

## **Estudio de análisis de fallas en la Unidad Curricular Optimización del Mantenimiento del PIMM de UNERMB**

Study on failure analysis Curricular Unit Maintenance  
Optimization of PIMM UNERMB

*Henry J. Villarroel N.*

### **Resumen**

La investigación tiene como finalidad identificar los componentes del análisis de fallas dentro de la unidad curricular optimización del mantenimiento del Proyecto Ingeniería de Mantenimiento Mecánico (PIMM) de la UNERMB. Para lograrlo se revisaron algunas teorías de autores en el área tales como Hollnagel, Gutiérrez y, Mosquera. La metodología es de tipo descriptiva y el diseño de investigación es no experimental y de campo. La población estuvo conformada por 69 personas estudiantes de la unidad curricular, la muestra seleccionada fue conformada por 24 sujetos pertenecientes a una única sección del PIT Ciudad Ojeda y se realizó un cuestionario codificado CEMAF. Para validez del cuestionario, se procedió a consultar a tres expertos en el área y para la confiabilidad se utilizó el coeficiente de alfa de Crombach con un resultado de 0.90. Los resultados obtenidos se encontraron que los estudiantes de la cátedra tienen alto nivel de conocimiento en el análisis de falla del componente mecánico pero un bajo promedio en el componente humano.

**Palabras clave:** Análisis de fallas, fallas del componente mecánico, fallas del componente humano.

Recibido: 17/03/2015 Aceptado: 02/04/2015

Autor para correspondencia: villarroelhenry.j@gmail.com

1 Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt. Programa Ingeniería y Tecnología. Sede Ciudad Ojeda.

### **Abstract**

The research aims to identify the components failure analysis within the curriculum unit maintenance optimization of Engineering Project Mechanical Maintenance UNERMB. To achieve some theories of authors were reviewed in the area such as. Hollnagel, Gutierrez and Mosquera The research is descriptive and the research design is not experimental and field. The population consisted of 69 people students curriculum unit, the selected sample was composed of 24 students belonging to a single section of Ciudad Ojeda PIT and coded as CEMAF questionnaire was conducted. For validity of the questionnaire; proceeded to consult three experts in the area and the reliability coefficient Cronbach's alpha with a score of 0.90. The results found that students have a high level of knowledge in the analysis of mechanical component failure but low average on the human component.

**Key words:** Failure Analysis, mechanical component failure, human component failure.

### **INTRODUCCIÓN**

Desde el principio de la humanidad, hasta finales del siglo XVII, las tareas de mantenimiento que el hombre aplicaba a las maquinas utilizadas en la elaboración del producto o servicio que ofrecía a sus clientes eran de tipo correctivo, debido a la poca importancia que tenía la mano de obra que se empleaba, como consecuencia de esto no se pensaba en el servicio que se suministraba.

Conforme la industria fue evolucionando, debido a las exigencias del público de mayores volúmenes, diversidad y calidad de productos, las máquinas fueron cada vez más complejas por lo que su importancia aumentó en

el sistema productivo. De esta forma nació, el concepto de mantenimiento preventivo, el cual en la década de los años veinte (20), se aceptó prácticamente como una tarea que, aunque costosa, resultaba necesaria.

Aproximadamente, en las tres últimas décadas por los avances tecnológicos, organizacionales, económicos, sociales y humanos a consecuencia de la competitividad industrial y la globalización de los mercados, surgieron transformaciones de las tareas de mantenimiento que evolucionaron de un centro de costos a un sistema integral de la competitividad de las empresas.

Estos avances de las tareas mantenimiento permitieron el

desarrollo de los estudios en el área de confiabilidad de equipos con el fin que éstos trabajen en condiciones de operación a mayor tiempo posible. A respecto Nava (9), define la confiabilidad como “la probabilidad de que un componente o equipo no fallará, durante un de tiempo, bajo condiciones operaciones dadas”.

Es decir, los estudios de confiabilidad se encargan de detectar las fallas de los equipos, si bien empiezan, ya sea por no haber recibido mantenimiento, por hechos fortuitos o por demasiado tiempo de uso, sin embargo este análisis resultaría limitado, si consideramos que en las tareas de mantenimiento interviene el hombre produciéndose interacciones con el componente mecánico que influye en el funcionamiento de los equipos y sistemas. Debido al alto nivel tecnológico de automatización, es el personal encargado del equipo quien mantiene funciones de control, vigilancia, recuperación y por supuesto funciones de mantenimiento.

Durante mucho tiempo los estudios de confiabilidad se centraron en el análisis de fallas de los componentes mecánicos, quedando en un segundo plano los relacionados con la parte humana, sin embargo en la actualidad evitar o reducir los errores

humanos constituye uno de los mayores desafíos de la industria, esto se debe entre otras razones a la creciente preocupación por la contribución en los numerosos incidentes y accidentes que han provocado.

En el orden de las ideas anteriores Mosquera (8) señala que varios de las grandes desastres humanos industriales que han ocurrido en el mundo en los últimos años, como el accidente en la planta química de Bhopal en la India, de la Central Nuclear de Chernóbil en la antigua URSS o la exposición del transbordador espacial Challenger en los Estados Unidos, por citar solo algunos ejemplos, han tenido entre otras causas principales el error humano. Esta situación ha puesto de manifiesto que aun en los sistemas más avanzados y modernos, las fallas provocadas por el hombre pueden provocar una catástrofe.

Esto conlleva al análisis del error humano como parte de un sistema hombre-máquina, donde existen fallas propias del equipo y otras debido a los errores humanos, las primeras son del campo de la confiabilidad y la segunda son del campo de la confiabilidad humana. El analista de fallas por lo tanto debe plantear estrategias para observar los hechos, evaluar

alternativas, desarrollar habilidades de comprensión y memoria, todo esto en un intento consciente de entender la situación a través de la decisión de comprender el problema.

Dentro de la unidad curricular optimización del mantenimiento del Proyecto de Ingeniería de Mantenimiento Mecánico (PIMM) del Programa Ingeniería y tecnología de la UNERMB. El PIMM inició actividades en el año 1988 con el objetivo de formar profesionales en el área de Mantenimiento para evaluar, analizar, controlar, gestionar e investigar las acciones de mantenimiento de los equipos y sistemas para preservar y/o restaurar.

Según Naveda (10) dentro del campo de acción del ingeniero de Mantenimiento Mecánico de la Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt (UNERMB) una de las competencias a dominar es el análisis de falla, donde se desarrollan herramientas para detectarlas en equipos y sistemas, es decir, los profesionales de ingeniería de esta área deben ser adiestrados en el análisis de fallas de manera integral, es decir en ambos componentes, el mecánico y el humano.

Es por esto que, existe el interés de esta investigación en identificar los componentes del análisis

de falla que están utilizando en la unidad curricular optimización del mantenimiento del Proyecto Ingeniería de Mantenimiento Mecánico de la UNERMB con el fin de mejorar el desarrollo académico de los estudiantes.

### ANÁLISIS DE FALLAS

Todo equipo es proyectado según una función básica que realizan, normalmente el desempeño de un equipo puede ser clasificado como desempeño inherente, es decir lo que el equipo es capaz de proporcionar.

El mantenimiento es capaz de restablecer el desempeño inherente del equipo, si este no es el deseado, se reduce la expectativa o se introducen modificaciones. Cuando un equipo no presenta la función prevista, se usa el término falla para identificar esa situación. Esta puede representar: interrupción de la producción; operación en régimen inestable; caída de la cantidad producida; afectación o pérdida de la calidad del producto y/o pérdida de la función de mando o protección.

Según Mc Kenna (1997) citado por Villarroel (11) el análisis de falla se define como "la recopilación, análisis, revisión y clasificación de las fallas para determinar tendencias e identificar

su bajo rendimiento de partes y componentes de un sistema”, sin embargo Bernasconi (2) amplía el concepto de Mc Kenna y define el análisis de falla como una actividad destinada a descubrir y eliminar la causa raíz de la misma y subraya que es una tarea compleja que requiere varias etapas, agentes y metodologías.

Es por lo tanto indispensable definir que es una falla, según la norma COVENIN (3), define la falla “como un evento no previsible, inherente a los sistemas productivos que impide que estos cumplan función bajo condiciones establecidas o que no la cumplan”. Su tratamiento es sin duda el objetivo principal de la función mantenimiento, ya que en todo momento se exige su eliminación, pero en la actualidad se pretende su minimización.

PDVSA CIED (1997) citado por Villarroel (11) amplía el concepto de análisis de falla y lo define como “un proceso de sucesivas acciones de integración y desintegración de eventos, en el cual se aplican razonamientos cuantitativos y lógicos logrando determinar a cabalidad el qué, cómo, y el por qué ocurrió la falla”.

Un análisis de falla empieza con una visión amplia, considerando todos los componentes (integración) para explorar posi-

bilidades y luego concentrarse en algunas de ellas (desintegración) y estudiar cualitativamente y cuantitativamente y así sucesivamente hasta lograr los objetivos específicos del estudio.

## **EL SISTEMA HOMBRE-MÁQUINA**

Según Mosquera (8) el término hombre máquina se utiliza para destacar la participación del hombre como parte integrante del sistema tecnológico, es decir, es el conjunto de medios técnicos, su entorno y el hombre formando una unidad de funcionamiento. Las interacciones que se producen entre los componentes mecánico y humano dentro de un sistema son de interés para el análisis de falla de un sistema.

En la figura 1 se observa una representación esquemática del sistema hombre – máquina. Los puntos de interacción entre los componente mecánico y humano dentro del sistema se denominan interfases hombre – máquina. Ejemplos de estos son los displays, los teclados y controles o cualquier elemento que el individuo observa o utiliza en su interacción con la máquina.

Al producirse una señal del sistema el operador (componente humano) la detecta, procesa e interpreta la información recibida,

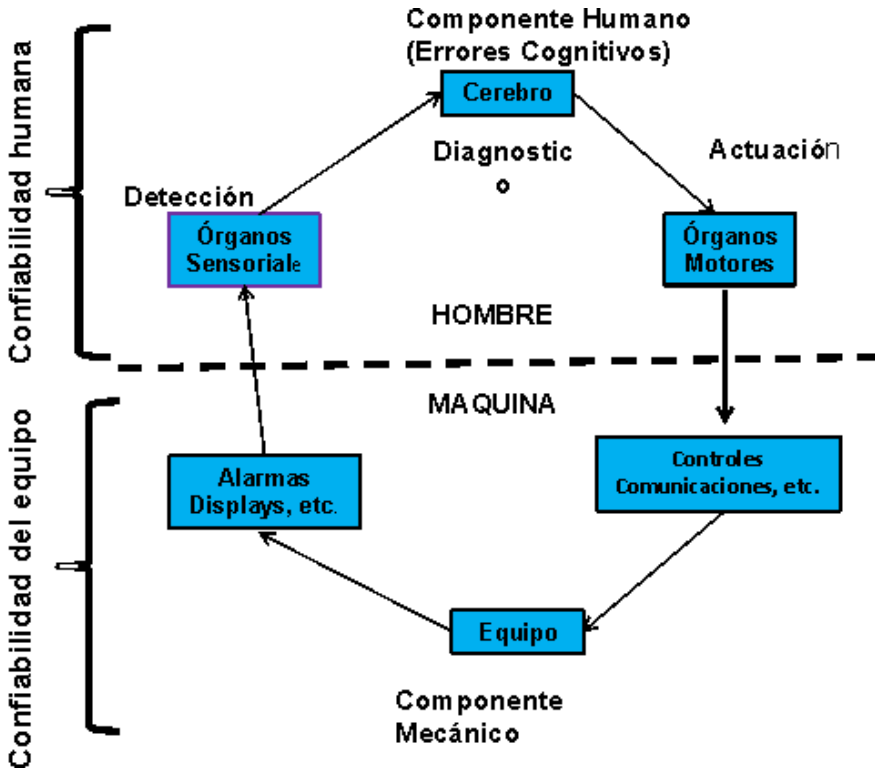


Figura 1. Sistema Hombre-Máquina

Fuente: Elaboración propia.

adopta una decisión y la ejecuta, actuando sobre los dispositivos del sistema, es decir, las interfaces. Esa acción tendrá un efecto sobre el equipo que se reflejara nuevamente a través de una señal retroalimentando así al operador sobre el resultado de su actuación.

Como puede verse, el funcionamiento del sistema es el resultado de un proceso interactivo y continuo entre el componente humano y mecánico. La confiabi-

lidad de los equipos se ocupa de los elementos de la parte inferior de figura 1 y la confiabilidad humana es la que ocupa de la parte superior.

Analizando la parte inferior se puede decir que la confiabilidad de un equipo según Zambrano (12), "es la probabilidad que un objeto o sistema opere bajo condiciones normales durante un periodo de tiempo establecido, el parámetro que identifica la confiabilidad es el Tiempo Promedio Entre Falla".

La confiabilidad por lo tanto trata sobre el estudio de las fallas.

Los sistemas creados por el hombre tienen por objeto satisfacer una determinada necesidad. Para ello, deben funcionar en un entorno específico. Antes o después, todos los sistemas llegan a un instante en el que no pueden cumplir satisfactoriamente aquello para lo que fueron diseñados y se produce una falla, de allí la importancia del análisis de falla de los equipos.

#### **HERRAMIENTAS PARA REALIZAR ANÁLISIS DE FALLA EN COMPONENTES MECÁNICOS**

En el análisis de falla existen herramientas que se utilizan para su desarrollo de acuerdo a su respectivo propósito e impacto tales como diagrama de Pareto, análisis causa raíz, análisis de criticidad entre otras, sin embargo, en esta investigación se tratarán solamente las dos que son más utilizadas y conocidas, que se describen a continuación.

#### **DIAGRAMA CAUSA-EFECTO**

Según Gutiérrez (6) define el diagrama causa-efecto o diagrama Ishikawa, como una herramienta que ubica y esquematiza todas las causas potenciales que generan la falla o el defecto en el

servicio de mantenimiento o de producción. Para posteriormente establecer planes para el control y eliminación. Su utilización es práctica, sencilla, grupal y muy aplicada en todo el mundo.

El diagrama causa-efecto es una gráfica en la cual, en el lado derecho, se denota el problema y en el lado izquierdo se especifican por escrito todas sus causas potenciales, de tal manera que se agrupan o estratifican por escrito de acuerdo con sus similitudes en causas y subcausas. Por ejemplo, una clasificación típica de las causas potenciales de los problemas de manufactura son los de mano de obra, materiales, métodos de trabajo, maquinaria, medición y medio ambiente, con lo que el diagrama causa-efecto tiene una forma semejante a una espina de pescado, como se puede apreciar en la figura 2.

#### **ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF)**

Según PDVSA-CIED (1999) citado por Villarroel (11) define el análisis de modos y efectos de fallas AMEF como una herramienta de análisis para evaluar las fallas, examinando los modos esperados para encontrar efectos en el equipo o sistemas de manera que el problema pueda ser eliminado.

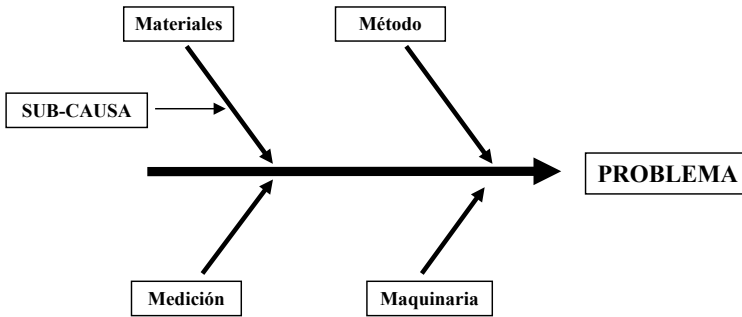


Figura 2. Diagrama gráfico de Causa-Efecto

Para Gutiérrez (6) el propósito del análisis de los efectos, los modos y las causas de las fallas es conocer completamente el equipo, mediante la identificación de los sistemas y los componentes que lo conforman, el diseño, los procesos, los elementos y los materiales de fabricación, los ensamblajes y los subensamblajes parciales. El AMEF contempla cuatro principios básicos:

- Definir los requerimientos y estándares en su contexto operacional del sistema o equipos. (Función del sistema).
- Especificar la manera en que el sistema o equipo puede dejar de satisfacer los requerimientos y estándares de operación. (Falla Funcional del sistema).
- Identificar las causas que generan la pérdida de la función del sistema o equipo. (Modo de falla).
- Identificar los efectos de cada falla (modo de falla) generan

cuando esta se presenta. (Efectos de la falla).

### FALLA HUMANA O ERROR HUMANO

Mosquera (8) señala que durante mucho tiempo los estudios de confiabilidad de los sistemas tecnológicos centraron su atención básicamente en la confiabilidad de los equipos, quedando a un segundo plano los problemas de la influencia humana. Sin embargo en la actualidad evitar o reducir el error humano y controlar su incidencia constituye uno de los mayores desafíos para la industria.

Esto se debe, entre otras razones, a la creciente preocupación por la contribución que sigue teniendo el error humano en las causas de numerosos incidentes y accidentes que han provocado en diferentes industrias lamentablemente pérdidas humanas, da-



ños económicos o efectos sobre el medio ambiente, el estudio de las fallas humanas es lo que se define en la Ingeniería de Mantenimiento como confiabilidad humana.

Según Creus (4), “el termino error humano se presenta cuando el comportamiento humano o su influencia sobre el sistema excede el límite de aceptabilidad, es decir, cuando realiza acciones incorrectas. El límite de aceptabilidad, es decir, los límites a que debe ajustarse la actuación humana, los define el sistema sobre el cual actúa.

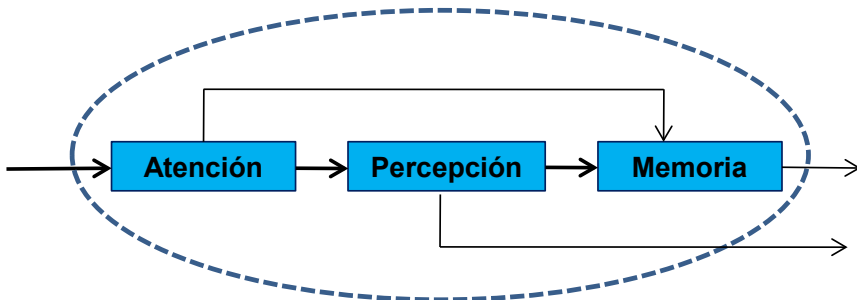
Específicamente Creus (4) afirma que existen tres tipos fundamentales de situaciones que constituyen error humano:

1. Realizar una acción incorrecta.
2. No realizar una acción que debe realizarse.
3. No realizar la acción en el tiempo requerido, cuando existen límites de tiempo.

## **PROCESO DE RENDIMIENTO HUMANO**

Con el fin de definir los procesos cognitivos implicados en el error humano, Fotta (5) resalta que es necesario detallar el proceso del rendimiento humano, cómo un operador puede en un medio ambiente producir una variedad de fallas tal como se puede apreciar en la figura 3.

El proceso se inicia con la flecha a la izquierda de los componentes Atención-Percepción-Memoria (APM), esto representa un intento consciente para atender a la situación que se tienen, por ejemplo, una pantalla de cabina de avión. El operador hace una evaluación general de la situación a través de la decisión de entender el problema. La información actual proveniente de los componentes APM y el conocimiento del operador se utiliza para tomar una decisión tal como se muestra en la figura 4.



**Figura 3. Componente Atención-Percepción-Memoria**

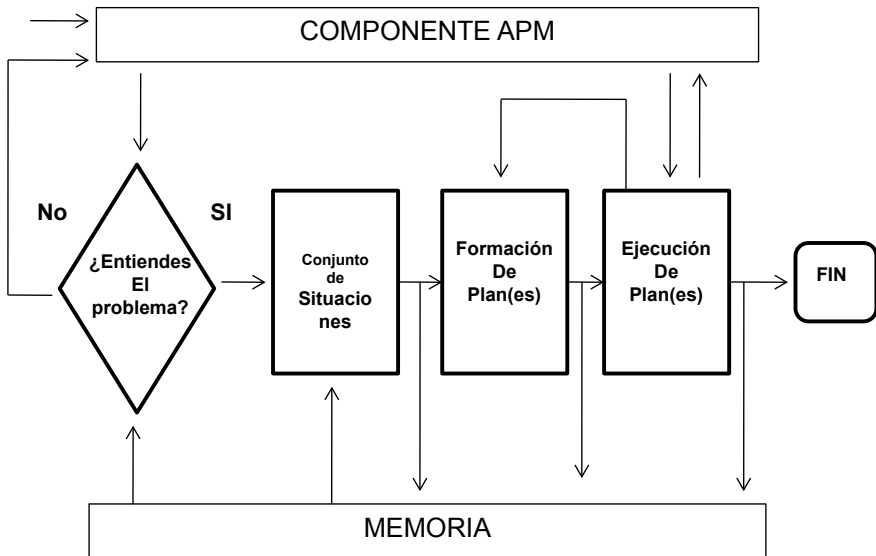


Figura.4. Diagrama de Proceso del Rendimiento Humano

Si hay suficiente información para establecer el proceso, este fluye a un conjunto de situaciones. Si no, el operador buscará más información con la APM y directamente desde su memoria. Es evidente que hay una restricción de tiempo, pero no se toma en cuenta en este análisis. Cuando el proceso se ejecuta, el operador construye una representación interna de la situación, esta se almacena en la memoria, se retroalimenta y actualiza el resto de la función del proceso.

Con el fin de establecer la situación o situaciones, el operador recupera la información en acciones similares pasadas de la memoria y compara esta con la situación

percibida. Si la anterior no es parecida se compara con otras que se utilizan para inferir. Estas son almacenadas en la memoria.

El operador debe entonces formular un plan para cada situación, los planes se forman sobre esquemas u otro conocimiento actual, y este es almacenado en la memoria, finalmente el operador debe ejecutarlo. El plan consiste en realizar cada acción y evaluar los resultados en relación con la información proveniente del componente APM. Sin embargo los resultados pueden indicar que tanto la situación como el plan no fueron las más apropiadas y surge la necesidad de modificarlo y retroalimentarlo.

**MODELO TEÓRICO COGNITIVO  
PARA EL ANÁLISIS DEL ERROR  
HUMANO**

Los modelos teóricos para el análisis del error humano han sufrido una evolución a lo largo del tiempo, debido a estas circunstancias las teorías que analizan los errores humanos se clasifican en dos grandes grupos, las teorías de la primera generación que abarcan desde los años 80 y los de la segunda generación que van desde los años 90 hasta hoy.

Para el objetivo de esta investigación se hará hincapié en los modelos de la segunda generación específicamente el modelo de confiabilidad cognitiva y el método de análisis del error (CREAM por sus siglas en inglés) desarrollado por Erick Hollnagell (7)

**MODELO CONFIABILIDAD  
COGNITIVA Y MÉTODO  
DE ANÁLISIS DEL ERROR.  
(CREAM)**

El modelo de Confiabilidad Cognitiva y Método del análisis del Error (Cognitive Reliability and Error Analysis Method, CREAM por sus siglas en Inglés) es una técnica de confiabilidad humana desarrollada por Erik Hollnagel (7). It is a bi-directional analysis method, meant to

be used for both performance prediction and accident analysis. Se trata de un método de análisis bidireccional, destinado a ser utilizada para la predicción tanto del rendimiento como para el análisis de fallas. Unlike first generation error analysis methods like THERP, CREAM represents a second generation tool allowing for better analysis by abandoning the hierarchical structure of previous methods and providing better separation between objective and subjective error. A diferencia de otros modelos este representa una herramienta de segunda generación que permite un mejor análisis por el abandono de la estructura jerárquica para el análisis.

El CREAM However compared to many other such methods, it takes a very different approach to modelling human reliability. Utiliza un marco cognitivo de ayuda que puede utilizarse tanto para el análisis prospectivo como retrospectivo. Prospective analysis allows likely human errors to be identified while retrospective analysis quantifies errors that have already occurred. El primero permite identificar los errores humanos, mientras que el segundo cuantifica los errores que ya han ocurrido tal como se aprecia en la figura 5.

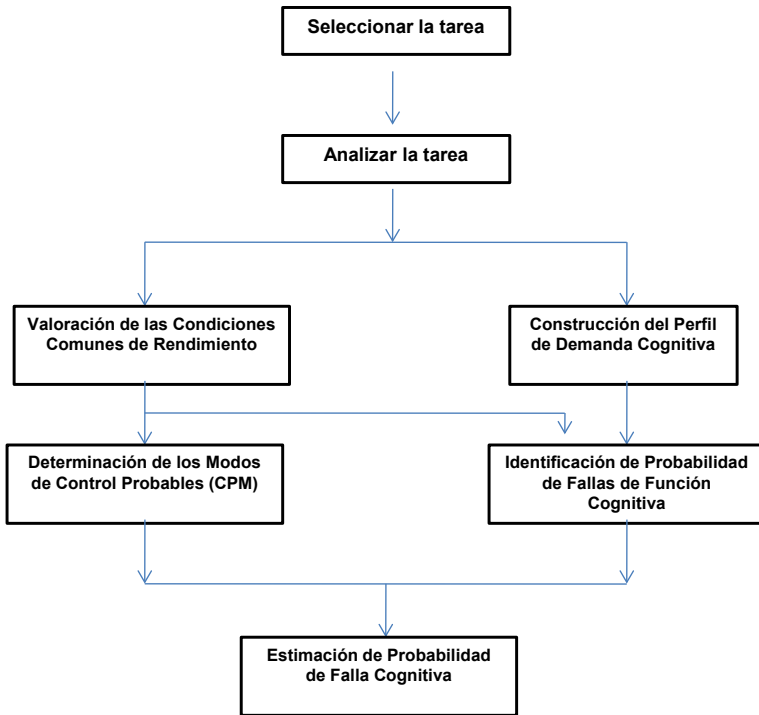


Figura 5. Método de análisis del CREAM

El concepto de cognición incluye en el modelo mediante el uso de 'los cuatros modos de control básicos que identifican a los diferentes niveles que un operador tiene en un determinado contexto y las características que ponen de relieve la existencia de condiciones distintas. The control modes which may occur are as follows:

The concept of cognition is included in the model through use of four basic 'control modes' which identify differing levels of control that an operator has in a

given context and the characteristics which highlight the occurrence of distinct conditions. Según Hollnagel (7) el control es necesario para organizar las acciones dentro del horizonte de tiempo de la persona. El control eficaz es prácticamente sinónimo con la habilidad de planear acciones futuras. Su nivel es influenciado por el contexto cuando la persona experimenta por conocimiento o experiencia de dependencias entre acciones (pre-condición, dependencias de los objetivos-medios),

y por expectativas sobre cómo la situación va a desarrollarse, en particular sobre cómo los recursos están y estarán disponibles a la persona.

El modelo del CREAM utiliza una técnica llamada esquema de clasificación que consiste en un grupo que describen los fenotipos (efectos) y los genotipos (causas) de las acciones erróneas. El esquema de clasificación del CREAM es utilizado tanto para analizar y predecir las acciones erróneas que potencialmente podrían ocurrir.

El esquema de clasificación del CREAM permite definir los enlaces entre las causas y consecuencias del error bajo análisis. Hay tres categorías de causas (llamadas genotipos): causas Individuales, tecnológicas e organizacionales. Según Hollnagel (7) estas categorías de genotipos son descritas a continuación:

- Genotipos relacionados con la persona: entre ellas se encuentran las funciones específicas cognitivas, las relacionadas con la persona de forma temporal y permanente.
- Genotipos relacionados con la tecnología: entre ellas se encuentran los equipos, los procedimientos, las interfaces temporal y permanente.

- Genotipos relacionados con la organización: entre las cuales se encuentran comunicación, organización, entrenamiento, condiciones ambientales y de trabajo.

En esta investigación se utilizará el modelo HEMA desarrollado por Fotta (5) donde sólo tomará los factores relacionados con la persona donde los problemas cognitivos y mecanismos de error son más probables que ocurran. Éste incluye la categoría de errores relacionados con las personas permanente, el cual no incluye los niveles de impedimentos físicos (por ejemplo, sordera, problemas de visión).

#### **GENOTIPOS RELACIONADOS CON PERSONAS**

Según Hollnagel (7) los genotipos (causas) relacionados con la persona son las funciones cognitivas específicas, rasgo fundamental de la cognición humana que está encubierta, es decir, que no pueden ser observadas. Para propósito del análisis de las acciones erróneas, es altamente deseable identificar Principio del formulario

las funciones cognitivas que se pueden utilizar para explicar las acciones observadas.

Las funciones cognitivas que son la base para el pensamiento y la toma de decisiones se pueden clasificar de muchas maneras diferentes. Uno de los más sencillos es el de diferenciar entre el análisis y la síntesis. El análisis se refiere a las funciones que se invocan cuando una persona trata de determinar cuál es la situación, que por lo general incluyen la observación, identificación, reconocimiento, diagnóstico, etc.

La síntesis se refiere a las funciones que se invocan cuando una persona trata de decidir qué hacer y cómo hacerlo, lo que generalmente incluye la elección, la planificación, programación, etc. En las siguientes tablas de los grupos de clasificación se hace una distinción entre las consecuencias generales y consecuencias específicas. En cada caso, las categorías de análisis describen las consecuencias que son características de un grupo, la diferencia entre generales y específicas puede ser vista como la correspondiente cantidad de información que está disponible para una situación.

El esquema de clasificación la categoría de análisis incluye la observación y la interpretación. El análisis describe todos los aspectos de la recepción de datos y los dispositivos de información,

es como una reacción o respuesta a una señal o un evento que está buscando activamente información. La categoría de síntesis incluye la planificación y ejecución.

### **LA OBSERVACIÓN**

A este grupo se refiere las consecuencias de las observaciones fallidas. Las cuales tienen que ser observables, es decir son por sí mismo una explicación de un modo de error. En la tabla 1 se describen la consecuencia general y específica para este grupo.

### **LA INTERPRETACIÓN**

Este término se utiliza comúnmente para el entendimiento, diagnóstico y evaluación. Este grupo de procesos cognitivos que tienen que ver con el desglose más detallado de la información observada. En la tabla 2 se muestran las categorías de análisis para este grupo donde se incluye la consecuencia general y específica.

### **LA PLANIFICACIÓN**

Este grupo incluye todas las funciones que tienen que ver con el establecimiento de todo curso de acción detallada, es decir, la elección y la programación. En el esquema de clasificación la deci-

**Tabla 1**  
Categorías Para Observación

Consecuencia General	Consecuencia Específica	Definición / Explicación
Observación	Pasar por alto la búsqueda /señal	Señal o un evento que debería haber sido el comienzo de una acción (secuencia) se pierde.
Perdida	Pasar por alto una medición.	Una medida o alguna información se pierde, por lo general durante una secuencia de acciones.
Falsa Observación	Falsa reacción	Una respuesta dada a un estímulo incorrecto o evento, por ejemplo, partir de la unidad cuando la luz cambie a rojo.
	Falso reconocimiento	Un evento o alguna información es incorrectamente reconocida o confundirse con otra cosa.
Identificación Equivocada	señal equivocada	Una señal o indicación mal entendida con algo más. La diferencia entre la " falsa reacción" es que inmediatamente conduce a una acción.
	Identificación parcial	Identificación de un evento o alguna información incompleta, por ejemplo saltar una conclusión.
	Identificación incorrecta	Identificación de un evento o alguna información incorrecta. La diferencia entre "falso reconocimiento" es que la identificación es un proceso deliberado.

sión o elección ha sido incluido en el grupo de análisis. En la tabla 3 se puede apreciar las consecuencias general y específica para este grupo.

#### **FUNCIONES RELACIONADAS CON PERSONAS EN GENERAL**

Además de las funciones cognitivas específicas, los genotipos relacionados con la persona también incluyen dos grupos llamados temporales y transitorios, respectivamente. Funciones generales relacionadas con una

persona no están directamente vinculadas a una función cognitiva específica en el sentido explícitamente sino que se refieren a las características que las personas tienen sobre su desempeño.

En este grupo no incluyen las categorías que se refieren a la constitución fisiológica o características antropométricas de la población. Es útil hacer una distinción entre las funciones relacionadas con la persona temporal y las permanentes. Las funciones relacionadas con la persona temporal que se puede apreciar en la

**Tabla 2**  
Categorías para Interpretar

Consecuencia General	Consecuencia Especifica	Definición / Explicación
Diagnostico Fallido	Diagnóstico equivocado	Diagnóstico de una situación o estado del sistema incorrecto.
	Diagnostico incompleto	Diagnóstico de una situación o estado del sistema incompleto.
Razonamiento equivocado	Error de inducción	Razonamiento equivocado que implica inferencias o generalizaciones (de lo específico a lo general), dando lugar a resultados no válidos.
	Error de deducción	Razonamiento equivocado que implica deducción (de lo general a lo específicos), que conduce a resultados no válidos.
	Prioridades equivocadas	La selección de alternativas(hipótesis, explicaciones, interpretaciones), utilizando criterios incorrectos, conducen a resultados no válidos
	Parálisis de decisión	Incapacidad para tomar una decisión en una situación
Errores de Decisión	Decisión equivocada	Tomar una decisión equivocada (por lo general entre las alternativas de acción).
	Decisión parcial	Tomar una decisión que no se especifica completamente lo que se debe hacer, es decir crea una necesidad de tomar otras decisiones para completar el curso de acción.
Interpretación Retardada	Sin Identificar	Una identificación no se realiza en el tiempo (por las medidas adecuadas para tener).
	Aumento del tiempo presión	Identificación de una situación que no se hace lo suficientemente rápido. Por ejemplo, debido a que el razonamiento es difícil, lo que lleva a una presión de tiempo.
	Cambio inesperado de estado	Un cambio de estado ocurrido que no se había previsto.
Predicción Incorrecta	Efectos inesperados	Un evento principal desarrollado como se esperaba, pero con algunos efectos secundarios que se ha pasado por alto.
	Velocidad del proceso sin juicio	La velocidad de desarrollo (del sistema) ha sido juzgado equivocadamente, por lo que las cosas suceden demasiado lentos o demasiado rápidos.



**Tabla 3**  
Categorías para planificación

Consecuencia General	Consecuencia Especifica	Definición / Explicación
Plan Inadecuado	Plan incompleto	El plan no está completo, es decir, que no contiene todos los detalles necesarios cuando se lleva a cabo. Esto puede tener graves consecuencias posteriores en el tiempo.
	Plan equivocado	El plan está equivocado, en el sentido de que no logrará su propósito.
Error de prioridad	objetivo seleccionado equivocado	El objetivo ha sido mal seleccionado, y el plan por lo tanto, no es eficaz.

Tabla 4 sólo tienen una duración limitada y pueden, en cambio variar durante un evento o tarea. Las funciones relacionadas con la persona permanente están presentes en todas las situaciones, por lo tanto, ejercen una influencia constante. En algunos casos puede pertenecer a cualquiera de los grupos en función de cuando es perdurable pero no puede, obviamente, pertenecer a ambos grupos al mismo tiempo.

Por ejemplo los problemas de memoria, puede ser temporales o permanentes, en esquema de clasificación se considera como perteneciente a una causa temporal. Si se hacen permanentes podrían expresarse como un estilo cognitivo, ya que presumiblemente el operador aprender a lidiar con ellos mediante la adopción de una adecuada estrategia. Esta descrip-

ción se resume a continuación en la tabla 4.

### **METODOLOGÍA UTILIZADA**

Este estudio está fundamentado en una investigación descriptiva, según Balestrini (1) consiste en el uso de un método de análisis, donde se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio.

En esta investigación se identificaron los componentes del análisis de fallas que utilizan los estudiantes de la unidad curricular Optimización del Mantenimiento del Proyecto Ingeniería de Mantenimiento Mecánico de la

**Tabla 4**  
Categorías para funciones relacionadas con la persona temporal

Consecuencia General	Consecuencia Especifica	Definición / Explicación
	Olvido	Un elemento o información que no se puede recuperar cuando es necesario.
Falla de Memoria	Recuerdo incorrecto	Información recordada incorrecta (por ejemplo, el nombre equivocado de algo).
	Recuerdo incompleto	Información que sólo se recuerda en parte, es decir, parte de la información no se encuentra disponible
Miedo	Acciones aleatorias	Las acciones no parecen seguir ningún plan o principio, sino por de ensayo y error.
	Acción Congelada	La persona está paralizado, es decir, incapaz de moverse o actuar.
	Tarea suspendida	La realización de una tarea se ha suspendido porque la atención de la persona fue atraída por otra cosa.
	Tarea no completada	La realización de una tarea no se completa debido a un cambio en la atención.
Distracción	Objetivo olvidado	La persona no puede recordar por qué está haciendo algo. Esto puede provocar una repetición de los pasos anteriores.
	Perdida de orientación	La persona no puede recordar o pensar qué hacer a continuación o lo que sucedió antes.
Fatiga	Respuesta Retrasada	Velocidad de respuesta de la persona (física o mentalmente) es reducida debido a la fatiga.
Rendimiento Variable	Falta de precisión	Menor precisión de las acciones, por ejemplo, para llegar a un valor objetivo.
	Incremento a menos	Un número creciente de acciones no conseguir su propósito.
Desatención	Señal perdida	Señal o evento perdido debido a la falta de atención. Es similar a la "observación perdida", con la diferencia que es visto como un evento aleatorio o algo que se puede explicar por una función cognitiva.
Estrés Fisiológico	Muchos efectos específicos	Condición general causada por el estrés fisiológico. Esto puede tienen muchos efectos específicos.
Estrés Psicológico	Muchos efectos específicos	Una condición general causada por estrés psicológico. Esto puede tienen muchos efectos específicos.

UNERMB para realizar análisis de fallas.

El presente estudio se puede enmarcar dentro del diseño No Experimental de tipo transaccional, documental y de campo, posee un diseño no experimental, ya que la variable no es manipulada deliberadamente por el investigador. Por lo anterior, se considera esta investigación como no experimental de tipo transaccional, puesto que la misma no construye ninguna situación, sino que se observaron las situaciones ya existentes con respecto al análisis de fallas en la unidad curricular optimización del mantenimiento, evitando así la manipulación de las mismas.

En este sentido, la población objeto de estudio de esta investigación, está conformada por los estudiantes de Ingeniería en Mantenimiento Mecánico del Programa Ingeniería y Tecnología de la Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt cursante de la unidad curricular

Optimización del Mantenimiento del periodo I -2013, tal como se muestra en la tabla 5

Para propósito de este estudio se toma una muestra intencional conformada por los 24 estudiantes de la unidad curricular optimización del mantenimiento del Programa Ingeniería y Tecnología del Proyecto Ingeniería en Mantenimiento Mecánico de la UNERMB con sede en Ciudad Ojeda

El investigador utilizó esta muestra bajo los criterios de ser facilitador de la unidad, poseer experiencia en la administración de esta, facilidad de trabajar en la sede con el fin de buscar mayor aproximación al evento, además de ser de gran ayuda y colaboración a la aplicación del instrumento.

Para los efectos del estudio, se realizó un cuestionario codificado como CEMAF (Cuestionario de Análisis de Fallas) dirigido a estudiantes de la unidad curricular Optimización del mantenimiento del Proyecto Ingeniería

**Tabla 5**  
Población de estudio

Proyecto Ingeniería en Mantenimiento Mecánico Unidad Curricular Optimización del Mantenimiento (I-2013)		
Sede Académica	Secciones	Número de estudiantes
Ciudad Ojeda	Única	24
Los Puertos de Altagracia	Única	45
Total		69

en Mantenimiento Mecánico de la UNERMB del octavo semestre correspondiente al primer periodo de año 2013. Para la validez del cuestionario; se procedió a consultar a tres expertos en el área y para la confiabilidad se utilizó el coeficiente de Alfa de Crombach con un resultado de 0.90.

Para analizar los datos correspondientes al cuestionario se empleó la técnica de análisis frecuencial-porcentual de la estadística descriptiva, calculando las frecuencias (absoluta y relativa) de las observaciones obtenidas para finalmente extraer la media aritmética, categorizando cada uno de los indicadores de las dimensiones asociadas a la variable

en el baremo tal como se muestra en la tabla 6, para luego contrastar con los sustentos teóricos.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los resultados obtenidos en la medición del segundo objetivo específico; identificar los componentes del análisis de falla de la unidad curricular optimización del mantenimiento del Proyecto Ingeniería de Mantenimiento de la UNERMB, se tienen los siguientes resultados tabla 6.

Al analizar la dimensión análisis de falla tal como se aprecia en el grafico 1, la dimensión componente mecánico mostró una media de  $\bar{X} = 4.11$  es de un alto

**Tabla 6**  
Baremo para la interpretación del promedio

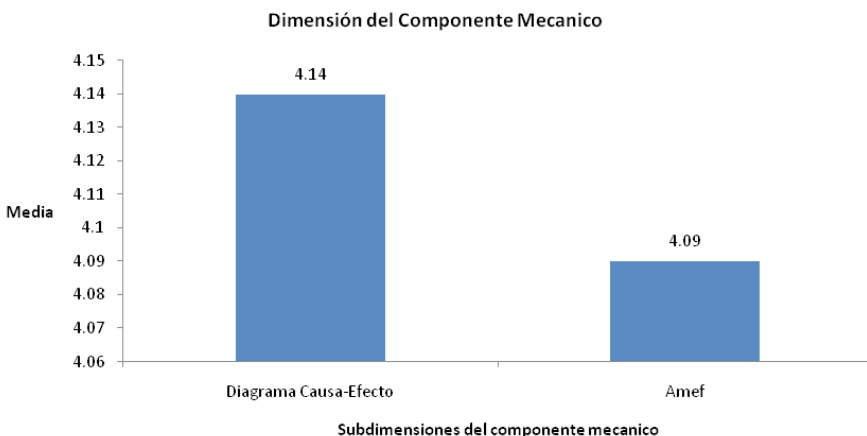
Rango	Intervalo	Categoría	Descripción
5 / Siempre	4.21-5.0	Muy alta	Indica que la variable que se está analizando se ubica dentro de un promedio muy alto.
4 /Casi siempre	3.41-4.20	Alta	Indica que la variable que se está analizando se ubica dentro de un alto promedio.
3 / Algunas Veces	2.61-3.40	Moderada	Indica que la variable que se está analizando se ubica dentro de un moderado promedio
2 / Casi Nunca	1.81-2.60	Baja	Indica que la variable que se está analizando se ubica dentro de un bajo promedio
1/ Nunca	1-1.80	Muy baja	Indica que la variable analizada no se está ejecutando

promedio según el baremo de investigación. Para la sub-dimensiones diagrama causa efecto con una media  $\bar{X} = 4.14$  con un alto promedio según el baremo de investigación. Con este resultado se puede afirmar que los estudiantes poseen habilidades en identificar las posibles causas que genera un problema, al respecto PDVSA – CIED citado por Villarroel (11) señala que determinar el efecto en el diagrama causa – efecto consiste en proponer una o más causas del origen del problema.

Con respecto a la sub-dimensión Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) se obtuvo como resultado una media  $\bar{X} = 4.09$  con un alto promedio según el baremo de investigación, Estos resultados expresan que la muestra de

estudiantes seleccionada posee habilidades en identificar las evidencias que se presentan cuando se ha producido la falla del equipo o sistema.

Esto demuestra que el plan de estudio del Proyecto Ingeniería en Mantenimiento Mecánico (PIMM) se estructuró para realizar análisis de falla básicamente a los componentes mecánico, ya que en los años 90 cuando se ejecuta el PIMM era tendencia dominante en el área de mantenimiento, por esta razón la dimensión componente mecánico y con sus dos sub-dimensiones diagrama causa efecto y Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) poseen un alto promedio según el baremo de investigación, según se puede apreciar en la figura 6.



**Figura 6. Dimensión componente mecánico. Sub-dimensiones**

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 7 se describen los resultados para el análisis de falla de la dimensión componente humano donde se obtuvo un media  $\bar{X} = 2.5$  de con un bajo promedio según el baremo de investigación. Al analizar la sub dimensión observación que obtuvo una media  $\bar{X} = 2.62$  con un bajo promedio según el baremo de investigación, se puede inferir que los estudiantes de la cátedra tiene bajo nivel de habilidades para identificar una falsa observación, identificar equivocadamente una señal, identificarla parcialmente e identificarla incorrectamente.

Al respecto señala Hollnagel (7) se incurre en un error humano de falsa observación cuando se tiene una falsa reacción (respuesta dada a un estímulo incorrecto o evento) y falso reconocimiento

(un evento incorrectamente reconocido o confundirse con otra cosa), se observa una señal equivocada (Información mal entendida), Identificación parcial (un evento incompleto) y identificación incorrecta (evento o información incorrecta).

Con respecto a la sub-dimensión planificación se obtuvo una media  $\bar{X} = 2.58$  de bajo promedio según el baremo de investigación. Este resultado demuestra que la muestra seleccionada posee pocas habilidades para establecer un curso de acción detallado para restablecer la falla. Hollnagel (7) señala cuando en la planificación el objetivo es mal seleccionado resulta en un plan de acción poco eficaz y esto conlleva a un modo de error humano en el sistema.

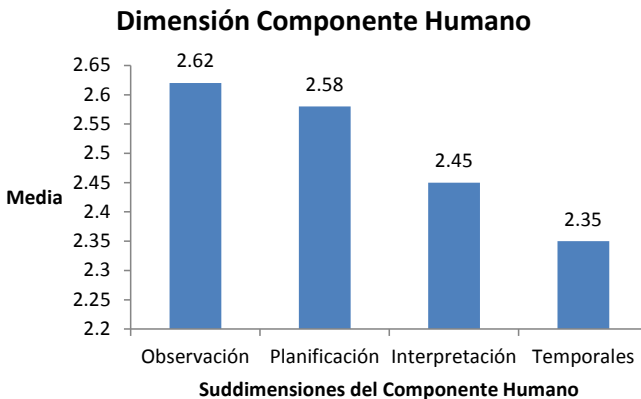


Figura 7. Dimensión componente humano. Sub-dimensiones

Fuente: Elaboración Propia.

Al analizar los resultados de la sub-dimensión interpretación se obtuvo una media  $\bar{X} = 2.45$  de bajo promedio según el baremo de investigación. Estos resultados demuestran que la muestra seleccionada posee bajo nivel de destreza para realizar razonamientos de inducción, de deducción de una situación planteada.

El hecho de que la sub-dimensión interpretación posea un bajo nivel respecto al baremo de investigación es preocupante ya que Hollnagel (7) señala esta categoría es muy importante para el análisis de falla humana, porque es la que utiliza para el entendimiento, diagnóstico y evaluación de los modos de error humano.

Con respecto a la sub-dimensión temporal, se obtuvo una

media  $\bar{X} = 2.35$  con un bajo promedio según el baremo de investigación. Estos resultados demuestran que posee bajo nivel de habilidades para manejar la falla de memoria, el miedo y la distracción, al respecto Hollnagel (7) señala que las funciones relacionadas con la persona temporales sólo tienen una duración limitada y pueden variar con la persona, evento o una tarea.

Los resultados de la variable análisis de falla se encontraron para la dimensión componente mecánico una media de  $\bar{X} = 4.11$  y para la dimensión componente humano una media de  $\bar{X} = 2.5$ , según el baremo investigación con alto y bajo promedio respectivamente. Ver figura 8.

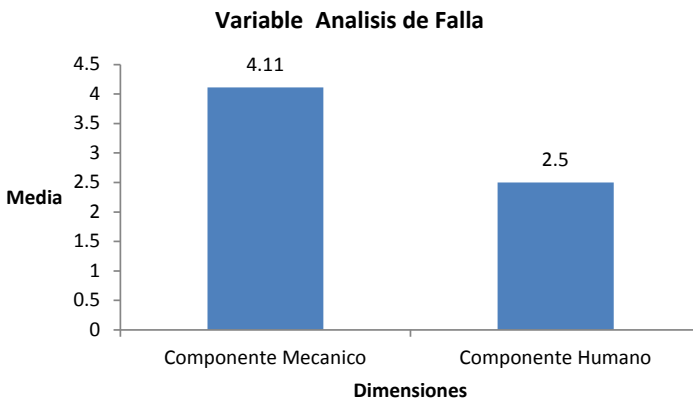


Figura 8. Variable análisis de fallas. Dimensiones componente mecánico y humano

Fuente: Elaboración propia.

Esto indica que los estudiantes de la cátedra han estado siendo formados con una baja o escasa formación en el componente humano, cuyos resultado tiene correspondencia con lo que plantea Mosquera (7) “existe una creciente preocupación por la contribución que siguen teniendo el error humano en las causas de numerosos incidentes y accidentes que han provocado en diferentes industrias lamentables pérdidas humanas, daños económicos o efectos sobre el medio ambiente”.

Esta situación se conlleva a la urgente actualización del Proyecto de Ingeniería Mantenimiento Mecánico para adaptarlo a los nuevos cambios científicos y tecnológicos en el área de mantenimiento.

### **CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos se encontraron que los estudiantes de la cátedra poseen un alto nivel de conocimiento en análisis de falla del componente mecánico, ya que tienen altas destrezas para realizar análisis de modo y efecto

de falla (AMEF) y análisis causa efecto.

La razón de estos resultados es que el plan de estudio del Proyecto de Ingeniería en Mantenimiento Mecánico fue diseñado desde sus inicios en los años 90 para realizar análisis exclusivamente de sistemas y equipos mecánicos.

Sin embargo, reflejan bajo conocimiento del componente humano debido a que no se encuentra desarrollado como contenido sinóptico de la unidad curricular optimización del mantenimiento. Un ejemplo de lo anterior es que los sujetos investigados tienen un bajo nivel de destrezas en observar, interpretar y planificar el modo de error humano del sistema.

Esta ausencia del análisis del componente humano es debido principalmente a que al plan de estudio del Proyecto de Ingeniería de Mantenimiento Mecánico (PIMM) no se le ha realizado un actualización en los conocimientos científicos y tecnológicos del área de mantenimiento, debido a una mora de 25 años en la reforma curricular lo que ha conllevado a que el pensum se encuentre desactualizado.



**LITERATURA CITADA**

- Balestrini, M. 2002. Como se elabora el proyecto de investigación. Sexta edición. BL Consultores Asociados. Servicio Editorial. Caracas.
- Bernoconi, E. 2012. Información en línea. Analizando fallas. (<http://analizandofallas.blogspot.com>) consultada realizada el día 23 de Abril de 2012.
- COVENIN 3049. 1993. Mantenimiento. Definiciones. Editorial Fondo Norma. Caracas, Venezuela.
- (4) Creus, A. 2005. Fiabilidad y Seguridad. Editorial Marcombo. Segunda Edición.
- (5) Fotta y otros 2005. Developing a Human Error Modeling Architecture (HEMA). Texas, USA.
- (6) Gutierrez A. 2011. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Editorial Alfaomega. Mexico
- (7) Hollnagel E. y otros 2005. Joint Cognitive Systems. CRC 2005. First Edition. Elsevier Science Ltd. USA
- (8) Mosquera, G. 2001. Tratamiento de las fallas dependientes y las acciones humanas en los análisis de confiabilidad y riesgo de la industria convencional. UCV. Consejo de desarrollo científico y humanístico. Caracas, Venezuela.
- (9) Nava, J. 2006. Teoría de Mantenimiento. Fiabilidad. ULA. Consejo de Publicaciones. Mérida, Venezuela.
- (10) Naveda, O. 1991. Proyecto Curricular en Ingeniería de Mantenimiento Mención Mecánica (PIMM) versión revisada y actualizada. Ciudad Ojeda Edo. Zulia. Venezuela.
- (11) Villarroel, H. 2014. Estrategias metacognitivas para el análisis de falla en la unidad curricular optimización del mantenimiento del Proyecto Ingeniería en Mantenimiento Mecánico de la UNERMB. Trabajo de Grado. UNERMB
- (12) Zambrano S. 2005. Fundamentos básicos de mantenimiento. FEUNET. San Cristóbal Edo. Táchira. Venezuela.