

PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN LA FASE DE ADAPTACIÓN DE VITROPLANTAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA BIOFÁBRICA

Ana Rosa Hernández Freire¹, Jorge L. Montes de Oca Súarez¹, Carlos Machado Osés², Zenaida Occeguera Aguila², Mayra Jíménez Vásquez¹, Aydiloide Bernal Villegas¹, Carlos Reyes Esquirol¹.

1. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Villa Clara-Cienfuegos (ETICA). Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Cuba.

2. Universidad Central de las Villas (UCLV), Cuba.

Introducción

La disciplina del AMFE, también conocida como FMEA (por sus siglas del inglés Failure Mode and Effects Analysis: Análisis Modal de Fallos y Efectos), fue desarrollada en el ejército de Estados Unidos por los ingenieros de la National Agency of Space and Aeronautical (NASA), y era conocido como el “Procedimiento para la Ejecución de un Modo de Fallo, Efectos y Análisis de criticabilidad”; este era empleado como una técnica para evaluar la confiabilidad y para determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas, en el éxito de la misión y la seguridad del personal o de los equipos.

Según el Manual AMFE publicado en www.fmeca.com [1991] el AMFE es una metodología de trabajo en grupo muy estricta para evaluar un sistema, un diseño y/o un proceso en cuanto a las formas en las que ocurren los fallos, dirigido a lograr el Aseguramiento de la Calidad, que mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto de un producto o servicio como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el Índice de Prioridad de Riesgo (IPR), conocido también como Número de Prioridad de Riesgo (NPR).

El manual de FMEA del QS 9000 [1995] establece dos definiciones:

- Un AMFE potencial de proceso es una técnica analítica utilizada inicialmente por un equipo o ingeniero responsable de manufactura como medio de asegurar que, los modos potenciales de defecto y sus mecanismos/causas asociadas han sido considerados y encaminados”.
- “Un AMFE de Proceso es un resumen de las opiniones de los ingenieros o del equipo, (Incluyendo un análisis de problemas que convendría estar fuertemente basado en la experiencia de asuntos relacionados, de cómo se desarrolla un proceso”).

El AMFE es una metodología que permite analizar la calidad, seguridad y/o fiabilidad del funcionamiento de un sistema, tratando de identificar los fallos potenciales que presenta su diseño, y de esa forma prevenir los problemas que se puedan presentar en el futuro al operar el mismo. Se aplica por medio del estudio sistemático de los fallos, estableciendo un plan de control dimensional, como resultado del estudio de los fallos y su corrección a fin de evitar su aparición. Por lo tanto es una herramienta de predicción y prevención. También es aplicable a la mejora de los productos ya existentes, al proceso de producción, a cualquier tipo de proceso, dado el hecho de ser una herramienta muy poderosa. El AMFE de proceso se aplica en la búsqueda de fallos y causas, o sea en los procesos de producción o de servicio. Contribuye a la mejora de la fiabilidad y del mantenimiento óptimo del producto o sistema a través de la investigación de los puntos de riesgo, para minimizarlos, por lo que se debe trabajar en equipo multidisciplinario. Su importancia es analizar las características del producto con relación a dicho proceso a fin de que las expectativas del cliente estén aseguradas y se recomienda efectuarlo antes de que el proceso comience.

Hoy en día el AMFE es una poderosa herramienta preventiva y de análisis, y su aplicación se ha extendido a la mayoría de las organizaciones donde se requieren bajos costos en función del diseño, proceso y medios. Como el AMFE es un proceso iterativo, al aplicarse por primera vez se proponen medidas generalmente correctivas, que pueden estar asociadas a controles ausentes en el diseño del proceso, pasando posteriormente a una segunda vuelta en las que se analizan posibles métodos a emplear para disminuir el valor del IPR y ya en una tercera vuelta se proponen entonces las soluciones más factibles e implementan acciones preventivas.

Ya conocido el proceso y la tecnología instalada se organizan el control, para lo cual sería útil limitar el número de centros o estaciones en los que se lleva a cabo según Figueras Viera, [2005]. A cada una

de estas estaciones se les da entonces la responsabilidad de desarrollar las etapas de retroalimentación para una determinada lista de sujetos de control. Sus objetivos son:

Análisis de fallos que pueden afectar a un producto o sistema y las consecuencias que conllevan sobre los mismos, identificación de modos de fallo, y su priorización sobre los efectos del producto o sistema, considerando diferentes criterios, determinación de los *sistemas de detección* para los distintos modos de fallo y aseguramiento de los mismos a través de revisiones periódicas, satisfacción del cliente interno y externo por la mejora de la calidad del proceso o diseño del producto.

Los elementos del AMFE, según el Manual AMFE de la Ford Motor Company, www.fmeaca.com [1991] son: modos de fallo, efecto de fallo, causas de fallo y controles a desarrollar.

Materiales y Métodos

El trabajo se realiza en la fase de adaptación de la biofábrica, adjunta a la ETICA Villa Clara – Cienfuegos, utilizando el AMFE como una metodología de trabajo en grupo para identificar y prevenir los riesgos del proceso de comercialización de vitroplantas de caña de azúcar. Se realiza a partir del procedimiento descrito por González Cruz, Ebir, 2006, el cual se muestra en la figura 1.1.

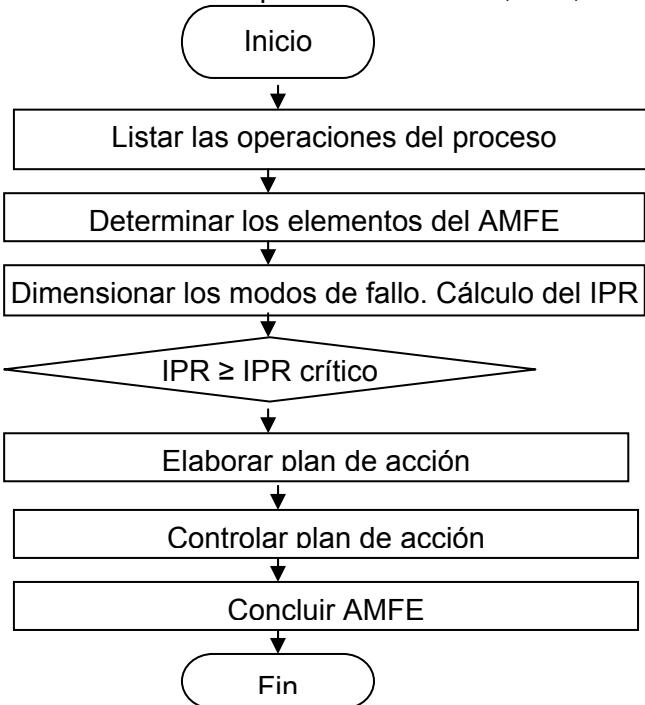


Figura 1.1 Procedimiento para la aplicación del AMFE. Fuente: *Elaboración propia basada en [González Cruz, Ebir, 2006]*.

Se comienza listando cada una de las operaciones del proceso y los posibles modos de fallos en cada una, o sea los puntos críticos. Se prosigue determinando los elementos del AMFE y para dimensionar los modos de fallo es necesario determinar los criterios de valoración de los coeficientes de Frecuencia, Gravedad y Detección (F, G y D).

Ante la carencia de datos estadísticos para realizar el AMFE, resulta conveniente crear un grupo de expertos conocedores del proceso y reconocidos en el Centro, los cuales emiten la puntuación de acuerdo a los criterios de valoración de Figueras Viera [2005] y teniendo en cuenta las condiciones propias de la entidad.

Posteriormente se procede a calcular el Índice de Prioridad de Riesgos (IPR), según la fórmula $IPR = F * G * D$ que aparece en el Manual del AMFE.

Se establece el IPR crítico (IPRC) del proceso teniendo en cuenta el criterio de los expertos.

Se trabaja con el valor de la mediana determinada para cada índice (F, G y D).

Cuando los valores de la mediana no son exactos se toma el valor entero que más rigor implique. Para finalizar se elabora un plan de acción que se debe controlar y de esta manera concluye el AMFE.

El AMFE se puede dar por finalizado cuando se ha fijado la fecha de comienzo de producción en el caso del AMFE de diseño o cuando todas las operaciones han sido identificadas, evaluadas y todas las características críticas se han definido en el plan de control.

Resultados y Discusión

En los resultados obtenidos se aprecian los posibles modos de fallos o riesgos en el proceso y los coeficientes de los elementos del AMFE se comportan según la Tabla No. 1.

Tabla No.1. Resumen de la aplicación del AMFE. (Fuente: Elaboración propia).

Modos de fallo	Índices				Orden de prioridad
	F	G	D	IPR	
1. Utilizar bandejas sin estar preparadas	2	5	5	50	9
No estar identificados los lotes de vitroplantas para su extracción de los frascos	2	5	5	50	8
3. Utilizar vitroplantas que no han sido enjuagadas las raíces	6	3	2	36	12
4. No realizar correctamente la clasificación por tamaño antes de la plantación	6	6	3	108	1
5. No realizar la siembra de vitroplantas según la clasificación	4	5	4	80	6
6. No identificar las bandejas con la variedad y fecha de recolección	3	3	3	27	13
7. Colocar más de un genotipo en el cantero	4	3	8	96	5
8. No mantener el régimen de humedad	3	4	2	24	14
9. No realizar las labores culturales establecidas	2	3	2	12	15
10. No realizar el deshiye y la reagrupación del material efectivamente	4	5	5	100	4
11. No usar sustrato con la calidad requerida	3	5	5	75	7
12. No efectuar la limpieza en el área de plantación antes de iniciar trabajo con otro genotipo en una misma jornada laboral	2	3	7	42	11
13. Vender sin realizar muestreo previo para determinar las cantidades y calidad real a vender	3	5	7	105	2
14. No realizar la venta por variedades	2	5	10	100	3
15. No tener control de las plagas	4	3	4	48	10

Según Espinosa, 2006 el valor recomendado como crítico se encuentra en el rango (80 – 100) y que debe ser fijado por el equipo que se encarga de la aplicación del procedimiento, coincidiendo con los expertos que realizan el trabajo y que definen los puntos críticos para aquellos valores de IPR ≥ 80 al considerar que varios de los resultados claramente evidencian que la clasificación de las vitroplantas por tamaño es decisiva en el proceso, coincidiendo con Pérez Ponce, 1988, por lo tanto es el punto crítico de control fundamental y además es un punto que incide sobre los demás posibles fallos que se hace alusión en la tabla 1.

La separación por tamaños está clasificada en pequeñas, medianas y grandes, según Pérez Ponce, 1988, si no se realiza una correcta clasificación tampoco la siembra sería correcta aunque se trabaje con una sola variedad en una misma sesión de trabajo porque sino pueden mezclarse los tamaños o lo que sería peor una mezcla de dos genotipos, coincidiendo los resultados obtenidos con los del autor anteriormente referenciado.

En la Tabla No.1 se muestra el orden de prioridad de los modos de fallo según el cálculo del IPR, demostrando como el más importante el no realizar correctamente la clasificación por tamaños antes

de la plantación, una de las tareas que llegan a convertirse en trabajo monótono por la gran cantidad de plantas a manipular, de ahí la gran importancia de llevar a cabo el control, coincidiendo con lo planteado en el Manual del AMFE, así permite individualizar las plantas, corregir los defectos de supervivencia y por tanto aumentar la producción. Otro punto crítico y muy importante es la venta ya que se puede hacer sin realizar muestreo previo para determinar las cantidades y calidad real a vender o no realizarla por variedades y después de sembradas las vitroplantas en el campo se pueden identificar claramente los efectos de fallo. Debe respetarse la forma de identificar los efectos de los fallos pues se debe corresponder con las observaciones y experiencia del cliente del producto, coincidiendo con González Cruz, Ebir, 2006. Resulta conveniente considerar la repercusión de los fallos sobre el sistema además de su importancia intrínseca pues se corresponden con las observaciones y experiencias del cliente. De acuerdo a la percepción del cliente, se pueden dar las siguientes categorías de fallos, según Espinosa, 2006 en sin consecuencias, ligeras molestias, descontento, gran descontento o problema de seguridad.

Según los resultados obtenidos en este trabajo se categoriza en Ligeras Molestias, ya que pueden existir fallos de siembra, cepellón no formado o alguna mezcla varietal. Es bueno destacar que la biofábrica asume cualquier fallo que se presente, o sea se realiza servicio post venta y no se cobra. Para evitar que se produzcan fallos es necesario efectuar autocontroles por parte de los operarios, controles por el jefe de la brigada y auditorias de control por parte del especialista responsable del proceso.

Para elaborar el plan de acción son necesarias las condiciones propias del proceso, partiendo de los puntos de control ya existentes, resulta conveniente manejar la interpretación del criterio de riesgos de la Ford Motor Company [1991]:

- Debajo de un riesgo menor no se toma acción alguna.
- Debajo de un riesgo moderado, alguna acción se debe tomar.
- Debajo de un alto riesgo, acciones específicas se deben tomar.
- Debajo de un riesgo crítico, se deben realizar cambios significativos del sistema, modificaciones en el diseño y mejora de la fiabilidad de cada uno de los componentes.

Al aplicarse el AMFE por primera vez se propone medidas generalmente correctivas con vistas a eliminar o controlar todos los riesgos de la tecnología en el proceso, por lo que se establecen las reglas de trabajo en la fase de adaptación para estos modos de fallo, las cuales se muestran a continuación y coinciden con Pérez Ponce, 1988.

- Las vitroplantas tienen que ser sembradas por tamaños, no mezclando dos tamaños en una misma bandeja.
- Sembrar una sola variedad en una misma sesión de trabajo.
- No sembrar en cajas que no estén debidamente lavadas y desinfectadas.
- En un cantero no puede existir más de una variedad y estar debidamente identificado con (variedad, lote y fecha de siembra).
- Las bandejas tienen que estar debidamente identificadas con (variedad, lote, fecha de siembra y operario).
- El deshije se realizará por variedades y nunca más de una variedad en una misma sesión de trabajo.
- Realizar el deshije y la reagrupación del material vegetal en las bandejas a los 25 d.
- No se realiza la venta ni se traslada más de una variedad al mismo tiempo.

De esta manera queda demostrado que todas las limitaciones o riesgos tienen reglas definidas para eliminarlos o controlarlos.

Conclusiones

1. Se define un procedimiento para la aplicación del AMFE.
2. Se logra establecer las limitaciones y riesgos que existen aplicando el AMFE para la búsqueda de los fallos en el proceso con el objetivo de minimizarlos y definir las reglas de trabajo para eliminarlos.
3. Se definen los puntos críticos para aquellos valores de $IPR \geq 80$.

Recomendaciones

1. Cumplir con las reglas de trabajo establecidas en la fase de adaptación para prevenir o controlar los modos de fallo.
2. Aplicar el procedimiento descrito en todos los procesos de la biofábrica y se puede hacer extensivo a otras áreas del Centro.

Referencias

1. Espinosa García, L. Procedimiento para la aplicación del AMFE en el proceso de servicio del Banco de Sangre Provincial de Villa Clara. Trabajo de Diploma. Facultad de Ciencias Empresariales, UCLV, Santa Clara, 2006.
2. Figueras Viera, I. Procedimiento para la aplicación del AMFE en el proceso de servicio de mantenimiento especializado del Centro de Desarrollo Electrónico. Trabajo de Diploma. Facultad de Ciencias Empresariales, UCLV, Santa Clara, 2005.
3. Ford Motor Company. Revisado en <http://www.fmecha.com>, 1991.
4. González Cruz, Ebir. Procedimiento para la aplicación proactiva de la calidad en el servicio de mantenimiento técnico especializado. Trabajo en opción del Título de Máster en Ingeniería Industrial Mención Calidad. Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo, UCLV, Santa Clara, 2006.
5. Manual AMFE de la Ford Motor Company publicado en www.fmecha.com, 1991.
6. Pérez Ponce, J. y col. Instructivo técnico para la micropopagación in vitro de la caña de azúcar, UCLV, Santa Clara, 1988.