Coronel*. <http://lasarmasdecoronel.blogspot.com/2015/07/las-empresas-aseguradoras-frente-al.html>
- Coronel, G. (5 de noviembre de 2014). Otro "sabotaje" en la refinería de Amuay. *Las armas de Coronel*. <http://lasarmasdecoronel.blogspot.com/2014/11/otro-sabotaje-en-la-refineria-de-amuay.html>
- CTM - Centro Tec. del Mármol, Piedra y Materiales. (14 de febrero de 2015). *Animación: Falta de orden y limpieza* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=OmiCyJzQRGU>

- Duffuaa, S., Raouf, A. Dixon, J. (2003). *Sistema de mantenimiento: planeación y control*. Limusa. <https://bit.ly/3qrQQQu>
- Fidestec. (15 de octubre de 2016). Curso Mantenimiento Eficaz - Clase 6 - Órdenes de trabajo [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=FvbCrIvEm2M>
- García, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento: manual práctico para la implementación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial*. Díaz de Santos. <https://bit.ly/3tqhc77>
- Gestión Moderna del Mantenimiento. (s.f.). *Manual del ingeniero de mantenimiento*. <https://bit.ly/3FsKvs9>
- Olarte, W. y Botero, M. (2011). La detección de ultrasonido: una técnica empleada en el mantenimiento Predictivo. *Scientia Et Technica*, 17(47),230-233. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84921327035.p>
- Sánchez-Rodríguez, Á. (2010). La gestión de los activos físicos en la función mantenimiento. *Ingeniería Mecánica*, 13(2), 72-78. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59442010000200008&script=sci_arttext&lng=en
- Tavares, L. (s.f.). *Administración moderna de mantenimiento*. Novo Polo Publicações. Recuperado el 1 de febrero de 2022, de <https://bit.ly/3trhZ82>



