

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



NOMBRE DEL SUB-EVENTO
I Conferencia Internacional de Ingeniería Industrial (CINDUS 2019).
Gestión de riesgos en mantenimiento

Título

**Análisis costo-riesgo de las enfriadoras en el hotel Playa Cayo Santa
María del Grupo Gaviota S.A.**

Title

*Cost-risk analysis of the chillers at the Cayo Santa María Beach hotel of
Grupo Gaviota S.A.*

**José U. Espinosa-Martínez¹, Estrella M. de La Paz-Martínez², Boris L. Martínez-
Giménez³**

1- José U. Espinosa-Martínez. Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba. E-mail: ulivis@uclv.edu.cu

2- Estrella M. de La Paz-Martínez. Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba. E-mail: estrella@uclv.edu.cu

3- Boris L. Martínez-Giménez. Universidad Autónoma de Chile, Chile. E-mail: boris.martinez@uautonoma.cl

Resumen

El presente trabajo se realizó la determinación de la frecuencia óptima mediante un análisis de costo-riesgo, específicamente al sistema de enfriadoras de agua. Se emplea un procedimiento que permita un análisis de factibilidad económica para la determinación de la frecuencia óptima de mantenimiento para la entidad objeto de estudio, así como el

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



costo mínimo. Se tomaron en consideración todos y cada uno de los componentes del modelo Costo – Riesgo.

Como principales resultados del trabajo arrojó que el procedimiento seleccionado posibilitó la determinación de los costos tanto de mantenimiento como los costos de riesgo en el que se incurre cuando ocurre una falla. Así como la evaluación del desempeño del modelo propuesto mediante la comparación entre los costos del mantenimiento actual y la propuesta desarrollada, logrando obtener un ahorro considerable de estos costos. Y la frecuencia óptima a un mínimo costo.

Palabras claves: Mantenimiento, Costo - Riesgo, Frecuencia Óptima.

Abstract:

The present work was carried out the determination of the optimal frequency through a cost-risk analysis, specifically to the water chiller system. A procedure is used that allows an economic feasibility analysis to determine the optimum maintenance frequency for the entity under study, as well as the minimum cost. All the components of the Cost - Risk model were taken into consideration.

As the main results of the work, it was shown that the selected procedure enabled the determination of both maintenance costs and the risk costs incurred when a failure occurs. As well as the evaluation of the performance of the proposed model by comparing the costs of current maintenance and the proposal developed, achieving considerable savings of these costs. And the optimal frequency at a minimum cost

Keywords: Maintenance, Cost - Risk, Optimal Frequency.

1. Introducción

El desarrollo del turismo exige una importante cantidad de activos fijos tales como edificios, instalaciones y equipos. La repercusión directa en la función del hospedaje de cualquier avería o problema de estos activos, afecta de manera inmediata en la satisfacción del cliente lo cual subraya la importancia de su correcto funcionamiento, la

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



rápida resolución de los problemas existentes, un nivel de confort y un máximo nivel de seguridad, garantizado a su vez por el desarrollo de actividades de mantenimiento (Alfonso Llanes 2009, Pérez González y Espinosa Martínez 2016). Dichas actividades en sus inicios solo estaban enfocadas a solucionar fallos, sin embargo, la evolución del mismo demostró que las actividades correctivas permitían no solo solucionar los fallos, también actuar antes que se produzca el fallo, garantizando eficiencia para evitar los costos por averías. El mantenimiento no debe verse como un costo si no como una inversión al estar ligado directamente a la calidad y eficiencia (Espinosa Fuentes 2013, Dumaguala Encalada 2014, De la Paz Martínez 2015).

La función de mantenimiento, implican riesgos de accidentes, que deben identificarse y evaluarse para implantar las medidas que eviten la ocurrencia de los mismos o que minimicen las consecuencias asociadas a dichos riesgos. El constante incremento del costo de equipos, primas de seguros, además de posibles pérdidas humanas por incidentes, ha aumentado el ímpetu de las empresas hacia objetivos de prevención de riesgos (Espinosa Fuentes 2006, Lust, Roux et al. 2009, Cotts et al 2010).

El análisis de riesgos permite identificar los componentes que más influyen en el riesgo de la instalación, al punto de focalizar en ellos los esfuerzos de inspección, y definir el programa óptimo de inspección, en función de su influencia en el riesgo, determinándose el alcance, la periodicidad y la técnica de mantenimiento. Su aplicación garantiza alto nivel de integridad mecánica de los equipos y reducción de los mecanismos de fallo posibles, esto se consigue tras la identificación de los equipos que poseen un mayor riesgo, a cuyo mantenimiento se destinan mayores esfuerzos y recursos. Uno de los mayores atractivos del Mantenimiento Basado en Riesgo (MBR), es que permite aumentar la seguridad de las instalaciones reduciendo los costos, tanto directos como indirectos asociados al fallo de equipos. El objetivo final es aumentar la disponibilidad y reducir el costo para mejorar los resultados económicos de la empresa (Martínez Giraldo 2014, Velazquez-Pérez 2014).

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



La calidad de los servicios en el sector del turismo en Cuba representa un problema significativo para todas las entidades hoteleras, siendo este un denominador común en todos los hoteles subordinados a la Delegación Territorial Centro de Gaviota S.A. Del hotel objeto de estudio, se conoce que en el último año los resultados de las encuestas (1.98 %) a los clientes arrojaron insatisfacción, también arrojan quejas de los trabajadores que laboran en las áreas cuando fueron encuestados, sobre el área de servicios técnicos y sobre todo al sistema de enfriadoras de agua. Este sistema se encuentra ubicado en el edificio principal, el mismo se encarga de climatizar todas las instalaciones que se encuentran en ese lugar, dígase lobby, buffet, bares, CADECA, tiendas, recepción, oficinas, entre otras. Como una solución a este problema (Cano 2017) propone aplicar Mantenimiento Basado en el Riesgo al sistema de enfriadoras de agua el cual se hace una propuesta de un plan de mejoras enfocadas a mejorar el funcionamiento del sistema de enfriadoras de agua, con el propósito de prevenir los modos de fallos del sistema y de las acciones de mantenimiento preventivo para cada modo de fallo del equipo, pero se necesita calcular con qué frecuencia realizar estas tareas preventivas y la factibilidad económica de las mismas

2. Metodología

Para el cumplimiento del objetivo propuesto en la presente trabajo, se propone el procedimiento para la optimización Costo-Riesgo propuesto por Espinosa Martínez y De la Paz Martínez (2017). A continuación se muestran las etapas que lo conforman:

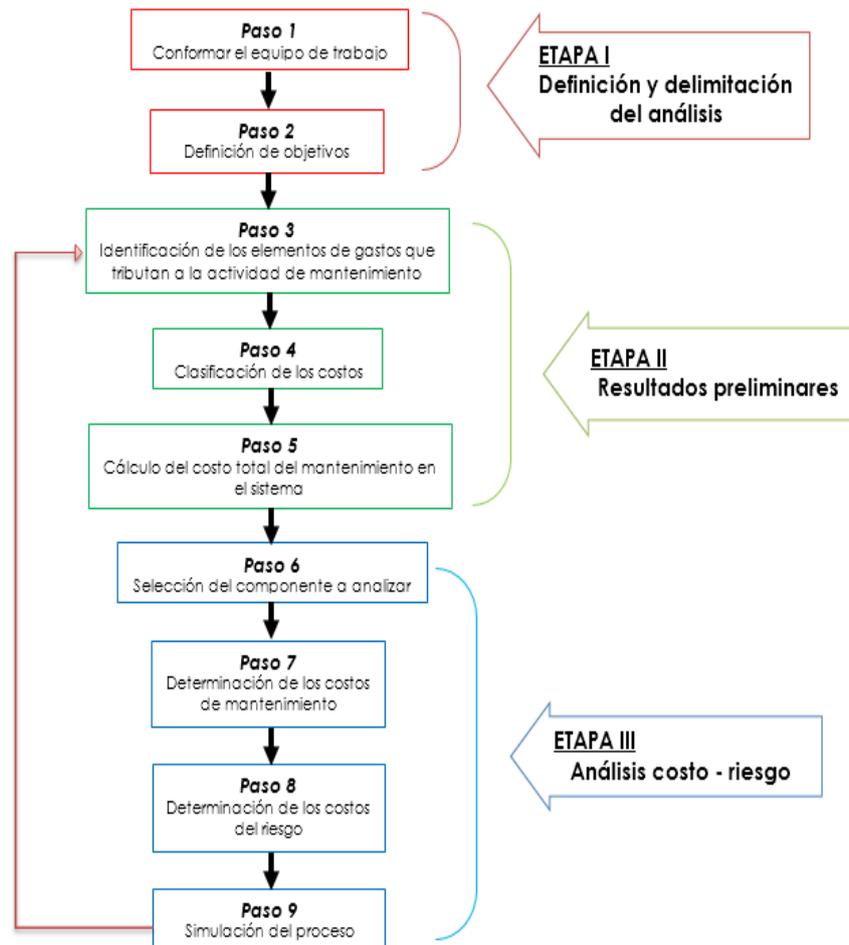
Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

Figura 1. Procedimiento a seguir para la ejecución del análisis Costo-Riesgo. Fuente: (Espinosa Martínez y De la Paz Martínez. 2017)



3. Resultados y discusión

Los resultados de la aplicación de este procedimiento se puede analizar a continuación. Los cuales se mostraran por el desarrollo de sus pasos.

Paso 1: Conformar equipo de trabajo

En la tabla 1 se muestran los nombres de los especialistas que conformaron el grupo de trabajo en el hotel objeto de estudio. El proceso de selección se desarrolló teniendo en cuenta que los mismos tuvieran suficientes conocimientos sobre el tema a tratar y

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

experiencia en la tarea, de manera que garantizarán resultados consecuentes con el análisis costo - riesgo.

Tabla 1. Equipo de trabajo definido. fuente: elaboracion propia.

No	Ocupación	Años de experiencia
1	Jefe de Servicios Técnicos	6
2	Especialista en enfriadoras	11
3	Económica	8
4	Jefe de brigas	12
5	Técnica en ahorro y uso racional de energía	5

Paso 2: Definición de objetivos

Los siguientes objetivos fueron los que a modo del grupo se definieron:

- Determinar el número óptimo de actividades de mantenimiento.
- Optimizar el proceso de toma de decisiones del proceso de mantenimiento de las enfriadoras.
- Decidir cuándo hacer mantenimiento, cuándo hacer la parada de servicio.
- Estimar la relación costo/riesgo de múltiples factores, tales como el impacto de normas, leyes, regulaciones, medio ambiente, seguridad, confiabilidad, eficiencia, costos de operación, seguridad física, operacionales, no operacionales y otros.

Paso 3: Identificación de los elementos de gastos que tributan a la actividad de mantenimiento

Los elementos de gastos se presentan en una ficha de costo para el trabajo de las UEB tecnológicas y constructivas aprobado el 4 de enero del 2017, donde se muestra la tarifa en horas hombres; en cuanto a materias primas y materiales, los gastos indirectos, los gastos generales de dirección, salario del personal directo a la producción, así como la tarifa interna de Gaviota y la tarifa interna de terceros. Esta ficha también enseña el gasto

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

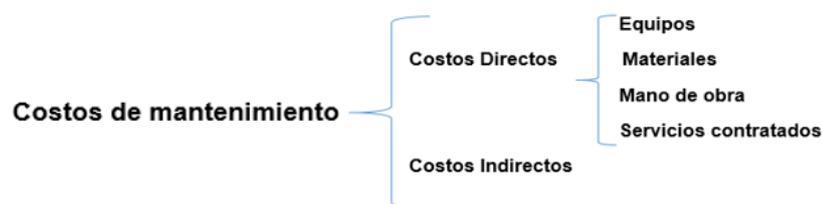
**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



general de la UEB en una hora y el gasto de un trabajador directo en una hora, además de la frecuencia, tiempo en horas, tarifa horaria e importe total de tarifa horaria en CUC.

Paso 4: Clasificación de los costos

Figura 2. Clasificación de los costos. Fuente: UEB Mantenimiento Tecnológico y Constructivo.



Los costos en el hotel se clasifican según se muestra en la figura 2, sin embargo, no son asumidos ya que esta actividad es tercerizada y solo se ocupan de poseer el efectivo necesario para pagar directamente este servicio.

Esta actividad en el hotel se realiza sumando las horas que demora la realización la actividad de mantenimiento a las enfriadoras multiplicado por la cantidad de veces que lo realizan en el año, más las horas que demora la realización la actividad de mantenimiento a las resistencias por la cantidad de veces que lo realizan en el año, más las horas que demora la realización la actividad de mantenimiento a los sistemas por la cantidad de veces que lo realizan en el año. Toda esta suma se multiplica por el Total General de la ficha de costo que tienen definido la brigada.

Paso 5: Calcular el costo total de mantenimiento del sistema

Para el cálculo del costo total del sistema se utilizó la información brindada por la brigada de Gaviota, donde se tomó como referencia una sola enfriadora de cuatro existentes por su similar funcionamiento en todos sus componentes a analizar facilitando los cálculos pertinentes y obteniéndose los resultados mostrados a continuación en la tabla 2

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

(solamente se mostrara el resultado del analisis al compresor, las demas sistemas estan reflejados en el trabajo original):

Tabla 2. Costo total de mantenimiento de la enfriadora #1. Fuente: Datos del hotel.

Elementos	Cantidad de mantenimiento/año	Tiempo en horas	Importe de Tarifa Horaria	Costo Total (CT)
Compresor	4	15	127,2	7632
Ventiladores axiales	12	8	67,84	6512,64
Intercambiador	2	17	144,16	4901.44
Costo Total				19046,08

Los costos asociados a esta actividad son determinados por la propia brigada de servicios contratados, donde los resultados se muestran en la tabla 3:

Tabla 3. Resumen de los costos totales de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Tipo de costos	CUC/año
Materiales directos	3 019.51
Mano de obra directa	15 149.86
Costos indirectos	1 095.24
Pérdidas por servicio	245 079
Costo de Reparación	4 963.765
Total	269 307.89

Los costos de mantenimiento por servicios contratados suman un total de 269 334,85 CUC/año, por lo que se puede considerar que el costo total de mantenimiento del sistema de enfriadoras dado que son cuatro las existentes suma un total de 1 077 339,4 CUC.

Paso 6: Selección del componente a analizar

Para la selección del componente a analizar del sistema de enfriadoras, se hizo necesaria la realización de un análisis de Nivel de Prioridad de Riesgo realizado por Espinosa Martínez y De la Paz Martínez (2017) y consultado con el personal de mantenimiento y operaciones.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

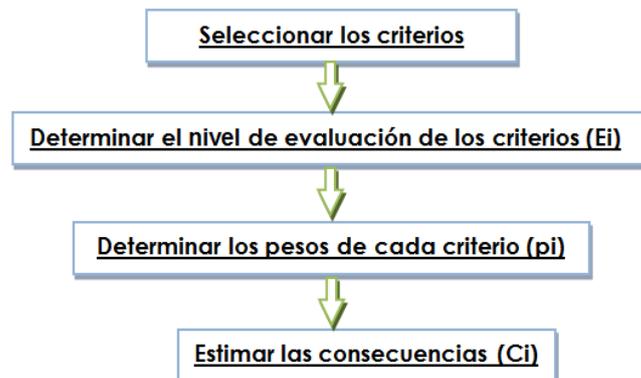
PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

La determinación de los niveles de prioridad del riesgo (NPR), se establece a través de la multiplicación de las consecuencias por la probabilidad de fallo. Para estimar las consecuencias se siguen los pasos de la figura 3. El grupo de trabajo seleccionó los criterios siguientes: seguridad física, operacional, medio ambiente y no operacional. Dichos criterios son evaluados y a su vez se le asigna un peso por el método de ordenación simple, estimando las consecuencias. Mientras que la probabilidad del fallo, solo se determina por la multiplicación de la frecuencia por la detección de forma cualitativa.

Figura 3. Procedimiento para estimar las consecuencias. Fuente: Elaboración propia.



Los NPR, se clasifican según el riesgo de cada causa de fallo a través de los intervalos seleccionados por el grupo de trabajo, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Clasificación del nivel de riesgo según los intervalos del NPR. Fuente: Elaboración propia.

Nivel de riesgo	Intervalo NPR (%)
Aceptable	$NPR \leq 4$
Admisible	$5 \leq NPR \leq 18$
Permisible	$19 < NPR \leq 48$
Crítico	$NPR \geq 49$

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA**

Para la estimación del riesgo se construye el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) como se en la tabla 5, del cual se obtuvo el análisis del NPR que permitió jerarquizar los componentes del sistema.

Tabla 5. Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE). Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por:		Sistema:				Contexto operacional:									
Fecha:		Equipo:		Enfriadora											
Revisado por:															
Componente y Función	Modo de fallo	Causa de fallo		Código	Efectos del fallo	Detección del fallo/ síntoma	Valoración FMECA								
							C	F	D	NPR	Nivel del riesgo				
Enfriadora: Enfriar agua a una temperatura de 5°C	El agua fría no alcanza la temperatura de salida, 5°C	1	Rotura del motor ventilador axial	1 A 1	Se detiene el funcionamiento del motor ventilador axial por alta presión de condensación	Se para el equipo. Se muestra tipo de error en el display	0,8	2	3	4,8	Acceptable				

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
 II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
 “II CCI UCLV 2019”



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019
 CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA

			Rotura del compresor	1 A 5	No arranca el compresor, se para el equipo	Separa el equipo. Se muestra tipo de error en el display	1,3	3	3	11,7	Admisible
			Rotura del intercambiador	1 A 8	Inundación de agua en el evaporador por salidero del mismo.	Poca eficiencia de enfriamiento	0,5	2	1	1	Aceptable
				1 A 9	Se para el sistema en caso de salidero por el refrigerante, así como elevación de la presión	Se para el equipo por alta presión	0,8	2	2	3,2	Aceptable

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

La información de las reparaciones de las causas de las fallas del sistema de enfriadoras fue suministrada por el software @ Mantener. La misma se obtuvo del historial de fallas del ventilador axial, compresor e intercambiador (Evaporador y condensador) almacenado en el sistema de información desde el año 2013 hasta los primeros meses del año 2018.

Paso 7: Determinación de los costos de mantenimiento

A continuación se determinarán los costos de mantenimiento para los distintos componentes a analizar en el sistema de enfriadoras, de los cuales se muestra a modo de ejemplo el del compresor.

Tabla 6. Costos del mantenimiento para el compresor. Fuente: Datos del hotel.

Costos de mantenimiento (CUC/año)	
Materiales directos	1142.2
Mano de obra directa	3787,46
Costos indirectos	365.08
Costo Total	5294.74

Los datos de la tabla anterior se pueden obtener a partir de la tabla 7 siguientes:

Tabla 7. Costo horario del personal. Fuente: Ficha de costo.

A realizar	Cantidad	Tarifa horaria (cup)
Técnico	1	473.4336
Supervisor	1	737.7763

Paso 8: Determinación de los costos del riesgo

Para determinar el costo del riesgo es necesario estimar el número esperado de fallas y el costo unitario de las fallas.

- a) Estimación del número esperado de fallas

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

La determinación del número esperado de fallas se efectuó siguiendo los siguientes pasos: pruebas de bondad de ajuste, estimación de los parámetros de la distribución de Weibull, determinación de la ecuación para estimar el número esperado de fallas.

- Pruebas de bondad de ajuste

Esta prueba se efectuó mediante la ayuda del software SPSS, para verificar si el conjunto de datos, en este caso los tiempos entre fallas del sistema, se apegan a la distribución de probabilidad de Weibull. Para la realización de esta prueba se tomó los tiempos entre fallas, y se obtuvo el resultado mostrado en la tabla 8:

Tabla 8. Prueba de bondad de ajuste realizada por SPSS al compresor. Fuente: Elaboración propia.

Estadísticos de prueba

		VAR0000 1
Chi-cuadrado		2,667 ^a
gl		7
Sig. asintótica		,914
Sig. Monte Carlo	Sig.	,964 ^b
	Intervalo de confianza a 95%	
	Límite inferior	,961
	Límite superior	,968

a. 8 casillas (100,0%) han esperado frecuencias menores que 5. La frecuencia mínima de casilla esperada es 1,5.

b. Se basa en 10000 tablas de muestras con una semilla de inicio 1314643744.

Con el resultado obtenido se puede verificar el no rechazo de la hipótesis que plantea que el comportamiento de fallas de los componentes, se ajusta a la distribución de Weibull,

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”



DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

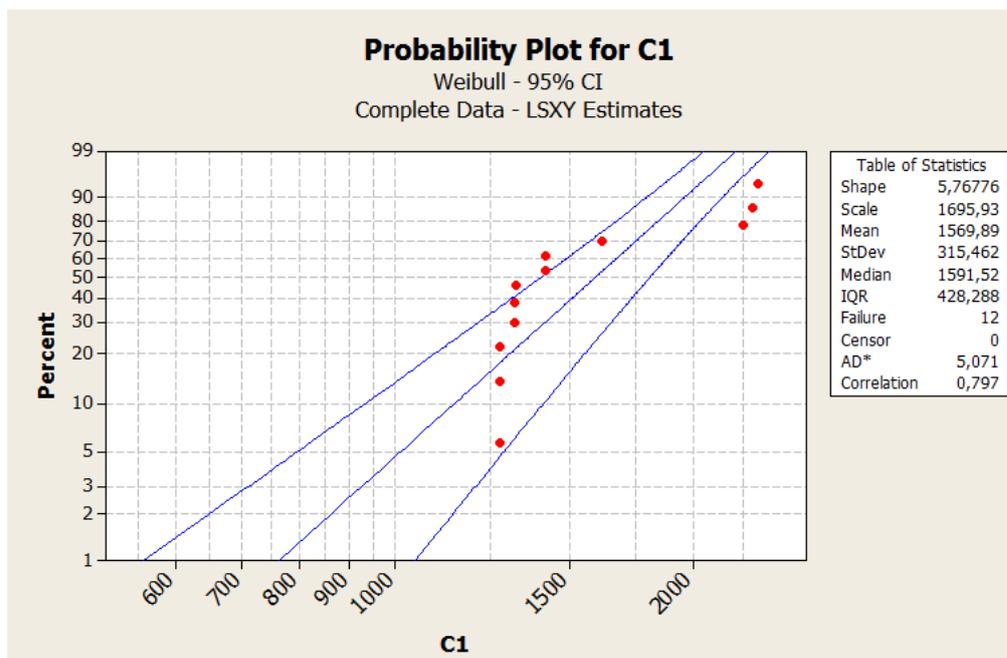
con base en el valor P de la prueba Chi-cuadrado de Pearson, contrastado con un nivel de significancia (α) del 5%.

- Parámetros de estimación del número esperado de fallas

De las pruebas anteriores se obtuvo que la distribución que mejor se ajusta al conjunto de valores es la distribución de Weibull, cuyos parámetros principales de forma y escala, mediante el uso del programa Minitab, arrojaron los siguientes resultados:

Para el compresor: $\alpha = 5.76776$ y $\beta = 1695.93$ tal como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Parámetros de Weibull obtenidos por el software Minitab. Fuente: Software Minitab.



- Ecuación para estimar el número esperado de fallas

Para la estimación del número esperado de fallas se asume una distribución Weibull ya que según el comportamiento de fallas de los equipos, esta es la distribución que mejor se adapta a dicho comportamiento, es decir, las fallas presentan un patrón de arranque, operación normal y luego de desgaste, esto se debe principalmente a las características de los materiales con los que son fabricados sus componentes, y la distribución de Weibull

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**



**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

es la única distribución que aplica a mecanismos de fallas en arranque, operación normal y desgaste. Empleando los parámetros obtenidos y sustituyéndolos en la siguiente ecuación se obtendrá el número esperado de fallas:

$$NEF(t) = (t/\beta)^\alpha \quad 3$$

Dónde:

NEF: número esperado de fallas

t: intervalo de tiempo

Aplicando la ecuación mostrada se puede observar el número de fallas (una falla) por intervalo de tiempo, a cada componente analizado reflejado en la tabla 9.

Tabla 9. Simulación del número esperado de fallas para el compresor. Fuente: Elaboración propia.

Tiempo	NEF	Tiempo	NEF
100	0,0000000811	900	0,025876881
200	0,00000441915	1000	0,047514937
300	0,0000458132	1100	0,082332866
400	0,000240773	1200	0,135996767
500	0,00087209	1300	0,215788387
600	0,002496088	1400	0,330873206
700	0,006072854	1500	0,492586245
800	0,013118267	1600	0,714735299

b) Estimación del costo unitario de la falla

Tabla 10. Costo unitario de la falla para el compresor. Fuente: Elaboración propia.

Costos unitario de la falla (CUC/año)	
Pérdidas por servicio	104400
Costo de reparación	1324
Costo Total	105724

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**



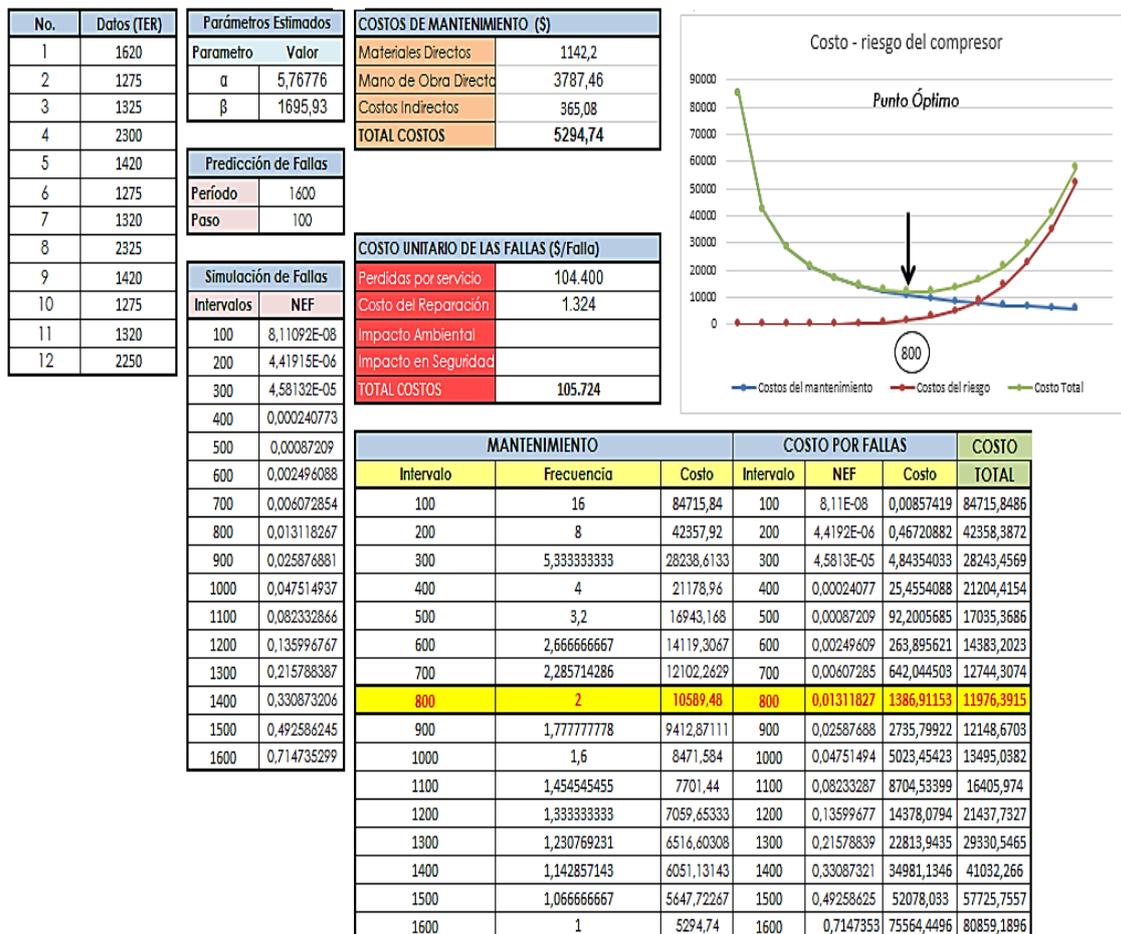
**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

Paso 9: Simulación del modelo

Se utilizó el Excel para la simulación del comportamiento de estos componentes para así arribar a la solución óptima basado en el costo de mantenimiento, el costo por fallas y el costo total.

Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 11. Resultados obtenidos de la simulación del compresor. Elaboración propia.



De forma más detallada se puede observar en la figura 5 los resultados obtenidos del análisis costo-riesgo de la simulación trazando curvas a partir del costo de mantenimiento, el costo por fallas y el costo total.

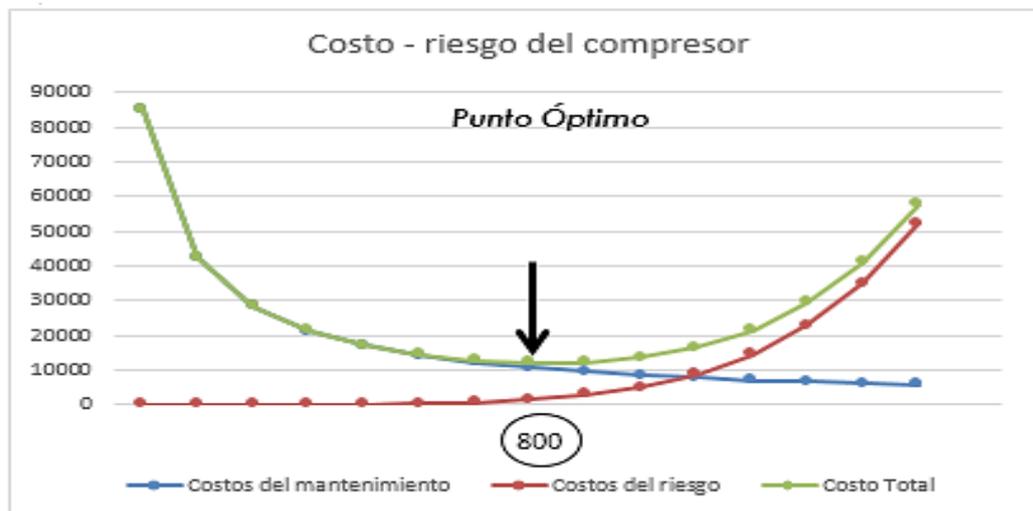
Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



Figura 5. Simulación costo-riesgo del compresor. Elaboración propia.



Obteniéndose una solución óptima de 800h por intervención se puede llegar a la comparación entre la política actual y la propuesta definiéndose la mejor oferta.

Tabla 12. Comparación entre los costos de mantenimiento actual y el propuesto. Elaboración propia.

Política	Intervalo (horas)	Costo de Mantenimiento (CUC)	Costo por fallas (CUC)	Costo Total (CUC)
Actual	1 300	6 516.60	22 813.94	29 330.54
Propuesta	800	10 589.48	1 386.91	11 976.39
Diferencia	-500	4 072.88	-21 427.03	-17 254.15

4. Conclusiones

1. El estudio de la bibliografía consultada para la construcción del marco teórico de la investigación confirma la existencia de una amplia base conceptual que evidenció la calidad que ha alcanzado el mantenimiento como disciplina en la estructura competitiva de las empresas, sin embargo, son insuficientes los precedentes sobre el tratamiento del

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
"II CCI UCLV 2019"

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.



análisis Costo-Riesgo del mantenimiento en Cuba, particularmente en el Grupo GAVIOTA S.A

2. El análisis de la situación problemática que fundamenta la presente investigación motivó la necesidad de desarrollar un procedimiento general para determinar la frecuencia óptima de mantenimiento a las enfriadoras de agua, mediante un procedimiento costo-riesgo que considere los elementos referentes al análisis de costo-riesgo.

3. Con la frecuencia de ejecución del mantenimiento, se incurre en un aumento de los costos de mantenimiento en relación con lo que actualmente se hace, sin embargo a partir de la disminución significativa de los costos de riesgo por fallas, se genera un ahorro 17 254.15 CUC en el caso del compresor, 1 315.15 CUC en el caso del ventilador axial y 116 816.69 CUC en el intercambiador, para un ahorro total 135 385.99 CUC lo cual evidencia la mejora.

5. Referencias bibliográficas

1. Alfonso Llanes, A. (2009). Procedimiento para la asistencia decisional al proceso de tercerización de la ejecución del mantenimiento. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Santa Clara, Cuba
2. Cotts, D. G., Roper, O. K. y Payant, R. P. (2010). ""The facility management handbook"." **Tercera Edición.** (Business & Economics. USA.): p. 436.
3. De La Paz Martínez, E. M. (2015). Temas especiales de Ingeniería y Gestión del Mantenimiento(asociados a la Ingeniería Industrial). Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba.
4. Dumaguala Encalada, E. M. (2014). Gestión e implementación del plan de mantenimiento en los laboratorios del área de Ingeniería Mecánica en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Departamento de Mecánica. Ecuador, Universidad Politécnica Salesiana.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**PLANTILLA OFICIAL PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS
II CONVENCION CIENTÍFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



5. Espinosa Fuentes, F. (2006). "Metodología para innovación da gestión de manutención industrial". Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
6. Espinosa Martínez, J. U. y De la Paz Martínez, E. M. (2017). "Mantenimiento Basado en el Riesgo al sistema de enfriadoras de agua en el Hotel Playa Cayo Santa María." Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.. Santa Clara, Cuba.
7. Espinosa-Fuentes, F. (2013). "EL mejoramiento continuo: Conceptos para el mantenimiento industrial". Universidad de Talca. Brasil.
8. Lust, T., et al. (2009). "Exact and heuristic methods for the selective maintenance problem." European Journal of Operational Research **197**(3): 1166-1177.
9. Martínez Giraldo, L. A. (2014). Metodología para la definición de tareas de mantenimiento basado en confiabilidad, condición y riesgo aplicada a equipos del sistema de transmisión nacional. Departamento de Energía Eléctrica y Automática. Colombia, Universidad Nacional de Colombia.
10. Pérez González, W. y Espinosa Martínez, J. U. (2016). “Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento del sistema de abasto de agua caliente en el Hotel Playa Cayo Santa María”. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Santa Clara, Cuba.
11. Velazquez Pérez, E. (2014). Implementación del Sistema Alternativo de Mantenimiento en la Empresa Gráfica de Villa Clara. Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu