

Implementación de programa para la prevención de mosquitos

*Karla M. González Colón
Maestría en Ingeniería en Manufactura
Carlos González, PhD.
Departamento de Ingeniería Industrial
Universidad Politécnica de Puerto Rico*

Abstracto – *Se utilizó la metodología DMAIC para implementar un programa para la prevención de mosquitos. Para el desarrollo del proyecto, fue necesario definir los aspectos básicos para resolver el problema, identificar todas las variables que influyen en el proceso, analizar y validar las distintas opciones e implementar las posibles soluciones. Asimismo, se analizaron los resultados. Luego se implementaron las recomendaciones y finalmente se diseñó una propuesta para controlar el problema.*

Palabras clave – *aplicación, DMAIC, larval, pupal*

INTRODUCCIÓN

Es apropiado que los profesionales de la industria hotelera y los gerentes de *resorts* de lujo consideren expandir sus negocios para incluir un programa de control de insectos y mosquitos para mantener a su personal, visitantes y residentes protegidos contra estos insectos chupadores de sangre y prevenir el desarrollo de enfermedades transmitidas por vectores en estas poblaciones. Esta inversión reducirá o eliminará las entradas adversas en los sitios web relacionados con los viajes, ayudará a mantener la imagen y la reputación del *resort*, y ayudará a aumentar los ingresos. Desafortunadamente, la Ley Federal de Control de Pesticidas Ambientales (FEPCA, por sus siglas en inglés) restringe el uso de pesticidas de uso restringido a aplicadores debidamente capacitados y certificados. Esto significa que un número limitado de personas tendrá licencia para aplicar pesticidas de uso restringido de manera comercial. En general, los esfuerzos de control de mosquitos han sido funciones del gobierno federal, estatal o local. Tales agencias gubernamentales, a menudo organizadas

como Distritos de Reducción de Mosquitos (MAD, por sus siglas en inglés), gastan millones de dólares en los Estados Unidos cada año principalmente debido a la importancia de estos insectos para la salud pública.

Afortunadamente, se encuentran disponibles materiales nuevos, no químicos y amigables para el medioambiente, y equipos de aplicación eficientes.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) calificó al mosquito como el “enemigo público número uno” porque es considerado el ser vivo más peligroso del planeta.

Planteamiento del problema

Bahia Beach Resort & Golf Club es un complejo de cinco estrellas localizado en Río Grande, Puerto Rico. El complejo cuenta con el hotel St. Regis, residencias lujosas, un campo de golf, accesibilidad directa a la playa, lagos, canchas de baloncesto y tenis, gimnasio, restaurantes, vivero, refugio de animales, *spa* y otras instalaciones para vacacionar o vivir a plenitud. Este complejo está enfrentando un problema severo de mosquitos que ha ocasionado el disgusto de sus residentes y huéspedes. Algunos huéspedes lo comentan directamente al personal, pero hay otros que dejan comentarios negativos en distintas plataformas de Internet, ocasionando que el *resort* no tenga las puntuaciones deseadas.

Descripción de la investigación

Este proyecto presenta un enfoque formal utilizando la metodología DMAIC para la implementación de un programa de mosquitos, con el propósito de analizar y evaluar las distintas alternativas e implementar la más adecuada.

El propósito de un programa integrado de reducción de mosquitos es proporcionar pautas

apropiadas para la selección y el uso de insecticidas, larvicidas, o dispositivos mecánicos diseñados para reducir o eliminar las poblaciones de mosquitos de una manera segura y eficaz y ayudar a mantenerlos bajo control. Los materiales recomendados deben aplicarse de acuerdo con las etiquetas de las muestras y siguiendo todas las pautas, normas y reglamentos nacionales e internacionales correspondientes.

Objetivo de la investigación

El objetivo de este proyecto es la aplicación de la metodología DMAIC como herramienta para analizar y evaluar las mejores alternativas de químicos y horarios.

Contribución de la investigación

Esta investigación ayudara a establecer una rutina de trabajo para los empleados de Bahia Beach Resort. En base a esta investigación, los empleados podrán seguir un procedimiento y utilizar unos formularios para anotar todo lo que hagan diariamente.

La implementación de este proyecto minimizará el problema de mosquitos que enfrenta el *resort* creando una rutina entre los aplicadores que están a cargo de controlar los mosquitos en la propiedad.

REVISIÓN DE LITERATURA

Los mosquitos son insectos de dos alas pertenecientes al orden científico *Deptera*. Los mosquitos se diferencian del resto de su orden por tener una probóscide alargada y escamas en las venas y los márgenes de las alas. Estas diferencias los colocan en su propia familia, llamada *Culicidae*. La familia *Culicidae* comprende 13 géneros y más de 2,700 especies y subespecies. Aproximadamente 165 especies y subespecies se encuentran en las Américas y la cuenca del Caribe. Tres géneros son los más comunes: *Aedes*, *Culex* y *Anopheles*. Se puede esperar que un especialista en control de plagas controle uno o más de estos géneros en un área específica. Es importante saber algo sobre los diversos géneros y especies principales, ya que cada uno tiene sus propios hábitos y ciclo de vida.

Comprender esto permite un control más eficaz y eficiente. La figura 1 muestra las principales diferencias entre los tres géneros en cada etapa de vida.

Los mosquitos se desarrollan mediante una metamorfosis completa, es decir, pasan por cuatro etapas distintas de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. Las primeras tres etapas ocurren en el agua. La hembra adulta es un insecto volador activo que se alimenta de la sangre del ser humano, de otros animales y del néctar u otros jugos vegetales. Los *resorts* deben comprender el ciclo de vida de los mosquitos para poder localizarlos, identificarlos y controlarlos adecuadamente. [1]

Etapas de huevo

La fase de huevo de la vida de un mosquito puede durar desde dos días hasta cinco años, según la especie. Los huevos de algunas especies deben someterse a temperaturas bajo cero antes de que eclosionen, en particular muchas especies de *Aedes*. Estas especies dependen de este rasgo para sobrevivir durante los meses de invierno. Otros en este grupo requieren largos períodos de sequía para ser viables. El agua es clave para el desarrollo del huevo. Los huevos se ponen en el agua o cerca del agua. Los huevos del género *Culex* se depositan en el agua uno al lado del otro formando una balsa que contiene 100 huevos o más. Las balsas de huevos flotan unos días hasta que se lleva a cabo la eclosión. Los huevos del género *Anopheles* se ponen individualmente en la superficie del agua. La eclosión tiene lugar en dos o tres días. Muchas especies de *Aedes* ponen sus huevos a los lados de contenedores artificiales o en huecos de árboles, justo por encima del nivel del agua. Cuando el agua sube al nivel de los huevos, estos eclosionan rápidamente. Los huevos de *Culicoides* se depositan en suelos húmedos susceptibles a inundaciones frecuentes, como las costas de las playas y los humedales arenosos.

Etapas larval

Todas las larvas de mosquitos viven en el agua: en estanques permanentes, pantanos, charcos,

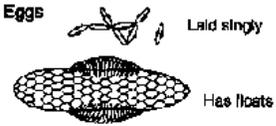
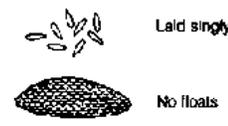
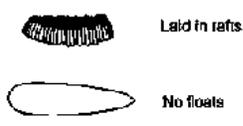
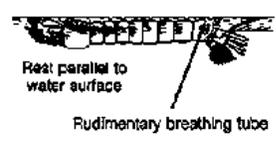
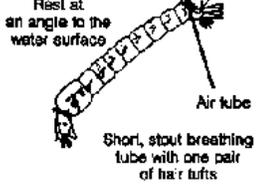
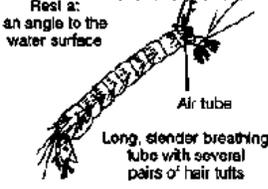
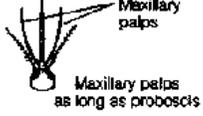
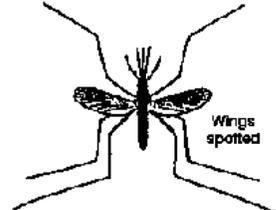
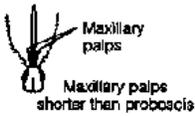
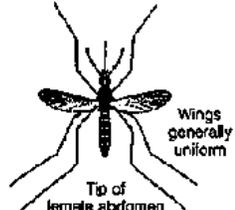
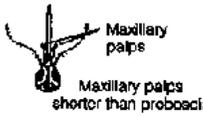
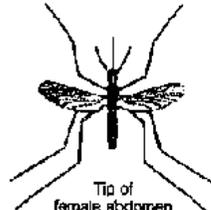
<i>Anopheles</i>	<i>Aedes</i>	<i>Culex</i>
Eggs  Laid singly Has floats	Eggs  Laid singly No floats	Eggs  Laid in rafts No floats
Larvae  Rest parallel to water surface Rudimentary breathing tube	Larvae  Rest at an angle to the water surface Air tube Short, stout breathing tube with one pair of hair tufts	Larvae  Rest at an angle to the water surface Air tube Long, slender breathing tube with several pairs of hair tufts
Pupae (differ only slightly) 		
Adult Proboscis and body in same straight line  Maxillary palps Maxillary palps as long as proboscis  Wings spotted  Tip of female abdomen usually pointed	Adult Proboscis and body at an angle to one another  Maxillary palps Maxillary palps shorter than proboscis  Wings generally uniform  Tip of female abdomen usually pointed	Adult Proboscis and body at an angle to one another  Maxillary palps Maxillary palps shorter than proboscis  Wings generally uniform  Tip of female abdomen usually blunt

Figura 1
Géneros comunes de mosquitos

orillas de arroyos cubiertas de hierba, agua atrapada en llantas viejas, agua estancada en el suelo saturado por fuertes lluvias, bebederos para pájaros y macetas vacías desechadas en un jardín. Cualquier cosa que retenga agua durante cinco días o más puede convertirse en una fuente de mosquitos. Los mosquitos se han adaptado a casi todo tipo de situaciones acuáticas, excepto a los arroyos que fluyen rápidamente sin vegetación, ya sea aguas abiertas de grandes arroyos, lagos y mares. La etapa larvaria dura desde unos pocos días hasta unas pocas semanas.

Las larvas de mosquito no nadan, por lo que no requieren agua libre. En cambio, se mueven alrededor de los granos de arena en busca de humedad y alimento.

Las larvas dependen del aire de la superficie, pero obtienen su alimento de la materia orgánica del agua. Hay muchas características físicas, químicas y biológicas del agua que afectan a los mosquitos y las larvas de mosquitos. Estos incluyen temperatura, luz, movimiento, gases y sales disueltos, y otros organismos vivos y depredadores presentes. La vegetación brinda una protección importante para las larvas al evitar que los

depredadores como los peces y otros insectos acuáticos las alcancen.

Etapa pupal

La etapa de pupa dura de un día a una semana y difiere mucho de las larvas en forma y apariencia. Respiran aire de la superficie a través de un par de trompetas.

Etapa adulta

Los mosquitos adultos son insectos pequeños y frágiles, cada uno con un abdomen delgado, un par de alas estrechas y tres pares de patas largas y delgadas. Los adultos varían en longitud de 1/16 a 1/2 pulgada.

Vigilancia e identificación

Cuando se pide que se controle un problema, es importante que se identifique la especie infractora. El número y la abundancia relativa de las diversas especies en un área debe estimarse a través de encuestas adultas. Una vez que se identifican las especies, las fuentes y hábitos respectivos a menudo se pueden encontrar en manuales de referencia. Esta información brinda indicaciones sobre los mejores momentos y lugares para usar los insecticidas y el equipo de aplicación adecuados. La interpretación correcta de la información de la encuesta sobre mosquitos da como resultado el uso más eficaz de la mano de obra, los materiales y el equipo. Los *resorts*, mediante contratos comerciales, a menudo pueden complementar los esfuerzos de estas agencias, estableciendo así una relación de beneficio mutuo.

Colección de mosquitos

Una encuesta no tiene que ser un procedimiento complejo con equipos y registros sofisticados. Quizás el equipo más sofisticado que necesitaría un especialista en control de plagas es un aspirador o tubo de recolección, una prueba de una pulgada de ancho disponible en tiendas de ciencias o de pasatiempos (figura 2). Un tubo de recolección simple está hecho de una sección de tubo de plástico rígido de 12 pulgadas de largo con

un diámetro interior de 3/4 de pulgada. Un extremo del tubo se cubre con una red de tela fina o gasa de metal. Se desliza un trozo de tubo de goma de dos a tres pies de largo sobre el extremo del tubo que contiene la red. La idea, por supuesto, es succionar el insecto en el tubo de plástico hasta que pueda ser soplado en el tubo de matar.

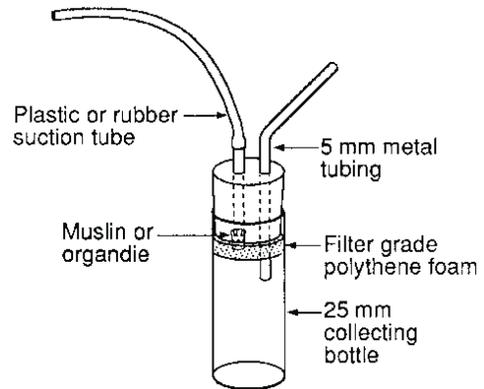


Figura 2
Aspirador

Otros artículos necesarios para la recolección de mosquitos adultos incluyen un reloj o pastillero forrado con un pañuelo facial suave (pero no de algodón), un cuaderno y una linterna. El cuaderno se utiliza para registrar el número de mosquitos que aterrizan para picar durante un período de diez minutos. Los pastilleros se utilizan para contener los mosquitos muertos hasta que puedan ser identificados. La linterna es para ayudar al recolector a contar los insectos en condiciones de poca luz.

Con estos artículos, un especialista en control de plagas puede realizar una encuesta de recolección de mosquitos. La persona que realiza el conteo debe sentarse en silencio en el área de prueba con la manga arremangada durante un período de diez minutos y contar los mosquitos que aterrizan para picar. Se deben recolectar algunos usando el tubo de recolección para que luego se pueda hacer una identificación adecuada de la especie. Los mosquitos recolectados se matan en un tubo de matanza o se colocan en un congelador para su posterior identificación, indicando la fecha, hora y lugar de recolección. El número de insectos que aterrizan dentro del período se registra en el

cuaderno. Las recolecciones se realizan a intervalos regulares y a la misma hora del día antes y después de que se lleven a cabo las medidas de control para monitorear el éxito del programa.

Estación de descanso

Los adultos de muchas especies, especialmente *Anopheles* y *Culex*, están inactivos durante el día y descansan tranquilamente en lugares oscuros, frescos y húmedos. Los conteos cuidadosos de mosquitos en refugios diurnos dan un índice de la densidad de población de estos mosquitos. Las estaciones de descanso se dividen en dos tipos: naturales y artificiales.

Las estaciones de descanso natural son estructuras en un área que cumplen con las preferencias de los mosquitos adultos como se mencionó anteriormente. Pueden ser graneros, establos, retretes, puentes, alcantarillas, cuevas, árboles huecos, arbustos y diversas estructuras que no están protegidas.

Las estaciones de descanso artificiales son refugios especialmente contruidos para atraer a los adultos para que descansen. Pueden ser cajas (figura 3), barriles o cualquier dispositivo similar colocado en el área de inspección con el fin de realizar un conteo. Siempre deben colocarse cerca de los criaderos sospechosos en lugares húmedos y sombreados. Los mosquitos entran en estos refugios por la noche y normalmente no salen hasta el anochecer.



Figura 3
Cajas de descanso

Trampas de luz

Las trampas de luz (figura 4) brindan un método útil y conveniente para recolectar ciertas especies de mosquitos adultos. Estos no se

consideran un método de control. Cuando se mantienen durante toda la temporada, especialmente año tras año, son indicadores valiosos del momento de instituir las medidas de control adecuadas. Las luces de las trampas atraen a los adultos desde una distancia considerable cuando las trampas se colocan lejos de competir por las fuentes de luz. A medida que los adultos alcanzan la luz, son impulsados por un pequeño ventilador eléctrico a través de un embudo de malla hacia un frasco de muerte o una bolsa de malla debajo de la trampa. La luz y un ventilador generalmente funcionan con corriente alterna, pero también hay trampas que funcionan con baterías.



Figura 4
Trampa de luz

METODOLOGÍA

Para lograr cumplir con los objetivos propuestos, se utilizó la metodología DMAIC. Esta metodología tiene un enfoque para resolver problemas como parte de la filosofía Six Sigma. DMAIC es un acrónimo para las cinco fases de los principios de Six Sigma: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (figura 5). [2]



Figura 5
Metodología DMAIC

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección, se discutirán todas las etapas de la metodología DMAIC para ir al proceso y capturar todas las variables utilizadas en los principios de manufactura de Six Sigma. [3]

Definir

Bahia Beach Resort ha tenido un crecimiento exponencial a lo largo de los últimos años. Con el pasar de los años, son más los proyectos residenciales, las atracciones turísticas y los reconocimientos que tiene el complejo en Puerto Rico y el Caribe. El principal objetivo de este trabajo es definir el problema y encontrar alternativas para mitigarlo.

Bahia Beach Resort es un complejo cien por ciento ecológico, donde la naturaleza resalta desde la entrada. El complejo está ubicado frente a la playa y tiene varios lagos como parte de su campo de golf. Todos estos atractivos naturales empeoran el problema de mosquitos. Como explicamos en la revisión de literatura, el agua es clave para el desarrollo de los mosquitos. La humedad de la naturaleza, el agua y el alga que se desarrolla en los lagos son los detonantes principales.

La selección del equipo necesario para controlar los mosquitos implica una cuidadosa consideración de muchos criterios (figura 6) como los siguientes:

- ¿Qué insecticida y formulación se aplicará?

- ¿Estará dirigida la aplicación a la etapa larval o a la adulta?
- ¿Será la aplicación un tratamiento residual?
- ¿Es la aplicación en interiores o exteriores?
- ¿Cuál es el tamaño del área objetivo?
- ¿Cuánto tiempo se requerirá para cubrir adecuadamente el área objetivo?
- ¿Se dispone del equipo de aplicación adecuado?

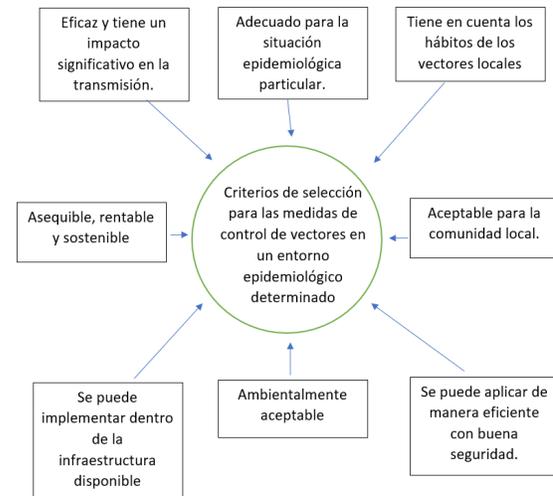


Figura 6
Proceso de selección de intervenciones

Medir

Se han tomado medidas para implementar un programa de control de mosquitos en el *resort* utilizando productos naturales para no afectar la imagen ecoamigable del complejo. El fortalecimiento de la vigilancia y la identificación de las fuentes de mosquitos puede mejorar su control y ayudar a mitigar posibles explosiones demográficas.

El programa de control de mosquitos incluye:

- Rotación de tres diferentes insecticidas naturales (para prevenir que el insecto cree resistencia al químico).
- Aplicación de insecticida natural con activador, para afectar la estructura molecular del mosquito.
- Aplicación de larvicida natural en las charcas.
- Limpieza frecuente del lago para prevenir que los mosquitos se desarrollen en el alga.

- Mantener trampas de luces, aspirador o cajas de descanso para estudiar el tipo de mosquito que se encuentra en el área y poder atacarlo de manera efectiva.
- Para identificar aún más las fuentes, se realizará una inspección de la propiedad cada dos semanas. Las trampas adhesivas o las trampas de luz CDC en miniatura se ubicarán en la casa club, el gimnasio, el *boathouse*, los cocoteros y otros lugares, y se monitorearán.

Analizar

En esta fase, analizaremos los datos y el proceso para encontrar las causas del problema y poder construir una relación analítica entre dichas causas y el problema. En la fase anterior, habíamos determinado estrategias para controlar el problema de mosquitos. En esta fase, se va a idear un plan para poder implementar esas estrategias.

- El nuevo departamento de mosquitos debe operar dos aplicaciones diarias: temprano en la mañana y al final de la tarde, cuando los mosquitos están más activos.
- Las aplicaciones deben hacerse con un *fogger* instalado en un *carry-all* 4x4 para que pueda acceder a la mayor parte de las áreas del complejo.
- Debe utilizarse sincronizadamente un *backpack sprayer* para alcanzar áreas a las que el carrito no pueda llegar.
- Será necesario utilizar dos empleados (uno para el carrito y uno para el *backpack*) por aproximadamente dos horas en la mañana y dos empleados por aproximadamente dos horas en la tarde.
- Los químicos recomendados para asperjar, por ser naturales y adecuados para tratar los mosquitos en la zona costera, son Mosquito Barrier (para aplicar en la vegetación [figura 7]) y Altosid (para aplicar en el agua [figura 8]).



Figura 7
Zonas de aplicación de Mosquito Barrier



Figura 8
Zonas de aplicación de ALTOSID

- Se mantendrá una hoja de registro de las aplicaciones diarias de los químicos (figuras 9 y 10).

MATERIAL
(MOSQUITO BARRIER)
7onz/1gal

- APLICACIÓN POR SEMANA
- CADA 15 DIAS
- EQUIPO CARDINAL (1)
- APLICADO SOLO EN LA VEGETACION

FECHA	EQUIPO (CARDINAL)	LUGAR	SALIDA	LLEGADA	MATERIAL	APLICADO	APLICADO FINAL	TIEMPO FINAL	OPERADOR
LUNES	1	2,3,4,5,6	5:00AM	7:00AM	MOSQUITO BARRIER	21 ONZ	3GAL AGUA	2:00h	E.F. A
MARTES	1	7,8,9,10,11	5:00AM	7:00AM	MOSQUITO BARRIER	21 ONZ	3GAL AGUA	2:00h	E.F. A
MIERCOLES	1	13,14,16,19,21	5:00AM	7:00AM	MOSQUITO BARRIER	21 ONZ	3GAL AGUA	2:00h	E.F. A
JUEVES	1	22	5:00AM	7:00AM	MOSQUITO BARRIER	21 ONZ	3GAL AGUA	2:00h	E.F. A
VIERNES	1	12,20,23	5:00AM	7:00AM	MOSQUITO BARRIER	21 ONZ	3GAL AGUA	2:00h	E.F. A

Figura 9
Ejemplo de hoja de registro: aplicación química Mosquito Barrier

MATERIAL
SBGII (ALTOSID)
1Lb x 100 pies cuadrados

- APLICACIÓN POR SEMANA
- CADA 15 DIAS
- EQUIPO CARIDNAL (2)
- APLICADO SOLO EN AGUA

FECHA	EQUIPO (CARDINAL)	LUGAR	SAIDA	LLEGADA	MATERIAL	APLICADO	APLICADO FINAL	TIEMPO FINAL	OPERADOR
LUNES	2	2,3,4,5	5:00AM	6:00AM	ALTOSID	6 LB	6 LB	1:00h	E.F. A
MARTES	2	9,10,12	5:00AM	6:00AM	ALTOSID	6 LB	6 LB	1:00h	E.F. A
MIERCOLES	2	22	5:00AM	6:00AM	ALTOSID	5 LB	5 LB	1:00h	E.F. A
JUEVES	2	CHARCOS POR LLUVIAS	5:00AM	6:00AM	ALTOSID	7 LB	7 LB	1:00h	E.F. A

Figura 10
Ejemplo de hoja de registro: aplicación química ALTOSID
Mejorar

En este proceso nos enfocaremos en mejorar el procedimiento para reducir o eliminar definitivamente la población de mosquitos. Para esto, utilizaremos trampas para poder examinar qué variedad de mosquito es el que sigue habitando en el *resort* y poder ajustar la operación y los productos utilizados de acuerdo al mosquito que esté circulando en el área. Las trampas de luz se colocarán en un horario predeterminado (figura 11) y se coleccionarán los datos en una tabla (figura 12).

	Trampa	Salida	Llegada	Duración	Comentario
Lunes	1	3:45pm	4:00pm	00:15	
	2	4:00pm	4:15pm	00:15	
	3	4:15pm	4:30pm	00:15	
	4	4:30pm	4:45pm	00:15	
	5	4:45pm	5:00pm	00:15	
Martes	6	3:45pm	4:00pm	00:15	
	7	4:00pm	4:15pm	00:15	
	8	4:15pm	4:30pm	00:15	
	9	4:30pm	4:45pm	00:15	
	10	4:45pm	5:00pm	00:15	
Miércoles	11	3:45pm	4:00pm	00:15	
	12	4:00pm	4:15pm	00:15	
	13	4:15pm	4:30pm	00:15	
	14	4:30pm	4:45pm	00:15	
	15	4:45pm	5:00pm	00:15	
Jueves	16	3:45pm	4:00pm	00:15	
	17	4:00pm	4:15pm	00:15	
	18	4:15pm	4:30pm	00:15	
	19	4:30pm	4:45pm	00:15	
	20	4:45pm	5:00pm	00:15	

Figura 11
Horario de trampas de luz

LUGAR TRAMPA	FECHA	CULICOIDES	CELONOIDES	MOSQUITOS	CHIRONOMIDS	COMENTARIOS
TOTAL	0	0	0	0	0	

Figura 12
Colección de datos de las trampas de luz

Control

El propósito principal de la fase de control es el establecimiento de un control efectivo para minimizar o eliminar la población de mosquitos en Bahia Beach Resort. Hay que asegurarse de que los procesos explicados anteriormente se sigan al pie de la letra. En este control, se estableció el procedimiento, los químicos, los horarios y otras tareas necesarias para garantizar que se cumpla. De esta manera, se evitará que se continúen propagando los mosquitos.

CONCLUSIÓN

Durante esta investigación, se identificaron estrategias para prevenir la propagación de mosquitos en Bahia Beach Resort. Para esta compañía, es sumamente importante acabar con el problema de los mosquitos, ya que ocasiona que sus clientes no puedan disfrutar a gusto, lo que ocasiona también que los clientes ofrezcan reseñas negativas del *resort* en la web.

Mediante el resultado de Six Sigma con la metodología DMAIC, se implementará un proceso

para reducir o eliminar la población de mosquitos en un futuro.

REFERENCIAS

- [1] EPA, “Pesticide Advisory Committees and Regulatory Partners” [En línea]. Accedido el 17 de mayo de 2022. Disponible: <https://www.epa.gov/pesticide-advisory-committees-and-regulatory-partners>
- [2] J. Maxey, M. Price, D. Rowlands y M. George, *The Lean Six Sigma Pocket Tool Book*, Nueva York: McGraw-Hill, 2005.
- [3] T. Devane, *Integrating Lean Six Sigma and High-Performance Organizations: Leading the Charge Toward Dramatic, Rapid and Sustainable Improvement*, Nueva York: Wiley, 2004.