



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Gestión Industrial

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DE
EQUIPOS DISPENSADORES DE BEBIDAS PARA UN DEPARTAMENTO TÉCNICO DE UNA
EMBOTELLADORA EN GUATEMALA**

Ing. Daniel Gerardo Guevara Pérez

Asesorado por el Mtro. Jorge Estuardo Menchú Castillo

Guatemala, febrero de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DE EQUIPOS DISPENSADORES DE BEBIDAS PARA UN DEPARTAMENTO TÉCNICO DE UNA EMBOTELLADORA EN GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ING. DANIEL GERARDO GUEVARA PÉREZ

ASESORADO POR EL MTRO. JORGE ESTUARDO MENCHÚ CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Walter Darío Caal Mérida
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DE EQUIPOS DISPENSADORES DE BEBIDAS PARA UN DEPARTAMENTO TÉCNICO DE UNA EMBOTELLADORA EN GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 11 de marzo de 2020.

Ing. Daniel Gerardo Guevara Pérez

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DE EQUIPOS DISPENSADORES DE BEBIDAS PARA UN DEPARTAMENTO TÉCNICO DE UNA EMBOTELLADORA EN GUATEMALA**, presentado por: **Daniel Gerardo Guevara Pérez**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Gestión industrial después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, febrero de 2022

AACE/gaoc



Guatemala, febrero de 2022

LNG.EEP.OI.114.2022

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA LOS
MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DE EQUIPOS DISPENSADORES DE
BEBIDAS PARA UN DEPARTAMENTO TÉCNICO DE UNA
EMBOTELLADORA EN GUATEMALA”**

presentado por **Daniel Gerardo Guevara Pérez** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Gestión industrial** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

**Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería**





Guatemala, Noviembre de 2021

Como coordinador de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial** doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“CREACIÓN DE UNA GUÍA DE ESTRATEGIAS DE INNOVACIÓN PARA EMPRENDEDORES DE MICRO Y PEQUEÑAS EMPRESAS EN CIUDAD SAN CRISTÓBAL ZONA 8 DE MIXCO”** presentado por el Ingeniero **Daniel Gerardo Guevara Pérez** quien se identifica con carné **200212582**.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
Coordinador de Maestría
Gestión Industrial entre semana
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, 29 septiembre 2020.

**Ingeniero M.Sc.
Edgar Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería USAC
Ciudad Universitaria, Zona 12**

Distinguido Ingeniero Álvarez:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que como asesor de trabajo de graduación del estudiante DANIEL GERARDO GUEVARA PÉREZ, Carné número 999002130, cuyo título es "**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DE EQUIPOS DISPENSADORES DE BEBIDAS PARA UN DEPARTAMENTO TÉCNICO DE UNA EMBOTELLADORA EN GUATEMALA**", para optar al grado académico de Maestro en Gestión Industrial, he procedido a la revisión del mismo.

En tal sentido, en calidad de asesor doy mi anuencia y aprobación para que el estudiante Guevara Pérez, continúe con los trámites correspondientes.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,



*M.A. Jorge Estuardo Menchú Castillo
Colegiado 15939*

M.Sc. Jorge Estuardo Menchú Castillo
Colegiado No. 15939
Asesor

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Por ser tan especiales y apoyarme de manera incondicional en todo momento.

Mis hermanos

Por brindarme su apoyo y deseos de superación constante.

Mis familiares

Por ser parte de mi vida y compartir junto conmigo.

Mis compañeros

Por recorrer el camino a mi lado.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser la casa de estudios que me acogió durante mi formación académica.

Facultad de Ingeniería

Por ser la fuente de conocimiento que me instruyó durante mi formación magisterial.

**Mis amigos de la
Facultad**

Por quienes estuvieron y quienes concluyeron conmigo los estudios de post grado.

M.A. Lic. Jorge Menchú

Por su valioso aporte a la conclusión exitosa de esta carrera.

Familia Guevara

Por caminar a mi lado en el recorrido del estudio.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XVII
OBJETIVOS	XIX
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. MARCO REFERENCIAL	1
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Industria alimentaria	5
2.1.1. Principales características del sector de la industria alimentaria.....	5
2.1.2. Bebidas envasadas	7
2.1.3. Bebidas carbonatadas	8
2.1.3.1. Dispensadores de bebidas Post Mix	9
2.2. Optimización de operaciones y procesos	13
2.3. Mantenimiento	17
2.3.1. Mantenimiento preventivo	23
2.4. Investigación por encuestas.....	26
2.4.1. Encuestas en línea	28
2.5. Herramientas para mejoramiento de la calidad.....	30
2.5.1. Diagrama de causa y efecto	30

2.5.2.	Diagrama de Pareto	30
2.6.	Planificación de un sistema.....	32
3.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.1.	Características del estudio.....	35
3.1.1.	Enfoque	35
3.1.2.	Diseño	35
3.1.3.	Alcance.....	36
3.1.4.	Tipo.....	36
3.1.5.	Variables e indicadores.....	36
3.1.5.1.	Variables dependientes.....	36
3.1.5.2.	Variables independientes	37
3.1.6.	Unidades de análisis	39
3.2.	Fases de investigación	39
3.2.1.	Fase 1.....	39
3.2.2.	Fase 2.....	40
3.2.2.1.	Técnicas metodológicas	40
3.2.3.	Fase 3.....	40
3.2.3.1.	Técnicas de análisis de información.....	42
3.2.3.2.	Análisis de reestructuración de actividades.....	43
3.2.4.	Fase 4.....	43
3.2.4.1.	Cálculo de la distribución mensual de mantenimientos y movimientos	44
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	45
4.1.	Diagnóstico de la eficiencia de la operativa del Departamento Técnico de Post Mix.	45

4.2.	Diseño de un sistema que garantiza el cumplimiento mensual de mantenimientos preventivos programados.....	49
4.3.	Proyección de reducción de costos del sistema para control de mantenimientos.	51
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53
5.1.	Eficiencia de la operativa del Departamento Técnico de Post Mix.....	53
5.2.	Diseño de un sistema para control de mantenimientos preventivos	55
5.2.1.	Cálculo de la distribución mensual de mantenimientos y movimientos	62
5.3.	Proyección de reducción de costos resultantes de contar con un sistema de control de mantenimientos	68
	CONCLUSIONES	73
	RECOMENDACIONES.....	75
	REFERENCIAS	77
	APÉNDICES.....	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Componentes principales de un equipo sobre mostrador.	12
2.	Ejemplo de gráfico de control.....	16
3.	Eficiencia del Departamento Técnico.....	48
4.	Diagrama causa y efecto del desempeño del departamento.....	49
5.	Resultados esperados	51
6.	Distribución de mantenimientos en un mes de 31 días	59
7.	Distribución de mantenimientos y movimientos en un mes de 31 días.....	59
8.	Configuración aleatoria de mantenimientos en un mes.....	60
9.	Distribución en un mes estándar para ruta de máquinas de hielo	61
10.	Distribución más probable de ocurrencia de mantenimientos correctivos a máquinas de hielo y movimientos	61

TABLAS

I.	Variables e indicadores	38
II.	Históricos de seis meses en la operación del departamento	45
III.	Mantenimientos correctivos a máquinas fabricadoras de hielo.....	46
IV.	Costo mensual por mantenimientos correctivos máquinas de hielo .	52
V.	Costo mensual por mantenimientos correctivos en dispensadores ..	52
VI.	Reestructuración de actividades por técnico	55
VII.	Rutas de mantenimientos correctivos para máquinas de hielo	56
VIII.	Rutas de mantenimientos preventivos	57
IX.	Códigos del sistema de programación	58

X.	Códigos para rutas de máquinas de hielo	60
XI.	Resumen de los modelos de distribución característicos	64
XII.	Costos de mantenimientos correctivos y horas extras mensuales ...	70
XIII.	Costo y beneficio mensual del departamento Post Mix.....	71
XIV.	Costo y beneficio mensual del departamento Post Mix con un sistema de control programado	72

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
R	Coefficiente de correlación
CV	Coefficiente de variación
σ	Desviación estándar
CO ₂	Dióxido de carbono o gas carbónico
MP	Eficacia de mantenimientos preventivos
d	Margen de error
\bar{X}	Media
Z	Nivel de confianza
%	Porcentaje
q	Probabilidad de éxito
p	Probabilidad de fracaso
Q	Quetzales
n	Tamaño de la muestra

GLOSARIO

Acidulante	Sustancia ácida, generalmente orgánica, que se utiliza en muchos procesos como conservante, modificador de la viscosidad o de la acidez de los alimentos, entre otros.
Agropecuario	Término que se usa como adjetivo calificativo para designar a un tipo de actividad económica que se basa en la producción principalmente de alimentos a partir del cultivo y de la ganadería.
Anhídrido carbónico	Forma poco usada para referirse al dióxido de carbono, gas asfixiante que se produce en las combustiones y en algunas fermentaciones.
Bacteriología	Ciencia que estudia las bacterias.
BIB	Bolsa en la caja (<i>Bag In Box</i>).
Boquilla	Puede ser una pieza hueca que forma parte de ciertos instrumentos musicales de viento.

Carbonatado	Agua que contiene ácido carbónico (en realidad, producto de una carbonación y no de una carbonatación)
CMP	Cantidad de mantenimientos preventivos
Compresor	Máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tales como gases y vapores.
Coyuntural	Que depende de la combinación de elementos y circunstancias que caracterizan una situación.
Disipación	En física, la disipación incluye el concepto de un sistema dinámico en el que importantes modos mecánicos, como las ondas o las oscilaciones, pierden energía con el paso del tiempo, normalmente debido a la acción de la fricción o la turbulencia.
<i>Display</i>	Pantalla digital
Edulcorante	Toda sustancia química capaz de dar sabor dulce a un alimento o una comida.
Eficiencia	Capacidad de lograr ese efecto en cuestión con el mínimo de recursos posibles o en el menor tiempo posible.

Emulsionante	Un emulsionante, emulsificante o emulgente es una sustancia que ayuda en la mezcla de dos sustancias que normalmente son poco miscibles o difíciles de mezclar.
Evaporador	Intercambiador de calor donde se produce la transferencia de energía térmica desde un medio a ser enfriado hacia el fluido refrigerante que circula en el interior del dispositivo.
Fenómeno	Es la manifestación del orden natural o espiritual percibido por el hombre.
Hidráulico	La hidráulica es la rama de la física que estudia el comportamiento de los líquidos en función de sus propiedades específicas.
IA	Industria Alimentaria.
Ingeniería	Es el conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos para la innovación, invención, desarrollo y mejora de técnicas y herramientas para satisfacer las necesidades y resolver los problemas de las personas y así a la sociedad.
ITINTEC	Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas.

Jarabe	Líquido de consistencia viscosa que por lo general contiene soluciones concentradas de azúcares, como la sacarosa, en agua o en otro líquido.
Kit	Conjunto de piezas de un aparato.
LC	Límite central
LCI	Límite de control inferior
LCS	Límite de control superior
LM	Llamadas de emergencia
Logística	Conjunto de los medios y métodos que permiten llevar a cabo la organización de una empresa o de un servicio.
NTP	Notas técnicas de prevención.
Oligoelementos	Son metales o metaloides que están en el cuerpo en dosis infinitesimales pero imprescindibles.
PER	Promedio de llamadas de emergencia
PLER	Promedio de llamadas de emergencia por ruta
<i>Post Mix</i>	Máquina dispensadora de bebidas carbonatadas y no carbonatadas de mezcla posterior de agua y jarabe.
Potable	Se refiere a aquello que está en condiciones de ser bebido sin que se produzcan consecuencias dañinas para la salud.

Rendimiento	Hace referencia a la proporción que surge entre los medios empleados para obtener algo y el resultado que se consigue.
Serpentín	Tubo hueco y enrollado en espiral que sirve para enfriar el fluido que pasa por él.
Yacimiento	Lugar en donde se hallan naturalmente las rocas, minerales, gases o fósiles.

RESUMEN

El Departamento Técnico de mantenimientos a equipos dispensadores de bebidas de la embotelladora cuenta con un sistema para controlar la ejecución de los mantenimientos preventivos que se realizan mensualmente. Dicho sistema logra totalizar únicamente el 60 % de la programación mensual, provocando una disminución de la productividad en la operativa y un aumento de costos por el incremento de mantenimientos correctivos. Esta investigación tiene como objeto el diseño de un sistema de control para los mantenimientos preventivos que pueda garantizar la ejecución total de la programación mensual del departamento, y que refleje un aumento de la relación costo-beneficio obtenidos.

Para conseguir dicho objetivo, se estudió la operación del departamento para identificar la causa raíz del problema. Para ello, se practicaron encuestas a los clientes de la embotelladora, con el fin de conocer su percepción del servicio técnico brindado a los equipos dispensadores de bebidas. Así mismo, la utilización de los registros históricos de operación para contar con datos cuantitativos que permitieran analizar y proponer una solución a la problemática. El resultado que se obtuvo fue el diseño de un sistema que involucra una distribución de rutas de mantenimiento distinta a la original, y que se enfoca en la ejecución total de mantenimientos preventivos programados, sin descuidar las actividades alternas del departamento. Con ello, se logró garantizar la ejecución total de la programación mensual y un aumento de la relación costo-beneficio de la operativa del departamento.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La embotelladora cuenta con un departamento especializado que se encarga de la gestión de equipos dispensadores de bebidas, denominados equipos Post Mix, dentro del perímetro de la república guatemalteca.

Este departamento es responsable básicamente de tres actividades que son: movimiento de equipos o instalaciones/desinstalaciones de equipos; mantenimientos preventivos y mantenimientos correctivos de equipos dispensadores de bebidas y equipos fabricantes de hielo.

El servicio que presta el departamento está dirigido a los clientes de la compañía. La cobertura del departamento es toda Guatemala en donde el área metropolitana es atendida por siete técnicos y cada uno posee una ruta de servicio diferente.

Los equipos post mix son los únicos a los que se les practican mantenimientos preventivos y correctivos, a las máquinas para fabricar hielo únicamente se les practican mantenimientos correctivos. En promedio, cada ruta contiene 22 máquinas de hielo y 97 dispensadores post mix, así mismo, el promedio de movimientos de equipos mensual es 15 y la frecuencia diaria de llamadas para reportar fallos es dos.

Así pues, generalmente, se incurre en horas extras de trabajo durante la semana para cubrir actividades de movimientos de equipos o mantenimientos correctivos. El resultado es que la productividad del departamento técnico de servicios apenas sobrepasa el 60 % lo que provoca un 40 % de incumplimiento

en los mantenimientos preventivos programados mensualmente en el área metropolitana.

Con base en el contexto de operativa del departamento Post Mix y en función de garantizar el cumplimiento de los mantenimientos preventivos programados mensualmente surge la interrogante: ¿Cuál es el sistema de control para los mantenimientos preventivos de equipos para un Departamento Técnico de dispensadores de bebidas?

De donde a su vez, se suscitan las siguientes preguntas relacionadas:

- ¿De qué forma se obtendrá la información para verificar si la programación de mantenimientos preventivos se cumple completamente cada mes?
- ¿Qué herramientas o técnicas se emplearán para analizar la información obtenida?
- ¿De qué manera se garantizará el cumplimiento mensual de mantenimientos preventivos programados?

Para abordar el problema se realizó un trabajo de investigación en el área de operaciones de la embotelladora de bebidas, en el departamento de equipos Post Mix y máquinas de hielo ubicado en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala. El período de ejecución de la investigación fue de junio de 2019 a noviembre de 2020.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de control para los mantenimientos preventivos de equipos para un Departamento Técnico de dispensadores de bebidas.

Específicos

- Diagnosticar la eficiencia de la operación del Departamento Técnico de mantenimientos.
- Diseñar un sistema que garantice el cumplimiento mensual de mantenimientos preventivos programados.
- Proyectar la reducción de costos que resultan de contar con un sistema de control de mantenimientos.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El enfoque de la investigación se considera mixto puesto que involucra actividades de análisis cuantitativo y cualitativo. Ello se debe a que se evaluaron las rutas asignadas a técnicos con cantidades de equipos asignadas a cada uno; y por la práctica de encuestas que recabaron información de la percepción de los clientes de la embotelladora referente al servicio de mantenimientos prestado.

No se realizaron experimentos para realizar el estudio puesto que la información se obtuvo de registros históricos del departamento e información proporcionada por los clientes de este.

La investigación tiene un alcance descriptivo que se enfocó en identificar la causa raíz del problema de incumplimiento de programaciones de mantenimientos para lo cual, se evaluó la metodología utilizada por el departamento para controlar las programaciones correspondientes a cada ruta de mantenimientos.

Las variables utilizadas hacen fueron extraídas de los indicadores del departamento que involucran las llamadas de emergencia para reportar mal funcionamiento de los equipos; cantidad de instalaciones mensuales; cantidad de mantenimientos programados; tiempo de traslados entre puntos de venta; cantidad de equipos en mercado; disponibilidad de recurso humano; y tiempo necesario para mantenimientos mensuales entre otros.

El estudio comprendió cuatro fases que se desarrollaron de la siguiente forma:

- Recopilación de información cualitativa y cuantitativa mediante la utilización de herramientas de ingeniería como encuestas digitales y la obtención de datos proporcionados por el Departamento Técnico.
- Diagnóstico del método empleado por el departamento para controlar y asignar las rutas de mantenimientos. Se evaluó el método empleando herramientas estadísticas, diagrama de causa y efecto y diagrama de Pareto.
- Con la información obtenida se diseñó un sistema que garantice el cumplimiento mensual de mantenimientos preventivos programados. Este sistema incluye un programa detallado de asignación de rutas por técnico tanto para mantenimientos preventivos como para mantenimientos correctivos. En el caso de mantenimientos correctivos de máquinas de hielo, se asignó una ruta especializada como parte de la mejora del sistema.
- La última fase contempla un cálculo del costo-beneficio que compara los costos relacionados al emplear el sistema propuesto respecto a los beneficios obtenidos en contraposición a los costos con los que opera el departamento empleando el método anterior.

INTRODUCCIÓN

Para garantizar el cumplimiento de una programación de mantenimientos, es necesario un sistema que contemple detalladamente los diferentes recursos con los que se dispone. En el caso de programaciones de rutas, los puntos clave para asignar las rutas son los tiempos para desarrollar la programación y la cantidad de puntos a visitar, entre otros. La novedad que incorpora el sistema planteado en este estudio radica en la programación mediante una codificación diaria de actividades de mantenimientos preventivos, tomando en cuenta las posibles actividades, ajenas al mantenimiento preventivo, que puedan surgir durante el transcurso de los días. De esta, forma se cumplen las programaciones de mantenimientos y las actividades alternas, además de ello, el modelo puede generalizarse tanto para mantenimientos preventivos, como para otras operaciones que se asemejen a las variables empleadas en este diseño.

La creación de este sistema de control para un Departamento Técnico de servicio de una compañía embotelladora, se trabaja con una plataforma de programaciones mensuales para las diferentes rutas de servicio que presta la compañía a sus clientes, quienes poseen equipos dispensadores de bebidas tanto carbonatadas como no carbonatadas. Este sistema tiene como objetivo asegurar el cumplimiento efectivo del cien por ciento de servicios preventivos que atiende la compañía a nivel metropolitano con una frecuencia mensual.

La solución que plantea la investigación posee un carácter importante para la empresa, y radica en que la programación con la que trabaja el Departamento Técnico no alcanza el total de mantenimientos preventivos programados cada mes. Este incumplimiento provoca costos innecesarios por el incremento de

mantenimientos correctivos en los equipos dispensadores producto de la falta de servicio preventivo. Por esta razón, los costos por mantenimiento correctivo, repuestos, tiempo y combustible, entre otros, se elevan gradualmente con el transcurrir del tiempo y es por ello, que es imprescindible efectuar una programación efectiva de mantenimientos preventivos. La prioridad es la reducción de costos innecesarios por concepto de mantenimientos correctivos.

La factibilidad de la investigación se sustenta en que la creación del sistema no necesita una inversión considerable. Las técnicas empleadas para la elaboración del sistema de control se derivan de las herramientas de ingeniería para identificar el problema y plantear una solución que se reduce a una reestructuración de la programación que utiliza el departamento. El resultado que se obtiene en primera instancia es el cumplimiento total de la programación diaria de mantenimientos preventivos, y con ello, al final de cada mes completar los mantenimientos preventivos proyectados para el total de clientes que emplean equipos dispensadores, como consecuencia se aumenta la eficiencia y la productividad del departamento.

La solución planteada para el problema es la siguiente: los mantenimientos preventivos diarios son programados en rutas a cargo de un técnico por ruta. Este técnico debe atender únicamente mantenimientos preventivos, según la asignación programada en un día en particular. Por otro lado, existe una ruta de mantenimientos correctivos asignada a una pareja de técnicos que atienden mantenimientos correctivos a lo largo del día. De esta forma, se logra tener un control de los mantenimientos preventivos programados. Los mantenimientos correctivos se atienden conforme se registren llamadas de emergencia que reporten los clientes día con día. El resultado es el cumplimiento total de mantenimientos preventivos programados.

La investigación se compone de cuatro capítulos. En el capítulo uno se describe la industria de bebidas como reseña de marco referencial, que incluye la línea de investigación del trabajo realizado. El capítulo dos aborda el marco teórico referente al tipo de industria estudiada y el enfoque a metodologías de mantenimientos. En el capítulo tres se expone el contenido del desarrollo de la investigación, se evidencia la problemática, el análisis y la propuesta de solución. En el capítulo cuatro se presentan los resultados obtenidos y finalmente, en el capítulo cinco se muestra la discusión de resultados en donde se hace un comparativo del sistema anterior versus el sistema propuesto con enfoque al aumento del análisis costo-beneficio.

1. MARCO REFERENCIAL

Dentro de los antecedentes relacionados con el tema de investigación destinado a diseñar un sistema de control para el departamento de Post Mix que cuente con un programa de servicios que se ocupe de atender todo tipo de mantenimientos de equipos incluyendo instalaciones y desinstalaciones, con lo cual se registre un 100 % mensual del total de mantenimientos preventivos, Moubray (2004) en su estudio afirma que “el mantenimiento correctivo implica reparar ítems ya sea cuando se descubre que están fallando o que fallaron anteriormente” (p.159).

De la misma forma al referirse al mantenimiento preventivo y sus características, Molina (2006) en su investigación menciona:

Básicamente consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina en base a la experiencia y los históricos obtenidos de las mismas. Se confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, donde se realizarán las acciones necesarias, engrasan, cambian correas, desmontaje, limpieza, etc. (p.6)

Se puede observar que el mantenimiento preventivo es una actividad importante para garantizar el funcionamiento correcto de un equipo, por otro lado, la forma correcta de realizar esta actividad es utilizando un plan de mantenimiento que será elaborado basándose en la experiencia y el conocimiento técnico del equipo. Es importante también que el programador de mantenimientos sea una persona que conoce las características técnicas de los equipos y tiene acceso a los registros históricos de funcionamiento de estos. Con esta información la

programación que resulte del empleo de estos datos será confiable y efectiva en su realización.

Sacristán (2001), al comentar respecto a los aportes del mantenimiento preventivo afirma que la logística de apoyo del mantenimiento preventivo sistemático debe estar bien asentada puesto que con ella se aseguran las herramientas y medios necesarios en las diferentes tareas programadas y por ello una planificación de este tipo de mantenimiento siempre es sugerida.

Es importante pues, la correcta gestión de la logística de mantenimiento porque repercute en la efectividad de la programación del mantenimiento. De esta forma se garantiza que las herramientas necesarias para llevar a cabo el programa, así como los medios, existen y se cuenta con ellos para evitar cualquier tipo de retraso en la ejecución.

Por otra parte, Mora (2009) hace referencia a la importancia del mantenimiento en su investigación afirmando que el rol que juega el mantenimiento es el de incrementar la confiabilidad de los sistemas de producción basándose en la administración y la ejecución de los métodos empleados en para conservar los equipos.

No se puede excluir la importancia de la confiabilidad en el desempeño de ejecución de un equipo, tal como lo menciona Mora, y puede ser crítico en la ausencia del mantenimiento preventivo. Existe mucha literatura relacionada a la confiabilidad de un sistema, pero en todos los casos el objetivo es garantizar un rendimiento permisible de los equipos reduciendo la probabilidad de falla. Es evidente que este estado se consigue únicamente con un programa oportuno de mantenimiento enfocado a la prevención de fallas.

De igual forma, comenta García (2010) respecto del mantenimiento preventivo en su investigación “mantenimiento preventivo: es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno” (p.17).

El autor toca un tema importante respecto del mantenimiento con la finalidad de prevenir una falla y consiste en la corrección de los puntos donde un equipo es más susceptible a desgaste provocando un posible fallo o disminución de rendimiento. Estas correcciones deben ser programadas de forma sistemática en donde su efecto debe ser oportuno, es decir, ni adelantarse a la posible falla ni retrasarse a la misma puesto que en ambos casos se incurriría en costos que pueden ser evitados si el mantenimiento se realiza oportunamente.

Finalmente, Terrazas (2011) hace referencia a la programación de actividades en su estudio:

La programación de actividades es aquel proceso subsecuente a la planificación y que tiende a concretar las operaciones, definiendo dónde y cuándo se van a realizar. La programación es un proceso que se convierte en la materialización de la planificación, por tanto, es la herramienta ejecutora de la planificación. (p.2)

Una vez más se evidencia la importancia de la planificación como premisa de la programación. Estos dos aspectos son fundamentales para el aseguramiento de la realización de cualquier actividad dentro de las cuales están incluidas las de mantenimiento preventivo.

2. MARCO TEÓRICO

En esta sección se brinda información referente a la industria alimentaria en general y concretamente a la industria de bebidas y embotelladoras. También se presenta información de los procesos de mantenimientos preventivos y de equipos dispensadores de bebidas.

2.1. Industria alimentaria

La industria alimentaria está conformada por todo proceso productivo de transformación de materia prima, que tiene como finalidad un producto apto para el consumo humano.

2.1.1. Principales características del sector de la industria alimentaria

Cuevas (2008) menciona respecto de la industria alimentaria lo siguiente: La industria alimentaria incorpora algunas particularidades que marcan una diferenciación con respecto de otras industrias que es necesario resaltar. Esta industria pertenece al tipo de industrias llamadas agroindustrias o de tipo agrícola, de procesamiento agrícola o agro procesamiento. Esta industria recibe sus materias primas (MP) de la tierra y los procesa para luego producir subproductos que sirven a otras industrias. En concreto la agroindustria procesa sus materias primas provenientes del campo, bosques inclusive de productos marinos de donde se desprenden variantes muy diversas de este tipo de industria.

El sector agrícola se puede considerar un proveedor bastante importante para la industria alimentaria siendo otro sector productivo de no menor importancia, el área ganadera y agropecuaria de donde se extraen importantes productos que complementan a la industria alimentaria. Por otro lado, la industria química dedicada a la producción de productos para el sector alimentario proporciona materias primas imprescindibles para la producción de alimentos a nivel industrial.

Con estas tres áreas integradas en un sector industrial se conforma lo que se entiende como el área industrial alimentaria la cual se divide en otras áreas importantes y específicas donde se encuentra el sector industrial de bebidas.

En otras palabras, el sector agroindustrial involucra agentes externos y procesos internos que la conforman como tal y por ende está relacionado al sector de la producción, comercialización y finalmente con la producción y consumo de alimentos.

Por su parte Solleiro y del Valle (2003), comentan que otros elementos importantes que se relacionan estrechamente con las políticas económicas en las naciones respecto a la industria alimentaria (IA) se pueden mencionar por ejemplo la tenencia de la tierra, el control de los precios de productos tanto de insumo como consumo, la logística de almacenamientos y de distribución, los programas donde se fomenten las actividades agropecuarias, la protección a los productores nacionales respecto de los internacionales entre otros.

Cabe mencionar que, Guatemala por su producción mayormente agrícola, cuenta con acuerdos internacionales que promueven el comercio nacional e internacional de los productos del agro, así como la protección de los productos originarios de Guatemala con respecto a los producidos en países vecinos

velando por que el consumo de dichos productos dentro de la jurisdicción guatemalteca sea en su mayoría de origen nacional.

Villacres (1974) comenta en su estudio que la producción de alimentos es un proceso industrializado que involucra la presencia de materias primas de diferentes procedencias cuyas características deben ser tomadas en cuenta para la elaboración de un alimento que satisfaga los requerimientos del animal.

Los procesos de transformación en la industria de productos alimenticios son especialmente delicados en donde se deben tomar en cuenta aspectos de inocuidad y seguridad muy particulares en la ejecución de cada tarea del proceso con el objetivo de elaborar un producto confiable y apto para el consumo humano o animal. Basado en ello existen normativas y estándares internacionales que las industrias de alimentos deben de respetar y garantizar su cumplimiento.

2.1.2. Bebidas envasadas

Sánchez (2003) comenta en su obra respecto de los tipos de bebidas envasadas que se pueden encontrar en el mercado haciendo énfasis en las bebidas de diferentes tipos como:

Aguas minerales naturales: este tipo de aguas son las que se obtienen de manantiales naturales o perforados o bien de extractos de yacimientos subterráneos y por tal razón son de carácter bacteriológicamente sano y se distinguen por su amplio contenido mineral, de oligoelementos y otros componentes, pero principalmente por su pureza original.

Aguas de manantial: son las aguas naturales que se originan en yacimientos subterráneos y que emergen de forma natural para su captación, por ello son

potables y sus características naturales tales como la purificación las transforman en aguas apropiadas para el consumo humano mediante la intervención de procedimientos físicos que separen químicamente los elementos inestables.

Aguas preparadas: dichas aguas han pasado por un proceso de tratamiento fisicoquímico autorizado. Son potables preparadas y aptas para el consumo como las de abastecimiento público preparadas las cuales tienen tales procedencias.

Aguas de consumo público envasadas: se refiere a las aguas que han sido envasadas para el consumo público de forma coyuntural.

Las bebidas ofrecidas como producto terminado representan una fuente de productos tan basta y variable que en muchos casos el proceso de producción puede llegar a ser a tal escala, que el costo de producir una unidad de una presentación determinada de una bebida industrializada sea, inclusive, menor al costo de envasar agua potable purificada y distribuida hasta el consumidor final. Es por ello por lo que, dentro de la industria alimentaria, el sector de bebidas representa uno de los productos que presentan muy buen rédito comparado con otros productos no alimentarios.

2.1.3. Bebidas carbonatadas

Hace referencia Anfabra (2006) en su publicación respecto de las bebidas carbonatadas afirmando que las bebidas has sido desde hace más de dos siglos un fenómeno que ha evolucionado y se ha adaptado a la sociedad actual popularizándose como un fenómeno económico y social en todo el globo. En el año 1783 un joven aficionado a la ciencia llamado Jean Jacob Schweppe diseñó

y formuló, basado en las ideas de Priestley y Lavoisier, una bebida carbonatada a escala industrial que incluía quinina a la cual denominó “tónica”.

Según el trabajo realizado por Guevara y Cancino (2015) la tecnología detrás de las bebidas que involucran gas carbónico (CO₂) y con base en la NTP – ITINTEC 2414-001, son un producto consecuencia de la disolución de gas carbónico con edulcorantes nutritivos en conjunto con agua potable tratada, pudiendo ser parte de los ingredientes los antiespumantes, acidulantes, saborizantes naturales y artificiales, emulsionantes y espumantes entre otros compuestos químicos avalados por las autoridades sanitarias pertinentes.

El gas carbónico es el ingrediente especial que caracteriza a una bebida carbonatada, es importante mencionar que las bebidas carbonatadas están compuestas en mayor proporción de gas carbónico por mililitro de producto en relación con el agua plana. Este hecho le aporta a la bebida una sensación de frescura y calmante de sed.

2.1.3.1. Dispensadores de bebidas Post Mix

El manual de usuario del equipo Lean Post Mix según el fabricante CELLI (2016), menciona que los equipos dispensadores post mix son refrigeradores que permiten el suministro de bebidas con o sin gas basándose en una mezcla de agua con jarabe. Este equipo se debe conectar a una red de agua potable y a otra de jarabe, a esta última se le denomina sistema BIB.

Dentro del equipo dispensador el agua y el jarabe se enfrían a través de un circuito de refrigeración y es posible añadirle al agua anhídrido carbónico mediante un proceso llamado carbonatación para producir “soda” o agua gasificada. Los jarabes se encuentran distanciados del equipo dispensador y son

conectados hacia él por medio de un sistema de tubos. Las dos posibles configuraciones de este equipo pueden ser sobre mostrador o bajo mostrador, en este último caso el suministro hacia la máquina es remoto valiéndose de un tubo denominado “pitón”.

El principio de funcionamiento de una máquina post mix consta de dos sistemas básicos, uno sistema refrigerante y un sistema hidráulico. El sistema refrigerante por medio de un evaporador sumergido enfría el agua contenida en el depósito aislado térmicamente.

El intercambiador térmico entre los serpentines y el evaporador es el agua contenida en el depósito aislado.

Al enfriarse el evaporador genera una capa de hielo que se utilizará como reserva de frío en los momentos en que el equipo experimente una alta demanda de suministro de bebida.

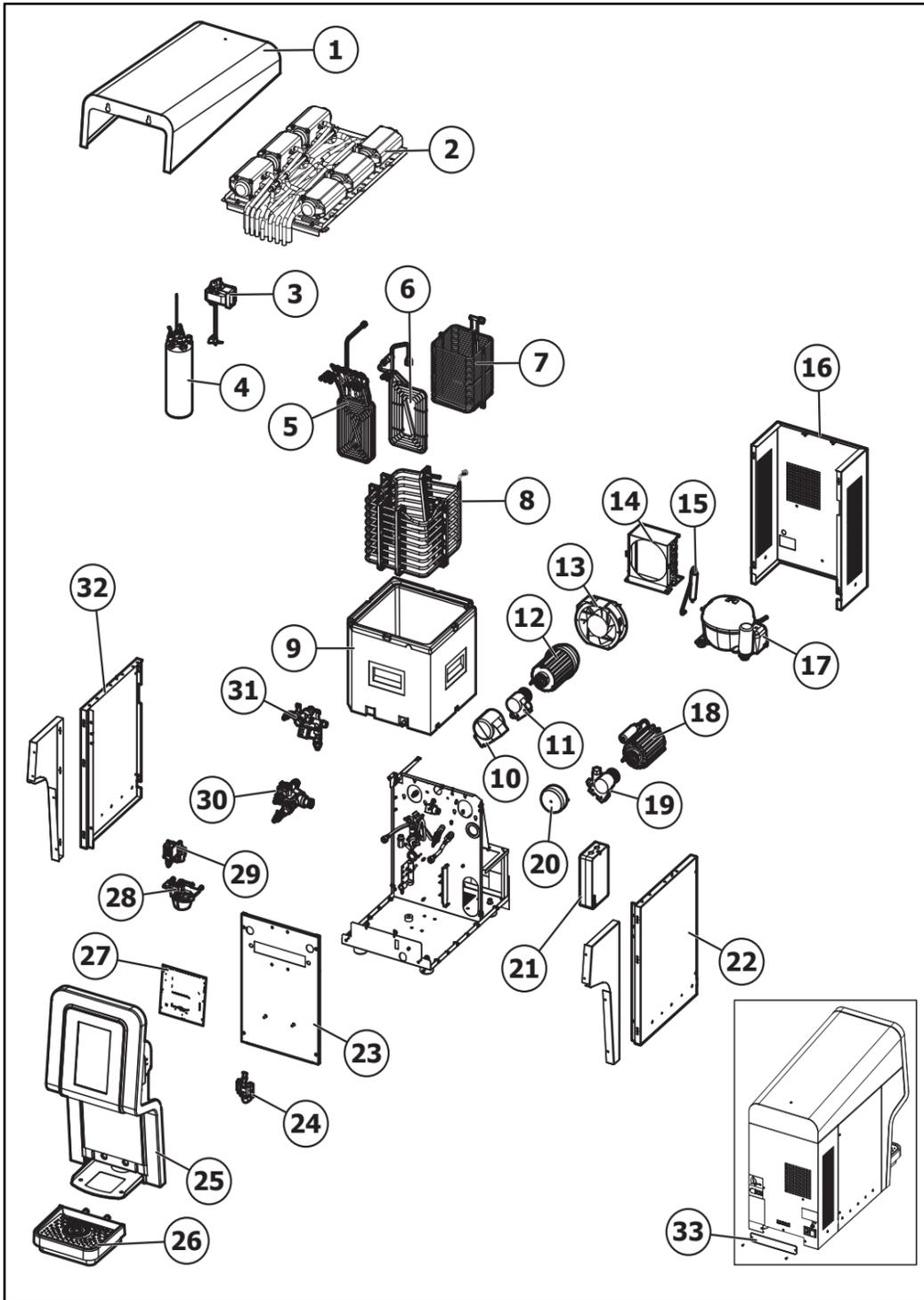
El grosor del banco de hielo o capa de hielo es controlado por un sistema de sensores electrónico que arranca o detiene el compresor según sea necesario.

El agua dentro del depósito se mantiene en constante movimiento gracias a un motor agitador que facilita el intercambio térmico entre el banco de hielo y los serpentines.

Los jarabes y el agua se conducen por serpentines independientes de tal forma que jamás entran en contacto dentro del equipo dispensador. La mezcla entre ambos se lleva a cabo al momento de dispensar la bebida justo en la boquilla dispensadora.

El encargado de disipar el calor contenido en el agua es el condensador, el cual está equipado con un ventilador motorizado que le facilita la disipación del calor.

Figura 1. Componentes principales de un equipo sobre mostrador



Continuación figura 1.

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Tapa superior | 18. Motor bomba carga soda |
| 2. Bombas neumáticas | 19. Bomba carga soda |
| 3. Agitador | 20. Transformador |
| 4. Carbonatador | 21. Centralita |
| 5. Serpentín jarabes | 22. Panel lateral |
| 6. Serpentín recirculación soda | 23. Panel delantero |
| 7. Serpentín soda | 24. Desagüe para vaciado tanque |
| 8. Evaporador | 25. Panel display |
| 9. Tanque aislante | 26. Cubeta de recogida gotas |
| 10. Revestimiento bomba | 27. Tarjeta del circuito impreso |
| 11. Bomba recirculación soda | 28. Boquilla |
| 12. Motor recirculación soda | 29. Válvula jarabe/soda/agua sin gas |
| 13. Motoventilador | 30. Kit reductor de entrada |
| 14. Condensador | 31. Kit agua sin gas |
| 15. Filtro deshidratador | 32. Panel lateral |
| 16. Carcasa lateral/trasera | 33. Portezuela para salida de tubos |
| 17. Compresor | |

Fuente: elaboración propia, empleando *MS FreeHand*.

2.2. Optimización de operaciones y procesos

Pardines (2007) nos explica que la optimización ha adquirido cada vez más importancia en la ingeniería consecuencia de la gran cantidad de problemas que se pueden resolver. En síntesis, el objetivo de la optimización es el encontrar los máximos y mínimos valores que una función puede alcanzar en un espacio de búsqueda concreto. Se pueden considerar optimizaciones globales o locales donde la primera está enfocada al hallazgo de la mejor solución a un determinado problema y un óptimo local está referido a la solución de un problema en un ambiente en particular.

Krajewsky y Ritzman (2000) se refieren a los procesos como un fenómeno que demanda la utilización de recursos de una organización para producir algo que genera valor. No existe producto o servicio que se pueda ofrecer que no dependa de un proceso y tampoco puede existir un proceso que no tenga como

resultado un producto o servicio. Partiendo de esta definición se identifican dos inferencias importantes e interesantes.

Los procesos son los que mantienen a una organización en actividad laboriosa y están presentes en todas las organizaciones y en todas sus funciones. Cada proceso forma parte de otro proceso y a esto se le conoce como cadena de suministro o cadena de valor.

Muñoz (2009) menciona que los procesos deben ser analizados, previo a su implementación, de esta forma se puede tener un control completo del mismo y, por lo tanto, alcanzar su optimización mediante la utilización de herramientas que lo permitan. Para realizar este análisis es importante establecer cuáles son los productos que se manufacturan en el proceso y cuáles son las materias primas e insumos que se deben adquirir a través de proveedores. Como segundo punto es necesario identificar y establecer la tecnología que se empleará para el proceso productivo, así como los diferentes procesos relacionados al mismo; también establecer la estrategia que se utilizará basada en las condiciones de mercado y competidores. Finalmente se debe contemplar la distribución física de la planta, equipamiento y lo referente a la logística de operación interna de la organización.

Como metodología para utilizar, como primera etapa, es un análisis de carácter técnico, la cual se enfoca en brindar información referente al tipo y características del proceso por emplear; la selección de la tecnología implementar y las bondades de esta y el equipamiento que se requiere.

Este análisis debe contemplar la economía del diseño y fundamentarse en la simpleza del diseño en sí, la estandarización, lo flexible del diseño y la capacidad de este. Es importante resaltar que todos los análisis realizados deben

quedar debidamente documentados como soportes del análisis del proceso, esta acción colabora a la correcta implementación del proceso basada en documentación y a la estandarización y actualización, de ser preciso, del proceso en donde se llevarán registros históricos que permitan establecer indicadores de desempeño y comparativos de mejora.

Como lo afirma Figuera (2006) la optimización de un proceso está íntimamente relacionada con el acercamiento de los resultados de la operación hacia la media establecida como valor idóneo, esperado u objetivo del proceso. Esto involucra generalmente dos puntos de vista que son la reducción o minimización de la variación de los valores resultantes del proceso y la aproximación hacia la media.

De esta forma se tiene que un proceso no puede ser óptimo o no puede encontrarse en un proceso de optimización si existe una reducción de la variación de este, pero los valores no tienden a ser la media esperada, es decir, la optimización es una dependencia de la variación con respecto al valor medio esperado.

Para poder comprender un proceso de optimización, es necesario comprender las fuentes que provocan estas variaciones y distanciamientos del valor medio esperado. Por tanto, Figuera propone tres causas principales causantes de estas diferencias en los resultados del proceso. Estas causas son: la existencia de variabilidad en la composición de la materia prima; las variaciones que se generan a consecuencia de la operación misma de los equipos empleados que inciden en sus parámetros adecuados de funcionamiento; y la variación por causas humanas relacionadas a descuidos, agotamiento, falta de habilidad y demás factores humanos que afectan al proceso.

Estas causas de variación se pueden clasificar en dos grupos, diferenciándolos en variaciones asignables y variaciones fortuitas, de estos dos grupos se entiende como variaciones asignables todas las que son originadas por causas que pueden ser controladas y deben serlo, por ejemplo, un ajuste de la máquina, una negligencia humana, una falta o mal mantenimiento, un desgaste de piezas del equipo, entre otros. Y las causas fortuitas son aquellas de las que no se puede prever su ocurrencia como, por ejemplo, un sismo, un incendio o una inundación por mencionar algunos.

Una de las herramientas comúnmente utilizadas para el control de la optimización de los procesos son las cartas de control o gráficos de control que se emplean para medir los resultados obtenidos en los procesos comparándolos con límites de especificaciones tanto superiores como inferiores teniendo como objetivo la media que gráficamente, se ubica entre los límites superiores e inferiores. Un gráfico de control típico se muestra en la siguiente figura.

Figura 2. **Ejemplo de gráfico de control**



Fuente: elaboración propia.

La gráfica muestra tres líneas horizontales en donde la línea superior corresponde al límite de control superior (LCS); la línea del medio corresponde

al límite central (LC) que representa el valor esperado o media del proceso; la línea inferior representa el límite de control inferior (LCI). Entonces la línea con trayectoria irregular representa los valores medios (\bar{X}) de una serie de muestras aleatorias tomadas del proceso como representantes del comportamiento general del proceso.

En el gráfico se muestra una tendencia que se encuentra dentro de los límites superior e inferior, esta tendencia debe de aproximarse lo más cercanamente posible al límite central ya que este es el objeto de la optimización de procesos.

2.3. Mantenimiento

García (2010) define el mantenimiento como un conjunto de técnicas que tienen como fin la conservación de equipamiento o instalaciones en servicio durante la mayor cantidad de tiempo posible enfocado al mayor rendimiento posible con la mayor disponibilidad.

De Bona (1999) sugiere que el mantenimiento puede tener varias perspectivas referentes a quiénes lo prestan. Dentro de esas aristas menciona que el mantenimiento es responsabilidad de personas quienes deben tener presente que éste es un servicio que está en función de otra entidad, por ejemplo, al servicio de la producción en una fábrica. También es responsabilidad del quien presta el mantenimiento el tener conocimiento pleno de los problemas que puedan ocasionarse en el equipo a trabajar para realizar su labor de la forma más eficaz posible. Y por último el costo de un mantenimiento está relacionada a la envergadura del problema que se pretende resolver.

Ciertamente el compromiso y la garantía del mantenimiento es la confiabilidad del funcionamiento del equipo al cual se le brinda un mantenimiento. De esta cuenta el mantenimiento se puede desglosar en cuatro categorías de las cuales se desprende todo un sistema de programación de mantenimientos dentro de los cuales se encuentra una de las metodologías más empleadas en este contexto que es conocida como el Mantenimiento total de la producción (TPM) por sus siglas en inglés.

Como lo refieren Cuatrecasas y Torrell (2010), el TPM fue desarrollado para realizar tareas de mantenimiento, aunque, principalmente es aplicado en procesos de manufactura, se puede obtener información útil para empresas comerciales y de servicio.

Así pues, el objetivo del mantenimiento totalmente productivo es la reducción a cero de las fallas no previstas o mantenimiento correctivo. Este principio aplica para todos los equipos que se consideren críticos para los cuales no es permisible una falla puesto que originarían muchos problemas de producción, en programas de ventas y los costos se incrementarían de forma significativa.

Un factor importante que considerar es que la vida de los equipos se extiende si se realiza un mantenimiento rutinario muy sencillo que consiste en: limpieza, inspección, aprietes y lubricación. Esta rutina garantiza la longevidad de los activos y las actividades de mantenimiento especializadas o más costosas, se necesitarán con menor frecuencia.

A este mantenimiento se le conoce como mantenimiento autónomo, el cual lo realiza la persona que opera el equipo u operario. Por ejemplo, se puede

mencionar el conductor de un vehículo, quien debe realizar este mantenimiento autónomo reducido a cuatro pasos sencillos.

Existen tres tipos de mantenimiento que componen las actividades de mantenimiento en general: mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo. Adicionalmente existe un mantenimiento que consiste en modificaciones o reparaciones que se practican en los equipos que buscan agregarles valor. En ocasiones los equipos no cuentan con dispositivos que los detengan automáticamente cuando ocurre un problema, en este caso el área de mantenimiento puede realizar un mantenimiento para incorporarle al equipo este tipo de dispositivos que le agregan valor a este, volviéndolo más seguro y eficaz cuando ocurre un problema.

Los elementos que involucra el TPM son: la dirección, área de producción, área de mantenimiento, ingeniería, proveedores y al resto de departamentos. La filosofía del TPM es una técnica administrativa de mejora y como estrategia fundamental de mejora.

En este sentido el TPM es una directriz de la dirección general donde conoce los beneficios de la técnica y lo implementan involucrando a los proveedores y las áreas de producción deben comprender que su nuevo rol es de brindar un mantenimiento autónomo la cual, no es responsabilidad del área de mantenimiento. Las áreas de mantenimientos deben cambiar su fisonomía y dejar de actuar como “bomberos”, estar concentradas en actividades de mantenimiento correctivo y enfocarse más en el establecimiento de mantenimientos preventivos y predictivos conforme se requiera, conocer los equipos, estudiar los manuales y conocer todas las disciplinas del mantenimiento. También se requiere el involucramiento de las áreas de ingeniería y del resto de áreas de la empresa como un sistema holístico.

Los equipos tienden a responder al gráfico de “la bañera” como se conoce, en donde al principio un equipo tiene una probabilidad de falla más alta, luego entra a un período de falla aleatoria, en donde es más baja la probabilidad de falla; y luego entra a un período de envejecimiento donde la probabilidad se eleva. Si se quiere reducir la probabilidad de falla desde el inicio hasta el final, se deben realizar las actividades de mantenimiento rutinario, las actividades de mantenimiento preventivo y predictivo, que no solamente reducen la probabilidad de falla, sino que aumentan el tiempo de probabilidad de falla aleatoria, alargando de esta forma la vida de los equipos.

Este comportamiento realmente, no se presenta en la mayoría de los equipos. Si no se realiza un mantenimiento adecuado, la probabilidad de falla es muy alta y sucederá más pronto que tarde.

El origen de las fallas se clasifica en dos tipos: fallas repentinas y fallas crónicas. Las repentinas son aquellas que no se esperan o suceden de forma fortuita; las fallas crónicas son más dañinas que las repentinas. El equipo puede presentar una disminución en su desempeño o en su capacidad de producción, se deterioran sus características. De este modo la tolerancia y la variación en el procesamiento se ven afectados y la calidad del producto baja.

Las causas que originan estas fallas pueden ser: originadas por diseño e instalación inadecuados; por un mantenimiento inadecuado; y por una operación incorrecta. Estos tres tipos de causas es necesario rastrearlos y evidenciar de qué tipo son, ya sea por falta de una operación correcta, un mantenimiento correcto o porque el diseño no es el correcto para la función que va a desempeñar.

El TPM abarca un concepto muy poderoso llamado las seis grandes pérdidas que se relacionan con un indicador de efectividad en la operación de los equipos. Estas pérdidas son:

- Fallas y paros
- Cambios de modelo y ajuste

Estas pérdidas son paros con duración significativos que pueden ser documentados en hora de inicio del paro y hora de fin de paro. Estas dos pérdidas entregan un índice de disponibilidad.

Las siguientes pérdidas que contempla TPM son:

- Pérdidas de velocidad
- Paros menores

Estas dos pérdidas generan un índice de eficiencia del equipo. Por último, se encuentran las dos pérdidas restantes que son:

- Productos defectuosos
- Rendimiento en el arranque

Y estas pérdidas arrojan un índice de calidad.

Para aplicar la metodología TPM es necesario establecer prioridades las cuales se establecen en dos niveles que son: equipo y componente críticos.

Los equipos críticos son aquellos que no tienen sustitutos; tienen cuellos de botella; la calidad de la producción depende de ellos; y aquellos equipos en los

que son frecuentes los actos inseguros o accidentes. El TPM se inicia aplicándose a este tipo de equipos y una vez aplicado es necesario aplicarlo también a sus componentes críticos.

No todos los componentes de un equipo tienen el mismo nivel de importancia. Si se analiza las fallas de los equipos, se evidencia que fallan normalmente en una parte o en otra en particular, no fallan en cualquier parte de forma aleatoria y es en esos componentes críticos en donde se debe empezar a desarrollar el conocido mantenimiento autónomo y realizar los mantenimientos tal y como lo establecen los manuales de los fabricantes.

Las tres actividades fundamentales que se deben buscar a través del TPM son:

- Prevenir el deterioro de los equipos
- Medir el deterioro de los equipos
- Corregir el deterioro de los equipos

Para prevenir el deterioro de los equipos existen dos acciones fundamentales que son: la operación normal o como es debida del equipo y un mantenimiento autónomo.

Para medir el deterioro de los equipos se tienen todas las inspecciones que se realizan y también mediante el mantenimiento predictivo se pueden realizar las inspecciones que midan el deterioro.

Para corregir el deterioro se tienen todas las actividades que se conocen como lo son los ajustes y reparaciones.

El mantenimiento autónomo es la clave del éxito en los esfuerzos de mantenimiento. Este mantenimiento autónomo que realiza el operador del equipo sigue una secuencia claramente determinada por siete pasos:

- Limpieza inicial
- Contramedidas para evitar las fuentes de contaminación
- Estándares de limpieza y lubricación
- Inspección total
- Estándares de mantenimiento autónomo
- Aseguramiento de la calidad en el proceso
- Supervisión autónoma

2.3.1. Mantenimiento preventivo

Según USERS (2016) en su curso técnico afirma respecto del mantenimiento preventivo (MP) que es un plan de carácter predictivo realizado de forma ocasional en el cual se realizan procedimientos en concreto que tienen como finalidad garantizar: un desempeño adecuado de los sistemas, seguridad e integradas del contenido resguardado, la comunicación efectiva con la red de comunicación, un buen funcionamiento de la parte física del equipo y la mayor eficiencia en el funcionamiento del equipo.

El mantenimiento empleado para detectar y erradicar posibles fallos en cualquier tipo de equipamiento es uno de los tipos de mantenimiento más importantes del cual no se debe prescindir. La correcta ejecución de este mantenimiento aporta grandes beneficios a las áreas de mantenimiento en las industrias, dentro de los cuales la garantía de funcionamiento y rendimiento de los equipos es uno de los beneficios más importantes perseguidos por el personal encargado de estas áreas.

Como describe Navarro (2009), el mantenimiento preventivo se basa en una serie de actividades que tienen como objetivo evitar que los equipos fallen en su funcionamiento con antelación al fallo prolongando la vida útil del y evitando la suspensión o paro del equipo a causa del desperfecto.

Este mantenimiento se lleva a cabo cuando el equipo está en funcionamiento, en contraparte al mantenimiento correctivo que necesita que el equipo esté fuera de funcionamiento para ser ejecutado.

Algunos de los métodos más utilizados para determinar un proceso para realizar un mantenimiento preventivo son: basado en especificaciones del fabricante del equipo; legislación que rige en ubicación geográfica del equipo; recomendaciones de expertos en el área; y acciones tomadas en equipos o activos semejantes.

Existen distintos criterios para ejecutar un mantenimiento preventivo, por ejemplo, se puede mencionar el mantenimiento regido por un programa el cual puede estar basado en horas de funcionamiento, kilometrajes, horas, entre otros. También puede ser mediante un mantenimiento predictivo que intenta determinar el momento en donde se deben realizar las reparaciones pertinentes a través de un seguimiento o monitoreo que establezca el período máximo previo a ser reparado.

Otro tipo de criterio es el mantenimiento de oportunidad que consiste en el aprovechamiento de los tiempos muertos o no operativos de los equipos. Este criterio trata de reducir la incidencia de detener un equipo para realizar el mantenimiento.

La correcta planificación de un mantenimiento puede incidir en un mejoramiento de la productividad hasta en un 25 % y una reducción de costes de mantenimiento hasta en un 30 % y eleva la vida útil de los equipos hasta en un 50 %. Tradicionalmente los programas de mantenimiento se fundamentan en una estimación de utilización por un período de tiempo estándar, si los equipos funcionaran por un período mayor de tiempo, estos programas deben modificarse correctamente para el aseguramiento de un adecuado mantenimiento.

La estrategia de incurrir en la reparación después de ocurrida la falla, hoy en día no son funcionales ni rentables puesto que, en la actualidad, la competitividad de los mercados exige la conciencia de que una avería en un equipo es sinónimo de costes elevados de producir, producción ineficiente y una disminución de la calidad además de elevar el costo de la reparación.

En este contexto, básicamente el mantenimiento que incurre en corregir el fallo se puede simplificar con tres ideas globales: lo que se rompe hay que arreglarlo; indagar el porqué de la falla; y gestionar las reparaciones. En esta última idea también se involucra la gestión de herramientas necesarias, los repuestos necesarios, los talleres necesarios, entre otros.

Por ello es importante el plan de mantenimiento preventivo que evite los fallos intolerables para la instalación, porque no todas las averías son intolerables, existen averías que representa un coste mucho menor al esperar que sucedan e intervenir después que tratar de repararla por ahorrar una mínima cantidad en un proceso que puede ser intrascendente. Derivado de este hecho, se incorpora el mantenimiento predictivo que consiste en conocer el estatus de los equipos y saber si son confiables en su operación para comprometer la producción planificada.

Esa predicción se basa en técnicas que se relacionan con el conocimiento pleno del equipo con el afán de establecer una predicción a criterio del comportamiento futuro del equipo.

2.4. Investigación por encuestas

Como lo afirma Font (2016) existen muchos tipos de herramientas que tienen la finalidad de obtener datos mediante la respuesta a preguntas que referencian un fenómeno en particular, sin embargo, no todos estos documentos se pueden catalogar como encuestas, aunque a menudo suele generalizarse el término.

La palabra encuesta, si bien, descende de un término francés que en español se traduce como “averiguación”, en la práctica científica se refiere a la obtención de la información mediante un proceso sistémico que desemboca en un cuestionario de forma estándar que se diseña de tal forma que se practique a una muestra representativa de una población.

Para que una encuesta sea considerada como tal, debe cumplir con ciertos requisitos básicos que la caracterizan. En la actualidad a cualquier práctica que se asemeje al objetivo de una encuesta se le denomina como tal cuando no lo es precisamente.

Un ejemplo típico de una pseudoencuesta es aquella que en donde se pretende obtener información de una muestra que ha tenido contacto con el fenómeno a analizar, y que tiene de alguna forma obtuvieron información y motivación para hacerlo. Típicamente deben elegir su respuesta de entre un conjunto de posibles respuestas.

Otros ejemplos de pseudoencuestas son las que están enfocadas a la venta o comercialización de un producto o servicio que traen como resultado la desconfianza y la falta de credibilidad de las encuestas por parte del público. También se encuentran las encuestas de propaganda que intentan crear expectativas u opiniones dentro de una población.

Las encuestas reúnen ciertas características, entre ellas están que deben ser objetivas, expresar los intereses de las personas, conforman una forma de libre expresión y colaboran al desarrollo de una democracia. Por otro lado, de forma indirecta promueven un estado de libre competencia y animan a las poblaciones a sentirse escuchados.

Regularmente se confunde una encuesta con un sondeo, este último es un cuestionario pequeño que no ha sido preparado ni planificado que no tiene fundamento técnico ni de probabilidad.

Los requisitos que hacen válida una encuesta son:

- Entidad que la realiza
- Origen del financiamiento
- Unidades o dimensional por utilizar
- Tamaño de muestra
- Tema por estudiar
- Preguntas concisas formuladas
- Entidades de donde se indagó
- Ubicación de la población y muestra
- Técnica para el cálculo de la muestra
- Fecha de ejecución de encuestas
- Tolerancia de error

- Resultados estadísticos

2.4.1. Encuestas en línea

Según lo expresa Díaz (2009) el empleo de medios informáticos como servicios de correo electrónico para enviar encuestas o la utilización de servicios de procesadores de texto o de hojas de cálculo en línea, son herramientas que pueden ser de gran ayuda para la recolección de datos, pero, pueden presentar incompatibilidades con las diferentes versiones que utilicen, tanto los encuestadores como los encuestados. También la utilización de plataformas especializadas para estos fines es de gran ayuda y eliminan el problema de la compatibilidad, aunque los diseños y entornos pueden ser básicos y poco amigables.

En la actualidad existen diversas formas de realizar encuestas a través de internet, pueden emplearse servicios diseñados para estos fines de forma gratuita o que requieran el pago de alguna licencia o permiso. En ambos casos las opciones son muy variadas y funcionales, dentro de las bondades que se incluyen estriba la organización automática de la información recopilada y la disposición de esta en formatos diversos e inclusive, el análisis gráfico automático, tal es el caso de los formularios en línea que relacionan una base de datos o una hoja de cálculo que ordena los datos y presenta los resultados en forma de información de fácil asimilación.

En la opinión de Díaz (2011), las virtudes que destacan de la utilización de encuestas a través de internet son variadas, por ejemplo, la enorme agilidad de realizarlas, el reducido costo para implementarlas y la oportunidad de incluir multimedia en la encuesta puesto que son virtuales con respecto a las encuestas

escritas en medios físicos. Sin embargo, existen algunos puntos en contra respecto a esta tecnología, uno de ellos es que el área que se pretende cubrir puede incurrir en errores; también la no presencia del factor aleatorio y una reducción de la proporción de respuestas confiables.

Ciertamente las encuestas digitales ofrecen muchas ventajas y beneficios para el investigador de campo y son relevantes e importantes para considerarlas como recurso en la ejecución de una investigación de campo. En la era de la información la digitalización de datos es una realidad y la tendencia hacia el futuro es que esta modalidad sea de dominio común y no existirá alternativa que sea más eficiente. Ciertamente los medios informáticos presentan muchas ventajas, pero también tienen desventajas con respecto a los medios físicos, y la cobertura que se pretende alcanzar puede ser un impedimento puesto que no existe una digitalización completa a nivel global, aún existen ubicaciones geográficas donde las comunidades no cuentan con medios tecnológicos que les permitan acceder a información circulante en la red informática. Este hecho puede ser perjudicial para el investigador de campo que necesite obtener información de dichas ubicaciones geográficas.

Por otro lado, la aleatoriedad no puede emplearse de forma imparcial a la porción de población en estudio por la misma razón de la carencia de algunas ubicaciones geográficas del acceso a medios tecnológicos. No obstante, las ventajas y beneficios que ofrecen las encuestas virtuales son de mucho valor y proporcionan un recurso que puede tornarse imprescindible para el éxito de una investigación de campo.

2.5. Herramientas para mejoramiento de la calidad

Las herramientas estadísticas que se aplican para el análisis de datos son empleadas en diversas áreas de la investigación y dentro del campo de la mejora continua y procesos de calidad, son empleadas de forma particular de donde se desprenden algunas técnicas o herramientas que son comunes de utilizar en esta temática investigativa.

2.5.1. Diagrama de causa y efecto

Bermúdez, y Camacho, (2010) hacen notar que el diagrama de causa y efecto engloba la relación que existe entre las distintas variables que intervienen en el planteamiento de un problema para generar un concepto holístico del mismo. A diferencia de otras herramientas de análisis que se enfoca en la captura puntual de una posible causa del problema.

El diagrama de causa y efecto también es conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de Ishikawa, en honor a su descubridor. En estudios de ingeniería se aborda con el concepto de las seis emes que intervienen en cualquier proceso productivo o de servicio, éstas seis variables se conocen como: medición, método, medio ambiente, mano de obra, materiales y maquinaria. Cada una de estas puede contener subáreas que van nutriendo el contenido de las posibles causas del problema tanto como la naturaleza de la operación lo exija.

2.5.2. Diagrama de Pareto

Kume (1992) expone que el diagrama de Pareto es una herramienta que facilita la selección de problemas categorizándolos de mayor importancia a menor

importancia basado en un ordenamiento de prioridades. El nombre de la herramienta se deriva del nombre de su descubridor Vilfredo Pareto, economista de origen italiano. Más tarde uno de los gurús de la calidad, Joseph Juran, adoptó este modelo estadístico como herramienta para el análisis de la calidad estableciendo lo que hoy en día se conoce como la “Regla 80/20”. La regla 80/20 afirma que el 20 % de las causas ocasionan el 80 % de los problemas. Por ejemplo, se puede decir que el 20 % de la población mundial tiene en su poder el 80 % de la riqueza disponible. También se puede afirmar que el 20 % de las enfermedades son responsables del 80 % de muertes a nivel mundial en un análisis de morbilidad respecto a la mortalidad de una especie.

El objetivo de un diagrama de Pareto es el análisis de las causas, estudiar los resultados e idear una mejora sostenible.

De forma genérica, un diagrama de Pareto se elabora siguiendo la siguiente secuencia:

- Identificación del problema
- Identificar las causas
- Establecer el período de recolección
- Recabar datos
- Ordenamiento de datos
- Calcular porcentajes
- Calcular porcentajes acumulados
- Elaborar el diagrama

2.6. Planificación de un sistema

Según Serpell (2001) la planificación es un proceso mediante el cual se visualiza una condición futura con características que conlleven a un resultado esperado y favorable mediante un sistema que debe especificar la forma en que se realizará, cómo se realizará y el tiempo en que se realizará.

La caracterización de una planificación depende de varias actividades que necesitan ser solventadas para alcanzar su objetivo como se describe a continuación.

Analizar y definir: esta etapa es la concepción del sistema a planificar, es aquí donde se define la forma en que se realizará el trabajo, sus recursos necesarios y disponibles en cada etapa. Se desglosan las actividades y se analizan como una unidad o porción del proyecto global y de forma genérica se establece la estructura del sistema y sus responsables directos.

Anticipación: esta etapa se enfoca en el pensamiento con base en el riesgo, es decir, anticiparse a una eventualidad o contingencia para abordarla de la forma más efectiva posible y reducir el impacto que pueda ocasionar. Este es uno de los objetivos más importantes de la planificación puesto que la incertidumbre de un proyecto es un factor constante y portadora de riesgos que son necesarios preverlos.

Programación de los recursos: se realiza una asignación de recursos de forma eficiente y óptima que permita la administración de estos en más de un proyecto de ser necesario, y gestionarlos como un conjunto de una organización.

Coordinar y controlar: el contar con una base de datos es fundamental ya que esta se utiliza para la coordinación de los involucrados en el sistema y de esta forma, predecir y controlar los tiempos de las actividades sin descuidar la calidad y el costo estimado en el análisis financiero.

Recopilar datos: los datos siempre son necesarios para guardar registros que pueden ser funcionales en futuras planeaciones de sistemas y proyectos.

La planificación es desarrollada a lo largo de la duración del proyecto como un sistema cíclico que engloba cuatro actividades importantes que son: el planear, el ejecutar, dar seguimiento y el control de la toma de decisiones.

Seguidamente el proyecto se inicia comandada por la planificación. Es natural que el proyecto experimente variaciones respecto a lo planeado producto de las condiciones del entorno que desvíen los planes debido a imprevistos. Y es por ello por lo que es imprescindible contar con un programa de control de lo ejecutado que arroje información del progreso del proyecto con respecto al plan y lo que realmente ocurre. Esta información se utiliza para la toma de decisiones que estarán enfocadas a encaminar la ejecución del proyecto hacia el cumplimiento de los objetivos establecidos. En esta etapa pueden ocurrir los siguientes resultados:

- No accionar en absoluto puesto que el proyecto marcha tal a la planificación.
- Tomar acciones correctivas que reivindiquen el proyecto hacia los objetivos
- Reestructurar la planificación del proyecto puesto que las condiciones supuestas e iniciales del sistema han cambiado imposibilitando la ejecución de este para alcanzar los objetivos.

Cuando se ha alcanzado el cierre del ciclo de la planificación, este vuelve a iniciarse dando como resultado un proceso repetitivo sucesivo que se detendrá hasta el cumplimiento o finalización del proyecto. Es así como la planificación y sus etapas respectivas brindan una poderosa herramienta para la correcta gestión y cumplimiento del proyecto.

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Características del estudio

El estudio posee características específicas que se detallan a continuación.

3.1.1. Enfoque

El enfoque de la investigación es mixto, cualitativo y cuantitativo por las siguientes razones:

- **Cualitativo:** porque se evalúan los criterios de asignación de ruta por técnico.
- **Cuantitativo:** porque se establecen cantidades de equipos por técnico con base a la programación diaria de trabajo.

3.1.2. Diseño

La investigación es de carácter no experimental ya que no se realizaron pruebas experimentales ni de laboratorio porque el estudio no lo amerita. Los datos proporcionados por la empresa se limitaron a registros históricos de la operativa del departamento Post Mix. De igual forma, la información cualitativa se recopiló a través de la opinión objetiva de los clientes que atiende el departamento técnico.

3.1.3. Alcance

El alcance de la investigación es descriptivo, el estudio alcanzó a evidenciar la causa raíz del incumplimiento del total de los mantenimientos preventivos mensuales programados. Para ello, el análisis identificó la naturaleza de la metodología empleada en la programación de los mantenimientos para constatar su efectividad o debilidad para completarlos al cabo de cada mes.

3.1.4. Tipo

La investigación es tipo transversal puesto que está delimitada en el tiempo con un inicio y un final cronológico en específico. El estudio es de tipo descriptivo puesto que la problemática que se investigó entregó información a partir del análisis de las circunstancias que se presentan en dicho fenómeno y para ello se contó con documentación que respaldó las actividades realizadas que forman parte del objeto de estudio.

3.1.5. Variables e indicadores

Las variables pueden ser dependientes o independientes.

3.1.5.1. Variables dependientes

- Llamadas de emergencia: dependen de la falla de los equipos que es impredecible.
- Instalaciones o retiros de equipos: dependen de la programación de los clientes de sus aperturas o cierres de puntos de venta.

- Disponibilidad del cliente para efectuar mantenimientos: la disponibilidad está en función de la cantidad de clientes consumidores que llegan a los puntos de venta.
- Tránsito: el tránsito depende de la hora, día, clima, fenómenos sociales, culturales, políticos entre otros.
- Condiciones de los equipos dispensadores: dependen de la manipulación que se le da a consecuencia del uso del equipo.
- Cantidad de mantenimientos programados diariamente: los mantenimientos diarios dependen del tiempo que toma realizar un mantenimiento y la distancia que se tiene que recorrer entre los diferentes puntos de venta.

3.1.5.2. Variables independientes

- Tiempo asignado para mantenimientos: el tiempo promedio para realizar un mantenimiento preventivo está establecido según el estándar de la compañía embotelladora.
- Distancias entre puntos de venta: las distancias entre puntos de venta son constantes, así como las rutas alternas para comunicarse entre ellas.
- Cantidad de técnicos: la cantidad de personal técnico que atiende las rutas de mantenimientos es constante.

Tabla I. **Variables e indicadores**

Objetivos específicos	Variable	Tipo de variable	Indicador	Técnicas
Diagnosticar la eficiencia de la operación del departamento técnico de mantenimientos.	n = Tamaño de la muestra poblacional de donde se obtendrán los datos a analizar	Dependiente	n = Muestra poblacional Distribución Normal Estándar PLER = LM / 7	Se emplearon diferentes técnicas de investigación, dentro de las cuales se encuentran la observación directa, entrevistas y encuestas. Estas técnicas estuvieron enfocadas a la recopilación de datos que sirvieron para el análisis científico-investigativo haciendo uso de las herramientas estadísticas y de ingeniería como diagrama de causa y efecto y análisis de Pareto.
Diseñar un sistema que garantice el cumplimiento mensual de mantenimientos preventivos programados.	PLER = Promedio de llamadas de emergencia por ruta	Dependiente	MP = MPR / CMP	Estas técnicas estuvieron enfocadas a la recopilación de datos que sirvieron para el análisis científico-investigativo haciendo uso de las herramientas estadísticas y de ingeniería como diagrama de causa y efecto y análisis de Pareto.
	LM = Llamadas mensuales	Independiente	Eficiencia = [(MPR) * horas al mes utilizadas / Costo real mensual] / [(CMP) * horas al mes disponibles / Costo asignado mensual]	
	MP = Eficacia de mantenimientos preventivos realizados al día	Dependiente	Costo-Beneficio = Beneficio / Costos totales	
	CMP = Cantidad de mantenimientos preventivos programados diariamente	Independiente		
Proyectar la reducción de costos que resultan de contar con un sistema de control de mantenimientos.	Eficiencia = Eficiencia de la operación del departamento	Dependiente		
	Costo-Beneficio = Indicador del beneficio obtenido a partir de los costos totales	Dependiente		

Fuente: elaboración propia.

3.1.6. Unidades de análisis

La unidad de análisis de la investigación se realizó en el departamento de Post Mix de la embotelladora guatemalteca, que comprende un área administrativa y un área operativa.

El área operativa se desarrolla en rutas de servicio que se encuentran dentro del perímetro del departamento de Guatemala. Estas rutas involucran un total de 448 puntos de venta y 679 equipos dispensadores.

3.2. Fases de investigación

Para llevar a cabo la investigación fue necesario que se cumplieran las fases siguientes.

3.2.1. Fase 1

Esta fase constituyó la recopilación de datos mediante la utilización de técnicas de investigación y de ingeniería. Se emplearon métodos de encuestas en línea, ver apéndice 1 y 2, y recopilación de información de registros departamento. Estos registros fueron de seis meses de antigüedad que contenían información referente a la cantidad de equipos que se atienden por mes; el total de mantenimientos preventivos a equipos dispensadores realizados al mes; el porcentaje de mantenimientos preventivos totalizados; la cantidad de mantenimientos correctivos realizados mensualmente; el porcentaje de mantenimientos correctivos totalizado; y la cantidad de movimientos de equipos realizados al mes.

3.2.2. Fase 2

Se obtuvo información referente al método de programación mensual de mantenimientos preventivos. La forma en que opera el departamento se basa en una programación mensual que desglosa siete rutas de mantenimientos preventivos con un total de asignación de 97 equipos dispensadores por ruta, que involucran un total de 448 clientes.

3.2.2.1. Técnicas metodológicas

Dentro de las técnicas metodológicas empleadas para la obtención de información figuraban las entrevistas y las encuestas en línea. Sin embargo, las entrevistas no pudieron realizarse debido al estado de calamidad provocado por la pandemia del Covid-19. Esta técnica fue suprimida y solamente se emplearon las encuestas en línea basadas en formularios virtuales. En ellas se obtuvo información descriptiva por parte de los clientes, del nivel de satisfacción y percepción referente a los mantenimientos preventivos de equipos post mix. Es importante mencionar que el método empleado para mantenimientos de equipos post mix está estandarizado por parte de la embotelladora.

Esta información se analizó mediante la utilización de estadística descriptiva y técnicas de análisis de información, donde se puede mencionar los diagramas de causa y efecto, diagrama de Pareto e histogramas como gráficos estadísticos.

3.2.3. Fase 3

Se analizó la información obtenida con el apoyo de herramientas de ingeniería necesarias y mediante una consolidación y ordenamiento de la información recopilada.

Con base en la información recopilada a través de encuestas, ver apéndices 1 y 2, practicadas a los clientes de la embotelladora, y con información documentada de los registros históricos de la operativa del departamento de Post Mix, se recopiló la información cualitativa y cuantitativa necesaria para el análisis.

Para obtener la información para analizar, se realizaron encuestas a una muestra de la población de clientes que ascienden a 658 donde, la fórmula para el cálculo de muestra poblacional de una variable discreta se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * q}$$

Donde:

N = tamaño de la muestra

d = Margen de error (3%)

p = Probabilidad de fracaso (5%)

q = Probabilidad de éxito (95%)

Z = Nivel de confianza ($Z = 95\% = 1.96$)

$$n = \frac{(658) * (1.96)^2 * (0.05) * (0.95)}{(0.03)^2 * (658 - 1) + (1.96)^2 * (0.05) * (0.95)} = 155$$

Con un 95 % de probabilidad de éxito y un 5 % de fracaso; un margen de error del 3 % el total de la muestra es de 155 clientes. Las encuestas se practicaron a 22 clientes de 6 rutas y 23 clientes de una ruta.

Las encuestas se realizaron de forma digital mediante un servicio de formularios virtuales. Por motivos de seguridad sanitaria, por parte de la administración del departamento de Post Mix, se les hicieron llegar las encuestas

a los gerentes de tienda seleccionados según la distribución anteriormente mencionada. El proceso demoró tres semanas en recopilarse el total de encuestas completadas por los clientes, se recopiló la información en una base de datos y se analizó mediante herramientas estadísticas en donde, se obtuvieron los resultados de la percepción del cliente respecto al servicio técnico prestado.

3.2.3.1. Técnicas de análisis de información

Los gráficos estadísticos utilizados fueron los diagramas de barras. Los análisis estadísticos empleados fueron de medidas de tendencia central y de dispersión. El diagrama de pescado o causa y efecto se empleó para la identificación del problema que se debe solucionar. Dicho diagrama contempla seis áreas en las cuales se clasifican el origen de los problemas que se le conoce como las 6 M's que hacen referencia a: material, mano de obra, medida, medio ambiente, maquinaria, método.

El diagrama de Pareto se utilizó para identificar las causas mínimas que originan problemas considerables. A este comparativo se le conoce como el 80/20 que establece que el 80 % de los efectos son consecuencia del 20 % de las causas. Se empleará esta técnica para la identificación de los pocos vitales que originan los muchos triviales del problema.

Con la información de registros históricos de seis meses del departamento, se realizó un gráfico de Pareto basado en los tiempos requeridos para completar las actividades mensuales de mantenimientos preventivos, correctivos y movimientos de equipos para identificar cuáles son las actividades que demandan más tiempo que provocan un desbalance en las programaciones mensuales de rutas de servicios.

3.2.3.2. Análisis de reestructuración de actividades

Con la información del método empleado por el departamento y luego de realizar los análisis cualitativos y cuantitativos, se determinó una reestructuración de las actividades del departamento que contempló una diferenciación de dos tipos de rutas.

La distribución de rutas representó un cambio en la cantidad de equipos por mes por ruta, y la asignación de clientes por ruta lógica ya establecida por el departamento.

3.2.4. Fase 4

Se diseñó un sistema que garantice el cumplimiento mensual de mantenimientos preventivos programados.

Con base en los fundamentos de un sistema de planificación, la información proporcionada por la embotelladora y el análisis de las causas del descontrol en el cumplimiento de mantenimientos preventivos mensuales para el departamento de Post Mix, se diseñó un sistema de control de mantenimientos preventivos en rutas de servicio.

Para la distribución del nuevo sistema de programación de rutas, se optó por crear una codificación que pueda plasmarse en un tablero que puede ser colocado en un lugar visible, o entregado físicamente a cada técnico de ruta para su control personal de actividades. Esta codificación involucra las variables de dos actividades que son: mantenimientos preventivos y movimientos de equipos para las rutas de mantenimientos preventivos. Y para la ruta de mantenimientos

correctivos involucra las variables de: mantenimientos correctivos y movimientos de equipos.

3.2.4.1. Cálculo de la distribución mensual de mantenimientos y movimientos

La distribución de mantenimientos preventivos y movimientos de equipos que se realizan en un mes en particular está determinada por una probabilidad de múltiples combinaciones donde las variables son los mantenimientos, movimientos y día del mes. De esta forma, se consiguió incluir en el diseño del sistema, la combinación de dichas actividades codificadas para asignar la programación de cada día del mes.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Diagnóstico de la eficiencia de la operativa del departamento técnico de Post Mix

Según las encuestas realizadas a los clientes de la empresa, el 36 % respondió que no se le ha realizado mantenimiento preventivo a su equipo dispensador en los últimos dos meses. Por otro lado, el 61 % afirmó que el tiempo promedio de mantenimiento preventivo demora más de 40 min y el 84 % de clientes encuestados consideran que el servicio preventivo de dispensadores de bebidas no es satisfactorio. Ver apéndice 3.

Referente al reporte de fallas en los dispensadores de bebidas el 10 % de los entrevistados respondieron que han reportado fallas al servicio técnico de la empresa; el 54 % de encuestados poseen máquina para fabricar hielo y de estos, el 19 % ha reportado fallas en el funcionamiento de esta. Así mismo, el total de clientes encuestados que poseen máquina para fabricar hielo, opinan que el servicio correctivo en máquinas de hielo es satisfactorio. Ver apéndice 4.

Tabla II. **Históricos de seis meses en la operación del departamento**

Mes	Cantidad de equipos	Total de MP al mes	Porcentaje de MP totalizado	MC realizados	Porcentaje de MC totalizado	Movimientos de equipos
1	679	406	60 %	101	15 %	20
2	676	435	64 %	91	13 %	18
3	678	411	61 %	109	16 %	19
4	684	390	57 %	90	13 %	17
5	683	398	58 %	89	13 %	18
6	683	402	59 %	94	14 %	17

Fuente: elaboración propia.

El porcentaje promedio de mantenimientos preventivos realizados en los seis meses es 60 % con una desviación estándar de 15 equipos y un coeficiente de variación del 3.8 %; de igual manera el porcentaje promedio de mantenimientos correctivos realizados es de 14 % con una desviación estándar de 8 equipos y un coeficiente de variación del 8.1 %. El promedio de movimientos durante el mismo período de tiempo es de 15 equipos al mes. Ver apéndice 5.

Tabla III. **Mantenimientos correctivos a máquinas fabricadoras de hielo**

Mes	Cantidad de MC en máquinas de hielo	Tiempo promedio empleado en MC por máquinas de hielo (minutos)
1	155	110
2	150	118
3	160	125
4	149	115
5	158	130
6	155	119

Fuente: elaboración propia.

El histograma y análisis estadístico de la información documental se muestran en los apéndices 5 y 6 respectivamente. El promedio de mantenimientos correctivos a máquinas de hielo es 154, con una desviación estándar de 4 y un coeficiente de variación del 2.8 %. Con una duración promedio de 120 minutos, según los registros de seis meses de operación del departamento.

La metodología de programación de mantenimientos preventivos del departamento consiste en que cada técnico debe entregar un total de seis clientes diarios. Indiferentemente de la cantidad de equipos dispensadores que pueda tener un cliente en particular, que puede tener de uno hasta cuatro equipos

dispensadores, el técnico debe realizar mantenimientos preventivos a los seis clientes al final de cada día. De igual forma, debe atender mantenimientos correctivos de máquinas de hielo. Dichos mantenimientos no son programados, sino que surgen diariamente según los clientes reporten daños en dichas máquinas. Por otro lado, los movimientos de equipos se ejecutan de igual manera, puesto que no son programados, sino que se atienden conforme al jefe del departamento se lo solicitan. Los movimientos de equipos requieren de seis técnicos para realizarlos y consumen en promedio cuatro horas.

En el apéndice 7, se muestra la cantidad de clientes según la ruta lógica que debe seguir el técnico para completar seis clientes diarios.

La distribución involucra siete técnicos de rutas de mantenimientos preventivos de equipos dispensadores que atienden a un total de 680 equipos en un mes, lo que equivale a un promedio de 97 equipos por técnico. Adicionalmente estos mismos técnicos atienden mantenimientos correctivos de máquinas para fabricar hielo en un promedio de 22 máquinas por técnico al mes, lo que hace un total de 154 máquinas de hielo al mes; y también, cada técnico atiende un promedio de 12 movimientos de equipos por mes.

El cumplimiento del total de mantenimientos preventivos programado en un mes, en promedio, es de 407 equipos. Esto significa que cada técnico realiza 58 mantenimientos mensuales en promedio.

Si la cantidad de mantenimientos preventivos programados diariamente (CMP) es 97 y la cantidad de mantenimientos preventivos realizados por día (MPR) es 58, el indicador de eficacia correspondiente al porcentaje de mantenimientos preventivos realizados (MP) se presenta como el cociente entre

estas variables representadas como un porcentaje. Esta operación arroja una eficacia del 59.8 %.

Si se toma en cuenta que el sueldo de un técnico es de Q.5,000.00 mensuales y el tiempo invertido mensualmente es de 176 horas. El cálculo de la eficiencia del departamento técnico sería:

$$Eficiencia = \frac{\frac{MPR}{5000} * 176}{\frac{CMP}{5000} * 176}$$

$$Eficiencia = \frac{\frac{58}{5000} * 176}{\frac{97}{5000} * 176} = 0.5979$$

La eficiencia del departamento respecto a la programación mensual de mantenimientos preventivos es de 59.8 %.

La siguiente gráfica muestra los resultados de estas actividades durante un mes, relacionando lo programado con lo realizado por técnico.

Figura 3. Eficiencia del Departamento Técnico



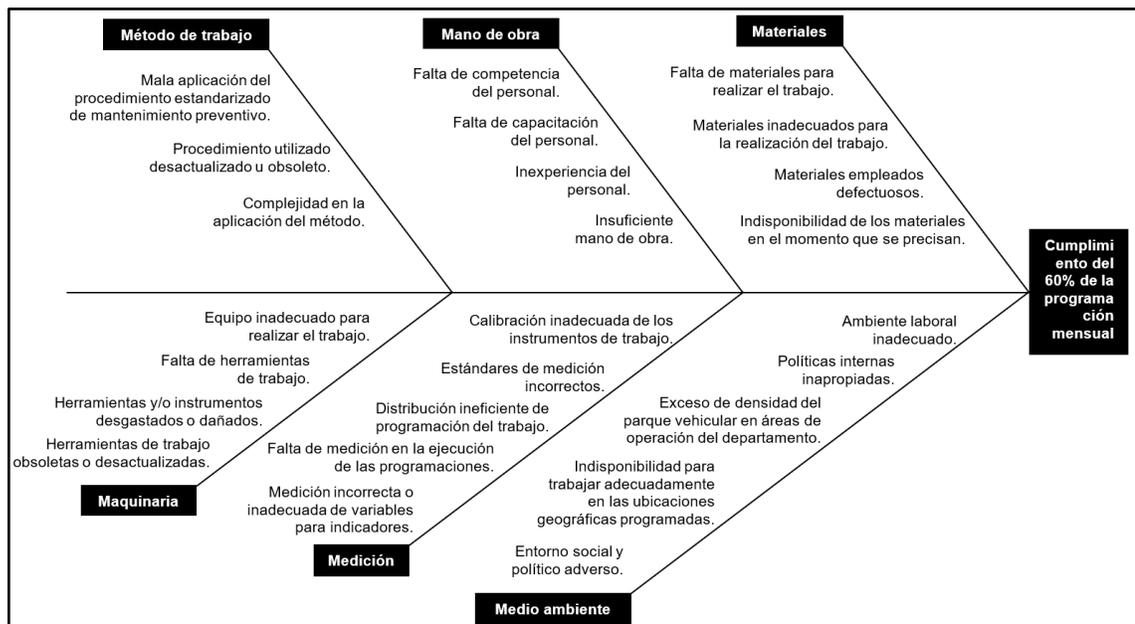
Fuente: elaboración propia.

4.2. Diseño de un sistema que garantiza el cumplimiento mensual de mantenimientos preventivos programados

El análisis de correlación entre las variables de mantenimientos preventivos y correctivos de equipos dispensadores entregó un resultado del coeficiente de correlación (R) de -0.56. Esto indica que la relación entre los mantenimientos correctivos y preventivos es proporcional e inversa. Ver apéndice 8.

A continuación, el diagrama de causa y efecto que determina la causa del incumplimiento de mantenimientos preventivos programados durante el mes.

Figura 4. Diagrama causa y efecto del desempeño del departamento



Fuente: elaboración propia.

Para el desglose del análisis del diagrama de causa y efecto, vea el apéndice 9.

El resultado del análisis de Pareto muestra los tiempos y porcentajes respectivos necesarios para el cumplimiento de cada actividad evaluada por técnico. Ver apéndice 10.

El gráfico de Pareto revela que las actividades que absorben el 89% del tiempo total del departamento son las actividades de traslados de equipos; mantenimientos correctivos de máquinas de hielo; y los mantenimientos preventivos programados. Esto significa que, de las 176 horas disponibles durante el mes, según lo establece el contrato de trabajo del departamento técnico, existen 161 horas que los técnicos emplean para las actividades de traslados de equipos, mantenimientos correctivos y mantenimientos preventivos programados; y 19 horas más para traslados entre puntos de venta. En total son 180 horas al mes que se necesitan para completar las cuatro actividades mencionadas. Ver apéndice 11.

Para completar el total de las actividades se necesitan 180 horas por técnico cada mes. Dentro de la jerarquía de actividades del departamento, los mantenimientos preventivos programados, traslados entre puntos de venta y traslados de equipos representan las principales, respectivamente. Como reseña, a las máquinas fabricadoras de hielo no se les practica mantenimiento preventivo, únicamente mantenimientos correctivos según lo ha trabajado el departamento técnico regularmente.

El indicador CMP, para el diseño de mantenimientos preventivos, es de 136; y la realización de mantenimientos preventivos durante el mes, según la programación, debe ser 136. Así pues, se puede calcular la eficiencia del departamento técnico de la siguiente forma:

$$Eficiencia = \frac{\frac{MPR}{5000} * 176}{\frac{CMP}{5000} * 176}$$

$$Eficiencia = \frac{\frac{136}{5000} * 176}{\frac{136}{5000} * 176} = 1$$

La eficiencia del departamento respecto a la programación mensual de mantenimientos preventivos deberá ser del 100 %.

La siguiente gráfica muestra los resultados esperados de estas actividades durante un mes, relacionando lo programado con lo realizado por técnico en rutas de mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

Figura 5. **Resultados esperados**



Fuente: elaboración propia.

4.3. **Proyección de reducción de costos del sistema para control de mantenimientos**

La adopción del sistema de mantenimientos preventivos programados refleja una disminución de costos de operación en el ámbito de mantenimientos

correctivos de equipos dispensadores. Estos mantenimientos correctivos, generalmente, se realizan durante la visita al cliente para realizar el mantenimiento preventivo, en donde el técnico encargado repara la falla y realiza el mantenimiento correctivo.

La siguiente tabla muestra la relación de costos en que se incurre al realizar mantenimientos correctivos de equipos dispensadores y máquinas de hielo.

Tabla IV. **Costo mensual por mantenimientos correctivos en máquinas de hielo**

Factor	Días	Costo unitario	Costo total
Promedio de repuestos utilizados	20	Q 3 500 , 00	Q 70 000 , 00
MOD	20	Q 700 , 00	Q 14 000 , 00
Equipo y herramienta	20	Q 12 , 25	Q 245 , 00
Combustible	20	Q 175 , 56	Q 3 511 , 20
Depreciación de vehículo	20	Q 280 , 00	Q 5 600 , 00
		Costo total	Q 93 356 , 20

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Costo mensual por mantenimientos correctivos en dispensadores**

Factor	Días	Costo unitario	Costo total
Promedio de repuestos utilizados	20	Q 1 300 , 00	Q 26 000 , 00
MOD	20	Q 131 , 25	Q 2 625 , 00
Equipo y herramienta	20	Q 12 , 25	Q 245 , 00
		Costo total	Q 28 870 , 00

Fuente: elaboración propia.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Eficiencia de la operativa del Departamento Técnico de Post Mix

La información que arrojaron las encuestas referentes al grado de satisfacción de los clientes de la embotelladora que emplean máquinas dispensadoras, refleja que el 90 % de la muestra de la población encuestada opinan que el servicio del departamento debe mejorar. Al comparar este resultado con el 16 % de los encuestados que opinan que el servicio preventivo es satisfactorio, mientras que el 84 % restante opinan lo contrario, se puede inferir que la percepción del cliente con respecto al servicio preventivo de sus equipos es deficiente. Ver apéndice 3.

Según los registros del departamento, el cumplimiento de los servicios preventivos mensuales alcanza el 60 % de la programación de mantenimientos preventivos para equipos dispensadores y el cumplimiento de mantenimientos preventivos de máquinas de hielo es completo para el área metropolitana en ambos casos.

La eficiencia de la operación del departamento, según los datos obtenidos en la investigación y el cálculo de eficiencia con esa información, es del 60 %. Esta información es confiable con el mismo grado de confiabilidad con el que cuenta el Departamento Técnico de Post Mix, a través de la utilización de sus instrumentos y recursos de medición de su operación.

Así mismo, el resultado obtenido en el cálculo matemático para el indicador de eficiencia es confiable puesto que se empleó la metodología de cálculo correspondiente para tal indicador.

El diseño de encuesta puede ser utilizado en otros contextos puesto que la estructura de esta hace referencia al grado de satisfacción del cliente para servicios preventivos prestados. Para este estudio la encuesta menciona, explícitamente, equipos dispensadores y máquinas de hielo, pero para un caso generalizado puede referirse a cualquier equipo u objeto al que se desee conocer la opinión del cliente.

Los datos proporcionados por la empresa pueden ser utilizados para realizar nuevamente el análisis que tendería a concluir en resultados similares o, emplear datos de diferentes registros de operación del departamento que reflejarían resultados muy parecidos a los obtenidos en esta investigación. Esto es porque los datos y el análisis se ajustan a un modelo estandarizado para cada caso, y ese hecho conduce a que sea posible replicar el análisis realizado incluyendo practicarlo en otras organizaciones.

También, los valores obtenidos de los cálculos matemáticos son replicables puesto que están fundamentados en teorías y formulaciones conocidas y aceptadas dentro del marco del análisis científico.

Por tanto, se evidencia que la eficiencia de la operación del departamento de Post Mix, es del 59.8 % para los servicios de mantenimientos preventivos dentro del área metropolitana de Guatemala.

5.2. Diseño de un sistema para control de mantenimientos preventivos

El análisis de diagrama de causa y efecto reflejó que la mano de obra y el tiempo mensual disponible, son insuficientes para completar el total de mantenimientos preventivos programados. Así mismo, el diagrama de Pareto evidenció que el 89 % del tiempo total del departamento se ocupa en mantenimientos preventivos, movimientos de equipos y mantenimientos correctivos de máquinas de hielo.

Respecto a las encuestas realizadas a la muestra de clientes, los resultados de satisfacción del cliente fueron del 16 % para servicios preventivos en dispensadores de bebidas; y un 36 % de respuesta negativa a la recepción de servicio preventivo en los últimos dos meses.

Al realizar un análisis de reestructura de las actividades para cada técnico, se puede contemplar que se realicen únicamente las actividades prioritarias por ruta de mantenimiento, es decir, las rutas de mantenimientos se ocuparán de realizar mantenimientos preventivos y traslados o movimientos de equipos cuando sea necesario. Por otra parte, los mantenimientos correctivos de máquinas de hielo se atenderán con rutas de mantenimientos correctivos de máquinas de hielo. Ver tabla VI.

Tabla VI. **Reestructuración de actividades por técnico**

Actividad	Cantidad promedio al mes	horas necesarias al mes	horas disponibles
Mantenimientos preventivos programados	136	91	91
Traslados de equipos	12	48	48
Traslados entre puntos de venta	108	27	27
Totales	256	166	166

Fuente: elaboración propia.

La configuración no involucra mantenimientos correctivos de máquinas de hielo, y necesita 166 horas al mes por cada técnico para completar únicamente mantenimientos preventivos y movimientos. Ver apéndice 12.

La tabla VII, refleja el total de horas necesarias para cubrir los mantenimientos correctivos para máquinas de hielo donde se contempla el tiempo de traslado hacia el punto de venta y el tiempo que demora el mantenimiento correctivo haciendo un total de 49.5 horas al mes. También se contempla la atención de movimientos de equipos para los cuales se requiere de seis técnicos por traslado de equipo, en donde se incluye a los dos técnicos de rutas de máquinas de hielo que tienen disponible más del 70 % del tiempo efectivo laboral mensual, únicamente con la carga laboral de mantenimientos correctivos de máquinas de hielo.

Tabla VII. **Rutas de mantenimientos correctivos para máquinas de hielo**

Actividad	Cantidad promedio al mes	horas necesarias al mes	horas disponibles
MC a máquinas de hielo	22	44	44
Traslados de equipos	15	60	60
Traslados entre puntos de venta	22	5.5	5.5
MP a máquinas de hielo	301	602	66.5
Totales	360	711.5	176

Fuente: elaboración propia.

Se emplean cinco rutas de mantenimientos preventivos que corresponden a cinco técnicos respectivamente. Las actividades que desarrollan los técnicos de cada ruta son: mantenimientos preventivos a equipos dispensadores; traslados entre puntos de venta; y movimientos de equipos.

Tomando como base la ruta lógica establecida en el departamento, la asignación de rutas se acomoda a una distribución basada en equipos dispensadores y no en clientes. El sistema de control de mantenimientos se establece en ocho equipos diarios a los cuales se les debe practicar mantenimiento preventivo.

En la siguiente tabla se muestra la distribución de las cinco rutas; los clientes asociados a cada ruta; los días de mantenimiento; y los equipos que corresponden a cada día de mantenimiento.

Tabla VIII. Rutas de mantenimientos preventivos

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
A	1	Zona 13, ciudad.	SOBREPONER	1	I
	2	Zona 13, ciudad.	SOBREPONER	2	
	3	Zona 13, ciudad.	AUTOCONTENIDA	3	
	4	Zona 13, ciudad.	SOBREPONER	4	
	5	Zona 13, ciudad.	SOBREPONER	5	
	6	Zona 13, ciudad.	EMPOTRAR	6	
	7	Zona 13, ciudad.	SOBREPONER	7	
	8	Zona 13, ciudad.	EMPOTRAR	8	II
			EMPOTRAR	9	
			EMPOTRAR	10	
	9	Zona 13, ciudad.	TORRE	11	
			TORRE	12	
			TORRE	13	
			TORRE	14	
	10	Zona 13, ciudad.	SOBREPONER	15	
			EMPOTRAR	16	
	11	Zona 13, ciudad.	SOBREPONER	17	
	12	Zona 13, ciudad.	AUTOCONTENIDA	18	
	13	Zona 13, ciudad.	EMPOTRAR	19	
			EMPOTRAR	20	
			EMPOTRAR	21	
	14	Zona 13, ciudad.	AUTOCONTENIDA	22	
	15	Zona 14, ciudad.	EMPOTRAR	23	

Continuación tabla VIII.

	16	Zona 14, ciudad.	SOBREPONER	24	
	17	Zona 14, ciudad.	SOBREPONER	25	IV
	20	Zona 14, ciudad.	SOBREPONER	26	
			SOBREPONER	27	

Fuente: elaboración propia.

Las cinco rutas se designan de la “A” a la “D” y cada una sigue una ruta lógica según la distancia más cercana hacia el siguiente punto de venta, de esta forma se minimiza los traslados lejanos entre puntos de venta. La tabla en el Apéndice 7, muestra la continuación de la tabla VIII, en donde se presenta la cantidad de equipos que posee cada cliente y sus ubicaciones. Los códigos de ruta y equipos se han asignado con numeración cardinal comenzando desde uno. Los días de mantenimiento se han asignado con numeración romana. Para los días sábado, se han empleado los siguientes códigos: S1, S2, S3 y S4 que corresponden al primer sábado hasta el cuarto sábado del mes respectivamente. Ver tabla IX y figura 6.

Tabla IX. **Códigos del sistema de programación**

Descripción	Código
Ruta	A, B, C, D y E
Ruta lógica	1, 2, 3...448
Equipo	Autocontenida, Bargun, Empotrar, Sobreponer y Torre
Código de Equipo	1, 2, 3...679
Día	I, II, III... XV – S1, S2, S4 y S4

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Distribución de mantenimientos en un mes de 31 días**

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
1	2	3	4	5	6	7
I	II	III	IV	V	S1	
8	9	10	11	12	13	14
VI	VII	VIII	IX	X	S2	
15	16	17	18	19	20	21
XI	XII	XIII	XIV	XV	S3	
22	23	24	25	26	27	28
					S4	
29	30	31				

Fuente: elaboración propia.

Con esta configuración estándar de mes, los mantenimientos preventivos programados se concluyen el día 19 del mes, incluyendo cuatro sábados. Si se considera un mes de 31 días, existen ocho días del mes que quedan disponibles para realizar movimientos de equipos. Esto quiere decir que los doce movimientos de equipos promedio que debe atender cada uno de los cinco técnicos de rutas de mantenimiento, se deben realizar en los ocho días restantes del mes. Ver figura 7. De esta forma, quedan dos días disponibles para asignar tareas diversas o para asuetos oficiales.

Figura 7. **Distribución de mantenimientos y movimientos en un mes de 31 días**

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
1	2	3	4	5	6	7
I	II	III	IV	V	S1	
8	9	10	11	12	13	14
VI	VII	VIII	IX	X	S2	
15	16	17	18	19	20	21
XI	XII	XIII	XIV	XV	S3	
22	23	24	25	26	27	28
Movimiento 1 y 2	Movimiento 3 y 4	Movimiento 5 y 6	Movimiento 7 y 8	Movimiento 9 y 10	S4	
29	30	31				
Movimiento 11 y 12						

Fuente: elaboración propia.

La tabla XI, muestra una configuración aleatoria de mantenimientos en un mes, en donde la programación de mantenimientos se cumple indiferentemente de las fechas en que ocurran los movimientos de equipos. Esta es una suposición más probable de distribución de actividades en un mes en particular.

Figura 8. **Configuración aleatoria de mantenimientos en un mes**

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	1 Movimiento 1 / Mitad I	2 II	3 III	4 Movimiento 2 y 3	5 S1	6
7 V	8 VI	9 VII	10 Movimiento 4 / Mitad I	11 IX	12 Movimiento 5	13
14 Movimiento 6 / Mitad X	15 XI	16 XII	17 XIII	18 Movimiento 7 y 8	19 S3	20
21 XV	22 IV	23 VIII	24 Movimiento 9 y 10	25 S2 / Mitad X	26 S4	27
28 XIV	29 Movimiento 11 y 12	30	31			

Fuente: elaboración propia.

Los técnicos asignados a rutas de mantenimientos correctivos para máquinas de hielo tendrán una distribución de actividades de forma similar a los mantenimientos preventivos.

Tabla X. **Códigos para rutas de máquinas de hielo**

Descripción	Código
Ruta	Única
Máquina fabricante de hielo	1, 2, 3, ..., 22

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Distribución en un mes estándar para ruta de máquinas de hielo

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
1 1, 2, 3 y 4	2 5, 6, 7 y 8	3 9, 10, 11 y 12	4 13, 14, 15 y 16	5 17, 18, 19 y 20	6 21 y 22	7
8 Movimiento 1 y 2	9 Movimiento 3 y 4	10 Movimiento 5 y 6	11 Movimiento 7 y 8	12 Movimiento 9 y 10	13 Movimiento 11	14
15 Movimiento 12 y 13	16 Movimiento 14 y 15	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Distribución más probable de ocurrencia de mantenimientos correctivos a máquinas de hielo y movimientos

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	1 Movimiento 1 / 1 y 2	2 3, 4, 5 y 6	3 7, 8, 9 y 10	4 Movimiento 2 y 3	5 11 y 12	6
7 13, 14, 15 y 16	8 17, 18, 19 y 20	9 21 y 22	10 Movimiento 4 / Movimiento 5	11	12 Movimiento 6	13
14 Movimiento 7	15 Movimiento 8	16	17	18 Movimiento 9 y 10	19	20
21	22	23 Movimiento 11	24 Movimiento 12 y 13	25 Movimiento 14	26	27
28	29 Movimiento 15	30	31			

Fuente: elaboración propia.

Según lo establecido en el sistema de programación, los técnicos de ruta de mantenimientos correctivos atienden los 15 movimientos promedio del mes. Estas dos actividades les dejan un saldo de tiempo a favor de aproximadamente 12 días.

5.2.1. Cálculo de la distribución mensual de mantenimientos y movimientos

Considérese la siguiente nomenclatura para designar las tres variables que intervienen la distribución de la programación mensual de rutas de mantenimientos:

M = Código en numeración romana mayúscula de mantenimientos preventivos de equipos dispensadores.

m = Código de numeración romana minúscula de movimientos de equipos.

d_n = Día de la semana con fecha en el subíndice.

n = Variable de numeración consecutiva correspondiente al día del mes.

Las actividades del primer día del mes pueden ser de tres tipos:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento preventivo y movimiento de equipo
- Movimiento de equipo

Es decir, el día n del mes, se puede expresar de la siguiente forma:

$$d_n: aM + bm$$

Sujeto a:

$$0 < n < 30$$

$$\text{si } a = 1; \text{ entonces } b = 0$$

$$\text{si } a = \frac{1}{2}; \text{ entonces } b = 1$$

$$\text{si } a = 0; \text{ entonces } b = 2$$

$$\text{si } d_n \text{ es s\u00e1bado; entonces } d_n = S1 \text{ o } S2 \text{ o } S3 \text{ o } S4 \text{ o } 1m$$

En donde a representa la cantidad de mantenimientos preventivos que se realizaron en un día y puede tomar tres valores. Si es 1 significa que se realizaron los ocho mantenimientos del día; si es $\frac{1}{2}$ significa que se realizaron solamente cuatro mantenimientos en el día; y si es 0 significa que no se realizaron mantenimientos en el día.

Entonces, b representa la cantidad de movimientos que se realizan en un día y puede tomar dos valores. Si es 1 significa que se realizó un movimiento; si es 2 significa que se realizaron dos movimientos; y si es 0 significa que no se realizaron movimientos en el día.

Los días en los cuales no se realizó mantenimientos completos, entiéndase $a = 0$ o $a = \frac{1}{2}$, se calcularían de la siguiente manera:

$$d_p: aM + a_1M_1 + bm$$

Sujeto a:

$$0 < p < 30$$

$$\text{si } a = 1; \text{ entonces } a_1 = 0; \text{ y } b = 0$$

$$\text{si } a = \frac{1}{2}; \text{ entonces } a_1 = \frac{1}{2} \text{ y } b = 0; \text{ o } a_1 = 0 \text{ y } b = 1$$

$$\text{si } a = 0; \text{ entonces } b = 2$$

Donde p representa una variable de numeración consecutiva que corresponde al día del mes inmediato posterior al último mantenimiento realizado, es decir $M = XV$. Entonces, d_p puede existir únicamente si la variable a adoptó los valores 0 o $\frac{1}{2}$; o si bien d_n , siendo fecha sábado, adopto el valor de $1m$.

La variable a_1 representa la cantidad de mantenimientos que se realizarían para completar el tiempo disponible del día. Quiere decir que se tomaría del

siguiente inmediato día de mantenimientos programados que no se realizaron, de esta forma la variable a_1 puede tomar dos valores únicamente, 0 o $\frac{1}{2}$.

La variable M_1 representa entonces el código de numeración romana mayúscula de mantenimientos preventivos de equipos dispensadores posteriores inmediatos a los no realizados que de igual forma no se realizaron.

La siguiente tabla resume los modelos de distribución característicos para el cálculo de la distribución de programación de mantenimientos.

Tabla XI. **Resumen de los modelos de distribución característicos**

Descripción	Expresión matemática	Sujeto a
Actividades de movimientos y/o mantenimientos	$d_n: aM + bm$	$0 < n < 30$ <i>si</i> $a = 1$; <i>entonces</i> $b = 0$ <i>si</i> $a = \frac{1}{2}$; <i>entonces</i> $b = 1$ <i>si</i> $a = 0$; <i>entonces</i> $b = 2$ <i>si</i> d_n es sábado; <i>entonces</i> $d_n = S1$ o $S2$ o $S3$ o $S4$ o $1m$
Mantenimientos no realizados	$d_p: aM + a_1M_1 + bm$	$0 < p < 30$ <i>si</i> $a = 1$; <i>entonces</i> $a_1 = 0$; <i>y</i> $b = 0$ <i>si</i> $a = \frac{1}{2}$; <i>entonces</i> $a_1 = \frac{1}{2}$ <i>y</i> $b = 0$; o $a_1 = 0$ <i>y</i> $b = 1$ <i>si</i> $a = 0$; <i>entonces</i> $b = 2$

M = Código en numeración romana mayúscula de mantenimientos preventivos de equipos dispensadores.
 m = Código de numeración romana minúscula de movimientos de equipos.
 d_n = Día de la semana con fecha en el subíndice.
 n = Variable de numeración consecutiva correspondiente al día del mes.
 a = Cantidad de mantenimientos preventivos realizados en un día.
 b = Cantidad de movimientos realizados en un día.
 p = Variable de numeración consecutiva que corresponde al día del mes inmediato posterior al último mantenimiento realizado.
 a_1 = Cantidad de mantenimientos preventivos a realizar para completar el tiempo disponible del día.
 M_1 = Código de numeración romana mayúscula de mantenimientos preventivos de equipos dispensadores que no se han realizado.

Fuente: elaboración propia.

En el apéndice 12, se muestra un ejemplo de programación para un mes ordinario.

Con esta distribución el indicador del departamento del promedio de llamadas de emergencia por ruta (PLER), con la nueva modalidad cambia a promedio de llamadas de emergencia (PLE) y este nuevo indicador representa la cantidad de llamadas de emergencia correspondientes a mantenimientos correctivos de máquinas de hielo que deben atender los dos técnicos de mantenimientos correctivos.

La distribución de las rutas del sistema propuesto garantiza el cumplimiento de la programación diaria de rutas. Esto es porque a cada día programado se le asigna una ruta, la cual, tendrá únicamente esa actividad por cumplir, por ende, la programación del día se debe cumplir completamente. La base del cumplimiento de la programación del día radica en que el tiempo requerido para realizar el mantenimiento es un estándar de 40 minutos, a esto se le suma un promedio de 15 minutos de traslado entre puntos de venta con lo cual, se tiene un resultado de disponibilidad de tiempo diario para realizar servicio a ocho equipos.

Respecto al movimiento de equipos, esos no se programan, sino que se atienden de forma emergente. Así pues, el sistema contempla que los movimientos de equipos se atenderán en el momento que se precise lo cual, provoca una interrupción de la programación del día, no obstante, la programación del día que no se efectúe se realiza inmediatamente después de completar las quince programaciones del mes. De esta forma se atienden los movimientos de equipos emergentes y las programaciones de mantenimientos por completo durante el mes.

De forma similar, ocurre con los mantenimientos correctivos para máquinas de hielo, en este caso existe una ruta especializada para atender llamadas de emergencia referentes a mantenimientos correctivos de máquinas de hielo. La ruta está integrada por dos técnicos que cubren las 22 emergencias que se producen en promedio al mes. Con esta asignación mensual de ruta de mantenimientos correctivos, los técnicos emplearán cinco días y medio para completar los mantenimientos correctivos del mes y contarán con siete días y medio para atender los quince movimientos de equipos que se generan en promedio al mes. Esta carga laboral para la ruta de máquinas de hielo, deja disponibilidad tiempo de, aproximadamente, once días al mes que se pueden aprovechar para la asignación de otras actividades que se necesiten en el departamento, un ejemplo de ello puede ser la creación de un programa de mantenimientos preventivos para máquinas de hielo con el objetivo de disminuir, y en su momento, erradicar las emergencias de máquinas de hielo derivadas de la inexistencia de programación de mantenimientos preventivos para estos equipos.

Cabe resaltar que tanto las rutas programadas como la ruta de emergencias correctivas, pueden ser rotadas mensualmente entre los técnicos del departamento. De hecho, se sugiere que se roten estas rutas por las razones siguientes:

- Eliminar la comodidad de atender un solo grupo de clientes.
- Aumentar el análisis para la resolución de problemas en diferentes ambientes.
- Reducir la probabilidad de fraude en las actividades por parte tanto de los técnicos como de los clientes.
- Reducir el estrés laboral causado por la reincidencia de actividades en los mismos puntos de venta.

- Cambiar de actividades de mantenimientos preventivos a correctivos como método de apoyo a la experiencia de los colaboradores.

La bondad que posee el sistema de programación de mantenimientos reside en que su cálculo está dado por un modelo matemático, el cual se basa en las restricciones de recursos del departamento, dentro de las cuales las más importantes son el tiempo y el personal. Esta característica le aporta al sistema confiabilidad y garantía de funcionamiento.

Esta distribución se calcula diariamente y existe la posibilidad de contar con un sistema programado completamente para un mes en particular, si existiera la certeza de las fechas en que se lleven a cabo los movimientos de equipos. De esta forma, el sistema de programación sería completo y las actividades de supervisión y monitoreo se reducirían al cumplimiento de la programación como tal.

Otra de las características que aportan ventajas competitivas al sistema, es su versatilidad para replicarse en otras actividades de operación similar. Es decir, si existe alguna operación dentro de la organización que se asemeje en los tiempos y actividades que lleva a cabo el departamento de Post Mix, el sistema de programación de mantenimientos puede aplicarse de forma genérica para controlar dichas actividades y supervisar su cumplimiento. También aplica para la expansión del mismo departamento Post Mix, referente al crecimiento del mercado que traerá consecuentemente una ampliación de rutas y clientes.

En este sentido la incorporación de nuevos puntos de venta y nuevo recurso humano puede ser motivo para implementar un sistema de programación de mantenimientos paralelo, que funcione bajo el mismo esquema y lógica que el presentado en esta investigación.

Otra forma de aprovechar este sistema de programación de rutas, es emplearlo para la creación de rutas de mantenimientos preventivos de máquinas fabricadoras de hielo. Este hecho puede ser beneficioso para la embotelladora puesto que, al crear programas de mantenimientos preventivos se incrementa la vida útil de los activos y se reduce la incidencia de costos por reparaciones entre otros beneficios.

Por lo tanto, el diseño del sistema para controlar los mantenimientos preventivos se ajusta a la necesidad de garantizar el cumplimiento total de los mantenimientos programados mensualmente en el departamento de Post Mix.

5.3. Proyección de reducción de costos resultantes de contar con un sistema de control de mantenimientos

El criterio de realizar mantenimientos correctivos junto con los preventivos conlleva a que el técnico se demore más para realizar el servicio en el punto de venta y emplee más refacciones para solucionar los problemas. Ocurre de forma similar con las máquinas fabricadoras de hielo, donde la incidencia de correcciones, por falta de mantenimiento preventivo, provoca una inversión de recursos para realizar esta tarea.

Según la información contenida en la tabla VII, que muestra el costo mensual por mantenimientos correctivos en dispensadores que asciende a la cantidad de Q. 28,870.00, se puede verificar que el costo de realizar mantenimientos correctivos en equipos dispensadores es significativo, tomando en cuenta que la incidencia de reparaciones por fallos en los equipos dispensadores no se toma como un indicador del departamento de Post Mix. La razón es que la política interna del departamento es realizar mantenimientos

preventivos junto con los mantenimientos correctivos que se produzcan durante el mes.

Esta estrategia del departamento surgió de la necesidad de incrementar los mantenimientos preventivos y reducir los mantenimientos correctivos del mes, sin embargo, el objetivo no se cumplió en su totalidad puesto que si bien, los mantenimientos correctivos no se registran, los mantenimientos preventivos no se cumplen completamente con respecto a la programación. Otro daño colateral de la estrategia es el costo de los mantenimientos correctivos.

En el caso de los mantenimientos correctivos de los equipos fabricantes de hielo, la situación es diferente puesto que la política del departamento es no realizar mantenimientos preventivos sino únicamente correctivos.

Con la programación que trabaja el departamento técnico, existen 3.9 horas al mes que necesita cada técnico para cumplir con sus actividades. Esto quiere decir, que si el departamento invierte en cubrir esas 3.9 horas en concepto de hora extraordinaria de trabajo, significa que necesita pagar 27.3 horas extras al mes, que representa el total de horas extras por los siete técnicos del departamento. Por otra parte, existe un turno de fin de semana que atiende mantenimientos correctivos y preventivos, según se produzcan durante el turno, en el cual se asignan a dos técnicos. Este turno involucra mediodía del sábado y el día completo del domingo.

Si se considera el sueldo mensual promedio de un técnico del departamento (Q. 5,000.00), se puede estimar que el costo de cada hora extraordinaria simple es de Q.42.61; y el de la hora extraordinaria doble es de Q.56.82. El costo de cubrir el tiempo necesario para completar las actividades diarias es entonces Q.1,163.35 mensuales; y el costo por cubrir cuatro turnos de fin de semana que

involucran a dos técnicos es de Q.5,454.72, lo cual totaliza Q.6,618.07 mensuales en concepto de horas extraordinarias.

A continuación, se muestra un resumen de los costos que representan los mantenimientos correctivos en equipos dispensadores y pago de horas extras.

Tabla XII. **Costos de mantenimientos correctivos y horas extraordinarias mensuales**

Factor	Costo
M. C. de dispensadores de bebidas	Q 28,870.00
Pago mensual de horas extraordinarias	Q 6,618.07
Costo total	Q 35,488.07

Fuente: elaboración propia.

Una alternativa para evitar el pago de horas extraordinarias sería la contratación de dos técnicos adicionales que cubran los turnos de fin de semana, con un presupuesto de Q.3,300.00 mensuales por técnico. Sin embargo, el optar por esta alternativa involucra costos adicionales por concepto de prestaciones laborales que quedaría a criterio de la empresa su consideración.

A continuación, se muestra un análisis de costo-beneficio de la operativa del departamento Post Mix sin la utilización del sistema de control programado:

Tabla XIII. Costo y beneficio mensual del departamento Post Mix

Costos		Beneficios	
Factor	Costo	Factor	Beneficio
Promedio de repuestos utilizados	Q 26 000 , 00	Venta de bolsa de jarabe	Q 1 000 000 , 00
MOD	Q 2 625 , 00		
Equipo y herramienta	Q 245 , 00		
Combustible	Q 2 926 , 00		
Combustible fin de semana	Q 585 , 20		
Depreciación de vehículo	Q 4 666 , 67		
Depreciación de vehículo fin de semana	Q 933 , 33		
Total	Q 37 981 , 20	Total	Q 1 000 000 , 00

Fuente: elaboración propia, empleando valores de costos proporcionados por la empresa y valores de beneficios supuestos.

$$\text{Costo - Beneficio} = \frac{1,000,000}{37,981.20} = 26.33$$

Sin la implementación del sistema para controlar los mantenimientos preventivos el análisis de costo-beneficio entrega un resultado de 26.33.

Si el Departamento de Servicios Técnicos implementara el sistema de programación de mantenimientos preventivos, se puede suponer que reduciría en un 30 % sus costos operativos al cabo del primer año. Dentro de esta reducción de costos figuraría la eliminación del turno de fin de semana puesto que un programa de mantenimientos preventivos reduce o elimina la incidencia de mantenimientos correctivos.

A continuación, se muestra un análisis de costo-beneficio de la operativa del departamento Post Mix si se implementara el sistema de control programado al finalizar el primer año de su utilización:

Tabla XIV. **Costo y beneficio mensual del departamento Post Mix con un sistema de control programado**

Costos		Beneficios	
Factor	Costo	Factor	Beneficio
Promedio de repuestos utilizados	Q 20,000.00	Venta de bolsa de jarabe	Q 1,000,000.00
MOD	Q 2,625.00		
Equipo y herramienta	Q 188.46		
Combustible	Q 2,250.00		
Depreciación de vehículo	Q 4,666.67		
Total	Q 29,730.13	Total	Q 1,000,000.00

Fuente: elaboración propia, empleando valores de costos proporcionados por la empresa y valores de beneficios supuestos.

$$\text{Costo - Beneficio} = \frac{1,000,000}{29730.13} = 33.64$$

Con la implementación del sistema para controlar los mantenimientos preventivos el análisis de costo-beneficio entrega un resultado de 33.64.

De esta forma, se evidencia que el sistema de control de mantenimientos preventivos programados para el departamento de Post Mix, aporta un beneficio económico reduciendo los costos de operación y aumentando la relación costo-beneficio en un 27.7 %, estimando su utilización en un período de un año. Adicionalmente eleva la productividad del departamento y mejora la satisfacción del cliente.

CONCLUSIONES

1. El sistema de control para los mantenimientos preventivos de equipos dispensadores de bebidas fue diseñado y evaluado de forma lógica, organizada y adecuada. Su fundamento lógico le confiere un carácter preciso en el control de las actividades de mantenimiento preventivo, que, a su vez economiza los recursos del departamento técnico y disminuye los costos de operación.
2. Los análisis de datos cualitativos y cuantitativos dan evidencia que la eficiencia de la operación del departamento Post Mix de la compañía embotelladora en Guatemala, es del 59.8 % para los servicios de mantenimientos preventivos para equipos dispensadores de bebidas dentro del perímetro del área metropolitana.
3. El diseño de un sistema para controlar los mantenimientos preventivos de equipos dispensadores cumple con la necesidad de garantizar la ejecución total de los mantenimientos programados mensualmente en el área metropolitana, a cargo del departamento Post Mix de la compañía embotelladora en Guatemala.
4. El cálculo de costos evidencia que el sistema de control de mantenimientos preventivos programados para el departamento Post Mix, aporta un beneficio económico que reduce los costos de operación y aumenta la relación costo-beneficio en un 27.7 %, estimando su utilización en un período de un año. Adicionalmente a ello, eleva la productividad del departamento y mejora la satisfacción del cliente.

RECOMENDACIONES

1. A la compañía embotelladora, realizar un análisis de utilización y aprovechamiento de recursos para aumentar la productividad de los sistemas. Particularmente se puede citar la estrategia de incorporar mantenimientos preventivos después de realizar correctivos, con la finalidad de aumentar el índice de mantenimientos preventivos comprometiendo otros recursos que aumentan los costos.
2. Al Departamento Post Mix de la empresa embotelladora de Guatemala, aprovechar la holgura de tiempo con la que cuenta la ruta de mantenimientos correctivos de máquinas de hielo, para crear una ruta de mantenimientos preventivos para máquinas de hielo. Esta ruta puede estar basada en el sistema de control para mantenimientos preventivos de equipos dispensadores.
3. A futuros estudiantes de la maestría en Gestión Industrial, continuar con la línea de investigación basada en la propuesta de programación de mantenimientos preventivos para equipos fabricantes de hielo u otro tipo de equipos, contemplando sus frecuencias de mantenimientos, tiempos de ejecución del mantenimiento y recursos necesarios para llevarlo a cabo.

REFERENCIAS

1. Bermúdez, E. R., y Camacho, J. D. (2010). *El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos*. Ciudad de México, México: CEE.
2. Cuatrecasas, L. y Torrell, F. (2010), *TPM en un entorno Lean Management: Estrategia competitiva*. Barcelona, España: Profit. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=n5qUDVbPA6wC&pg=PA47&dq=tpm&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwie1urqrd_rAhVL11kKHay1DSkQ6AEwA3oECAQQAg#v=onepage&q=tpm&f=false
3. Cuevas, R. (2008). *Ingeniería de alimentos, calidad y competitividad en sistemas de la pequeña industria alimentaria*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=Zhv-qPHLKg8C&printsec=frontcover&dq=que+es+industria+alimentaria&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiXqtifnP7kAhUEnFkKHxrTD9QQ6AEIPDAD#v=onepage&q=que%20es%20industria%20alimentaria&f=false>
4. De Bona, J. (1999). *Gestión del mantenimiento: guía para el responsable de la conservación de locales e instalaciones: criterios para la subcontratación*. Madrid, España: FC. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=3OvqHD02nY8C&printsec=frontcover&dq=mantenimiento&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiM1u72qd_rAhUKIFkKHfNcBtwQ6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q=mantenimiento&f=false

5. Díaz, B., Morales, R., Barra, D., y Morales, W. (2009). *Diseño de Encuestas en Línea y Medición de Audiencia, Un Maridaje Natural*. Temuco, Chile: EIG.
6. Díaz, V. (2011). Ventajas e inconvenientes de la encuesta por Internet. *Papers: Revista de sociología*, 97(1), 193-2. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/Papers/article/view/248512>
7. Figuera, P. (2007). *Optimización de productos y procesos industriales*. Barcelona, España: Gestión 2000. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=eUiWHFoOxYAC&printsec=frontcover&dq=optimizacion+de+procesos&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjLy-_24N3rAhWNq1kKHaa-CLMQ6AEwAnoECAAQAg#v=onepage&q&f=false
8. Font, J. (2016). *Las encuestas de opinión*. Madrid, España: Catarata. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/rafaellandivar/41846?page=16>
9. García, S. (2010). *La contratación del mantenimiento industrial*. Madrid, España: Diaz de santos. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=uHwbkryXvWAC&printsec=frontcover&dq=mantenimiento&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwioiNfc1f7kAhWBzVkkHdxVD1MQ6AEIKTAA#v=onepage&q=mantenimiento&f=false>
10. Garrido, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid, España: Diaz de santos. Recuperado de <http://dct.digitalcontent.com.co/sview/default.aspx>

11. Giovanni, S. (2016). *Manual de uso y mantenimiento Lean Post Mix*. Rimini, Italia: Celli. Recuperado de <https://www.manualslib.es/manual/325119/Celli-Lean-Post-Mix-Sobre.html>

12. Guevara, A. y Cancino, K. (2015). *Bebidas carbonatadas*. Lima, Perú: UNALM. Recuperado de <http://www.lamolina.edu.pe/postgrado/pmdas/cursos/dpactl/lecturas/SeparataBebidas%20carbonatadas.pdf>

13. Krajewsky, L. y Ritzman, L. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. Londres, Reino Unido: Perason Educación. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=B6LAqCoPSeoC&pg=PA89&dq=operaciones+y+procesos&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjz4LHD4_7kAhXCt1kKHQnHBJMQ6AEIKTAA#v=onepage&q=operaciones%20y%20procesos&f=false

14. Kume, H. (1992). *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Bogotá; Colombia: Norma. Recuperado de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=x4PnjSZYzMEC&oi=fnd&pg=PP13&dq=herramientas+de+mejoramiento&ots=osSzxgpA9&sig=8obQlbsMXawKKyfO73yRdZTgnsl#v=onepage&q=herramientas%20de%20mejoramiento&f=false>

15. Menéndez, A. (2006). *Libro blanco de las bebidas refrescantes*. Madrid, España: ANFABRA. Recuperado de https://www.refrescantes.es/wp-content/uploads/2013/11/Libro_Blanco_Bebidas_Refrescantes_ANFABRA.pdf

16. Molina, J. (2006). *Mantenimiento y seguridad industrial*. La Rioja, España: Ingeniería municipal. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/85257484/Mantenimiento-y-Seguridad-Industrial>
17. Mora Gutierrez, A. (2009). *MANTENIMIENTO-Planeación, ejecución y control*. Distrito Federal, México: Alfaomega. Recuperado de <https://elvisjgblog.files.wordpress.com/2019/11/mantenimiento-planeacic3b3n-ejecucic3b3n-y-control-alberto-mora-gutic3a9rrez.pdf>
18. Moubray, J. (2004). *Mantenimiento centrado en confiabilidad*. Londres, Gran Bretaña: Aladon. Recuperado de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35711506/MANTENIMIENTO_CENTRADO_EN-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1644038188&Signature=M6~583QwWXuj7-04nHXLr1KJvCoTyB1Trnv1UyMd1QxGnRmFVf~VAqCgkTgRc-HixBrIX9Qr4GG~pjvrFTgYqf0gzMnDImAGDY~8kIXMuQrhsiQT~5Pv v6WCYDFV05CK3xDVztHToEto958-XAKos-YbhC100LCDJS-9-j0b76z6gSnp11CzskMVZc5FPcHlBYheCirjCj9UNWYohdNDiRk7No uwXBS9RDhfpei8CztBTUFUKOFL1iJTFdZX~3uzkVEXbnU-Kml3ZwM2bZQD~Wi0oSUKKcbLmEvy1RAf5kqwQJHjxvzhGygUCp~gxuXksJuvRKG87counEn3NcoA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
19. Muñoz, D. (2009). *Administración de operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios*. Toluca, México: Cengage Learning. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=edZx_26yf64C&printsec=frontcover&dq=operaciones+y+procesos&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjspe

rZod_rAhXPjFkKHfcBA0AQ6AEwBHoECAEQAg#v=onepage&q=operaciones%20y%20procesos&f=false

20. Navarro, L. (2009). *Gestión integral de mantenimiento*. Barcelona, España: Marcombo.
21. Pardines, I. (2007). *Técnicas paralelas aplicadas a optimización no lineal en sistemas de memoria distribuida*. Galicia, España: USC. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=cSHQJuonXnUC&pg=PA5&dq=optimizacion&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjaxuHt4P7kAhUQ11kKHSp9AX8Q6AEILTAB#v=onepage&q=optimizacion&f=false>
22. Sacristán, F. (2001). *Manual del mantenimiento integral en la empresa*. Madrid, España: FC. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=zyYz3HkcdXoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
23. Sánchez, T. (2003). *Procesos de elaboración de alimentos y bebidas*. Córdoba, Colombia: UNICORDOBA. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=PxrIhy9UbZkC&pg=PA79&dq=bebidas&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiokLbtsf7kAhVEpFkKHfvKAm0Q6AEIYjAH#v=onepage&q=bebidas&f=false>
24. Serpell, A., y Alarcón, L. F. (2001). *Planificación y control de proyectos*. Santiago de Chile, Chile: UC. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=->

e1TDwAAQBAJ&printsec=copyright&hl=es&redir_esc=y#v=onepage
&q&f=false

25. Solleiro, J. y del Valle, M. (2003). *Estrategias competitivas de la industria alimentaria*, Madrid, España: Plaza y Valdés. Recuperado de <https://books.google.com.gt/books?id=Ti1GM1ZhIAkC&printsec=frontcover&dq=que+es+industria+alimentaria&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiXqtifnP7kAhUEnFkKHXRtD9QQ6AEIWzAH#v=onepage&q=que%20es%20industria%20alimentaria&f=false>
26. Terrazas Pastor, R. (2011). Planificación y programación de operaciones. *Revista Perspectivas*, 1(28), 7-32. Recuperado de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1994-37332011000200002
27. USERS, (2016). Mantenimiento preventivo y salida laboral. *Revista Servicio Técnico*, 1(24), 1. Recuperado de https://books.google.com.gt/books?id=vmBNDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=mantenimiento+preventivo&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiA4a-orf_kAhWRq1kKH8-B1EQ6AEIJjAA#v=onepage&q=mantenimiento%20preventivo&f=false
28. Villacres, F. (1974). *La industria de alimentos balanceados en Ecuador*. Ecuador, Ecuador: UCE.

APÉNDICES

Apéndice 1. Encuesta de servicios preventivos Post Mix



Encuesta de Servicios Preventivos Post Mix

Responda las siguientes preguntas según su criterio

1. ¿Su equipo dispensador de bebidas ha recibido servicio preventivo en los últimos dos meses?
2. ¿Alguna vez el técnico de ruta le ha realizado servicio preventivo a su equipo dispensador? (si su respuesta es negativa pasar a la pregunta 6)
3. ¿Ha presenciado algún servicio preventivo realizado a su equipo dispensador de bebidas? (si su respuesta es negativa pasar a la pregunta 6)
4. ¿El tiempo que demora el servicio preventivo es mayor a 40 minutos?
5. ¿El servicio preventivo del equipo dispensador de bebidas es satisfactorio?
6. ¿Considera que el servicio técnico del equipo dispensador debe mejorar?

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Encuesta de servicios correctivos Post Mix



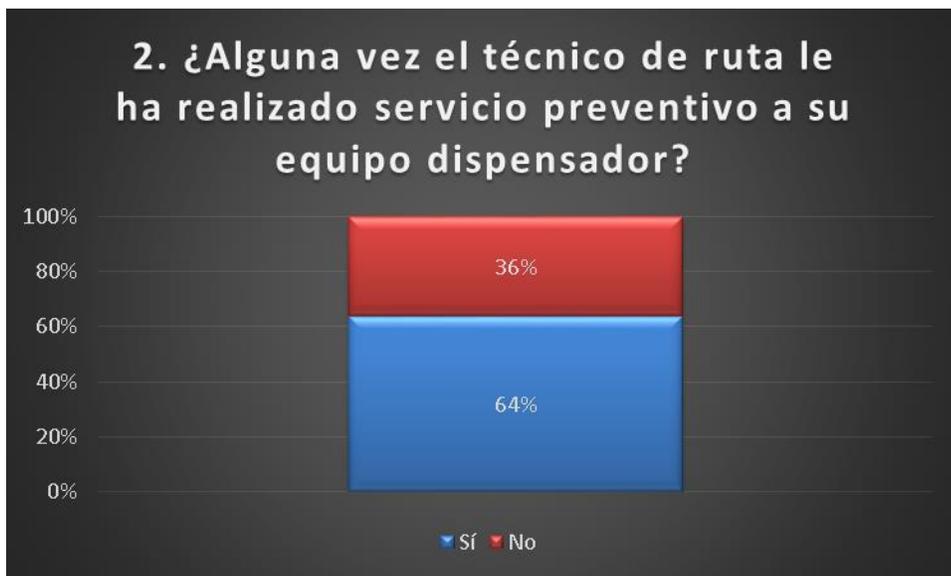
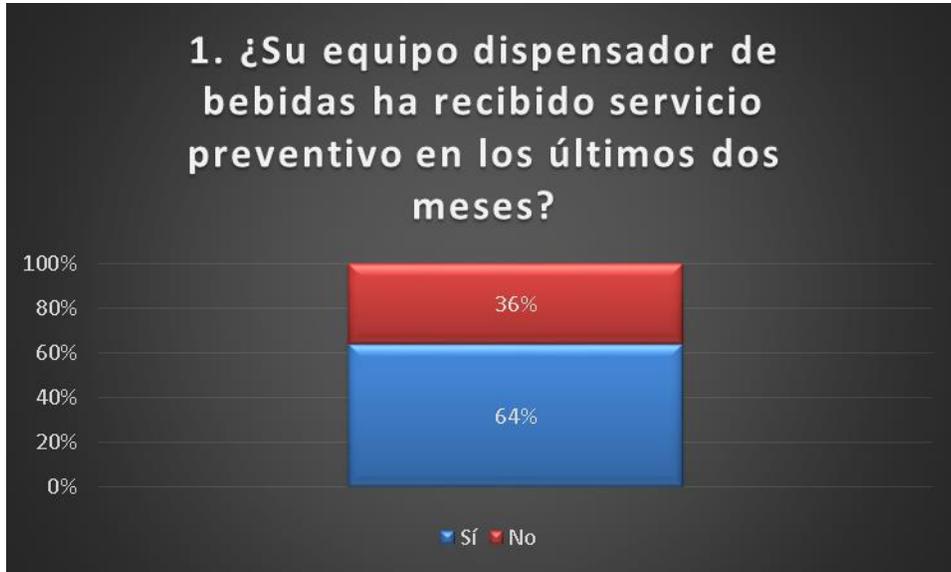
Encuesta de Servicios Correctivos Post Mix

Responda las siguientes preguntas según su criterio

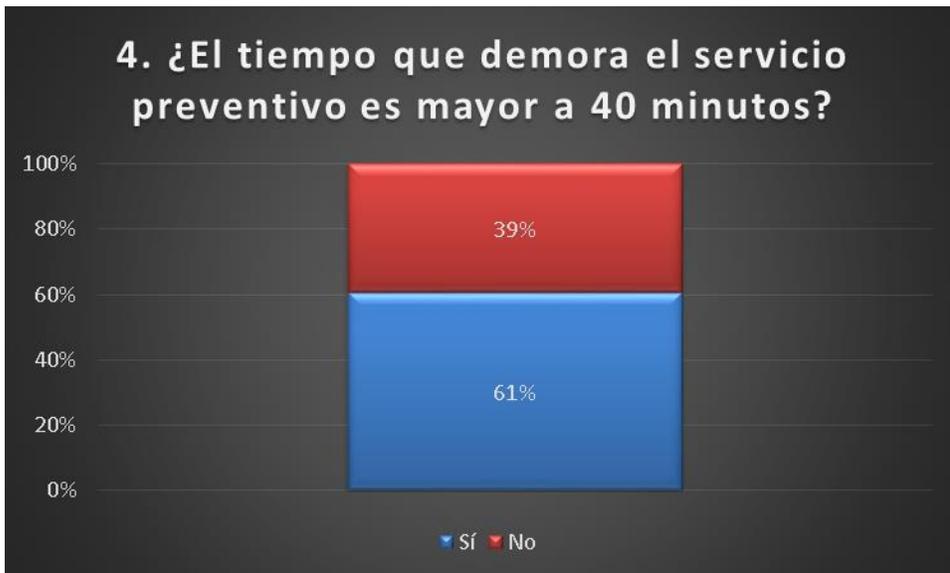
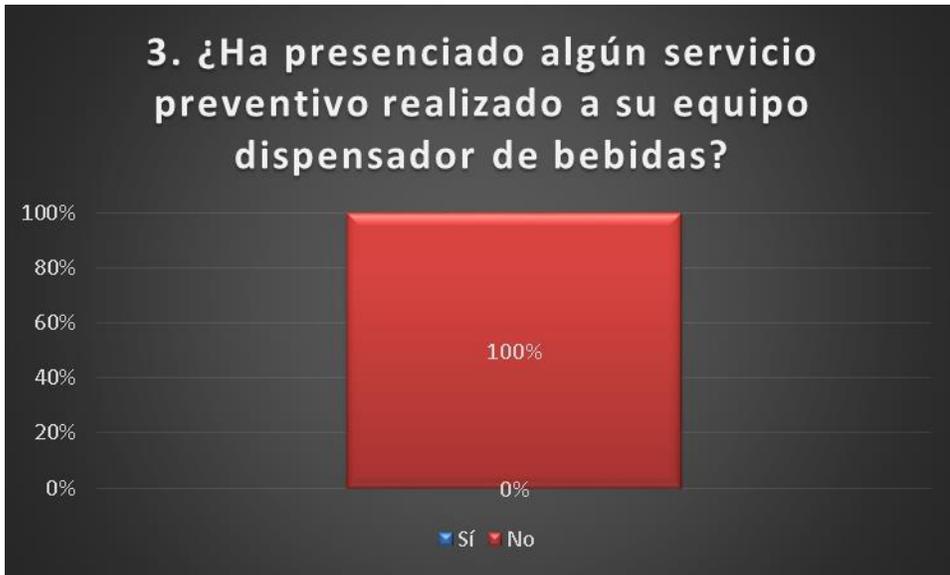
1. ¿Alguna vez se ha comunicado con el servicio técnico para reportar fallas en el equipo dispensador de bebidas? (si su respuesta es negativa pasar a la pregunta 3)
2. ¿Ha reportado fallas en el equipo dispensador más de una vez al mes?
3. ¿Posee máquina fabricadora de hielo en su restaurante? (si su respuesta es negativa pasar a la pregunta 9)
4. ¿Ha reportado al servicio técnico fallas con el funcionamiento de la máquina de hielo? (si su respuesta es negativa pasar a la pregunta 9)
5. ¿Ha reportado al servicio técnico fallas con el funcionamiento de la máquina de hielo más de una vez al mes? (si su respuesta es negativa pasar a la pregunta 8)
6. ¿Ha presenciado una reparación de la máquina de hielo por parte del técnico de ruta? (si su respuesta es negativa pasara a la pregunta 8)
7. ¿La reparación de la máquina de hielo ha demorado más de dos horas?
8. ¿El servicio correctivo por problemas de funcionamiento en máquina de hielo es satisfactorio?
9. ¿Considera que el servicio técnico realiza una labor satisfactoria?

Fuente: elaboración propia.

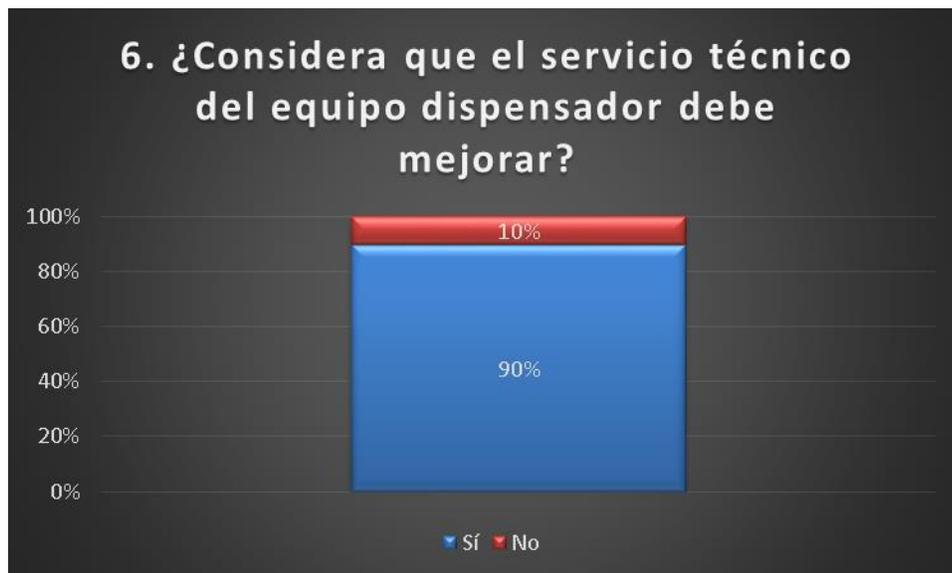
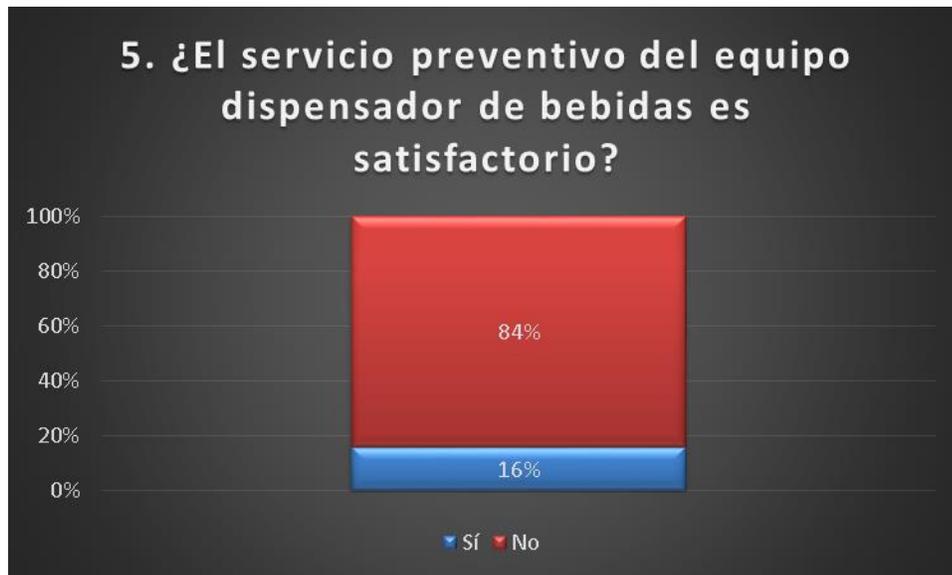
Apéndice 3. **Respuestas a encuestas de mantenimientos preventivos**



Continuación apéndice 3.

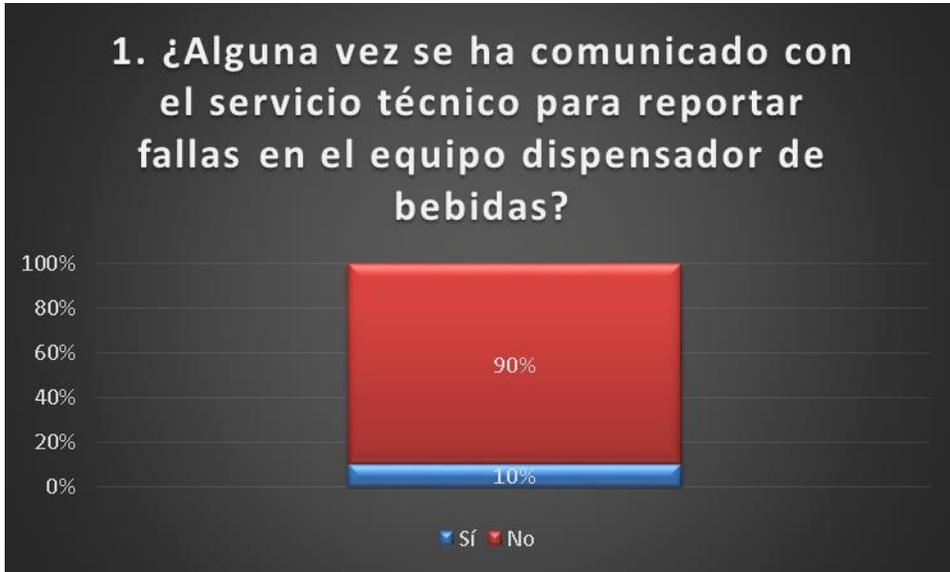


Continuación apéndice 3.



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Respuestas a encuestas de mantenimientos correctivos



Continuación apéndice 4.



Continuación apéndice 4

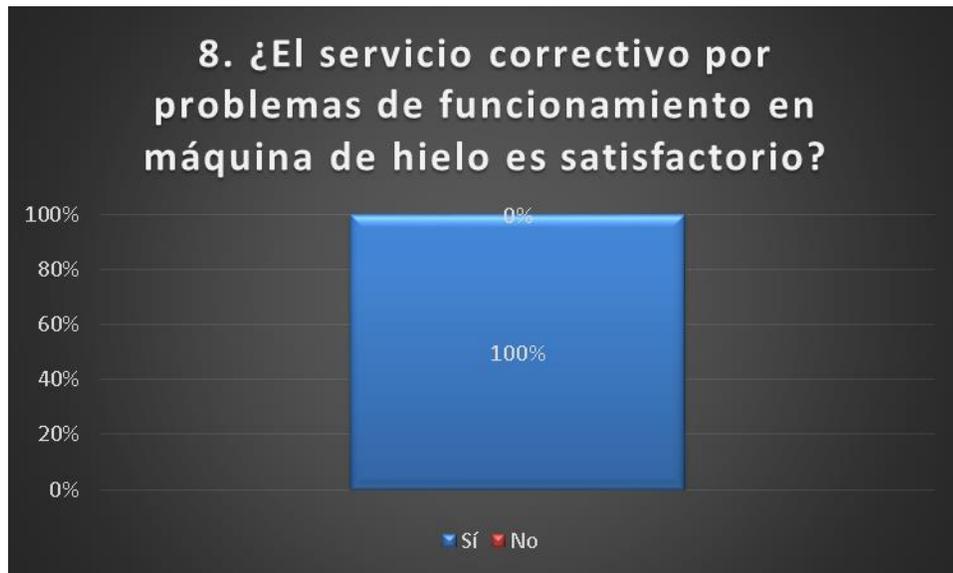
5. ¿Ha reportado al servicio técnico fallas con el funcionamiento de la máquina de hielo más de una vez al mes?



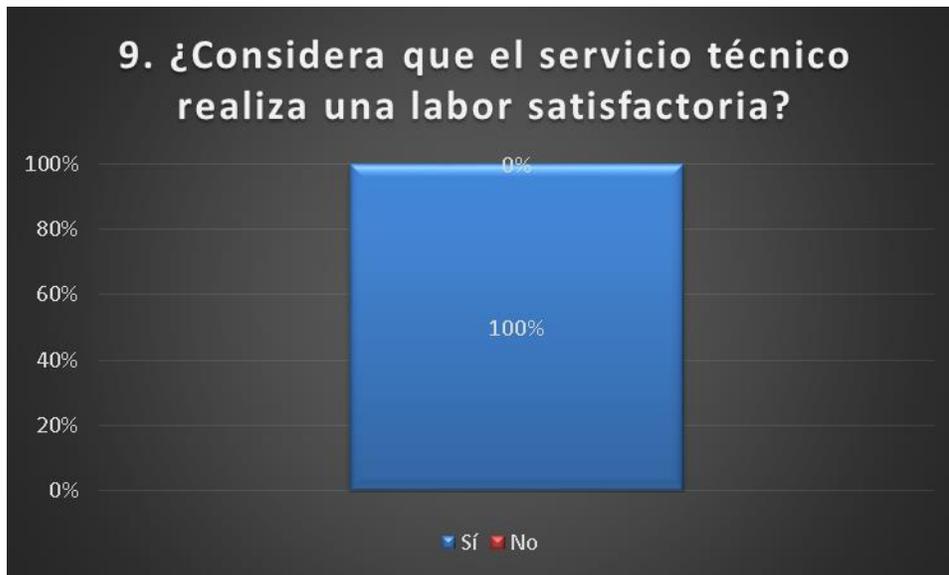
6. ¿Ha presenciado una reparación de la máquina de hielo por parte del técnico de ruta?



Continuación apéndice 4



Continuación apéndice 4



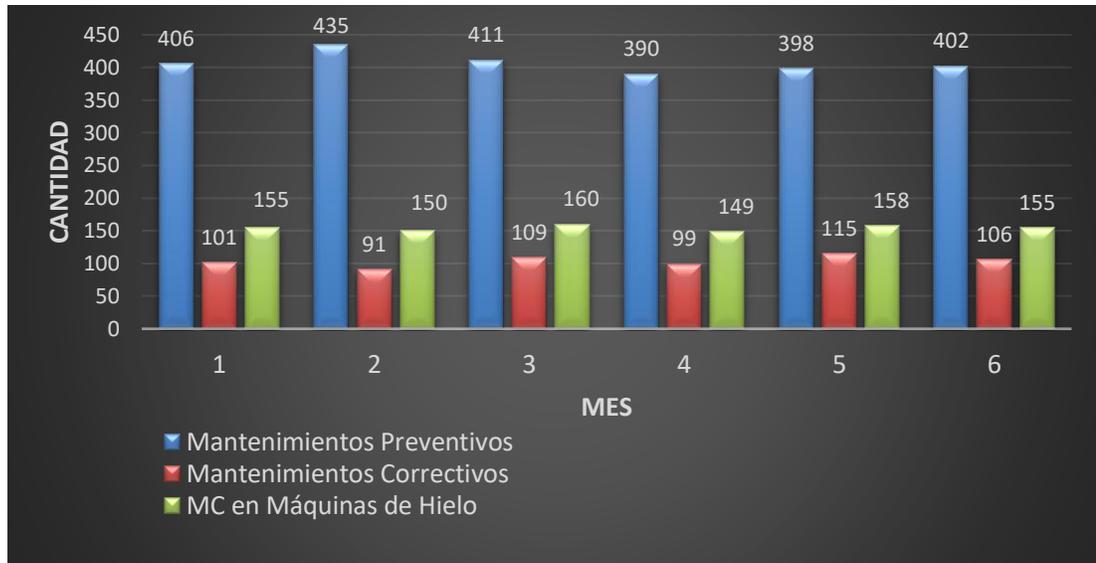
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Medidas de tendencia central y medidas de dispersión

Medidas de Tendencia Central			
	Media (\bar{X})	Desviación estándar (σ)	Coficiente de variación (CV)
Mantenimientos Preventivos	407	15	3.8%
Mantenimientos Correctivos	104	8	8.1%
MC en Máquinas de Hielo	154	4	2.8%

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. Cantidad de mantenimientos mensuales



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Rutas de mantenimientos preventivos. Continuación de la tabla VIII**

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
A	21	Zona 14, ciudad.	SOBREPONER	28	IV
	22	Zona 14, ciudad.	AUTOCONTENIDA	29	
	23	Zona 14, ciudad.	SOBREPONER	30	
	24	Zona 14, ciudad.	SOBREPONER	31	
	25	Zona 14, ciudad.	SOBREPONER	32	
	26	Zona 14, ciudad.	EMPOTRAR	33	V
	27	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	34	
	28	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	35	
	29	Zona 10, ciudad.	AUTOCONTENIDA	36	
	30	Zona 10, ciudad.	EMPOTRAR	37	
	31	Zona 10, ciudad.	AUTOCONTENIDA	38	
	32	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	39	
	33	Zona 10, ciudad.	EMPOTRAR	40	VI
			EMPOTRAR	41	
			EMPOTRAR	42	
	34	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	43	
	35	Zona 10, ciudad.	TORRE	44	
			TORRE	45	
			TORRE	46	
	36	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	47	
			SOBREPONER	48	
	37	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	49	VII
38	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	50		
39	Zona 10, ciudad.	TORRE	51		
		TORRE	52		
40	Zona 10, ciudad.	EMPOTRAR	53		
41	Zona 10, ciudad.	EMPOTRAR	54		
42	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	55		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
A	43	Zona 10, ciudad.	EMPOTRAR	56	VII
			EMPOTRAR	57	
	44	Zona 10, ciudad.	EMPOTRAR	58	VIII
			EMPOTRAR	59	
	45	Zona 10, ciudad.	EMPOTRAR	60	
			TORRE	61	
	46	Carretera a El Salvador	TORRE	62	
			TORRE	63	
			TORRE	64	
			TORRE	64	
	47	Carretera a El Salvador	SOBREPONER	65	IX
			SOBREPONER	66	
			AUTOCONTENIDA	67	
	48	Carretera a El Salvador	EMPOTRAR	68	
			SOBREPONER	69	
	49	Carretera a El Salvador	SOBREPONER	70	
	50	Carretera a El Salvador	SOBREPONER	71	
	51	Carretera a El Salvador	SOBREPONER	72	
			SOBREPONER	73	
			SOBREPONER	74	
52	Carretera a El Salvador	SOBREPONER	75		
53	San José Pinula, Guatemala.	SOBREPONER	76	X	
54	San José Pinula, Guatemala.	SOBREPONER	77		
55	San José Pinula, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	78		
56	Carretera a El Salvador	AUTOCONTENIDA	79		
57	Carretera a El Salvador	EMPOTRAR	80		
58	Carretera a El Salvador	EMPOTRAR	81	XI	
59	Carretera a El Salvador	SOBREPONER	82		
60	Carretera a El Salvador	EMPOTRAR	83		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
A	61	Carretera a El Salvador	SOBREPONER	84	XI
	62	Carretera a El Salvador	SOBREPONER	85	
	63	Carretera a El Salvador	SOBREPONER	86	
			SOBREPONER	87	
	64	Carretera a El Salvador	EMPOTRAR	88	XII
			TORRE	89	
			TORRE	90	
			TORRE	91	
			TORRE	92	
			TORRE	93	
			TORRE	94	
			TORRE	95	
			TORRE	96	
			TORRE	97	
	TORRE	98			
	65	Carretera a El Salvador	EMPOTRAR	99	XIII
	66	Carretera a El Salvador	EMPOTRAR	100	
			EMPOTRAR	101	
	67	Carretera a El Salvador	SOBREPONER	102	
			SOBREPONER	103	
	68	Carretera a El Salvador	EMPOTRAR	104	XIV
69	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	105		
70	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	106		
71	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	107		
72	Zona 10, ciudad.	EMPOTRAR	108		
73	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	109		
74	Zona 10, ciudad.	TORRE	110		
		TORRE	111		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
A	75	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	112	XIV
	76	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	113	XV
	77	Zona 10, ciudad.	AUTOCONTENIDA	114	
	78	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	115	
	79	Zona 10, ciudad.	AUTOCONTENIDA	116	
	80	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	117	
			SOBREPONER	118	
	81	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	119	
	82	Zona 10, ciudad.	EMPOTRAR	120	
	83	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	121	S1
	84	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	122	
	85	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	123	
	86	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	124	S2
	87	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	125	
	88	Zona 10, ciudad.	EMPOTRAR	126	
	89	Zona 10, ciudad.	EMPOTRAR	127	
	90	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	128	
	91	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	129	S3
			SOBREPONER	130	
	92	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	131	
	93	Zona 10, ciudad.	EMPOTRAR	132	
	94	Zona 10, ciudad.	AUTOCONTENIDA	133	S4
	95	Zona 10, ciudad.	AUTOCONTENIDA	134	
96	Zona 10, ciudad.	AUTOCONTENIDA	135		
97	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	136		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
B	98	Zona 10, ciudad.	TORRE	137	I
			TORRE	138	
			TORRE	139	
			TORRE	140	
	99	Zona 10, ciudad.	AUTOCONTENIDA	141	
	100	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	142	
			SOBREPONER	143	
	101	Zona 10, ciudad.	AUTOCONTENIDA	144	
	102	Zona 10, ciudad.	AUTOCONTENIDA	145	II
	103	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	146	
	104	Zona 10, ciudad.	AUTOCONTENIDA	147	
	105	Zona 10, ciudad.	SOBREPONER	148	
			SOBREPONER	149	
	106	Zona 10, ciudad.	BARGUN	150	
	107	Zona 10, ciudad.	AUTOCONTENIDA	151	
			AUTOCONTENIDA	152	
	108	Zona 10, ciudad.	BARGUN	153	III
			SOBREPONER	154	
	109	Zona 10, ciudad.	AUTOCONTENIDA	155	
	110	Zona 10, ciudad.	AUTOCONTENIDA	156	
111	Zona 9, ciudad.	AUTOCONTENIDA	157		
112	Zona 9, ciudad.	AUTOCONTENIDA	158		
113	Zona 9, ciudad.	EMPOTRAR	159		
114	Zona 9, ciudad.	SOBREPONER	160	IV	
		SOBREPONER	161		
115	Zona 9, ciudad.	SOBREPONER	162		
		SOBREPONER	163		
		SOBREPONER	164		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
B	116	Zona 9, ciudad.	EMPOTRAR	165	IV
			EMPOTRAR	166	
			EMPOTRAR	167	
	117	Zona 9, ciudad.	SOBREPONER	168	V
	118	Zona 9, ciudad.	SOBREPONER	169	
	119	Zona 9, ciudad.	SOBREPONER	170	
	120	Zona 9, ciudad.	AUTOCONTENIDA	171	
	121	Zona 9, ciudad.	TORRE	172	
			TORRE	173	
			TORRE	174	
	122	Zona 15, ciudad.	SOBREPONER	175	VI
			SOBREPONER	176	
	123	Zona 15, ciudad.	TORRE	177	VI
			TORRE	178	
			TORRE	179	
	124	Zona 15, ciudad.	EMPOTRAR	180	VI
			EMPOTRAR	181	
	125	Zona 15, ciudad.	SOBREPONER	182	VII
	126	Zona 15, ciudad.	BARGUN	183	
	127	Zona 15, ciudad.	SOBREPONER	184	
SOBREPONER			185		
SOBREPONER			186		
AUTOCONTENIDA			187		
128	Zona 15, ciudad.	SOBREPONER	188	VII	
		SOBREPONER	189		
		SOBREPONER	190		
129	Zona 15, ciudad.	AUTOCONTENIDA	191	VII	
130	Zona 15, ciudad.	AUTOCONTENIDA	192		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
B	131	Zona 15, ciudad.	AUTOCONTENIDA	193	VIII
	132	Zona 16, ciudad.	SOBREPONER	194	
	133	Zona 16, ciudad.	EMPOTRAR	195	
	134	Zona 16, ciudad.	SOBREPONER	196	
	135	Zona 16, ciudad.	EMPOTRAR	197	
			EMPOTRAR	198	
	136	Zona 16, ciudad.	EMPOTRAR	199	
	137	Zona 16, ciudad.	AUTOCONTENIDA	200	IX
	138	Zona 16, ciudad.	SOBREPONER	201	
			SOBREPONER	202	
	139	Zona 16, ciudad.	SOBREPONER	203	
	140	Zona 5, ciudad.	SOBREPONER	204	
	141	Zona 5, ciudad.	BARGUN	205	
	142	Zona 5, ciudad.	AUTOCONTENIDA	206	
	143	Zona 10, ciudad.	EMPOTRAR	207	X
	144	Zona 10, ciudad.	AUTOCONTENIDA	208	
	145	Zona 4, ciudad.	SOBREPONER	209	
			EMPOTRAR	210	
	146	Zona 4, ciudad.	EMPOTRAR	211	
			EMPOTRAR	212	
147	Zona 4, ciudad.	TORRE	213		
		TORRE	214		
148	Zona 4, ciudad.	AUTOCONTENIDA	215		
149	Zona 4, ciudad.	SOBREPONER	216	XI	
150	Zona 4, ciudad.	EMPOTRAR	217		
151	Zona 4, ciudad.	EMPOTRAR	218		
152	Zona 4, ciudad.	BARGUN	219		
153	Zona 4, ciudad.	BARGUN	220		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
B	154	Zona 4, ciudad.	AUTOCONTENIDA	221	XI
			AUTOCONTENIDA	222	
	155	Zona 4, ciudad.	EMPOTRAR	223	
			EMPOTRAR	224	
	156	Zona 9, ciudad.	EMPOTRAR	225	XII
			EMPOTRAR	226	
	157	Zona 9, ciudad.	SOBREPONER	227	
			SOBREPONER	228	
	158	Zona 9, ciudad.	AUTOCONTENIDA	229	
	159	Zona 9, ciudad.	EMPOTRAR	230	
	160	Zona 9, ciudad.	AUTOCONTENIDA	231	
	161	Zona 9, ciudad.	SOBREPONER	232	
	162	Zona 9, ciudad.	EMPOTRAR	233	XIII
			EMPOTRAR	234	
			EMPOTRAR	235	
	163	Zona 9, ciudad.	EMPOTRAR	236	
	164	Zona 9, ciudad.	TORRE	237	
			TORRE	238	
			TORRE	239	
TORRE			240		
165	Zona 2, ciudad.	SOBREPONER	241	XIV	
166	Zona 2, ciudad.	EMPOTRAR	242		
		EMPOTRAR	243		
167	Zona 2, ciudad.	SOBREPONER	244		
		SOBREPONER	245		
		SOBREPONER	246		
168	Zona 17, ciudad.	EMPOTRAR	247		
169	Zona 17, ciudad.	EMPOTRAR	248		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
B	170	Zona 17, ciudad.	SOBREPONER	249	XV
	171	Zona 17, ciudad.	SOBREPONER	250	
	172	Zona 17, ciudad.	SOBREPONER	251	
	173	Zona 17, ciudad.	SOBREPONER	252	
	174	Zona 17, ciudad.	AUTOCONTENIDA	253	
	175	Zona 17, ciudad.	AUTOCONTENIDA	254	
	176	Zona 17, ciudad.	AUTOCONTENIDA	255	
	177	Zona 17, ciudad.	EMPOTRAR	256	
	178	Zona 17, ciudad.	SOBREPONER	257	S1
	179	Zona 17, ciudad.	EMPOTRAR	258	
	180	Zona 17, ciudad.	AUTOCONTENIDA	259	
	181	Zona 17, ciudad.	EMPOTRAR	260	S2
	182	Zona 17, ciudad.	AUTOCONTENIDA	261	
	183	Zona 17, ciudad.	EMPOTRAR	262	
			EMPOTRAR	263	
			EMPOTRAR	264	
			EMPOTRAR	265	
	184	Zona 17, ciudad.	EMPOTRAR	266	S3
185	Zona 17, ciudad.	SOBREPONER	267		
186	Zona 17, ciudad.	EMPOTRAR	268	S4	
		SOBREPONER	269		
		SOBREPONER	270		
187	Zona 17, ciudad.	SOBREPONER	271		
188	Zona 17, ciudad.	AUTOCONTENIDA	272		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
C	189	Zona 17, ciudad.	SOBREPONER	273	I
	190	Zona 17, ciudad.	EMPOTRAR	274	
	191	Zona 17, ciudad.	EMPOTRAR	275	
	192	Zona 17, ciudad.	SOBREPONER	276	
	193	Zona 18, ciudad.	EMPOTRAR	277	
			EMPOTRAR	278	
	194	Zona 18, ciudad.	AUTOCONTENIDA	279	
			AUTOCONTENIDA	280	
	195	Zona 18, ciudad.	BARGUN	281	II
	196	Zona 18, ciudad.	SOBREPONER	282	
	197	Zona 18, ciudad.	EMPOTRAR	283	
	198	Zona 18, ciudad.	AUTOCONTENIDA	284	
	199	Zona 18, ciudad.	AUTOCONTENIDA	285	
	200	Zona 6, ciudad.	AUTOCONTENIDA	286	
	201	Zona 6, ciudad.	SOBREPONER	287	
	202	Zona 6, ciudad.	EMPOTRAR	288	III
			EMPOTRAR	289	
	203	Zona 6, ciudad.	EMPOTRAR	290	
			EMPOTRAR	291	
			EMPOTRAR	292	
204	Zona 6, ciudad.	TORRE	293		
		TORRE	294		
		TORRE	295		
205	Zona 6, ciudad.	EMPOTRAR	296	IV	
		EMPOTRAR	297		
		EMPOTRAR	298		
206	Zona 6, ciudad.	AUTOCONTENIDA	299		
		AUTOCONTENIDA	300		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
C	207	Zona 6, ciudad.	EMPOTRAR	301	IV
			EMPOTRAR	302	
	208	Zona 2, ciudad.	EMPOTRAR	303	
	209	Zona 2, ciudad.	AUTOCONTENIDA	304	
	210	Zona 2, ciudad.	AUTOCONTENIDA	305	V
	211	Zona 1, ciudad.	AUTOCONTENIDA	306	
			EMPOTRAR	307	
	212	Zona 1, ciudad.	EMPOTRAR	308	
			SOBREPONER	309	
	213	Zona 1, ciudad.	AUTOCONTENIDA	310	
	214	Zona 1, ciudad.	AUTOCONTENIDA	311	
	215	Zona 1, ciudad.	EMPOTRAR	312	
			EMPOTRAR	313	
	216	Zona 1, ciudad.	EMPOTRAR	314	
	217	Zona 1, ciudad.	SOBREPONER	315	
	218	Zona 1, ciudad.	AUTOCONTENIDA	316	
			AUTOCONTENIDA	317	
			AUTOCONTENIDA	318	
	219	Zona 1, ciudad.	BARGUN	319	
	220	Zona 1, ciudad.	TORRE	320	VII
			TORRE	321	
	221	Zona 1, ciudad.	SOBREPONER	322	
			SOBREPONER	323	
	222	Zona 1, ciudad.	AUTOCONTENIDA	324	
EMPOTRAR			325		
EMPOTRAR			326		
223	Zona 1, ciudad.	SOBREPONER	327		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
C	224	Zona 1, ciudad.	SOBREPONER	328	VII
	225	Zona 1, ciudad.	SOBREPONER	329	VIII
	226	Zona 1, ciudad.	AUTOCONTENIDA	330	
			AUTOCONTENIDA	331	
	227	Zona 1, ciudad.	EMPOTRAR	332	
	228	Zona 1, ciudad.	AUTOCONTENIDA	333	
	229	Zona 1, ciudad.	AUTOCONTENIDA	334	
	230	Zona 1, ciudad.	AUTOCONTENIDA	335	
			AUTOCONTENIDA	336	
			AUTOCONTENIDA	337	
	231	Zona 1, ciudad.	EMPOTRAR	338	IX
			EMPOTRAR	339	
			EMPOTRAR	340	
	232	Zona 1, ciudad.	SOBREPONER	341	
			AUTOCONTENIDA	342	
	233	Zona 1, ciudad.	TORRE	343	
			TORRE	344	
	234	Zona 1, ciudad.	AUTOCONTENIDA	345	X
	235	Zona 1, ciudad.	EMPOTRAR	346	
			EMPOTRAR	347	
	236	Zona 1, ciudad.	SOBREPONER	348	
	237	Zona 1, ciudad.	SOBREPONER	349	
238	Zona 1, ciudad.	AUTOCONTENIDA	350		
239	Zona 1, ciudad.	EMPOTRAR	351		
		EMPOTRAR	352		
240	Villa Nueva, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	353	XI	
241	Villa Nueva, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	354		
242	Villa Nueva, Guatemala.	SOBREPONER	355		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
C	243	Villa Nueva, Guatemala.	TORRE	356	XI
			TORRE	357	
			TORRE	358	
	244	Villa Nueva, Guatemala.	SOBREPONER	359	
	245	Villa Nueva, Guatemala.	SOBREPONER	360	
	246	Villa Nueva, Guatemala.	EMPOTRAR	361	XII
	247	Villa Nueva, Guatemala.	SOBREPONER	362	
	248	Villa Nueva, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	363	
	249	Villa Nueva, Guatemala.	EMPOTRAR	364	
			EMPOTRAR	365	
			EMPOTRAR	366	
	250	Villa Nueva, Guatemala.	SOBREPONER	367	
			SOBREPONER	368	
			SOBREPONER	369	
	251	Villa Nueva, Guatemala.	EMPOTRAR	370	XIII
			EMPOTRAR	371	
			EMPOTRAR	372	
	252	Villa Nueva, Guatemala.	SOBREPONER	373	
			EMPOTRAR	374	
			SOBREPONER	375	
253	Villa Nueva, Guatemala.	EMPOTRAR	376		
254	Villa Nueva, Guatemala.	EMPOTRAR	377	XIV	
255	Villa Nueva, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	378		
256	Villa Nueva, Guatemala.	SOBREPONER	379		
257	Villa Nueva, Guatemala.	SOBREPONER	380		
258	Villa Nueva, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	381		
		AUTOCONTENIDA	382		
259	Villa Nueva, Guatemala.	EMPOTRAR	383		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día	
C	259	Villa Nueva, Guatemala.	SOBREPONER	384	XIV	
			SOBREPONER	385	XV	
	260	Villa Nueva, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	386		
			AUTOCONTENIDA	387		
	261	Villa Nueva, Guatemala.	EMPOTRAR	388		
			EMPOTRAR	389		
	262	Villa Nueva, Guatemala.	EMPOTRAR	390		
			EMPOTRAR	391		
	263	Villa Nueva, Guatemala.	TORRE	392		S1
			TORRE	393		
			TORRE	394		
	264	Villa Nueva, Guatemala.	SOBREPONER	395		
	265	Villa Nueva, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	396		
	266	Villa Nueva, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	397	S2	
	267	Villa Nueva, Guatemala.	SOBREPONER	398		
			EMPOTRAR	399		
	268	Villa Nueva, Guatemala.	EMPOTRAR	400		
			EMPOTRAR	401		
	269	Zona 12, Ciudad.	SOBREPONER	401	S3	
	270	Zona 12, Ciudad.	EMPOTRAR	402		
271	Zona 12, Ciudad.	AUTOCONTENIDA	403			
272	Zona 12, Ciudad.	AUTOCONTENIDA	404	S4		
		AUTOCONTENIDA	405			
		AUTOCONTENIDA	406			
273	Zona 11, Ciudad.	TORRE	407			
		TORRE	408			

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día	
D	273	Zona 11, Ciudad.	TORRE	409	I	
	274	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	410		
	275	Zona 11, Ciudad.	EMPOTRAR	411		
	276	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	412		
	277	Zona 11, Ciudad.	EMPOTRAR	413		
	278	Zona 11, Ciudad.	EMPOTRAR	414		
	279	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	415		
	280	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	416		
	281	Zona 11, Ciudad.	AUTOCONTENIDA	417	II	
	282	Mixco, Guatemala.	SOBREPONER	418		
	283	Mixco, Guatemala.	TORRE	419		
			TORRE	420		
			TORRE	421		
			TORRE	422		
	284	Mixco, Guatemala.	SOBREPONER	423		III
	285	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	424		
			EMPOTRAR	425		
			EMPOTRAR	426		
	286	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	427		
			EMPOTRAR	428		
			SOBREPONER	429		
			SOBREPONER	430		
	287	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	431		
			SOBREPONER	432		
			SOBREPONER	433		
	288	Mixco, Guatemala.	SOBREPONER	434	IV	
	289	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	435		
			EMPOTRAR	436		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
D	290	Mixco, Guatemala.	BARGUN	437	IV
	291	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	438	
	292	Mixco, Guatemala.	SOBREPONER	439	
	293	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	440	
	294	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	441	
	295	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	442	V
	296	Mixco, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	443	
	297	Zona 12, Ciudad.	SOBREPONER	444	
			SOBREPONER	445	
			SOBREPONER	446	
			AUTOCONTENIDA	447	
	298	Zona 12, Ciudad.	EMPOTRAR	448	
			EMPOTRAR	449	
			EMPOTRAR	450	
	299	Zona 12, Ciudad.	SOBREPONER	451	
			SOBREPONER	452	
			AUTOCONTENIDA	453	
	300	Zona 12, Ciudad.	AUTOCONTENIDA	454	VI
	301	Zona 12, Ciudad.	SOBREPONER	455	
	302	Zona 12, Ciudad.	TORRE	456	
TORRE			457		
TORRE			458		
TORRE			459		
303	Zona 12, Ciudad.	AUTOCONTENIDA	460		
		AUTOCONTENIDA	461		
304	Zona 12, Ciudad.	AUTOCONTENIDA	462	VII	
305	Zona 12, Ciudad.	SOBREPONER	463		
		SOBREPONER	463		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
D	305	Zona 12, Ciudad.	SOBREPONER	464	VII
	306	Zona 12, Ciudad.	EMPOTRAR	465	VIII
			EMPOTRAR	466	
			EMPOTRAR	467	
	307	Zona 12, Ciudad.	EMPOTRAR	468	
	308	Zona 12, Ciudad.	EMPOTRAR	469	
	309	Zona 12, Ciudad.	AUTOCONTENIDA	470	
	310	Zona 12, Ciudad.	AUTOCONTENIDA	471	
	311	Zona 12, Ciudad.	TORRE	472	IX
			TORRE	473	
			TORRE	474	
	312	Zona 12, Ciudad.	BARGUN	475	
	313	Zona 12, Ciudad.	EMPOTRAR	476	
	314	Zona 12, Ciudad.	SOBREPONER	477	
			SOBREPONER	478	
			SOBREPONER	479	
	315	Zona 12, Ciudad.	EMPOTRAR	480	
			EMPOTRAR	481	
			EMPOTRAR	482	
	316	Zona 12, Ciudad.	EMPOTRAR	483	
	317	Zona 12, Ciudad.	AUTOCONTENIDA	484	
	318	Zona 12, Ciudad.	SOBREPONER	485	
	319	Zona 12, Ciudad.	SOBREPONER	486	
320	Zona 12, Ciudad.	SOBREPONER	487		
		SOBREPONER	488		
321	Zona 7, Ciudad.	TORRE	489	XI	
		TORRE	490		
		TORRE	491		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
D	322	Zona 7, Ciudad.	AUTOCONTENIDA	492	XI
	323	Zona 7, Ciudad.	SOBREPONER	493	
	324	Zona 7, Ciudad.	SOBREPONER	494	
	325	Zona 7, Ciudad.	AUTOCONTENIDA	495	
	326	Zona 7, Ciudad.	EMPOTRAR	496	
	327	Zona 7, Ciudad.	SOBREPONER	497	
	328	Zona 7, Ciudad.	EMPOTRAR	498	XII
	329	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	499	
			EMPOTRAR	500	
	330	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	501	
			EMPOTRAR	502	
	331	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	503	
			AUTOCONTENIDA	504	
	332	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	505	XIII
			EMPOTRAR	506	
	333	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	507	
	334	Zona 11, Ciudad.	AUTOCONTENIDA	508	
	335	Zona 11, Ciudad.	EMPOTRAR	509	
	336	Zona 11, Ciudad.	EMPOTRAR	510	
	337	Zona 11, Ciudad.	AUTOCONTENIDA	511	
	338	Zona 11, Ciudad.	EMPOTRAR	512	
	339	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	513	
	340	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	514	
			EMPOTRAR	515	
			EMPOTRAR	516	
BARGUN			517		
BARGUN			518		
EMPOTRAR			519		
345			Zona 11, Ciudad.	EMPOTRAR	519

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
D	346	Zona 11, Ciudad.	EMPOTRAR	520	XIV
			EMPOTRAR	521	XV
	347	Zona 11, Ciudad.	EMPOTRAR	522	
	348	Zona 11, Ciudad.	BARGUN	523	
			SOBREPONER	524	
	349	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	525	
	350	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	526	
	351	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	527	
	352	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	528	
	353	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	529	S1
	354	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	530	
	355	Zona 11, Ciudad.	EMPOTRAR	531	
	356	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	532	S2
	357	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	533	
	358	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	534	
	359	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	535	
	360	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	536	S3
	361	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	537	
	362	Zona 11, Ciudad.	SOBREPONER	538	
	363	Zona 11, Ciudad.	EMPOTRAR	539	
EMPOTRAR			540		
364	Zona 11, Ciudad.	EMPOTRAR	541	S4	
365	Zona 11, Ciudad.	EMPOTRAR	542		
366	Zona 11, Ciudad.	EMPOTRAR	543		
		EMPOTRAR	544		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
E	367	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	545	I
			EMPOTRAR	546	
	368	Mixco, Guatemala.	TORRE	547	
			TORRE	548	
			TORRE	549	
			TORRE	550	
	369	Mixco, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	551	
			AUTOCONTENIDA	552	
	370	Mixco, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	553	II
			AUTOCONTENIDA	554	
	371	Mixco, Guatemala.	SOBREPONER	555	
	372	Mixco, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	556	
	373	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	557	
	374	Mixco, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	558	
	375	Mixco, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	559	
	376	Mixco, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	560	
	377	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	561	III
			EMPOTRAR	562	
	378	Mixco, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	563	
			AUTOCONTENIDA	564	
379	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	565		
380	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	566		
		SOBREPONER	567		
		SOBREPONER	568		
		EMPOTRAR	569		
381	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	570	IV	
		EMPOTRAR	571		
		EMPOTRAR	572		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
E	382	Mixco, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	573	IV
	383	Mixco, Guatemala.	SOBREPONER	574	
			AUTOCONTENIDA	575	
	384	Mixco, Guatemala.	TORRE	576	V
			TORRE	577	
			TORRE	578	
	385	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	579	
			EMPOTRAR	580	
			EMPOTRAR	581	
	386	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	582	
	387	Mixco, Guatemala.	AUTOCONTENIDA	583	
	388	Mixco, Guatemala.	SOBREPONER	584	
			SOBREPONER	585	
	389	Mixco, Guatemala.	SOBREPONER	586	
			SOBREPONER	587	
	390	Mixco, Guatemala.	SOBREPONER	588	
	391	Mixco, Guatemala.	SOBREPONER	589	
	392	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	590	
	393	Mixco, Guatemala.	EMPOTRAR	591	
	394	Mixco, Guatemala.	SOBREPONER	592	
395	Zona 8, Mixco.	SOBREPONER	593	VII	
396	Zona 8, Mixco.	SOBREPONER	594		
397	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	595		
398	Zona 8, Mixco.	SOBREPONER	596		
		SOBREPONER	597		
		AUTOCONTENIDA	598		
399	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	599		
		EMPOTRAR	600		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día	
E	399	Zona 8, Mixco.	SOBREPONER	601	VIII	
			SOBREPONER	602		
	400	Zona 8, Mixco.	SOBREPONER	603		
	401	Zona 8, Mixco.	SOBREPONER	604		
	402	Zona 8, Mixco.	AUTOCONTENIDA	605		
	403	Zona 8, Mixco.	SOBREPONER	606		
	404	Zona 8, Mixco.	AUTOCONTENIDA	607		
	405	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	608	IX	
			EMPOTRAR	609		
	406	Zona 8, Mixco.	AUTOCONTENIDA	610		
	407	Zona 8, Mixco.	AUTOCONTENIDA	611		
	408	Zona 8, Mixco.	AUTOCONTENIDA	612		
			AUTOCONTENIDA	613		
	409	Zona 8, Mixco.	AUTOCONTENIDA	614		
	410	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	615		
	411	Zona 8, Mixco.	BARGUN	616		
	412	Zona 8, Mixco.	SOBREPONER	617		X
			SOBREPONER	618		
	413	Zona 8, Mixco.	TORRE	619		
			TORRE	620		
			TORRE	621		
			TORRE	622		
	414	Zona 8, Mixco.	AUTOCONTENIDA	623		
	415	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	624	XI	
			EMPOTRAR	625		
	416	Zona 8, Mixco.	AUTOCONTENIDA	626		
	417	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	627		
			EMPOTRAR	628		

Continuación apéndice 7.

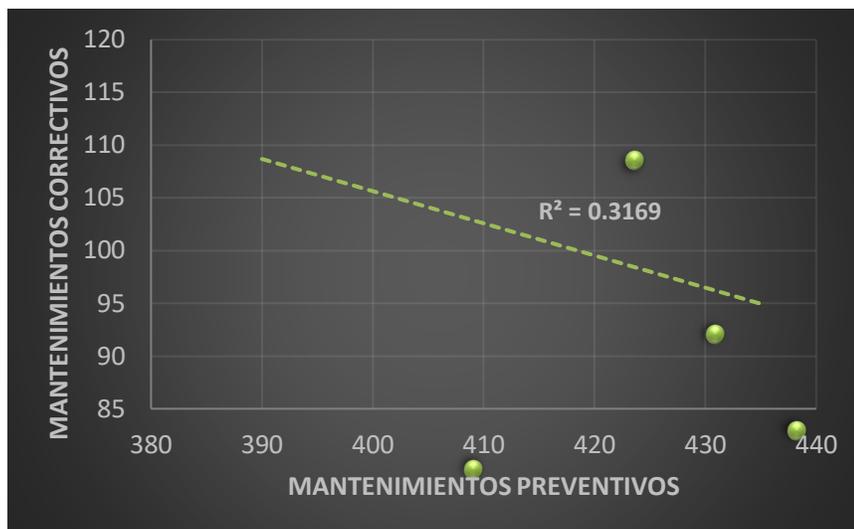
Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
E	418	Zona 8, Mixco.	AUTOCONTENIDA	629	XI
	419	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	630	
			EMPOTRAR	631	
	420	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	632	
	421	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	633	
	422	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	634	
			EMPOTRAR	635	
	423	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	636	
	424	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	637	
			EMPOTRAR	638	
			SOBREPONER	639	
	425	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	640	XIII
			EMPOTRAR	641	
			EMPOTRAR	642	
			EMPOTRAR	643	
	426	Zona 8, Mixco.	SOBREPONER	644	
	427	Zona 8, Mixco.	SOBREPONER	645	
			SOBREPONER	646	
	428	Zona 8, Mixco.	SOBREPONER	647	
			EMPOTRAR	648	
SOBREPONER			649		
429	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	650		
		BARGUN	651		
430	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	652		
431	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	653		
		EMPOTRAR	654		
432	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	655		
433	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	656		

Continuación apéndice 7.

Ruta	Ruta lógica	Ubicación del Cliente	Equipo	Código de Equipo	Día
E	434	Zona 8, Mixco.	AUTOCONTENIDA	657	XV
	435	Zona 8, Mixco.	AUTOCONTENIDA	658	
	436	Zona 8, Mixco.	SOBREPONER	659	
			SOBREPONER	660	
	437	Zona 8, Mixco.	AUTOCONTENIDA	661	
			AUTOCONTENIDA	662	
	438	Zona 8, Mixco.	SOBREPONER	663	
			SOBREPONER	664	
	439	Zona 8, Mixco.	AUTOCONTENIDA	665	S1
	440	Zona 8, Mixco.	SOBREPONER	666	
	441	Zona 8, Mixco.	AUTOCONTENIDA	667	
	442	Zona 8, Mixco.	AUTOCONTENIDA	668	S2
	443	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	669	
			SOBREPONER	670	
			SOBREPONER	671	
	444	Zona 8, Mixco.	EMPOTRAR	672	S3
445	Zona 8, Mixco.	SOBREPONER	673		
		SOBREPONER	674		
446	Zona 8, Mixco.	SOBREPONER	675	S4	
447	Zona 8, Mixco.	TORRE	676		
		TORRE	677		
448	Zona 8, Mixco.	AUTOCONTENIDA	679		

Fuente: elaboración propia, empleando datos de la empresa.

Apéndice 8. **Análisis de correlación entre mantenimientos preventivos y correctivos de equipos dispensadores**



Fuente: elaboración propia, empleando datos de la empresa.

Apéndice 9. **Análisis del diagrama de causa y efecto**

Método de trabajo

Mala aplicación del procedimiento estandarizado de mantenimiento preventivo	El procedimiento para realizar mantenimientos preventivos a equipos dispensadores está normalizado por el franquiciante propietario de la marca de bebidas que se comercializan.
Procedimiento utilizado desactualizado u obsoleto	El procedimiento para mantenimientos preventivos se actualiza con frecuencia moderada según lo requiera el franquiciante con bases a sus parámetros de calidad de sus bebidas.
Complejidad en la aplicación del método	El método tiene un grado de complejidad adecuado para personal con competencias técnicas en el área de refrigeración y equipos fríos.

Continuación apéndice 9.

Mano de obra

Falta de competencia del personal	El personal que realiza los mantenimientos preventivos de los equipos dispensadores son colaboradores con estudios técnicos en equipos de refrigeración y capacitados, por medio de la embotelladora, para la manipulación de equipos dispensadores de bebidas.
Falta de capacitación del personal	El personal es capacitado constantemente por medio de la marca de bebidas y por medio de los proveedores de los equipos dispensadores y de máquinas para fabricar hielo.
Inexperiencia del personal	El personal, en su mayoría, son colaboradores con una larga trayectoria en la empresa, es personal con experiencia comprobable en la rama.
Insuficiente mano de obra	El departamento cuenta con un equipo de 7 técnicos para atender el mercado metropolitano. Este equipo de técnicos ha sido el mismo desde hace más de cinco años pese al crecimiento del mercado en equipos dispensadores que, según registros de la empresa, se estima en un 4% anual.

Tiempo mensual necesario para completar actividades del departamento

Equipos programados por técnico	Tiempo por mantenimiento (minutos)	Puntos de venta por técnico	Traslados entre puntos de venta (minutos)	Máquinas de hielo atendidas por técnico	Tiempo de MC por máquina de hielo (minutos)	Movimientos de equipos por técnico	Tiempo de movimiento de un equipo por técnico (minutos)
97	40	77	15	22	120	13	240

Tiempos totales requeridos al mes por actividad.

Mantenimientos preventivos (horas)	Traslados entre puntos de venta (horas)	Mantenimiento correctivo a máquinas de hielo (horas)	Traslados de equipos (horas)	Tiempo total requerido por técnico (horas)
64.7	19.3	44.0	52	175.9

Materiales.

Falta de materiales para realizar el trabajo	Los materiales o insumos necesarios para la ejecución de los mantenimientos se proveen de forma regular dentro del departamento.
Materiales inadecuados para la realización del trabajo	Los insumos que se emplean son los adecuados para la operación.
Materiales empleados defectuosos	Los materiales que se utilizan para la operación del departamento de Post Mix no son caducados o cuentan con una vida útil bastante grande.
Indisponibilidad de los materiales en el momento que se precisan	La disposición de los materiales requeridos para la operación del departamento es regular puesto que se emplean insumos y materiales de fácil adquisición con proveedores locales.

Continuación apéndice 9.

Maquinaria.

Equipo inadecuado para realizar el trabajo	El equipo que emplean los técnicos de mantenimientos es el indicado por el fabricante y por la casa matriz dueña de la marca de bebidas.
Falta de herramientas de trabajo	Cada colaborador cuenta con un set de herramientas estándar para efectuar su labor y es monitoreado por el coordinador del departamento.
Herramientas y/o instrumentos desgastados o dañados	El desgaste de herramientas, así como daños en las mismas se identifica con la regular revisión que se realiza a cada técnico de donde se desprende las acciones que es necesario tomar respecto del cambio.
Herramientas de trabajo obsoletas o desactualizadas	Las herramientas son de uso básico y algunos instrumentos son especializados para realizar mantenimientos a equipos dispensadores de bebidas, sin embargo, estos instrumentos especializados cuentan con el aval y visto bueno de los fabricantes de los equipos y por la compañía de igual forma.

Medición.

Calibración inadecuada de los instrumentos de trabajo	Los instrumentos de medición empleados para verificar los parámetros de calidad de las bebidas son calibrados por el proveedor de los mismos en acuerdo con la marca de bebidas para el correcto ajuste de estos que garanticen la medición adecuada.
Estándares de medición incorrectos	Los estándares son fijados por la marca de bebidas y transmitidos al franquiciador como políticas de cumplimiento.
Distribución ineficiente de programación del trabajo	El departamento se rige por programaciones mensuales de rutas que están distribuidas en siete técnicos que atienden un promedio de 680 equipos en el área metropolitana.
Falta de medición en la ejecución de las programaciones	Las mediciones de las programaciones de los mantenimientos se realizan diariamente en el momento en que se ejecuta dicho mantenimiento.
Medición incorrecta o inadecuada de variables para indicadores	Las variables utilizadas para la medición del cumplimiento de mantenimientos son extraídas de las boletas de servicio que presenta cada técnico.

Medio ambiente.

Ambiente laboral inadecuado	En su mayoría el entorno es apto y propicio para desarrollar el trabajo que regularmente se realiza en los puntos de venta.
Políticas internas inapropiadas	Las políticas que la empresa tiene establecidas son adecuadas al modelo del negocio y enfocadas a los objetivos del mismo.
Exceso de densidad del parque vehicular en áreas de operación del departamento	La densidad del parque vehicular es uno de los factores que es difícil predecir y variable con respecto a varios aspectos ambientales.
Indisponibilidad para trabajar adecuadamente en las ubicaciones geográficas programadas	Existe un inconveniente que se presenta con cierta periodicidad durante las visitas a los puntos de venta para realizar mantenimientos, y es que los equipos no están disponibles para realizarles el mantenimiento por existir alta demanda en la operación de los puntos de venta.
Entorno social y político adverso	La operativa del departamento no se ve afectada por políticas públicas o sociales por no estar relacionada directamente con estas variables.

Fuente: elaboración propia, empleando datos de la empresa.

Apéndice 10. Análisis de Pareto

Actividad	Horas al mes	Porcentaje de horas al mes	Acumulado	Porcentaje Acumulado
Tiempo total requerido en mantenimientos	65	36 %	65	36 %
Tiempo total requerido para traslados de equipos al mes	52	29 %	117	65 %
Tiempo total requerido para atender máquinas de hielo al mes	44	24 %	161	89 %
Tiempo total requerido en traslados entre puntos de venta	19	11 %	180	100 %
Totales	180	100 %		



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 11. Distribución de tiempo para las actividades del departamento

Actividad	Cantidad promedio al mes	horas necesarias al mes	horas disponibles
Mantenimientos preventivos programados	97	65	65
Traslados de equipos	13	52	52
Mantenimiento correctivo a máquinas de hielo	22	44	44
Traslados entre puntos de venta	77	19	15
Totales	209	180	176

Fuente: elaboración propia, empleando datos de la empresa.

Apéndice 12. Ejemplo cálculo de programación en un mes ordinario

Supóngase una distribución de mes como lo muestra la figura.

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	1 1/2 (I) + 1 (i)	2 II	3 III	4 2 (ii, iii)	5 S1	6
7 V	8 VI	9 VII	10 1/2 (I) + 1 (iv)	11 IX	12 1 (v)	13
14 1/2 (X) + 1 (vi)	15 XI	16 XII	17 XIII	18 2 (vi, viii)	19 S3	20
21 XV	22 IV	23 VIII	24 2 (ix, x)	25 S2 + 1/2 (X)	26 S4	27
28 XIV	29 2 (xi, xii)	30	31			

Para calcular el día uno del mes sería de la siguiente forma:

$M = I$ por ser el primer mantenimiento correspondiente del mes.

$m = i$ por ser el primer movimiento del mes.

$d_n =$ martes uno del mes.

$n = 1$ que corresponde al primer día del mes.

$a = \frac{1}{2}$ porque se realizó la mitad del mantenimiento I programado para ese día.

$b = 1$ puesto que se realizó un movimiento.

La distribución queda de la siguiente forma:

$$\text{Martes}_1: \frac{1}{2} (I) + 1(i)$$

Para el día 2 del mes:

$M = II$ por ser el segundo mantenimiento correspondiente del mes.

Continuación apéndice 12.

$m = 0$ puesto que no hubo movimiento.

$d_n =$ miércoles dos del mes.

$n = 2$ que corresponde al segundo día del mes.

$a = 1$ porque se realizó completamente el mantenimiento II para ese día.

$b = 0$ puesto que se realizaron cero movimientos.

Miércoles₂: 1 (II) + 0(i)

Miércoles₂: II

El cálculo de los días 3, 5, 7, 8, 9, 11, 15, 16, 17, 19, 21 y 22 del mes, se realizan de igual forma que el día dos del mes.

Para el día 4 del mes:

$M = 0$ puesto que no se realizó mantenimiento programado ese día.

$m = ii, iii$ puesto que hubo dos movimientos consecuentes del mes.

$d_n =$ viernes cuatro del mes.

$n = 4$ que corresponde al cuarto día del mes.

$a = 0$ porque no se realizó el mantenimiento programado para ese día.

$b = 2$ puesto que se realizaron dos movimientos.

Viernes₄: 2 (i, ii)

El cálculo de los días 18 y 29 del mes, se realizan de igual forma que el día cuatro del mes.

Para el día 10 del mes:

$M = I$ puesto que hizo falta completar esa programación de mantenimiento.

$m = iv$ puesto que hubo un movimiento consecuente del mes.

Continuación apéndice 12.

d_n = jueves diez del mes.

$n = 10$ que corresponde al décimo día del mes.

$a = 1/2$ que corresponde a la mitad de mantenimiento restante programado.

$b = 1$ puesto que se realizó un movimiento.

$$\text{Jueves}_{10}: \frac{1}{2} (I) + 1(iv)$$

Para el día 12 del mes:

Puesto que d_n es sábado, la variable puede ser $S1$ o $S2$ o $S3$ o $S4$ o $1m$. En este caso hubo un movimiento entonces es $1m$.

$m = v$ puesto que hubo un movimiento consecuente del mes.

$n = 12$ que corresponde al doceavo día del mes.

$$\text{Sábado}_{12}: 1(v)$$

Para el día 14 del mes:

$M = X$ puesto que hizo falta completar esa programación de mantenimiento.

$m = vi$ puesto que hubo un movimiento consecuente del mes.

d_n = lunes 14 del mes.

$n = 14$ que corresponde al décimo cuarto día del mes.

$a = 1/2$ que corresponde a la mitad de mantenimiento restante programado.

$b = 1$ puesto que se realizó un movimiento.

$$\text{Lunes}_{14}: \frac{1}{2} (X) + 1(vi)$$

Continuación apéndice 12.

Para el día 22 del mes, puesto que los mantenimientos preventivos programados ya han llegado a $M = XV$, resta terminar los mantenimientos pendientes por realizar o incompletos. De esta forma la ecuación a emplear es

$$d_p: aM + a_1M_1 + bm$$

$M = IV$ que es el mantenimiento que correspondía al día 4 del mes y no se realizó por los movimientos que se efectuaron.

$m = 0$ puesto que no hubo movimientos ese día.

$d_p =$ martes 22 del mes.

$p = 22$ que corresponde al vigésimo segundo día del mes.

$a = 1$ que corresponde al mantenimiento pendiente programado.

$b = 0$ puesto que no se realizó ningún movimiento.

$a_1 = 0$ puesto que no se realizó ningún mantenimiento pendiente de otro día programado.

$M_1 = 0$ puesto que no se realizó ninguna programación pendiente de otro día.

$$\text{Martes}_{22}: 1 (IV) + 0 + 0$$

$$\text{Martes}_{22}: IV$$

El cálculo de los días 23 y 28 del mes, se realizan de igual forma que el día 22 del mes.

Continuación apéndice 12.

Para el día 25 del mes:

$a = 0$ puesto que el día siguiente pendiente de realizar mantenimiento fue sábado.

$m = 0$ puesto que no hubo movimientos ese día.

$d_p =$ viernes 25 del mes.

$p = 25$ que corresponde al vigésimo quinto día del mes.

$b = 0$ puesto que no se realizó ningún movimiento.

$a_1 = 1/2$ puesto que se realizó el resto del mantenimiento pendiente de otro día programado.

$M_1 = X$ que es el código de mantenimiento pendiente de terminar.

$$Viernes_{25}: S2 + \frac{1}{2} (X) + 0$$

$$Viernes_{25}: S2 + \frac{1}{2} (X)$$

En el apéndice 13 se muestra la distribución de programaciones de mantenimientos y movimientos promedio según el mes del año en el departamento de Post Mix.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. Distribución de movimientos en el año 2009

ENERO						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	1	2	3 i y ii	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16 iii y iv	17	18 v y vi	19	20
21 vii y viii	22	23	24	25	26	27
28 ix y x	29 xi	30	31			

FEBRERO						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
				1 i	2	3
4	5 ii y iii	6	7	8	9 iv	10
11 v	12	13 vi y vii	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26 viii	27 ix y x	28 xi y xii			

MARZO						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
				1 i	2 ii	3
4 iii y iv	5	6 v	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27 vi	28 vii y viii	29 ix y x	30 xi y xii	31

Continuación apéndice 13.

ABRIL						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
1 i	2 ii	3 iii y iv	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17 v y vi	18 vi y vii	19	20	21
22	23	24	25	26 viii y x	27 xi	28
29 xii y xiii	30					

MAYO						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
		1 i y ii	2	3 iii	4 iv	5
6 v	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23 vi	24 vi y viii	25 ix	26
27	28	29 x	30 xi y xii	31		

JUNIO						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
					1	2
3	4	5 i	6 ii y iii	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21 iv	22 v	23
24 vi y vii	25	26 viii	27 ix y x	28 xi y xii	29	30

Continuación apéndice 13.

JULIO						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
1 i	2	3 ii	4	5	6	7
8	9 iii y iv	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24 v y vi	25	26 vii	27 viii	28
29 ix y x	30 xi y xii	31 xiii				

AGOSTO						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
			1 i y ii	2	3 iii	4
5 iv	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15 v	16 vi y vii	17	18
19	20	21	22	23	24 viii	25
26	27	28	29 ix y x	30 xi y xii	31	

SEPTIEMBRE						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
30 xiii						1
2	3	4	5	6	7 i	8
9 ii	10	11	12	13	14 iii	15
16 iv y v	17	18	19	20	21 vi	22
23	24	25	26 vii y viii	27 ix y x	28 xi y xii	29

Continuación apéndice 13.

OCTUBRE						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	1 i	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15 ii	16 iii y iv	17	18	19 v	20
21 vi	22 vii	23 viii	24	25	26	27
28	29	30 ix y x	31 xi y xii			

NOVIEMBRE						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
				1	2 i	3
4 ii y iii	5 iv	6 v	7	8	9 vi	10
11	12 vii	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23 viii	24
25 ix	26 x	27 xi	28	29	30	

DICIEMBRE						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
30	31 xii					1
2	3	4	5 i y ii	6 ii y iv	7 v	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19 vi y vii	20 viii	21	22
23	24	25	26 ix y x	27 xi	28	29

Fuente: elaboración propia.