

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION

“Generación de un plan de acción para la optimización del proceso de llenado de Gas L.P. cilíndrico y estacionario mediante el modelado de líneas de espera en el área de andén”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE :

MAESTRO EN INGENIERIA ADMINISTRATIVA

PRESENTA:

I.G.E. Uriel Polo García

DIRECTOR DE TESIS:

Dra. Alejandra Torres López

CO-DIRECTOR DE TESIS:

M.A.N. Karla Gonzáles Hidalgo

Apizaco, Tlaxcala, Junio de 2018

Apizaco, Tlax., 18 de Junio de 2018

ASUNTO: Aprobación del trabajo de Tesis de Maestría.

DR. JOSÉ FEDERICO CASCO VÁSQUEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN.
P R E S E N T E.

Por este medio se le informa a usted, que los integrantes de la **Comisión Revisora** para el trabajo de tesis de maestría que presenta el **I.G.E. URIEL POLO GARCÍA** con número de control **M11370598**, candidato al grado de **Maestro en Ingeniería Administrativa** y egresado del **Instituto Tecnológico de Apizaco**, cuyo tema es: **"Generación de un Plan de Acción para la Optimización del Proceso de llenado de Gas L.P. cilíndrico y estacionario mediante el modelado de líneas de espera en el área de anden"**, fue:

A P R O B A D O

Lo anterior, al valorar el trabajo profesional presentado por el candidato y constatar que las observaciones que con anterioridad se le marcaron así como correcciones sugeridas para su mejora ya han sido realizadas.

Por lo que se avala se continúe con los trámites pertinentes para su titulación.

Sin otro particular por el momento, le envié un cordial saludo.

LA COMISIÓN REVISORA


DRA. ALEJANDRA TORRES LÓPEZ


M.C. CRISANTO TENOPALA HERNÁNDEZ


M.A.N. KARLA GONZÁLEZ HIDALGO


M.A. ROSA CORTÉS AGUIRRE

C. p.- Interesado



Apizaco, Tlax., 25 de Junio de 2018

No. OFICIO: DEPI/239/18

ASUNTO: Se Autoriza Impresión de Tesis de Grado.

I.G.E. URIEL POLO GARCÍA
CANDIDATO AL GRADO DE MAESTRO
EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA
No. de Control: **M11370598**,
P R E S E N T E.

Por este medio me permito informar a usted, que por aprobación de la Comisión Revisora asignada para valorar el trabajo, mediante la Opción: I **Tesis de Grado por Proyecto de Investigación**, de la **Maestría en Ingeniería Administrativa**, que presenta con el tema: "GENERACIÓN DE UN PLAN DE ACCIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE LLENADO DE GAS L.P. CILÍNDRICO Y ESTACIONARIO MEDIANTE EL MODELADO DE LÍNEAS DE ESPERA EN EL ÁREA DE ANDEN" y conforme a lo establecido en el Procedimiento para la Obtención del Grado de Maestría en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios de Posgrado e Investigación a mi cargo le emite la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar un ejemplar del mismo debidamente encuadernado y seis copias en CD en formato PDF, para presentar su Acto de Recepción Profesional a la brevedad.

Sin otro particular por el momento, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE

EXCELENCIA EN EDUCACIÓN TECNOLÓGICA®
PENSAR PARA SERVIR, SERVIR PARA TRIUNFAR®


DR. JOSÉ FEDERICO CASCO VÁSQUEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN.



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE ESTUDIO
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

C.p.- Consecutivo.

JFCV/JJZG*mebr

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a dios por permitirme vivir esta experiencia y por poner en mi camino a personas que me guiaron cuando la incertidumbre me dominaba, ayudaron en los momentos complicados y motivaron para no disminuir las ganas y el empeño que esta meta requería.

En segundo lugar, a mis padres que siempre han sido la explicación a todas mis metas alcanzadas y esta no es la excepción ya que gracias a su ejemplo y educación que siempre he recibido de ellos he podido encontrar las fuerzas y el coraje para seguir adelante e intentar ser un buen alumno, compañero, amigo, hijo, esposo, hermano y persona. Gracias por ser las personas que siempre me empujan a ser mejor y por enseñarme que aun estando en el peor escenario existe una solución, que un momento de pensamientos claros pueden enderezar un rumbo que parece complicado o perdido, siempre serán el porqué de lo que soy y por la eternidad estaré agradecido por todo lo que me brindan a diario, gracias mamá por ser la mamá más mala del mundo, es lo mejor que me has dado, gracias papá por tu ejemplo de dedicación y orden, me has inspirado a intentar ser de la misma manera, los quiero mucho.

Gracias a mis hermanos que a pesar de la distancia están a mi lado todos los días y su ejemplo es uno de los principales motivantes que tengo para cumplir con mis metas, su apoyo y cariño han facilitado los rumbos que he tomado y que satisfactoriamente sigo recorriendo.

A mi esposa que estuvo apoyándome en todo momento desde que emprendí mi camino en esta meta que me propuse y que sin su respaldo esto hubiera resultado más complicado.

Gracias a mis nuevos amigos y amigas que compartieron este recorrido conmigo fue de verdad un placer compartir experiencias, adrenalina, frustración, nervios, emoción y felicidad en cada día que estuvimos juntos, su experiencia, conocimientos, así como su amistad es de lo más valioso que me regalaron.

Finalmente, gracias al Tecnológico de Apizaco, a sus docentes y especialmente a mi comité ya que este trabajo no hubiera sido posible sin sus conocimientos, ayuda y tiempo que este trabajo requería.

Resumen

El desarrollo de esta investigación estuvo enfocado en la empresa gasera “Caso de estudio” específicamente en el área de andén, donde llevan a cabo el proceso de llenado de cilindros, dicho proceso incluye actividades como el pintado y el sellado de los mismos. La problemática que trato la investigación fue el tiempo prolongado de espera de las rutas en esta área, de ello se detectaron varias causas que impactaban en el tiempo de operación las cuales se detectaron mediante la aplicación de muestreo de tiempos, estandarización, aplicación de modelos de teoría de colas, diagrama de Ishikawa y los 5 porque´s, todo esto con el objetivo de generar un plan de acción para la optimización del proceso de llenado de cilindros en esta área.

La investigación comenzó con la determinación de los fundamentos, seguido de los fundamentos teóricos, metodología, elaboración de un plan de acción para la optimización del proceso y finalmente conclusiones y recomendaciones.

La metodología ocupada en esta investigación incluyo puntos como el diagnóstico del proceso de llenado, toma de tiempos de cada una de las actividades que conforman el proceso, procesamiento de datos donde se utilizó estadística descriptiva, estandarización de tiempos, aplicación de los modelos de teoría de colas con un canal y un servidor además del multicanal con múltiples servidores y finalmente como ya se mencionó con anterioridad los 5 porque´s y el diagrama de Ishikawa. En base a los puntos antes mencionados fue posible dar conclusiones sobre cómo es que opera el andén así como las causas que originan la demora o tiempos ociosos en cada una de las actividades llevadas a cabo en el andén, dichas conclusiones y análisis permitieron la generación de estrategias enfocadas a disminuir el tiempo de espera de las 14 rutas que llegan diariamente a esta área, el resultado de la elaboración de estas estrategias fue la generación del plan de acción para la optimización del proceso de llenado.

En la parte final de la investigación fue posible aplicar parte de las estrategias propuestas en el plan de acción, cabe mencionar que las estrategias aplicadas fueron las que no requerían de recurso económico para su puesta en marcha pero que de igual manera tuvieron un impacto importante. Los resultados de esta aplicación trajeron beneficios como disminución de tiempo de espera de las rutas que entran al andén, disminución de la fatiga de los operarios, se agilizó el proceso de pintado y llenado, procesos que consumen la mayor parte del tiempo y en los cuales se encontraba la mayor parte del tiempo ocioso y finalmente se eliminaron actividades innecesarias para llevar a cabo el proceso. A pesar de no aplicar todas las estrategias propuestas los resultados fueron positivos y con muchas oportunidades para seguir mejorando.

Para concluir la investigación se hizo mención de las sugerencias hechas a la empresa y los trabajos futuros derivados de la culminación de este trabajo, haciendo énfasis en un estudio económico sobre el ahorro de pintura.

Introducción

El presente trabajo muestra el desarrollo de la investigación llevada a cabo en la empresa gasera “caso de estudio” en el área de andén. Esta investigación está dividida en 4 capítulos principales; el primero de ellos llamado “Fundamentos” se enfoca en dar a conocer y describir la problemática que se abordó, justificación, objetivo general y específicos, así como las preguntas de investigación, con el objetivo de dar a conocer el objeto de estudio en el que esta investigación se enfocó, lo que se quiere lograr y las interrogantes que busca contestar al finalizar el trabajo.

El capítulo dos de esta investigación llamado “Fundamentos teóricos” aborda investigaciones hechas recientemente con respecto a los ejes epistemológicos en los que se apoya este trabajo, es decir, el conocimiento frontera que conforma el estado del arte de dichos temas, los cuales nos ayuda a saber la actualidad de las investigaciones afines a esta. Por otro lado, se incluye de igual manera en este capítulo el marco teórico que está conformado por conceptos, modelos y técnicas con el fin de solventar el argumento teórico de esta investigación, así como ayudar en el desarrollo de la metodología.

El tercer capítulo de esta investigación describe la metodología que fue ocupada para llevar a cabo la investigación, desde la recopilación de información general del caso de estudio hasta sus conclusiones y propuestas. En esta parte se ve desarrollado de igual manera las herramientas ocupadas para el procesamiento de datos y el estudio de la problemática tratada, los fundamentos necesarios para concluir con el diagnóstico y la información requerida para presentar propuestas de mejora.

El cuarto capítulo de esta investigación presenta el plan de acción para la optimización del proceso de llenado de gas cilíndrico en el área antes mencionada. Este capítulo detalla las acciones que se proponen para reducir el tiempo de espera de las unidades repartidoras, cuáles son sus objetivos, líneas de acción e indicadores para cada una de las áreas que conforman el andén. Cabe mencionar que este plan de acción se formuló con base en el muestreo de tiempos y las actividades mencionadas anteriormente.

Finalmente, el capítulo quinto aborda las conclusiones de la investigación, así como sugerencias para la empresa “caso de estudio” con respecto a las estrategias aplicadas y las que faltaron por aplicar haciendo énfasis en darle continuidad a las estrategias aplicadas, de igual manera se mencionan los trabajos o investigaciones futuras consecuencia de la culminación de esta investigación la que abrió la puerta a nuevos enfoques como el económico dentro de la misma área y con esto seguir aprovechando las oportunidades de mejora aún existentes en el andén

ÍNDICE

CAPÍTULO I FUNDAMENTOS	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Planteamiento del problema	9
1.3 Justificación	10
1.4 Alcances	11
1.5 Limitaciones	11
1.6 Objetivo	11
1.6.1 Objetivos específicos	11
1.7 Preguntas de investigación	12
CAPITULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS	13
2.1 Estado del arte	13
2.1.1 Líneas de espera	13
2.1.2 Plan de acción	15
2.2 Marco teórico	19
2.2.1 Optimización	20
2.2.2 Líneas de espera	28
2.2.3 Plan de acción	41
2.3 Marco contextual	49
2.3.1 Demanda Regional y estatal de gas L.P.	49
2.3.2 Precios de Gas L.P.	51
2.3.3 Empresas gaseras en el estado de Tlaxcala	52
CAPITULO III METODOLOGÍA	54
3.1 Diagnóstico del proceso de llenado	55
3.1.1 Información general	55
3.1.2 Descripción del proceso	55
3.1.3 Toma de tiempos	58

3.2 Procesamiento de datos	58
3.2.1 Estandarización de tiempos	59
3.2.2 Tiempos ociosos	61
3.2.3 Aplicación del diagrama de Ishikawa	62
3.2.4 Aplicación de los 5 Porque´s en el área de andén	63
3.2.5 Aplicación del modelo de colas con un solo servidor y multicanal	64
3.3 Conclusiones del diagnóstico	67
3.4 Propuestas de mejora	68
3.5 Implementación al mes de enero del 2018	70
CAPITULO IV PLAN DE ACCIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE LLENADO EN EL ÁREA DE ANDÉN	74
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
ANEXOS	83
1.- Inventario y venta diaria de cilindros	83
2.- Muestreo de tiempos de descarga	84
3.- Muestreo de tiempos de pintado de cilindros de 30 kg	86
4.- Muestreo de tiempos de pintado de cilindros de 20 kg	86
5.- Muestreo de tiempos de llenado de cilindros de 30 kg	89
6.- Muestreo de tiempos de llenado de cilindros de 20 kg	90
7.- Muestreo de tiempos de sellado	95
8.- Muestreo de tiempos de carga	96
9.- Muestreo de tiempos y estadística descriptiva por ruta antes de implementación de estrategias.	98
10.- Muestreo de tiempos y estadística descriptiva por ruta después de implementación de estrategias (hasta enero 2018)	102
BIBLIOGRAFÍA	105

Índice de tablas

Capítulo I

Tabla 1.7. 1 Variables de estudio	12
---	----

Capítulo II

Tabla 2.2.2. 1 Características de operación del modelo básico	38
---	----

Tabla 2.3.1. 1 Ventas internas de gas L.P. por estado y región, 2004-2014 (Miles de barriles diarios).....	50
--	----

Capítulo III

Tabla 3.2. 1 Media y número de muestras por proceso	59
---	----

Tabla 3.2.1. 1 Suplementos para la estandarización de tiempos	59
---	----

Tabla 3.2.1. 2 Tiempo estándar de cilindros de 20 kg.....	60
---	----

Tabla 3.2.1. 3 Tiempo estándar de cilindros de 30 kg.....	60
---	----

Tabla 3.2.2. 1 Tiempos ociosos por ruta	61
---	----

Tabla 3.2.5. 1 Modelo de colas con un solo servidor aplicado al área de pintado	64
--	----

Tabla 3.2.5. 2 Modelo de colas con un solo servidor aplicado al área de pintado	67
--	----

Tabla 3.4. 1 Propuestas de mejora	69
---	----

Tabla 3.5. 1 Estandarización de tiempos después de las mejoras para cilindros de 20 kg	71
--	----

Tabla 3.5. 2 Estandarización de tiempos después de las mejoras para cilindros de 30 kg	71
--	----

Tabla 3.5. 3 Tiempos estándar antes y después de las mejoras.....	72
---	----

Capítulo IV

Tabla 4. 1 Estrategias propuestas para el área de descarga	74
--	----

Tabla 4. 2 Estrategias propuestas para el área de pintado	75
---	----

Tabla 4. 3 Estrategias propuestas para el área de inyectado	76
---	----

Tabla 4. 4 Estrategias propuestas para el área de sellado y carga.....	77
--	----

Índice de figuras

Capítulo II

Figura 2.2.2. 1 Tipos de colas	34
Figura 2.2.2. 2 Costes del servicio	37

Figura 2.3.2. 1 Precios de vpm y público de gas L.P., 2004-2014 (pesos por kilogramo).....	52
--	----

Capítulo III

Figura 3. 1 Metodología	54
-------------------------------	----

Figura 3.1.2. 1 Diagrama de flujo proceso de llenado de cilindros	57
---	----

Figura 3.2.3. 1 Diagrama de Ishikawa	62
--	----

Capítulo I Fundamentos

En este capítulo se dará a conocer los antecedentes de la investigación concernientes a plan de acción e investigación de operaciones, el planteamiento del problema que se identificó y en el cual se centró dicha investigación, así como sus alcances, limitaciones, objetivo general y específico y finalmente las preguntas de investigación que servirán de guía para lograr los propósitos que se han establecido.

1.1 Antecedentes

Según Gómez (1994) la organización es un tema muy importante dentro de la planeación y desarrollo de las empresas, que debe tratarse no solamente con cuidado, debido a que es fundamental para la planeación de empresas en sus etapas de estructuración y operación, sino como realismo, porque tiene valor solo cuando es llevado a la práctica. Es decir, no se puede concebir que la capacidad de una empresa para conservar su poder competitivo y lograr altas tasas de crecimiento se deba a la casualidad, sino que depende en gran parte de la planeación de sus actividades, de sus programas de nuevos productos y de la puesta en práctica de los mismos.

El hombre de empresa ha hecho un esfuerzo constante por precisar las directrices que norman los complejos problemas de la administración, con base en el continuo estudio de los métodos de trabajo. No puede pensarse en dejar al azar el éxito de una empresa, ni su organización puede permanecer estática, pues se volvería obsoleta; los cambios en la técnicas y procedimientos indican la mejor manera de actuar al planear u organizar su estructura.

En la actualidad, los directivos de las empresas se han percatado de que, para la buena marcha y funcionamiento de un negocio, se requieren técnicas de planeación y administración científica que vengan a resolver los problemas especiales que se presentan.

La organización de una empresa requiere normalmente la planeación y verificación periódica para saber si la estructura de la organización cubre las necesidades actuales y futuras.

Capítulo I Fundamentos

Ninguna empresa puede alcanzar el buen éxito si no tiene una administración competente. La obtención de resultados mediante esfuerzo de otros requiere normalmente de planeación. Un administrador debe planear los esfuerzos que le permitan alcanzar los resultados deseados.

Planear es tan importante como realizar, porque:

- La eficiencia es un resultado del orden, no puede venir del acaso ni de la improvisación.
- Así como en la parte dinámica lo central es dirigir, en la parte mecánica lo básico es planear: si administrar es “realizar a través de otros”, se necesita primero hacer planes sobre la forma en que esa acción habrá de coordinarse.
- El objetivo (señalado en la previsión) será infecundo si los planes no lo detallan para que pueda ser realizado íntegra y eficazmente; lo que en la previsión se descubrió como posible y conveniente, se afina y corrige en la planeación.
- Todo plan tiende a ser económico: aunque no dé esa impresión porque cualquier plan consume tiempo, que por lo distante de su realización puede parecer innecesario e infecundo.
- Todo control es imposible si no se compara con un plan previo. Sin plan se trabaja a ciegas.

La planeación permite elaborar un patrón o modelo completo de trabajo a realizar y suministra las bases sobre las cuales obrarán las otras funciones directivas. Ningún administrador puede organizar, ejecutar y controlar con éxito por mucho tiempo, a menos que antes haya planeado.

Concretamente, lo que se quiere decir es que la planeación ha sido reconocida desde tiempos remotos como una función básica en la dirección y administración de cualquier empresa.

S. Hiller & J. Lieberman (2006) mencionan que desde el advenimiento de la revolución industrial, el mundo ha sido testigo de un crecimiento importante del tamaño y la complejidad de las organizaciones. Los pequeños talleres artesanales de épocas

anteriores se convirtieron en las corporaciones actuales de miles de millones de dólares. Una parte integral de este cambio revolucionario fue el gran aumento de la división de trabajo y de la separación de las responsabilidades administrativas en estas organizaciones. Los resultados han sido espectaculares. Sin embargo, junto con los beneficios, el aumento del grado de especialización trajo consigo problemas nuevos que aún existen en numerosas organizaciones. Uno de estos es la tendencia de algunos componentes de alguna organización a convertirse en imperios con autonomía relativa, con sus propias metas y sistemas de valores; de esta manera pierden de vista como sus actividades y objetivos se acoplan a los de toda la organización. Con frecuencia, lo que es mejor para un componente va en detrimento de otro, de forma que sus acciones pueden caminar hacia objetivos opuestos.

Un problema relacionado es que, en la medida que aumenta la complejidad y la especialización, es más difícil asignar los recursos disponibles a las diferentes actividades de la manera más eficaz para la organización como un todo. Este tipo de problemas y la necesidad de encontrar la mejor forma de resolverlos crearon el ambiente propicio para el surgimiento de la Investigación de Operaciones (IO).

Las raíces de la IO pueden encontrarse muchas décadas atrás, cuando se hicieron los primeros intentos por emplear el método científico en la administración de una empresa. Sin embargo, el inicio de la actividad llamada IO es atribuible a ciertos servicios militares prestados al inicio de la segunda guerra mundial. Debido a los esfuerzos bélicos, existía la urgente necesidad de asignar recursos escasos a las distintas maniobras militares y a las actividades que componían cada operación de la manera más eficaz. Por esto, las administraciones militares estadounidenses y británicas llamaron a un gran número de científicos para que aplicaran el método científico a este y otros problemas estratégico y tácticos. De hecho, les fue solicitado que hicieran investigación sobre operaciones – militares-.

Estos grupos de científicos fueron los primeros equipos de IO. Debido al desarrollo de métodos eficaces para utilizar la nueva herramienta que representaba el radar, los

científicos contribuyeron al triunfo de la batalla aérea que libró Gran Bretaña. Sus investigaciones para mejorar el manejo de las operaciones antisubmarinas y de protección, también tuvieron un papel importante en la victoria de la campaña del Atlántico Norte. Esfuerzos militares fueron de gran ayuda en la campaña del pacífico.

Al terminar la guerra, el éxito de IO en las actividades bélicas generó gran interés por sus aplicaciones en un ámbito distinto al militar. Una vez que la explosión militar posterior a la guerra siguió su curso, los problemas provocados por el aumento de la complejidad y la especialización en las organizaciones pasaron de nuevo al primer plano. Entonces comenzó a ser evidente para un gran número de personas, entre ellas los consultores industriales que habían trabajado con o para los equipos de IO durante la guerra, que estos problemas eran en esencia los mismo que debían enfrentar los militares, pero en contexto diferente.

Al inicio de la década de los cincuenta, estos visionarios introdujeron el uso de IO en una serie de organizaciones industriales, de negocios y el gobierno. Desde entonces, se ha desarrollado con rapidez.

Es posible identificar por lo menos otros dos factores que tuvieron gran importancia en el desarrollo de la IO durante este periodo. Uno es el progreso sustancial logrado con anterioridad en el mejoramiento de técnicas disponibles. Después de la guerra, muchos de los científicos que habían participado en equipos de IO o que tenían información sobre este trabajo, estaban motivados para buscar resultados relevantes en el campo, de lo cual resultaron avances importantes; un ejemplo sobresaliente es el método Simplex para resolver problemas de programación Lineal, desarrollado en 1947 por George Dantzing. Muchas de las herramientas características de la IO, como Programación Lineal, Programación Dinámica, Teoría de Colas y teoría de Inventarios, habían sido desarrolladas casi por completo antes del término de la década de los cincuenta.

Un segundo factor que dió gran impulso al desarrollo de este campo fue, la revolución de las computadoras. El manejo eficaz de los complejos problemas inherentes a la IO, casi siempre requiere un gran número de cálculos. Realizarlos de forma manual puede resultar casi imposible, por lo cual el desarrollo de la computadora electrónica digital, con su capacidad para hacer cálculos aritméticos, miles o tal vez millones de veces más rápido que los seres humanos, fue una gran ayuda para la IO. Otro avance tuvo lugar en la década de los años ochenta, cuando el desarrollo de computadoras personales cada vez más rápidas y de buenos paquetes de software para resolver problemas de IO. Así, las técnicas más complejas estuvieron al alcance de un gran número de personas. Hoy día, millones de individuos tienen acceso a estos paquetes y el uso de toda una gama de computadoras, desde las grandes hasta las portátiles, para resolver problemas de IO es cotidiano.

1.2 Planteamiento del problema

El éxito de una empresa está sujeta a las técnicas, procesos y procedimientos que se aplican dentro de la misma, así como el desarrollo de las herramientas necesarias para lograr los objetivos que se persiguen.

Es de gran importancia que las empresas lleven a cabo formas de trabajo basados en la optimización de sus recursos, que conlleven a la disminución de desperdicios, los cuales puedan impactar tanto en los productos como en la satisfacción de sus clientes.

Dentro de la diversidad del sector empresarial, las empresas gaseras, debido a la naturaleza de su proceso (llenado de gas L.P. para cilindro y pipas), es de gran importancia que trabajen con enfoques de optimización, ya que no se puede realizar re trabajos. Ruiz Saes (2015) dice que en las empresas gaseras, más allá de cumplir con protocolos administrativos y de seguridad, generalmente sus procesos de llenado de cilindros presentan complicaciones, tales como: tiempos elevados de operación, disponibilidad de cilindros para poder ser envasados, falta de stock de cilindros llenos y listos para ocuparse, ausencia del personal operativo, funcionamiento óptimo de las basculas electrónicas y Abad Matute & Weinsner Falconí (2009) añaden problemáticas como la organización de los puestos de trabajo, personal en puestos innecesarios,

tiempos muertos, puestos innecesarios en el área, falta de capacitación del personal y merma.

La empresa “Caso de estudio” donde bajo éste escenario la empresa enfrenta situaciones relacionadas con las problemáticas antes mencionadas, las cuales generan demoras en el proceso de llenado de cilindros, por ejemplo, los tanques no están clasificados a la hora de descargar (vacíos, llenos y defectuosos), el proceso de pintado se lleva a cabo en un área apartada de los inyectores y es realizada manualmente por máximo 2 personas, hay 5 inyectores disponibles para llenar tanques y la falta de organización provoca que el proceso de sellado sea tardado aunado a que no se trabaja bajo un enfoque de optimización ni trabajo en equipo.

Dichas actividades del proceso requieren de tiempos distintos en las diferentes estaciones que lo conforman y debido a las demoras generadas en cada uno de ellos se crean líneas de espera prolongadas en las unidades encargadas de la distribución de gas cilíndrico, fatiga en el personal encargado del área e inconformidades por la espera del abastecimiento de cilindros llenos.

1.3 Justificación

Las tres razones que motivan a la realización de la presente investigación son las siguientes:

Conveniencia: El llevar a cabo esta investigación le resulta conveniente a la empresa ya que le proporcionará un plan de acción para optimizar sus procesos por medio de información proporcionada y solventada por un modelo matemático.

Relevancia social: Los beneficios de esta investigación tendrán impacto en las actividades que desempeñan los trabajadores en las diferentes estaciones del andén mediante la disminución de los retrasos generados por las distintas problemáticas antes mencionadas.

Económico: Con la optimización de los recursos necesarios para los procesos dentro del andén a través de la aplicación del plan de acción, la empresa obtendrá un beneficio económico consecuencia de llevar a cabo las estrategias propuestas por el

plan de acción, cabe mencionar que esta investigación no está enfocada en llevar a cabo un estudio económico.

1.4 Alcances

Los esfuerzos que se llevarán a cabo durante la investigación se observarán enfocados a la empresa “Caso de estudio” y los efectos de la misma se verán reflejados en el área de andén.

1.5 Limitaciones

- La obtención del visto bueno por parte de la empresa con respecto a las estrategias propuestas por el plan de acción para poder valorar el resultado de las mismas.
- Los procesos llevados a cabo dentro del andén no están estandarizados por lo cual hay que llevar a cabo investigación de campo para la obtención de información con respecto a las operaciones llevadas a cabo en dichos procesos.
- Los trabajadores de nuevo ingreso no cuentan con un programa de capacitación por lo que pueden presentar dificultades al desempeñar sus funciones dentro del andén.

1.6 Objetivo

Generar un plan de acción para optimizar el proceso llevado a cabo en el andén y con esto disminuir el tiempo de espera de las unidades repartidoras.

1.6.1 Objetivos específicos

- Determinar los tiempos estándar y movimientos en las actividades correspondientes al llenado de cilindros.
- Eliminar las actividades que no son necesarias para llevar a cabo el proceso dentro del andén y que conduzca a la optimización de los recursos e identificar las necesarias.
- Aplicación de técnicas para la optimización de procesos y generar una propuesta de un plan de acción y estrategias necesarias que permitan una mejora al proceso.

1.7 Preguntas de investigación

1. ¿De qué manera la generación de un plan de acción contribuirá a la optimización del proceso en el área de andén?
2. ¿Cuál es el impacto generado por las estrategias implementadas?

Las variables identificadas se muestran en la Tabla 1.7.1

Tabla 1.7. 1 Variables de estudio

Dependiente	Independiente
Modelado del Abastecimiento de unidades repartidoras	Tiempo de: <ul style="list-style-type: none">• Descarga de los cilindros• Pintado de los cilindros• Inyectado de gas a los cilindros• Sellado de cilindros• Carga de cilindros a las unidades repartidoras

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Capítulo II Fundamentos teóricos

Más allá de cumplir con los propósitos con los que se diseñan los procesos, resulta relevante para la organización saber la forma en que se llevan a cabo, de aquí radica la importancia de estudiar el funcionamiento del mismo, por lo que se deberá establecer una metodología para investigar, procesar e interpretar la información que se obtiene para apoyar la toma de decisiones.

Bajo este escenario, en este capítulo se muestra el estado del arte, establecido en ejes epistemológicos, con el fin obtener un conocimiento frontera de tópicos referente al diseño de estrategias y planes de acción para el mejoramiento de procesos y optimización. Por lo que los ejes respectivos son: 1) Líneas de espera; 2) Plan de acción y optimización.

De igual manera se muestra el desarrollo del marco teórico el cual muestra la bibliografía ocupada para el soporte de la investigación. Al igual que el estado del arte se encuentra dividido por los ejes epistemológicos antes mencionados.

Finalmente se muestra la investigación concerniente al marco contextual para conocer el contexto en el que está sumergida la empresa “caso de estudio” y considerar aspectos relevantes para el desarrollo de esta investigación.

2.1 Estado del arte

2.1.1 Líneas de espera

Análisis de líneas de espera a través de teoría de colas y simulación

En este artículo de Portilla & Montoya Arias (2010) se llevó a cabo el estudio del comportamiento de una cola preferencial de una sucursal bancaria, esto con el fin de presentar las utilidades de aplicar los conceptos de Teoría de colas para luego compararlo con el modelo de simulación.

Se aplicó un muestreo sistemático para el tiempo de servicio del cajero, así como para las llegadas de los clientes a la cola en horas que no eran consideradas “pico”, con información tabulada se aplicó una prueba estadística de bondad de ajuste para

Capítulo II Fundamentos teóricos

determinar que distribución probabilística seguían los datos. El estadístico de prueba fue Chi cuadrada.

Con base en lo anterior el modelo de Teoría de Colas a utilizar es el “M/M/1”.

Con la información obtenida se calculó:

- Porcentaje de utilización del sistema
- Cantidad promedio de clientes en la cola
- Cantidad promedio de clientes en el sistema
- Tiempo promedio de un cliente en el sistema

Por otra parte, se llevó a cabo la aplicación del Modelo de Simulación a través del software Promodel Student (versión 7) esto con el fin de comparar los resultados obtenido de manera teórica con los datos de la simulación.

Ambos métodos coinciden en que en este caso de estudio el sistema está siendo subutilizado debido a que el porcentaje de utilización es de 65% quedando un 35% libre. Una ventaja de haber utilizado la simulación es que proporciona datos adicionales que permiten tener un panorama más amplio de lo que ocurre en el sistema profundizando en la información.

Se recomienda ampliamente el uso de simuladores ya que se pueden llevar a cabo cambios y ajustes al modelo con la seguridad y tranquilidad de que los resultados obtenidos serán muy parecidos a la realidad.

Propiedades de sistemas tipo M/G/1/K con estaciones en serie

Hernández Gonzáles & Hernández Ripalda (2015) llevaron a cabo un estudio y análisis de los sistemas de líneas de para calcular las propiedades con un alto grado de exactitud; de especial interés son los sistemas con estaciones en serie y capacidad limitada en la línea de espera (comúnmente llamado buffer). Este trabajo tiene como objetivos:

Capítulo II Fundamentos teóricos

1. Presentar una adecuación a un método conocido, que permite calcular analíticamente las propiedades de sistemas M/G/1/K en serie.
2. Validar y cuantificar el grado de exactitud del método con las adecuaciones propuestas.

Se realizó un conjunto de pruebas para verificar el desempeño del método en el cálculo de las propiedades de sistemas tipo M/G/1 en serie.

Las pruebas se dividieron en dos partes. En la primera serie se considera que todas las estaciones tienen el mismo tiempo de servicio, en la segunda serie de pruebas, se consideró que la estación central es el cuello de botella del sistema; los resultados obtenidos de manera analítica se validaron mediante simulación.

Para validar los resultados obtenidos con el método analítico se construyó el modelo respectivo de simulación en el paquete Arena (Altiok y Melamed 2007), se utilizó una tasa de llegadas $\lambda = 1$ de tipo exponencial; en el mismo modelo de simulación se utilizó la función de distribución gamma para los tiempos de servicio.

En la segunda serie de experimentos se estudió la capacidad del método analítico para predecir las propiedades de sistemas que tienen cuello de botella.

La adecuación propuesta en este trabajo permite calcular las propiedades de sistemas M/G//K con estaciones en serie.

2.1.2 Plan de acción

Extensión en ciencias de la salud. Plan de acción social. Universidad de Carabobo, Venezuela

Corado, Arteaga, & Pérez (2014) presentan el plan de acción social llamado "PAS-FCS" surgido de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Carabobo, con la pretensión de impulsar, aún más, la atención primaria integral, la holística, la orientada a la comunidad, como modelo que realmente de respuesta a las necesidades socio-sanitarias de las comunidades en el ámbito de la extensión universitarias.

La misión, objetivo y visión del PAS-FCS enmarca dos actividades básicas:

Capítulo II Fundamentos teóricos

1. La primera, la promoción de la salud: centrada en la educación para la salud, específicamente, en temas relacionados con el cuidado.
2. Y la preservación de la misma.

Salud de la comunidad

Visión: La realidad social en la formación del profesional de salud

Misión: El referente de las actividades académicas, de extensión e investigación mediante el posicionamiento local del cuidado integral de la salud

Objetivo: Incorporar el enfoque familiar, comunitario e interdisciplinario en la formación del egreso de la FCS y en elaboración profesional de proyectos sociales en salud, ambos aspectos orientados en los ejes humanístico, social, cultural, biológico, de investigación y extensión.

Plan de acciones para mejorar resultados de exámenes estatales. Perfil Terapia Física y Rehabilitación.

Este artículo de Núñez Martínez & Suaárez Denis (2014) fue realizado partir del análisis realizado sobre los resultados del examen estatal de los 21 perfiles de la carrera Licenciatura en Tecnología de la salud de la provincia de Cienfuegos, en los cursos escolares 2008-2009 y 2009- 2010, se determinaron los cuatro perfiles con mayor cantidad de suspensos en el ejercicio teórico del examen estatal, de los cuales Terapia Física y Rehabilitación, fue el perfil que mayor incidencia presentó en el curso escolar 2009- 2010.

El objetivo de la investigación fue aplicar acciones para mejorar los resultados académicos del ejercicio teórico del examen estatal de estudiantes del perfil Terapia Física y Rehabilitación.

El método consistió en realizar un estudio de intervención, de antes y después, durante el período de julio 2008 a julio 2012, las variables estudiadas fueron: curso académico, resultado del examen estatal y calidad en el examen estatal.

Capítulo II Fundamentos teóricos

Para elaborar el plan de mejoras, se establecieron dimensiones, indicadores objetivos y acciones.

Se solicitó información a 16 expertos, con el objetivo de validar la propuesta del plan de acciones a través del método del Ábaco de Rágnier, en base a los criterios de credibilidad, factibilidad y sustentabilidad. En este método se utilizaron tres fases: recogida de opinión de los expertos, tratamiento de datos y análisis de los criterios emitidos.

Al triangular la información recogida a través del análisis documental, las encuestas y las entrevistas realizadas, se constataron puntos coincidentes, que fueron agrupados en:

- Dimensión del sistema de evaluación para el indicador claustro docente.
- Análisis del indicador desarrollo de la práctica profesional.
- Dimensión ejecución del sistema de evaluación.
- Indicadores referidos a exámenes finales aplicados al concluir las asignaturas
- Indicador de elaboración y calificación de exámenes.
- Indicador de ejercicio práctico del examen estatal.
- Indicador cuestionario del ejercicio teórico del examen estatal.
- Sistema de objetivos a evaluar y objetivos evaluados.
- Indicador de directivos
- Diseño y validación del plan de mejoras

El plan de mejoras diseñado se concibió a través de las dimensiones e indicadores ya mencionados, los que sirven de guía para llegar al planteamiento de 21 acciones medidas concretas. Para cada indicador se determinó el objetivo a cumplir y las acciones a desarrollar, así como el responsable y la fecha de ejecución o plazo de cumplimiento.

El plan de acción mundial de la FAO sobre los recursos zoogenéticos y su aplicación en Latinoamérica y el Caribe.

El artículo Da silva (2014) contiene información sobre la situación de los Recursos Zoogenéticos Mundiales para la Alimentación y la Agricultura FAO 2010.

Este informe mundial fue elaborado sobre la base de 169 informes nacionales, nueve informes de organizaciones internacionales y trece estudios temáticos. De acuerdo a la información recopilada en el informe mundial, actualmente muchos de estos recursos se están extinguiendo, lo que hizo que la FAO elaborara el Plan de Acción Mundial sobre los recursos Zoogenéticos.

El plan de acción se compone de tres partes:

- Fundamento del Plan de Acción Mundial sobre los Recursos Zoogenéticos.
- Prioridades Estratégicas para la Acción.
- Aplicación y financiación del Plan de Acción.

Análisis del Plan de Acción del humedal Torca, con base en la evaluación ambiental Estratégica

En este artículo Díaz Lozano & Hernández Bravo (2015) nos dicen que la Convención de Ramsar determinó la necesidad de que los países cooperen en la conservación de los humedales, para contribuir al logro del desarrollo sostenible del planeta; esto implica la intervención del ser humano mediante estrategias que atribuyan a la conservación de estos hábitats.

El objetivo general de esta investigación fue analizar el Plan de Acción del humedal Torca, con base en la Evaluación Ambiental Estratégica, con el fin de contribuir a su conservación.

Metodología

- Análisis de la gestión ambiental distrital sobre el humedal Torca.
- Diagnóstico ambiental.

Capítulo II Fundamentos teóricos

- Determinación del estado actual de la política distrital de humedales y del plan de acción del humedal Torca
- Evaluación ambiental de opciones.
- Prevención y seguimiento.

La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) es una orientación metodológica importante en el proceso de planificación para la incorporación de la dimensión ambiental en una política, plan o programa, para el presente caso, en el Plan de Acción del humedal Torca.

Con base en la EAE, se aplicó un diagnóstico focalizado al caso de estudio, el cual se basa en la descripción, lo más objetiva posible, de un ámbito de la realidad.

2.2 Marco teórico

Para soportar la presente investigación es de gran importancia tener conocimiento de conceptos, teorías y modelos matemáticos con los que ésta se desarrollará. Conocer las definiciones y el funcionamiento de los modelos resulta relevante ya que se necesita saber con exactitud que herramienta o modelo utilizar en función a las características de la problemática con que se está trabajando

El presente marco teórico aporta definiciones de los conceptos concernientes a los ejes epistemológicos en los que esta investigación esta solventada, así como las teorías y modelos matemáticos necesarios para ayudar al desarrollo de la misma, como aportan a la investigación y de qué manera su funcionamiento ayudara a facilitar la toma de decisiones y la resolución de la problemática a tratar.

Se empieza por explicar de manera breve el surgimiento de investigación de operaciones y su fuerte impacto en la ayuda de la toma de decisiones, seguido de los modelos con los que se pretende aplicar dependiendo de las características del sistema del caso de estudio, esto con respecto a líneas de espera, plan de acción y optimización.

2.2.1 Optimización

Según A. Taha (1995) la investigación de operaciones (IO) aspira a determinar el mejor curso de acción (óptimo) de un problema de decisión con la restricción de recursos limitados. Aunque las matemáticas y los modelos matemáticos representan una piedra angular de IO, la labor consiste más en resolver un problema que en construir y resolver modelos matemáticos. Específicamente, los problemas de decisión suelen incluir importantes factores intangibles que no se pueden traducir directamente en términos del modelo matemático.

Gonzáles Ariza (2016) menciona que utilizando métodos determinísticos y probabilísticos, la investigación de operaciones permite encontrar soluciones óptimas a los problemas originados en la actividad de la empresa, además de simular las diversas políticas, con lo que se limitan los riesgos de decisión.

Naturaleza de la investigación de operaciones

Moskowitz & P. Wright (1982) nos dicen que a medida que se desarrolló la disciplina de la investigación de operaciones, se escogieron varios nombres para capturar los matices sutiles de cada dominio particular de la actividad en cada campo. Los adjetivos que se usaban frecuentemente eran “investigación de operaciones”, “análisis costo beneficio”, “ciencias de la administración”, “análisis operacional”, “ciencias de decisión” y otros. No hay necesidad de enumerar designaciones posteriores o intentar explicar las diferencias entre varios calificativos, puesto que estos crearían más calor que luz.

Por conveniencia, y con precisión razonable, podemos definir simplemente la investigación de operaciones como el método científico aplicado a la solución de problemas y a la toma de decisiones por la gerencia, que abarca todos estos adjetivos. Un enfoque de investigación de operaciones abarca:

1. Construir un modelo simbólico (usualmente matemático) que extrae los elementos esenciales de un problema de decisión de la vida real que es

inherentemente, complejo e incierto, de tal manera que se pueda optimizar una solución importante para los objetivos del tomador de decisiones.

2. Examinar y analizar las relaciones que determinan las consecuencias de la decisión realizada y comprar el mérito relativo de acciones alternas con los objetivos del tomador de decisión.
3. Desarrollar una técnica de decisión que comprenda teoría matemática, si es necesario, y que conduzca a un valor óptimo basado en los objetivos del tomador de decisiones.

La investigación de operaciones se aplica tanto a problemas tácticos y estratégicos (problemas relativos en naturaleza y que no requieren entradas subjetivas) de la organización. Ejemplos de este tipo de problemas comprende la programación de producción y el control de inventarios – el balanceo de líneas de ensamble, el mantenimiento y reparación de las instalaciones, planes de inspección para el control e intervención de calidad y el número de estaciones que atienden una cola. Los problemas estratégicos tienen una orientación y una planeación más global, apoyándose en las operaciones diarias de la organización en forma indirecta. Como ejemplos de estos problemas tenemos el desarrollo de un programa a largo plazo para la expansión de la planta, la selección de sitios para una planta, la determinación de posturas estratégicas para la disuasión, asignación de recursos para exploración del espacio, desarrollo de programas para ayudar al necesitado, incrementar la educación de minorías en desventaja y la promoción del desarrollo urbano.

Características de la investigación de operaciones

Quizá la mejor manera de captar la naturaleza única de la investigación de operaciones es examinar sus características.

Enfoque. El enfoque principal de un estudio de investigación de operaciones es en la toma de decisiones. Esto es, el resultado principal del análisis debe tener implicaciones directas y no ambiguas para la acción gerencial.

Capítulo II Fundamentos teóricos

Áreas de aplicación. La investigación de operaciones se aplica a problemas que tienen que ver con la conducción y coordinación de operaciones y actividades de una organización. La naturaleza de la organización no es importante, En realidad la investigación de operaciones ha sido aplicada extensamente en una diversidad de áreas - tales como negocios, industria, hospitales y el gobierno.

Enfoque metodológico. La investigación de operaciones utiliza el método científico. Específicamente. El proceso comienza con la observación cuidadosa y la formulación del problema. El siguiente paso es construir un modelo científico (típicamente matemático o por simulación) que trate de abstraer la esencia del problema real. De este modelo, se obtiene conclusiones y soluciones que también son válidas para el problema real. En una forma iterativa, el modelo se verifica por medio de experimentación adecuada.

Objetivo. La investigación de operaciones intenta encontrar la solución mejor u optima del problema en consideración. Para hacer esto, es necesario definir una medida de efectividad que tome en cuenta las metas de la organización. Esta medida se utiliza entonces para comparar acciones alternas.

Equipo de enfoque interdisciplinario. Ningún individuo puede tener un conocimiento total de todos los aspectos de la investigación de operaciones o de los problemas que se tratan, esto requerirá un grupo de individuos que tengan conocimientos y habilidades diversas, indicando la necesidad de un enfoque de equipo. El equipo debe ser interdisciplinario, que comprenda individuos con habilidades en matemáticas, estadística, economía, administración, ciencias de los computadores, ingeniería y sociología.

Computador digital. La mayoría de los estudios de investigación de operaciones requiere del uso de un computador. Esto puede deberse a la complejidad del modelo matemático, el volumen de datos que deben manipularse o las necesidades de computo que deben realizarse.

Construcción del modelo: Un enfoque de sistemas

Modelos y modelaje

El modelaje es la esencia del enfoque de la investigación de operaciones. El construir un modelo, ayuda a colocar los aspectos complejos e inciertos de un problema de decisión en una estructura lógica que es adecuada para el análisis formal. Este modelo especifica las alternativas de la decisión y sus consecuencias anticipadas para todos los eventos posibles que puedan ocurrir, indica los datos importantes para analizar las alternativas y conduce a conclusiones gerenciales que informan y tienen sentido. En resumen, un modelo es un vehículo para lograr una visión bien estructurada de la realidad.

¿Qué es un modelo? Un modelo es una abstracción o una representación idealizada de un sistema de la vida real. El propósito del modelo es proporcionar un medio para analizar el comportamiento del sistema con el fin de mejorar su desempeño. O si el sistema no existe todavía, para definir la estructura ideal de este sistema futuro indicando las relaciones funcionales entre sus elementos. La realidad de la solución obtenida del modelo depende de la validez de él para representar el sistema real. Entre más grande sea la discrepancia entre la salida del modelo y el mundo real, más impreciso es el modelo para describir el comportamiento del sistema original. Una ventaja importante de un modelo es que le permite a uno examinar el comportamiento del sistema sin interferir la operación que se está realizando.

Para poder obtener la abstracción, los modelos se clasifican como (1) icónicos, (2) análogos, o (3) simbólicos. Los modelos icónicos son la representación física, a escala reducida o aumentada de un sistema real. Los modelos análogos esencialmente requieren de la sustitución de una propiedad por otra con el fin de permitir la manipulación del modelo. Después de resolver el problema, la solución se interpreta de acuerdo al sistema original. Por ejemplo, un modelo de redes eléctricas puede utilizarse como un modelo análogo para el estudio de flujo en un sistema de transporte.

Finalmente, y los más importantes para la investigación de operaciones, los modelos simbólicos o matemáticos emplean un conjunto de símbolos matemáticos y funciones

Capítulo II Fundamentos teóricos

para representar las variables de decisión y sus relaciones para describir el comportamiento del sistema. La solución del problema se obtiene aplicando técnicas matemáticas conocidas (tales como programación lineal) al modelo. En investigación de operaciones, los modelos son casi siempre matemáticos, y por consiguiente representaciones aproximadas de la realidad. El uso de las matemáticas como lenguaje para representar el modelo tiene la ventaja de ser compacto y nos permite aprovechar los computadores de alta velocidad y técnicas de solución con matemáticas avanzadas.

El desarrollo del computador ha conducido al uso de otros tipos de modelaje en investigación de operaciones: (1) modelos de simulación y (2) modelos heurísticos. Los modelos de simulación son generalmente programas de computador que replican el comportamiento de un sistema utilizando el computador. La estadística que describe las diversas medidas de desempeño del sistema se acumulan a medida que la simulación avanza en el computador. El modelaje por simulación es más flexible que el modelaje matemático y por consiguiente puede utilizarse para representar sistemas complejos que de otra manera no podrían formularse matemáticamente. Por otra parte, los resultados de la simulación son inherentes por naturaleza, y por consiguiente imprecisos y el desarrollo y utilización de un modelo de simulación puede ser muy costoso.

Los modelos heurísticos son esencialmente moldeos que emplean reglas intuitivas o ciertas guías tratando de generar nuevas estrategias que se traduzcan en soluciones mejoradas. Esto contrasta con los modelos matemáticos y de simulación, en donde las estrategias generalmente están bien definidas. Los modelos heurísticos no pretenden obtener soluciones óptimas de un problema. Un ejemplo de un modelo heurístico podría ser: “atienda todos los clientes de una línea sobre la base de que le primero que llega se atiende”.

El resultado del ejercicio exitoso de construcción de un modelo es entonces, un modelo, que ayudará al tomador de decisiones a realizar la elección que sea más conmensurable con sus metas, indicando aquellas variables de mayor importancia en

Capítulo II Fundamentos teóricos

la decisión y reflejando las suposiciones de simplificación que puedan introducirse sin distorsionar la naturaleza básica del problema original. Siempre intente construir un modelo tan simple como sea posible. Las ventajas de un modelo simple son: (1) es económico en términos de tiempo, costos y pensamiento; (2) puede ser comprendido más fácilmente por el tomador de decisiones; y (3) si es necesario, el modelo puede alterarse fácil y efectivamente.

Tipos de modelos de investigación

A. Taha (1995) menciona que la mayoría de las aplicaciones del modelo de investigación de operaciones, se supone que la función objetivo y las restricciones del modelo se pueden expresar en forma cuantitativa o matemática como funciones de las variables de decisión. En este caso, decimos que tratamos con un modelo matemático.

Un enfoque diferente a la representación por medio de modelos de sistemas (complejos) consiste en utilizar la simulación. Los modelos de simulación difieren de los matemáticos en que las relaciones entre la entrada y salida no se indican en forma explícita. En cambio, un modelo de simulación divide el sistema representado en módulos básicos o elementales que después se enlazan entre sí vía relaciones lógicas bien definidas. Por lo tanto, partiendo del módulo de entrada, las operaciones de cálculo pasarán de un módulo a otro hasta que se obtenga un resultado de salida.

El proceso de la investigación de operaciones

El proceso de la investigación de operaciones comprende los siguientes cinco pasos principales:

1. Formulación y definición del problema
2. Construcción del modelo
3. Solución del modelo
4. Validación del modelo
5. Implementación de resultados

Formulación y definición del problema

Capítulo II Fundamentos teóricos

Esta fase del proceso requiere (1) una descripción precisa de las metas u objetivos del estudio, (2) identificación de las variables de decisión controlables y no controlables del sistema de decisión y (3) reconocimiento de las limitaciones o restricciones en las variables del sistema. La determinación de los límites del sistema y de las operaciones abiertas es asunto de juicio.

Uno debe tener cuidado de definir el sistema de tal manera que no suboptimice: Por ejemplo, definir una meta que represente solamente una porción del sistema y que pueda resultar perjudicial para toda la organización; o no tener en cuenta las alternativas posibles de decisión y las restricciones y produciendo una solución inadecuada.

Construcción del modelo

Esta es la fase detallada del proceso. Primero, el investigador de operaciones debe decidir el modelo adecuado para representar el sistema. Este modelo debe especificar relaciones cuantitativas para el objetivo y las restricciones del problema en términos de las variables de decisión. Debe proporcionar estimados de los parámetros, obtenidos bien sea a partir de datos históricos o subjetivos o formalmente estimados por medio de algún mecanismo. Se debe escoger un horizonte de tiempo. También se debe determinar si el sistema se considera determinístico o probabilístico. El modelo puede ser matemático, de simulación, o heurístico, dependiendo de la complejidad y posibilidad de solución de las relaciones matemáticas.

Solución del modelo

Dado el modelo, junto con sus parámetros especificados por datos históricos, tecnológicos o prácticos, el investigador de operaciones calcula o deriva una solución matemática. Si el modelo se acomoda a uno de los modelos matemáticos bien conocidos como el de programación lineal, se puede obtener una solución óptima utilizando estas técnicas. Por otra parte, si las relaciones matemáticas del modelo son muy complejas para permitir una solución analítica, entonces el método de simulación puede ser el más apropiado. Si se utilizan modelos heurísticos o de simulación, la

Capítulo II Fundamentos teóricos

búsqueda de la optimalidad debe remplazarse por la búsqueda de “buenas soluciones.”

Además, para la solución del modelo, uno debe también de realizar análisis de sensibilidad, esto es determinar el comportamiento del sistema a cambios en las especificaciones y parámetros del sistema. Esto se hace debido a que los datos de estrada (parámetros) no necesariamente son precisos o estables y las suposiciones estructurales del modelo puede que no sean válidas. El análisis de sensibilidad es parte esencial de esta fase del proceso y no debe subestimarse.

Validación del modelo

La validación del modelo requiere que se determine si dicho modelo puede reducir confiablemente el comportamiento del sistema. También comprende la prueba de las suposiciones estructurales del modelo (i.e., las variables, relaciones funcionales, etc.) para determinar su validez. Un método común para probar la validez del modelo, es comparar su desempeño con datos pasados disponibles del sistema actual. El modelo será válido, si bajo condiciones similares de entrada, puede reducir razonablemente el comportamiento pasado del sistema. Naturalmente, no hay seguridad de que el comportamiento futuro del sistema continúe duplicando la historia pasada. Así, uno siempre debe estar alerta de cambios posibles del sistema con el tiempo para ajustar el modelo en forma acorde.

Implementación

La implementación debe empezar realmente al iniciar el estudio de investigación de operaciones. No podemos dejar de enfatizar la importancia de que los gerentes que tendrán que actuar en los resultados del estudio del equipo investigador, analicen el problema. De otra manera, el proyecto tiene la posibilidad de ser juzgado como un ejercicio interesante, pero académico e inconcluso.

Si el modelo es utilizado más de una vez en el análisis de problemas de decisión, el modelo debe revisarse cada vez para tener en cuenta los aspectos del problema y los

datos actuales. Debido a que el modelo debe usarse repetidamente, la documentación del modelo y los planes para su actualización no son solo deseables si no necesarios.

Aplicación de la investigación de operaciones

- Modelos y teoría de inventarios
- CPM y PERT: operación con redes
- Modelos de líneas de espera (colas) y modelos de simulación. La teoría de colas estudia las llegadas aleatorias a una estación de procesamiento y servicios de capacidad limitada. Tales modelos han sido aplicados al estudio de flujos en el taller, operaciones bancarias, programación y control de tráfico aéreo, etc. Tales modelos permiten al administrador predecir el largo de las colas a futuro, tiempo promedio utilizado en la línea o sistema por un individuo que espera un servicio y las adiciones necesarias en la planta. Las técnicas analíticas de la teoría de colas pueden utilizarse para resolver problemas de líneas de espera, pero la simulación se utiliza siempre virtualmente, debido a la complejidad de un sistema real.

La naturaleza y técnicas de simulación también se presentan y aplican a los problemas de control de inventario, teoría de decisión y a la operación de transporte de aceite.

2.2.2 Líneas de espera

Introducción a modelos de colas

Moskowitz & P. Wright (1982) hacen mención de los esfuerzos de A.K. Erlang en 1909 para analizar congestión de tráfico telefónico con el objetivo de cumplir la demanda incierta de servicios en el sistema telefónico de Copenhague resultó en una nueva teoría llamada teoría de colas o de líneas de espera. Esta teoría es ahora una herramienta de valor en negocios debido a que muchos de sus problemas pueden caracterizarse, como problemas de congestión llegada-partida.

En un sistema de colas el término clientes se usa para referirse a:

- Líneas telefónicas.

Capítulo II Fundamentos teóricos

- Talleres de reparación.
- Pistas de aeropuerto.
- Mostradores de pago; y así sucesivamente.

Los sistemas de colas también comprenden a menudo una tasa variable de llegadas y una tasa variable de servicio. Por ejemplo:

- La demanda (tasa de llegada) a una central telefónica es de 60 por minuto.
- Las maquinas se descomponen (o llegan a una instalación de reparación) a una tasa de 3 por semana o 15 por mes.
- Los aviones llegan (solicitan pista) entre 6.00 PM y 7.00 PM a una tasa de 1 por minuto.
- Los clientes llegan a un mostrador de pago a una tasa de 25 por hora.

Los ejemplos de tasa de servicio podrían ser los siguientes:

- Un sistema telefónico entre dos ciudades puede manejar 90 llamadas por minuto.
- Una instalación de reparación puede, en promedio, reparar maquinas a una tasa de 4 por día (o cuatro por ocho horas).
- Una pista de aeropuerto puede manejar (aterrizar) dos aviones por minuto (o uno cada 30 segundos, o 120 por hora)
- En promedio, un mostrador de pago puede procesar un cliente cada 4 minutos.

La congestión en las líneas de espera puede ser creada por clientes que esperan en la línea debido a que hay muchos que llegan requiriendo servicio a instalaciones inadecuadas de servicio. Esto es, la mayoría de las veces, la tasa de llegada excede a la tasa de servicio. Esto hace que se formen líneas de espera (o colas), que resultan en que algunos clientes se vayan, de algunos sistemas, perdiendo ingresos. Las facilidades de servicio pueden estar vacías (esperando clientes) debido a demasiadas instalaciones de servicio o las instalaciones existentes tienen una tasa total de servicio que excede la tasa de demanda (o tasa de llegadas). De este modo, el sistema está sobrecapacitado.

Capítulo II Fundamentos teóricos

La situación más ideal es cuando las instalaciones están esperando solo temporalmente a los clientes y estos solo esperan servicio temporalmente. Este caso es típico de un “Sistema balanceado” que tiende a un sistema estable o en equilibrio. En resumen, lo que algunas veces se denomina crítico, para un problema de colas (o líneas de espera) es una decisión de compromiso: comparando el costo de suministrar un nivel de servicio (por ejemplo, 10 líneas telefónicas, 15 reparadores, 4 pistas de aterrizaje, 9 mostradores de pago, y así sucesivamente) con el costo de espera (clientes insatisfechos, líneas de producción detenidas, pérdida de ingreso, etc.).

González Ariza (2016) dice que estos modelos de teoría de colas tienen por objetivo permitir la determinación del número óptimo de personal o de instalaciones que se requieran para dar servicio a los clientes que lleguen en forma aleatoria al considerar el costo de servicio y el de las esperas o congestiones.

Heizer & Barry (2001) dicen que los modelos de colas de espera son útiles tanto en los servicios como en las manufacturas. El análisis de las colas en términos de la longitud de la cola, tiempo de espera y otros factores, nos ayudan a comprender los sistemas de servicios (tales como los puestos de cajeros de bancos), las actividades de mantenimiento (que podrían reparar maquinaria estropeada), y el control de actividades en las fábricas. De hecho, los pacientes que esperan en la consulta de un médico y las taladradoras industriales en unas instalaciones de reparación tienen mucho en común desde el punto de vista de la dirección de operaciones. En ambos casos se utilizan recursos humanos y maquinaria para volver a poner a punto valiosos bienes productivos (personas y máquinas).

Características de un sistema de colas de espera

- Las llegadas o entradas al sistema. Estas tienen unas determinadas características, como el tamaño de la población, comportamiento, y distribución estadística.

Capítulo II Fundamentos teóricos

- Disciplina de la cola, o la línea de espera en sí misma. La característica de las colas se refiere a si es limitada en su longitud, o a la disciplina de las personas u objetos dentro de ella.
- Las instalaciones de servicio. Sus características comprenden su diseño y la distribución estadística de los tiempos de servicio.

Características de las llegadas

La fuente que origina llegadas o clientes en un sistema de servicios tiene tres características principales:

1. Tamaño de la población de llegada.
2. Patrón de llegada al sistema de colas.
3. Comportamiento de las llegadas

Tamaño de la población de llegada (origen) Los tamaños de la población pueden ser bien ilimitados (esencialmente infinitos), bien limitados (finitos). Cuando el número de clientes o llegadas presentes en cada momento dado es sólo una pequeña parte de todas las llegadas potenciales, la población de llegada se considera ilimitada o infinita. Ejemplos de poblaciones ilimitadas son: automóviles que llegan a un lavado de automóviles en una gran ciudad, los clientes que llegan a un supermercado, y los estudiantes que llegan para matricularse en las clases de una gran universidad. La mayoría de los modelos de colas de por sentado la existencia de una población ilimitada de llegadas. Un ejemplo de población limitada o finita se puede encontrar en una tienda de fotocopias que tiene, pongamos, ocho fotocopiadoras. Cada una de las maquinas es un “cliente” en potencia que podría estropearse y necesitar reparación.

Patrón de llegadas al sistema. Los clientes llegan a las instalaciones del servicio siguiendo una programación conocida (por ejemplo, un paciente cada 15 minutos o un estudiante cada media hora), o aleatoriamente. Las llegadas son aleatorias cuando son independientes una de otra y su aparición no puede precisarse con exactitud. Es frecuente que en los problemas de colas el número de llegadas por unidad de tiempo pueda calcularse por una distribución de probabilidades conocida como distribución

Capítulo II Fundamentos teóricos

Poisson. Para cada tiempo de llegada dado (como 2 clientes a la hora o 4 camiones por minuto), una distribución de Poisson discreta puede calcularse mediante la ecuación 2.2.2.1:

Ecuación 2.2.2.1

$$P(X) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{X!} \text{ para } X = 0,1,2,3,4, \dots$$

Donde $P(X)$ = probabilidad de x llegadas

X = número de llegadas por unidad de tiempo

Λ = ritmo medio de llegada

$e = 2,7183$ (que es la base de los logaritmos neperianos)

Comportamiento de las llegadas. La mayoría de los modelos de colas da por sentado que los clientes que llegan son clientes pacientes. Los clientes pacientes son personas o maquinas que esperan en la cola hasta que les atienden y no se pasan de una cola a otra. Desgraciadamente, la vida se complica por el hecho de que la gente tiene que renunciar o a rehuir. Los clientes que rehúyen se niegan a ponerse en la cola de espera porque es demasiado larga para sus necesidades o intereses. Los clientes que renuncian son aquellos que se ponen en la cola, pero luego se impacientan y se van sin terminar su transacción. En realidad, ambas situaciones sirven meramente para destacar la necesidad de la teoría de las colas y el análisis de las colas de espera.

Características de las colas de espera

La cola de espera en sí es el segundo componente de un sistema de colas. La longitud de una cola puede ser limitada o ilimitada. Una cola es limitada cuando no puede, bien por ley o por restricción física, aumentar hasta una longitud infinita. Una barbería pequeña, por ejemplo, solo tendrá un número limitado de asientos para la espera. Una cola es ilimitada cuando su tamaño no tiene restricciones, como en el caso de los puestos de peaje que dan servicio a los automóviles que llegan.

Capítulo II Fundamentos teóricos

Una segunda característica de las líneas de espera hace referencia a la disciplina de la cola. Esto se refiere a la regla según la cual van a ser atendidos los clientes de la cola. La mayoría de los sistemas utilizan una disciplina conocida como regla del primero que entra, primero que sale (FIFO; First In, First Out). En las salas de urgencias de un hospital o en una caja rápida de un supermercado, sin embargo, pueden anteponerse algunas prioridades al sistema FIFO. Los pacientes con heridas graves tendrán prioridad para el tratamiento frente a los pacientes con dedos o narices rotas. Los clientes con menos de 10 artículos están autorizados a pasar por la cola de la caja rápida (aunque entonces se les trata según la regla del primero que entra, primero que sale). Las ejecuciones e programas informáticos también operan siguiendo un plan de prioridades. En la mayoría de las grandes empresas, cuando las nóminas computarizadas tienen que salir en una fecha específica, el programa de nóminas recibe la máxima prioridad.

Características del servicio

El tercer componente de cualquier servicio de colas son las características del servicio. Son importantes dos propiedades básicas: (1) diseño del sistema de servicios, y (2) distribución de los tiempos de servicio.

Diseños básicos de los sistemas de colas. Los sistemas de servicios se clasifican básicamente según su número de canales (por ejemplo, número de servidores) y su número de fases (por ejemplo, número de paradas que deben hacerse para el servicio). El típico sistema de cola de canal único, con un solo servidor, es el cajero del banco para automóviles, con un cajero abierto. Si el banco tiene varios cajeros funcionando, entonces tendríamos un sistema de cola de canales múltiples. La mayoría de los bancos actuales son sistemas de ser servicio multicanal, como lo son la mayoría de las barberías grandes, los mostradores de expedición de billetes aéreos, y las oficinas de correos.

En un sistema de fase única se atiende al cliente desde un solo puesto, luego este sale del sistema. Un restaurante de comida rápida en el que la persona que toma el

Capítulo II Fundamentos teóricos

pedido también trae la comida y cobra es un sistema de fase única. Y lo mismo para una agencia de permisos de conducir en la que la persona que toma la solicitud también puntúa el examen y cobra el pago por el permiso. Sin embargo, pongamos que el restaurante le pide que haga su pedido en un puesto, pague en otro y recoja su comida en un tercero. En este caso, estamos ante un sistema multifase. Análogamente, si la agencia de permisos de conducir es grande o muy concurrida, probablemente tenga que esperar en una cola para rellenar su solicitud (la primera parada para el servicio), hacer otra cola para que le puntúen el examen, y finalmente pasar a otro mostrador para pagar su permiso. La Figura 2.2.2.1 muestra los diferentes modelos de las colas según sus características antes mencionadas.

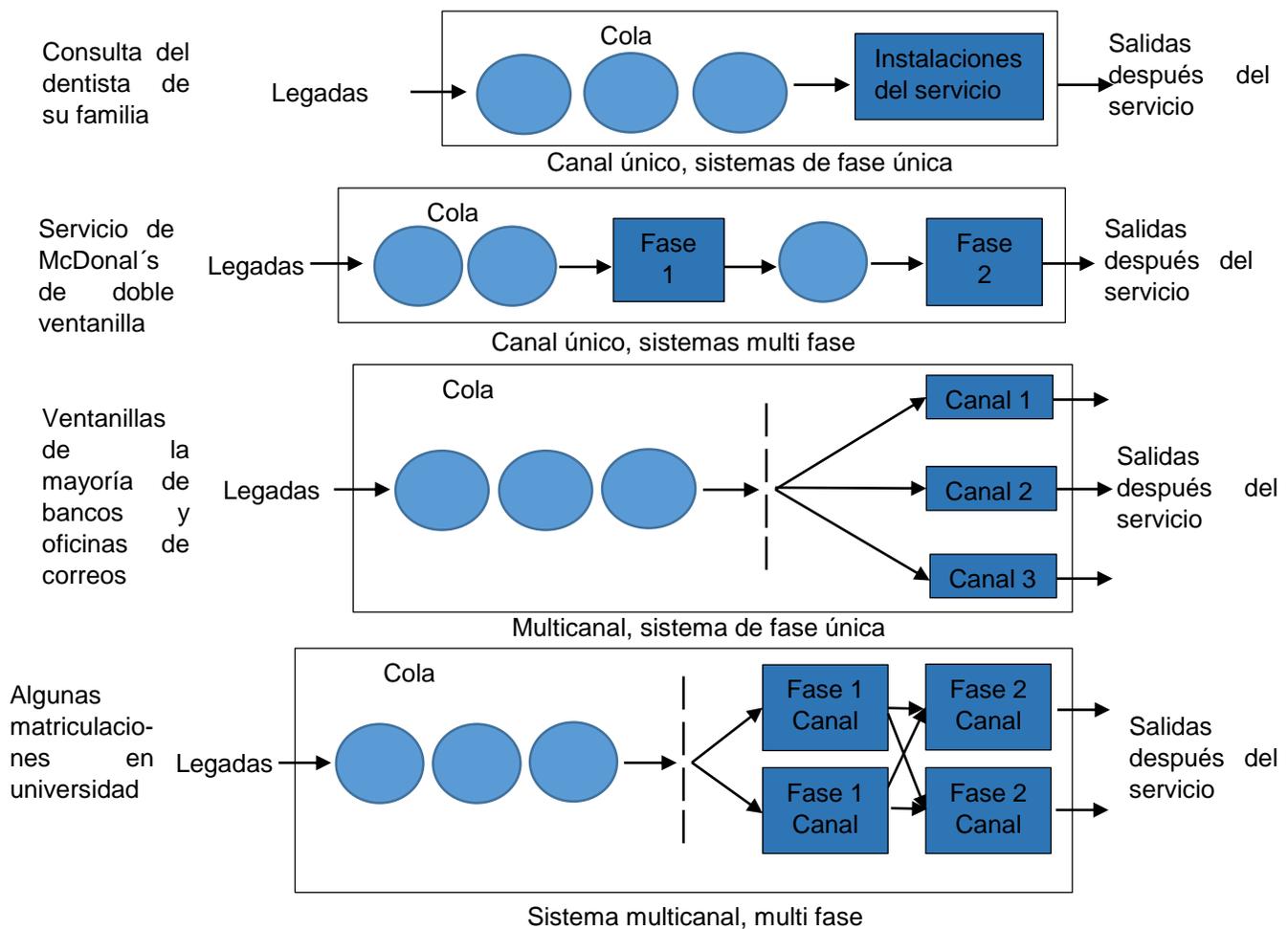


Figura 2.2.2. 1 Tipos de colas

Fuente: (Heizer & Barry, 2001)

Capítulo II Fundamentos teóricos

Distribución del tiempo de servicio. Los patrones de servicio son como los patrones de llegada, en el sentido de que pueden ser constantes o aleatorios. Si el tiempo de servicio es constante, lleva el mismo tiempo atender a cada cliente. Es el caso de un servicio prestado por maquinas, como un lavado de automóviles automático. Más frecuentemente, los tiempos de servicio se distribuyen aleatoriamente. En muchos casos, podemos suponer que los tiempos de servicio aleatorios se describen según la distribución exponencial negativa de probabilidades. Por ejemplo, cuando un tiempo de servicio medio es de 20 minutos, rara vez un cliente necesitará más de 90 minutos en las instalaciones de servicio. Si el tiempo medido de servicio es de una hora, la probabilidad de emplear más de 180 minutos para recibir el servicio es prácticamente 0.

Medida del funcionamiento de las colas

Los modelos de colas ayudan a los directivos a tomar decisiones que equilibren los costes de un servicio con los costes de las colas de espera. El análisis de cola puede darnos muchas mediciones del funcionamiento de un sistema de líneas de espera, entre ellas las siguientes:

1. Tiempo medido que cada cliente u objeto pasa en la cola
2. Longitud media de la cola
3. Tiempo medio que cada cliente pasa en el sistema (tiempo de espera más tiempo de servicio)
4. Número medio de consumidores en el sistema
5. Probabilidad de que las instalaciones de servicio estén paradas
6. Factor de utilización del sistema
7. Probabilidad de numero especifico de clientes en el sistema.

Costes de las colas

Los directores de operaciones deben reconocer el equilibrio que se produce entre dos costes: el coste de proporcionar un buen servicio y el coste del tiempo de espera del cliente o de las maquinas. Los directivos quieren colas que sean lo suficientemente

Capítulo II Fundamentos teóricos

cortas para que los clientes no se enfaden y, o bien se vayan sin comprar, o bien compren, pero no vuelvan más. Sin embargo, los directivos podrían estar dispuestos a permitir cierta espera si se equilibra con un ahorro significativo en los costes del servicio.

Un medio para evaluar las instalaciones de servicio consiste en fijarse en su coste estimado total. El coste total es la suma de los costes de servicio esperados más los costes estimados de la espera.

Como puede verse en la Figura 2.2.2.2 los costes del servicio aumentan a medida que una empresa intenta aumentar su nivel de servicio. Los directivos de algunos centros de servicios pueden variar la capacidad manteniendo un retén de personal y maquinaria que puedan asignar a situaciones específicas del servicio para evitar o acortar unas colas excesivamente largas. En las tiendas de alimentación, por ejemplo, los directivos y los encargados de stocks pueden abrir cajeros adicionales. En los bancos y puestos de facturación de los aeropuertos, podrían llamar a trabajadores a tiempo parcial para echar una mano. Sin embargo, a medida que el nivel de servicio mejora (es decir, se acelera), el coste del tiempo empleado en la espera disminuye. El coste de la espera puede reflejar la pérdida de productividad de los trabajadores mientras las herramientas o maquinas esperan a ser reparadas, o bien puede ser una estimación de los costes de los clientes perdidos por culpa de un mal servicio y largas colas. En algunos sistemas de servicio (por ejemplo, un servicio de ambulancias de urgencia), el coste de largas colas de espera podría ser demasiado alto.

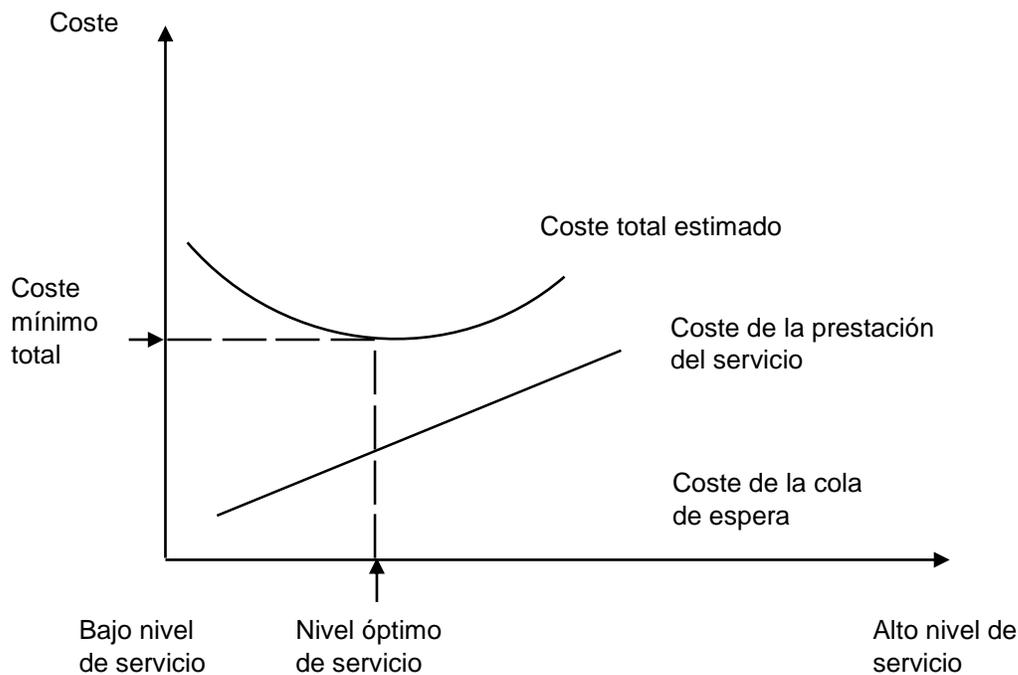


Figura 2.2.2. 2 Costes del servicio

Fuente: (Heizer & Barry, 2001)

El modelo básico

Gould, G.D., & Schmidt (1987) nos dicen que este sistema se llama informe de espera con un solo servidor (o de un canal). Las preguntas que se pueden hacer en relación con este sistema de línea de espera gira en torno a cuatro cantidades:

1. La cantidad de personas en el sistema: Las que están recibiendo el servicio actualmente, así como las que lo están esperando.
2. El número de personas en la fila: las que están esperando el servicio.
3. El tiempo de espera: Lapso que media entre el momento en que un individuo entra al sistema y el momento en que sale. Nótese que el lapso incluye la duración del servicio.
4. El tiempo de espera en la fila: Tiempo que media entre el momento de entrar al sistema y el comienzo del servicio.

Capítulo II Fundamentos teóricos

Para contestar preguntas en relación con estas cantidades, es necesario hacer algunas suposiciones básicas alrededor de aspectos particulares del sistema.

Proceso de llegadas: Este parámetro, llamado λ , es la tasa media de llegadas, o sea cuantas tareas se presentan (en promedio) durante un periodo dado.

Proceso de servicio: El parámetro de esta distribución exponencial se llama μ . Representa la tasa promedio de servicio en tareas por minuto.

Tamaño de la línea de espera. No hay límite para el número de tareas que pueden esperar en la línea. Se dice que la línea de espera es infinita.

Disciplina de la línea de espera. Las tareas son atendidas en la base que el primero en llegar, es el primero en ser atendido.

Horizonte del tiempo: El sistema funciona como, se describió, continuamente en infinito.

La Tabla 2.2.2.1 muestra las formulas necesarias para aplicar el modelo básico de teoría de colas.

Tabla 2.2.2. 1 Características de operación del modelo básico

Característica	Símbolo	Formula
Cantidad esperada en el sistema	L	$\frac{\lambda}{\mu - \lambda}$
Cantidad esperada en la línea de espera	L_q	$\frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$
Tiempo previsto de espera (Incluyendo el servicio)	W	$\frac{1}{\mu - \lambda}$
Tiempo esperado en la línea de espera	w_q	$\frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$
Probabilidad de que el sistema esté vacío	P_0	$1 - \lambda/\mu$

Fuente: (Gould, G.D., & Schmidt, 1987)

Modelo de cola de canales múltiples

Heizer & Barry (2001) describen este modelo de dos o más servidores o canales que están disponibles para atender a los clientes que llegan. Seguimos dando por sentado que los clientes a la espera de ser atendidos forman una cola única y luego pasan al primer servidor disponible. Las colas de espera multicanal y de una sola fase se encuentran en muchos bancos hoy en día: se forma una cola común y el cliente en cabeza de cola pasa a la primera ventanilla libre.

Se da por sentado que las llegadas son obedecen a una distribución de probabilidades de poisson, y que los tiempos de servicio se distribuyen exponencialmente. El servicio es del tipo primero en llegar, primero en ser servido, y se supone que todos los servidores funcionan al mismo ritmo.

Las ecuaciones de colas para el modelo B (que también lleva el nombre técnico M/M/S) son:

Ecuación 2.2.2.2

M= Número medio de canales abiertos

Λ = Ritmo medio de las llegadas

μ = Ritmo medio de servicio en cada canal

La probabilidad de que haya cero personas o unidades en el sistema es

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{M-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \frac{1}{M!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^M \frac{M\mu}{M\mu - \lambda}} \text{ para } M\mu > \lambda$$

Ecuación 2.2.2.3

El número medio de personas o unidades en el sistema es

$$L_s = \frac{\lambda \mu (\lambda / \mu)^M}{(M - 1)! (M \mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$$

Ecuación 2.2.2.4

El tiempo medio que una unidad pasa en las colas de espera o siendo atendida (o sea, en el sistema) es

$$W_s = \frac{\mu (\lambda / \mu)^M}{(M - 1)! (M \mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{1}{\mu} = \frac{L_s}{\lambda}$$

Ecuación 2.2.2.5

El número medio de personas o unidades en la cola esperando ser atendidas es

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu}$$

Ecuación 2.2.2.6

El tiempo medio que una persona o unidad pasa en la cola esperando a ser atendida es

$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu} = \frac{L_q}{\lambda}$$

2.2.3 Plan de acción

Conceptos

Gómez Ceja (1994) dice que la planeación es una actividad universal. Aunque su contenido puede variar en los diferentes niveles de la estructura de la organización, existen ciertos pasos que se dan siempre que se planea. Estos pasos son similares a los que se dan en un proceso decisorio; entonces, en cierto sentido, hacer planes no es más que un caso especial de toma de decisiones con una fuerte orientación hacia el futuro.

La planeación implica actividades futuras y concierne a las decisiones que se proponen, y al futuro resultado de las decisiones del presente; las soluciones a los problemas o a los planes de acción deben buscarse de acuerdo con los problemas del mañana y las soluciones del mañana. Los pronósticos y la investigación realizados cuidadosamente son las claves de la planeación correcta, y la selección final de un plan de específico debe basarse en criterios que tengan validez en el presente.

Durante los últimos 75 años, la complejidad de los problemas de administración creció al mismo paso de las actividades económicas desde la revolución industrial hasta la fecha, dando por resultado la necesidad de realizar estudios científicos del trabajo. Esa complejidad se debe a que los ejecutivos trabajan en un medio de constantes cambios.

Se considera que los cambios en los cuales las empresas son ambientales, y los más importantes aspectos de estos cambios son los siguientes:

- Tecnológicos
- Políticos y gubernamentales
- En el grado y carácter de la competencia
- Actitudes o normas sociales
- Actividad económica

El hombre de empresa debe hacer conciencia y razonar que, en un ambiente de cambios acelerados, la administración de los mismos es un desafío y una oportunidad

Capítulo II Fundamentos teóricos

que debe ser afrontada con un método; el éxito atrae éxito y el fracaso acarrea fracaso. Por lo tanto, el éxito de una empresa comienza con una adecuada planeación.

Es necesario planear porque:

1. La empresa se desarrolla en un ambiente de cambios acelerados.
 - a. Se debe planear para un futuro incierto.
 - b. Se debe planear en un medio de revoluciones concurrentes.
 - i. La tasa del progreso tecnológico es acelerada, trayendo cambios “interrumpidos”.
 - ii. La población está cambiando continuamente en número, edad, educación, etc.
 - iii. Las expectativas están creciendo rápidamente; todo el mundo mira los beneficios materiales de una “buena” vida y la quiere ahora.
 - c. La vida económica de decisiones gerenciales se está acortando, en tanto que el grado de compromiso se robustece.
 - i. En promedio, un artículo tiene una vida probable de no más de 8 años.
 - ii. En promedio, el tiempo de “invención” o descubrimiento técnico de aplicación comercial es ahora de menos de 8 años.
 - d. Por sí mismo, el tamaño y complejidad de las organizaciones requiere de una planeación para una mejor coordinación y control.
2. Se supone que un gerente debe hacer que sucedan cosas, que de otro modo no deberían haber sucedido. Cada administrador debería preguntarse ¿qué es lo diferente y mejor en la empresa este año por el hecho de haber planeado?
3. Buenos resultados sin una buena planeación, provienen de una casualidad más que de una buena administración.

Estrategia

M. Tarziján (2008) dice que la búsqueda de como dirigir mejor a las empresas ha estado en el centro de las preocupaciones de los administradores y directivos de empresas desde hace mucho tiempo. El estudio formal de la administración de empresas comenzó hace casi cien años. Sin embargo, en sus inicios se estudiaban solo las áreas funcionales de una empresa como finanzas, el marketing y las operaciones. Posteriormente, a mediados del siglo XX, aparece la necesidad de integrar y combinar el conocimiento adquirido en las diversas áreas funcionales, lo que de una manera u otra representa el inicio del estudio formal de la estrategia, el que ha continuado avanzando vertiginosamente hasta el día de hoy.

Existen pocas palabras más utilizadas en el estudio de la administración de empresas que la palabra “estrategia”. A modo de referencia, a continuación, se menciona la definición que le han dado al término “estrategia” autores líderes en el campo.

Chandler (1962): “Estrategia es la determinación de las metas y objetivos de largo plazo de la empresa, y la adopción de caminos de acción y de asignación de recursos para alcanzar dichas metas”

Andrews (1971): “Estrategia es el conjunto de metas y las principales políticas para alcanzar dichas metas, establecidas de manera de que definan en que negocios esta o debiese estar la empresa, el tipo de organización que es o que debiese ser, y la naturaleza de la contribución económica y no económica que busca realizar sus accionistas, empleados, clientes t a la comunidad”.

Porter (1996): “Estrategia es construir una posición única y valiosa en el mercado, sobre la base de un conjunto de actividades específicas y únicas que posea una empresa”. En un trabajo anterior, el mismo Porter define estrategia como “Una combinación de las metas que busca la empresa, y los medios y políticas a través de las cuales busca la consecución de dichas metas.”

Fahey & Robert (1994): “Estrategia es sinónimo de elecciones. La suma de las elecciones realizadas por una organización determina si ella tendrá posibilidades de ganar en el mercado, es decir obtener clientes y superar a sus competidores.”

“Las estrategias son los medios por los cuales se logran los objetivos a largo plazo. Las estrategias empresariales incluyen la expansión geográfica, la diversificación, la adquisición, el desarrollo de productos, la penetración de mercado, la reducción de gastos, el retiro de inversiones, la liquidación y las empresas conjuntas.

Fred R. (2008): Las estrategias son acciones potenciales que requieren de decisiones por parte de los altos directivos y de grandes cantidades de recursos de la empresa. Además, las estrategias afectan la prosperidad a largo plazo de la organización, por lo general, durante un mínimo de cinco años, y por eso se orientan hacia el futuro. Las estrategias tienen consecuencias multifuncionales o multidivisionales y requieren que la empresa considere los factores tanto externos como internos a los que se enfrenta”.

Las definiciones anteriores tienen algunas palabras en común. Así es como frecuentemente aparecen expresiones como “metas”, “políticas” y “posicionamiento”, que dejan entrever que la estrategia tiene relación con las decisiones más importantes de una empresa. Asimismo, expresiones como “conjunto de objetivos”, “elecciones” y “camino de acción” plantean que la estrategia requiere de un cierto camino, que generalmente no es fácil de revertir. Por otra parte, citas como “ganar en el mercado” o “resultado superior” sugieren que la estrategia de una empresa no es independiente del entorno competitivo en que se encuentra.

Planeación estratégica

George Steiner (1998) hace mención a que la mayoría de los escritores en esta rama tienen sus propias definiciones para planeación estratégica, los cuales varían enormemente en cuanto al nivel de abstracción, sustancia y aceptación general. Considero que gran parte de estos escritores estarían de acuerdo que la planeación estratégica debería describirse desde varios puntos de vista para que sea comprendida en forma más profunda.

Capítulo II Fundamentos teóricos

El porvenir de las decisiones actuales

Esto significa que la planeación estratégica observa la cadena de consecuencias de causas y efectos durante un tiempo, relacionada con una decisión real o intencionada que tomará el director. También observa las posibles alternativas de los cursos de acción en el futuro, y al escoger unas alternativas, éstas se convierten en la base para tomar decisiones presentes.

Proceso

Segundo, la planeación estratégica es un proceso que se inicia con el establecimiento de metas organizacionales, define estrategias y políticas para lograr estas metas, y desarrolla planes detallados para asegurar la implantación de las estrategias y así obtener los fines buscados. También es un proceso para decidir de antemano qué tipo de esfuerzos de planeación debe hacerse, cuándo y cómo debe realizarse, quién lo llevará a cabo, y qué se hará con los resultados.

La planeación estratégica es sistemática en el sentido de que es organizada y conducida con base en una realidad entendida.

Filosofía

Tercero, la planeación estratégica es una actitud, una forma de vida; requiere de dedicación para actuar con base en la observación del futuro, y una determinación para planear constante y simultáneamente como una parte integral de la dirección. Además, representa un proceso mental, un ejercicio intelectual, más que una serie de procesos, procedimientos, estructuras o técnicas prescritos. Para lograr los mejores resultados los directivos y el personal de una organización deben creer en el valor de la planeación estratégica y deben tratar de desempeñar sus actividades lo mejor posible. Ackoff dice: "El no hacerlo bien no es un pecado, pero el no hacerlo lo mejor posible, sí lo es".

Capítulo II Fundamentos teóricos

Estructura

Cuarto, un sistema de planeación estratégica formal une tres tipos de planes fundamentales, que son: planes estratégicos, programas a mediano plazo, presupuestos a corto plazo y planes operativos.

La planeación estratégica es el esfuerzo sistemático y más o menos formal de una compañía para establecer sus propósitos, objetivos, políticas y estrategias básicas, para desarrollar planes detallados con el fin de poner en práctica las políticas y estrategias y así lograr los objetivos y propósitos básicos de la compañía.

Por otro lado Palacios Acero (2010) dice que la planeación estratégica es un esfuerzo sistemático formal de la empresa para establecer sus propósitos básicos que a través de planes detallados permiten la implantación de objetivos y estrategias que logren el cumplimiento de dichos propósitos.

La importancia de la planificación estratégica radia en que sin esta es difícil que los administradores sepan cómo organizar a las personas y sus recursos, e incluso tener idea clara de lo que se necesita organizar. Sin un plan, una organización tiene pocas probabilidades de lograr sus metas o de saber cuándo y dónde está desviando su camino. La planificación estratégica permite la correcta administración de un proceso, dando claridad sobre lo que se quiere lograr y cómo se va a conseguir.

Los cinco por qué (Five Whys)

Según Puga Muños (2015) los Cinco Por Qué, es una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la fase de análisis de problemas para buscar posibles causas principales de un problema. Durante esta fase, los miembros del equipo pueden sentir que tienen suficientes respuestas a sus preguntas.

Lo anterior, podría resultar en una falla al identificar las causas principales más probables del problema, debido a que el equipo ha fallado en buscar con suficiente profundidad.

Capítulo II Fundamentos teóricos

La técnica requiere que el equipo pregunte “Por Qué” al menos cinco veces, o trabaje a través de cinco niveles de detalle. Una vez que sea difícil para el equipo responder al “Por Qué”, la causa más probable habrá sido identificada.

Objetivo

Identificar las causas principales más probables de un problema.

Pasos:

1. Realizar una sesión de lluvia de ideas (normalmente utilizando el modelo del diagrama de causa/efecto).
2. Una vez que las causas probables hayan sido identificadas, empezar a preguntar “¿Por qué es así?” o “¿Por qué está pasando esto?”.
3. Continuar preguntando “Por Qué” al menos cinco veces. Esto reta al equipo a buscar a fondo y no conformarse con causas ya “probadas y ciertas”.
4. Habrá ocasiones en las que se podrá ir más allá de las cinco veces preguntando Por Qué, para poder obtener las causas principales.
5. Durante este tiempo se debe tener cuidado de NO empezar a preguntar “Quién”. Se debe recordar que el equipo está interesado en el Proceso y no en las personas involucradas.

Sugerencias para la construcción / interpretación:

Esta técnica se utiliza mejor en equipos pequeños (3 a 5 personas). El facilitador deberá conocer la dinámica del equipo y las relaciones entre los miembros del equipo. Durante los Cinco Por Qué, existe la posibilidad de que muchas preguntas de Por Qué, Por Qué, etc., puedan causar molestia entre algunos de los miembros del equipo.

Ejemplos.

Ejemplo A: “Máquina detenida”

1. ¿Por qué se detuvo la máquina? (se quemó un fusible por una sobrecarga).

Capítulo II Fundamentos teóricos

2. ¿Por qué hubo una sobrecarga? (no había suficiente lubricación en los rodamientos).
3. ¿Por qué no había suficiente lubricación? (la bomba no estaba bombeando lo suficiente).
4. ¿Por qué no estaba bombeando suficiente lubricante? (el eje de la bomba estaba vibrando como resultado de la abrasión).
5. ¿Por qué había abrasión? (no había filtro, lo que permitía el paso de partículas a la bomba)

La instalación de un filtro resolvió el problema

Ejemplo B: “Monumento de Lincoln”

- 1) ¿Por qué el monumento a Lincoln se estaba deteriorando más rápido que los otros monumentos en Washington? (porque se limpiaba con más frecuencia).
- 2) ¿Por qué se limpiaba con más frecuencia? (porque había más colonias de pájaros en el monumento de Lincoln, que en cualquier otro monumento).
- 3) ¿Por qué había más pájaros alrededor del monumento de Lincoln, que en cualquier otro monumento? (porque la población de gorriones en esa área era mucho más numerosa).
- 4) ¿Por qué la población de gorriones en esa área era mucho más numerosa? (porque había mucha más comida preferida de los gorriones, específicamente ácaros).
- 5) ¿Por qué había mucha más comida preferida de los gorriones, específicamente ácaros? (porque la iluminación utilizada en el monumento era diferente a la de los otros monumentos, y ésta iluminación facilitaba la reproducción de ácaros).

Cambiaron la iluminación y se resolvió el problema

2.3 Marco contextual

2.3.1 Demanda Regional y estatal de gas L.P.

Según datos de la Secretaría de Energía (2015) a nivel nacional, la tasa media de crecimiento anual en la demanda de gas L.P. fue de -1.5%, lo cual se explica ya que todas las regiones presentan tasas de crecimiento negativas para el periodo 2004-2014. La demanda de gas L.P. por región y estado.

Las ventas internas en la región Noroeste alcanzaron un volumen de 25.4 mbd, es decir, un crecimiento de 2.8% respecto a 2013. En esta región, el estado que presentó la mayor demanda fue Baja California con 9.8 mbd, lo que representó una participación de 36.8% del total de la demanda de la región. En contraste, Baja California Sur redujo su demanda al pasar de 2.0 mbd en 2013 a 1.5 en 2014, es decir, una disminución de 26.0%.

En el caso de la región Noreste, ésta tuvo una demanda de 40.3 mbd, lo que representó una disminución de 5.6% respecto a 2013. El estado que tuvo la mayor demanda fue Chihuahua con un volumen de 10.8 mbd, aun cuando la misma se redujo en 15.0% respecto a 2013. Por otra parte, con 3.1 mbd, Durango es el estado que presentó la menor demanda, equivalente 7.7% del total del total regional.

En la región Centro-Occidente, en el último año, se tuvo una disminución de 1.1%, pasando de 64.0 mbd en 2013 a 63.3 mbd en 2014. En esta región Jalisco fue el estado con mayor demanda, con un volumen de 21.2 mbd, mientras que el Estado de Nayarit fue el que presentó la menor demanda con un volumen de 2.2 mbd.

La región Centro sigue siendo la mayor consumidora de gas L.P. En 2014, la demanda alcanzó un volumen de 116.1 mbd, lo que representó una participación de 41.2 % del total nacional. En esta región el Estado de México es el mayor consumidor con un volumen de 49.7 mbd, es decir una participación de 42.8% de la demanda regional, por su parte Tlaxcala fue el que presentó la menor demanda con un volumen de 4.6 mbd.

Capítulo II Fundamentos teóricos

Finalmente, la región Sur-Sureste presentó una demanda de 36.9 mbd, lo que representó una participación de 13.1% de la demanda nacional. En esta región, Veracruz representó la mayor demanda con un volumen de 13.7 mbd, sin embargo, presentó una disminución de 5.1% respecto a 2013. Por otra parte, el Estado de Campeche, fue el que presentó la menor demanda, alcanzando un volumen de apenas 1.0 mbd. En la Tabla 2.3.1.1 se establece la información de ventas internas de gas a nivel estatal y regional del año 2004 al 2014.

Tabla 2.3.1. 1 Ventas internas de gas L.P. por estado y región, 2004-2014 (Miles de barriles diarios)

Región/ Estado	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	TM CA 2004- 2014
Noroeste	28.9	27.8	26.7	26.1	25.1	24	24	24.3	24.4	24.7	25.4	1.3
Baja California	11.2	11.1	11.1	11.3	10.8	10.4	10.2	9.8	9.6	9.4	9.8	1.3
Baja California sur	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.8	2	1.9	2	1.5	1.1
Sinaloa	7.3	6.9	6.4	6	5.8	5.8	5.7	5.8	6	6.6	6.6	1
Sonora	8.8	8.1	7.5	6.9	6.6	6.2	6.2	6.7	6.8	6.8	7.6	1.5
Noreste	51.3	47.5	44.4	43.5	40	38.1	41	40.7	41.8	42.7	40.3	2.4
Coahuila	11.2	10.1	9.2	8.8	8	7.6	8.2	7.7	8.1	8.1	7.8	3.6
Chihuahua	13.8	12.8	12.3	12.2	11.4	11.1	12.4	12.4	12.5	12.7	10.8	2.4
Durango	3.9	3.9	3.6	3.5	3.1	2.7	3	3.3	3.5	3.4	3.1	2.2
Nuevo León	12.8	11.7	10.7	9.3	7.7	7.1	7.2	6.7	7.8	8.4	8.8	3.6
Tamaulipas	9.6	9	8.8	9.6	9.9	9.6	10.2	10.7	9.8	10.1	9.7	0.1
Centro-Occidente	74.9	71.5	70.2	69.7	67.8	64.3	65.9	65.4	64.4	64	63.3	1.7
Aguas-calientes	4.2	3.9	3.5	3.4	3.4	3.1	3.1	3	3.3	3.5	3.4	2
Colima	1.6	1.7	1.6	1.7	1.8	1.6	1.8	2.9	3	3.1	2.6	4.8
Guanajuato	13.8	13.4	13.7	13.7	13.6	13	13.8	13.9	12.9	12.9	12.9	0.7
Jalisco	25.8	24.6	23.9	23.5	22.8	22.2	22.5	21.3	20.7	20.7	21.2	1.9
Michoacán	12	11.5	11.4	11.4	10.3	10.1	10.3	10.1	10.1	10.8	10.3	1.5
Nayarit	2.6	2.5	2.4	2.4	2.3	2.1	2.3	2.2	2.3	2.2	2.2	1.5

Continuación Tabla 2.3.1.1

Querétaro	4.7	4.1	3.8	3.5	3.2	2.4	2.3	2.5	2.4	2.2	2.9	4.9
San Luis Potosí	5.5	5.5	5.4	5.5	5.4	5.4	5.5	5.3	5.3	4.6	4.5	2
Zacatecas	4.8	4.4	4.5	4.5	4.9	4.5	4.4	4.3	4.4	3.9	3.3	3.5
Centro	130.8	126.3	124.6	122.6	120.3	118.8	120.1	117.3	117.5	114.8	116.1	1.2
Distrito Federal	35.8	34.4	33.9	32.7	30.7	29.1	28.6	27.9	26.7	25.6	25.9	3.2
Hidalgo	9.6	9.2	9.2	8.9	8.4	8	7.9	7.7	8.3	8.1	8.3	1.4
México	56.8	55.3	55.3	54.3	51.7	49.6	49.5	48.8	49.2	48.2	49.7	1.3
Morelos	6.5	6.3	6.3	6.1	5.8	5.5	5.5	5.4	5.5	5.4	5.5	1.6
Puebla	18.4	17.6	16.7	17.2	19.7	22.2	23.8	22.9	23.1	22.9	22.1	1.9
Tlaxcala	3.6	3.5	3.3	3.4	3.9	4.5	4.8	4.6	4.7	4.7	4.6	2.3
Sur-Sureste	42.3	40.9	40.1	39.5	38.9	36.6	37.9	37.9	38.4	37.7	36.9	1.4
Campeche	1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1	0.9	1	1	1	0
Chiapas	5.8	5.6	5.3	5.2	5.1	4.9	5	5.2	5.1	4.7	4.9	1.7
Guerrero	3.9	3.8	3.7	3.6	3.3	3.2	3.2	2.9	2.5	1.7	1.4	10
Oaxaca	4.4	4.3	4.3	4.4	4.3	4.4	4.4	4.5	4.6	4.9	4.8	0.8
Quintana Roo	2.2	2.4	2.5	3	3.3	3.1	3.4	3.5	3.6	3.7	4	5.9
Tabasco	4.4	4.1	4.1	3.6	3.6	3.6	3.8	3.8	3.8	3.9	4	0.8
Veracruz	16.8	15.9	15.5	15.4	15.1	13.4	14.1	14.1	14.7	14.5	13.7	2
Yucatán	3.9	3.9	3.7	3.5	3.3	3	3.2	3.1	3.1	3.2	3.1	2
Total nacional	328.2	314.1	306	301.3	292.1	281.8	288.8	285.8	286.6	283.9	282.1	1.5

Fuente: (Energía, 2015)

2.3.2 Precios de Gas L.P.

El subsidio al gas L.P. que existió hasta mediados de 2014, consistía en que el precio de venta al usuario final estaba por debajo del precio de referencia internacional. El esquema de precios regulados autorizados por la Secretaría de Energía y la Secretaría de Economía, ajustaba mensualmente al alza el precio del gas L.P. buscando disminuir la brecha con respecto al precio de referencia (Mont Belvieu).

Actualmente, Mont Belvieu (MB) se utiliza como principal referencia para el mercado Norte americano y para el mercado mexicano de acuerdo a la Directiva de Precios

Capítulo II Fundamentos teóricos

emitida por la CRE. Esta referencia también se utiliza en otros países tanto de América del Norte como de Latinoamérica, Chile, Brasil y Colombia entre otros.

El subsidio se otorgaba de manera indirecta a través de Pemex Gas y Petroquímica Básica, ya que ellos absorbían el diferencial entre el precio de Ventas de Primera Mano (VPM) y el precio de referencia internacional.

Durante el 2014, el precio de venta de primera mano (VPM) promedio 9.0 pesos /kg (\$/kg), lo que representó un 9.6% más que el promedio del año 2013. En el periodo de enero a diciembre de 2014, el precio de VPM paso de 8.72 \$/ kg a 9.19 \$/kg.

En el caso del precio ponderado de gas L.P. al usuario final, durante el periodo de enero a diciembre de 2014, se tuvo un incremento de 8.8%, pasando de 11.37 \$/kg a 12.3 \$/kg. Durante todo el año se mantuvo un incremento de 0.09 \$/kg.

La Figura 2.3.2.1 ilustra los precios de gas L.P. del 2004 al 2014.

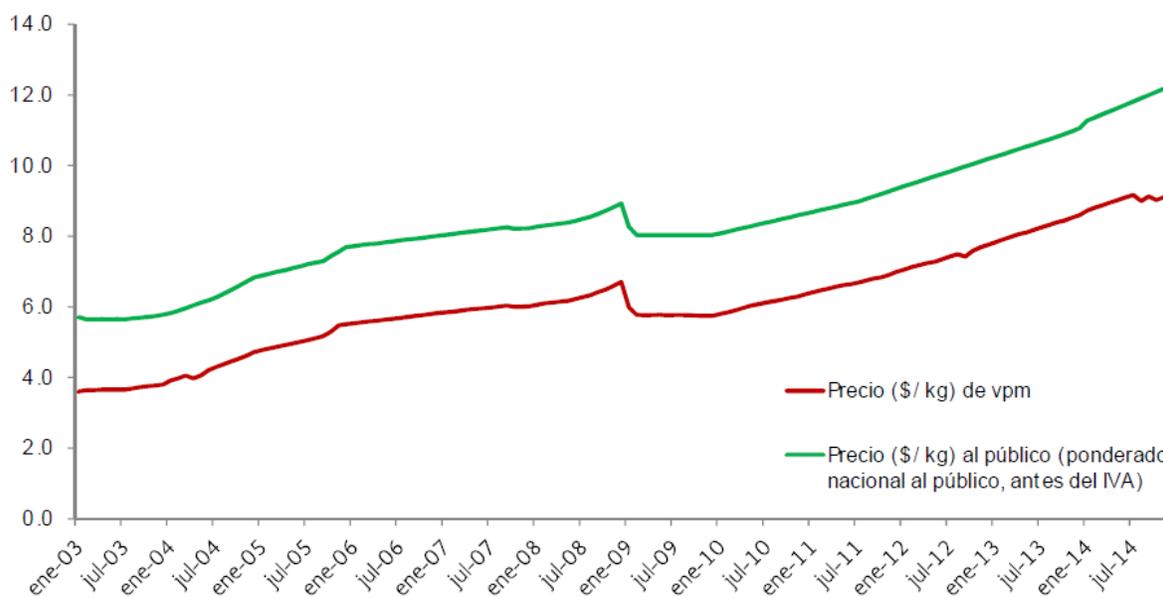


Figura 2.3.2. 1 Precios de vpm y público de gas L.P., 2004-2014 (pesos por kilogramo)

Fuente: (Energía, 2015)

2.3.3 Empresas gaseras en el estado de Tlaxcala

El desarrollo de la presente investigación se enfoca en una empresa ubicada en el estado de Tlaxcala donde según el DENUE (Directorio Estadístico Nacional de

Capítulo II Fundamentos teóricos

Unidades Económicas) existen 27 organizaciones dedicadas al comercio al por menor de gas L.P. cilíndrico y para tanques estacionarios (468412) y 11 establecimientos de comercio al por menor de gas L.P. en estaciones de carburación (468413). (INEGI, 2017). Algunas de las empresas que se encuentran en el mercado Tlaxcalteca son: Gas Global, Flama Gas, Gas Imperial, Extra Gas, Gas Y Griega y Garza Gas entre otros.

La empresa “caso de estudio” lleva a cabo el comercio al por menor de gas L.P. cilíndrico, estacionario y en estación de carburación de igual manera. Este artículo concentra información y propuestas de mejora concernientes al proceso del llenado de cilindros en el área del andén, donde se lleva a cabo el pintado, llenado y sellado de los cilindros para agilizar el mismo y disminuir el tiempo de espera de las unidades repartidoras.

Capítulo III Metodología

El desarrollo de la metodología ocupada en esta investigación se divide en cuatro fases principalmente, cada una de ellas fue necesaria para enfocarse en la problemática que se abordó, procesar los datos, cumplir con los objetivos y responder las preguntas de investigación planteadas con anterioridad

La metodología utilizada para el desarrollo de la investigación se muestra en la Figura 3.1, la cual consistió en realizar:

1. Diagnóstico
 - Toma de tiempos de los procesos involucrados en el llenado de cilindros.
2. Procesamiento de datos
 - Resultado de la toma de tiempos
 - Estandarización de tiempos
3. Conclusiones del diagnóstico.
4. Generación de propuestas de mejora

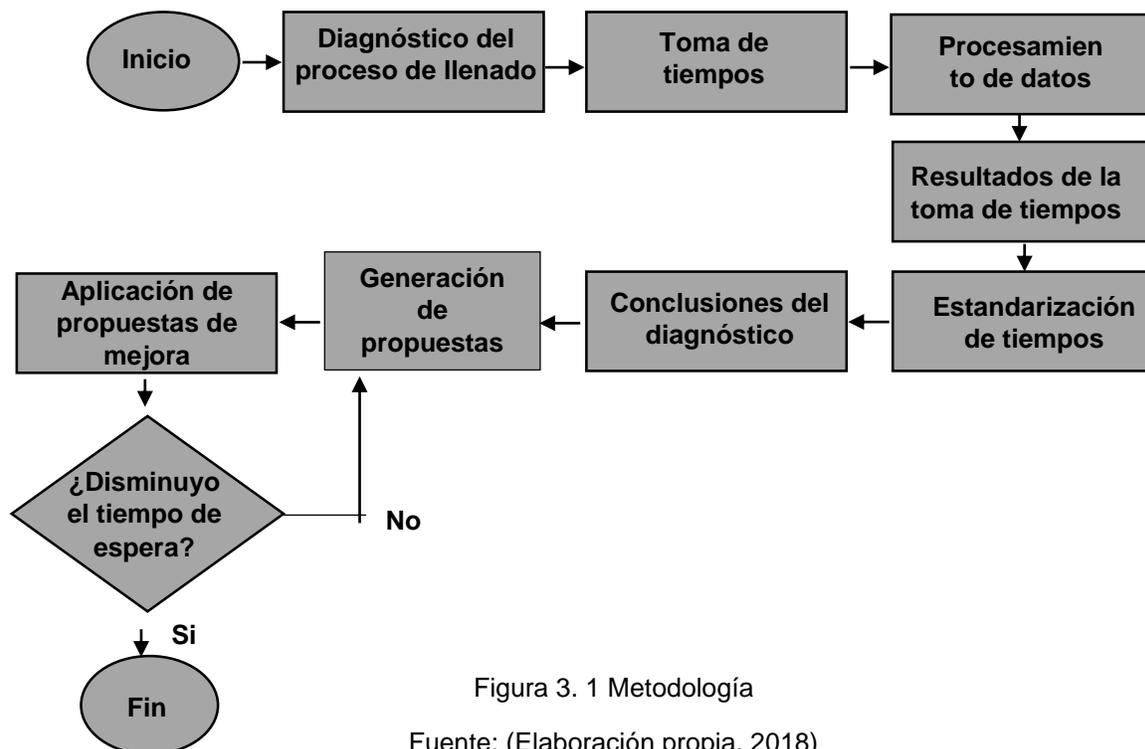


Figura 3. 1 Metodología

Fuente: (Elaboración propia. 2018)

3.1 Diagnóstico del proceso de llenado

3.1.1 Información general

El diagnóstico se llevó a cabo mediante la observación del proceso de llenado en el área de andén.

La empresa cuenta con 14 rutas diferentes, el número de cilindros que manejan tienen una capacidad de 45, 30, 20, 10, 6 y 4 kg de gas L.P. y cuenta con un inventario promedio de cilindros de:

- 1 de 45 kg
- 57 de 30 kg
- 373 de 20 kg
- 218 kg en ánforas de 10, 6, y 4 kg

(Ver anexo 1)

3.1.2 Descripción del proceso

Como puede observarse en la Figura 3.1.2.1 el proceso comienza con la descarga de cilindros en el área de pintado, los cuales son seleccionados según el daño en la pintura o el color ajeno al que se maneja en la empresa. Un operario está designado a pintar cilindros y en ocasiones el conductor de la unidad ayuda al proceso solamente con los cilindros a cargo de él, cabe mencionar que este proceso es llevado a cabo manualmente.

Posteriormente se cargan los cilindros a la unidad y se transportan al área de inyectado donde se descargan los cilindros por llenar, el conductor de la unidad entrega una boleta al gerente en la cual se verifica la cantidad que el conductor ha vendido y la cantidad de cilindros con los que entra a la planta. Una vez que el encargado verifica que todo está en orden los cilindros pasan a ser llenados si hay una anomalía en la boleta con respecto a la cantidad de cilindros el conductor le explicará al gerente el porqué de dicha anomalía y poder proceder a llenar sus cilindros.

Capítulo III Metodología

El conductor reporta las fugas de gas de los cilindros con el encargado del andén para que sean reparados y llenados posteriormente; el encargado de la reparación valorará si es necesario sustituir el cilindro o es suficiente la acción de reparación.

Para el inyectado de cilindros el área cuenta con 5 inyectores destinados a llenar los cilindros de las unidades repartidoras y 1 designado a la venta a puerta que realiza la planta, donde 1 operario (en ocasiones 2) llevan a cabo el inyectado, si se detectan nuevas fugas durante el llenado se reparan y regresan para ser llenados.

Continuando con el proceso, los cilindros son asegurados con un sello de plástico colocado en la válvula del cilindro, fijada con vapor caliente, esta actividad la lleva a cabo el mismo operario encargado de inyectar gas a los cilindros, cabe mencionar que el sello debe cubrir la boquilla de la válvula por completo, si no es así el sello se retira y se le coloca otro nuevamente.

Finalmente, el conductor genera su boleta de salida con el encargado del andén especificando el número de cilindros con los que saldrá de planta al día siguiente y una vez completada procede a cargar los cilindros nuevamente a su unidad para así concluir el proceso dentro del andén.

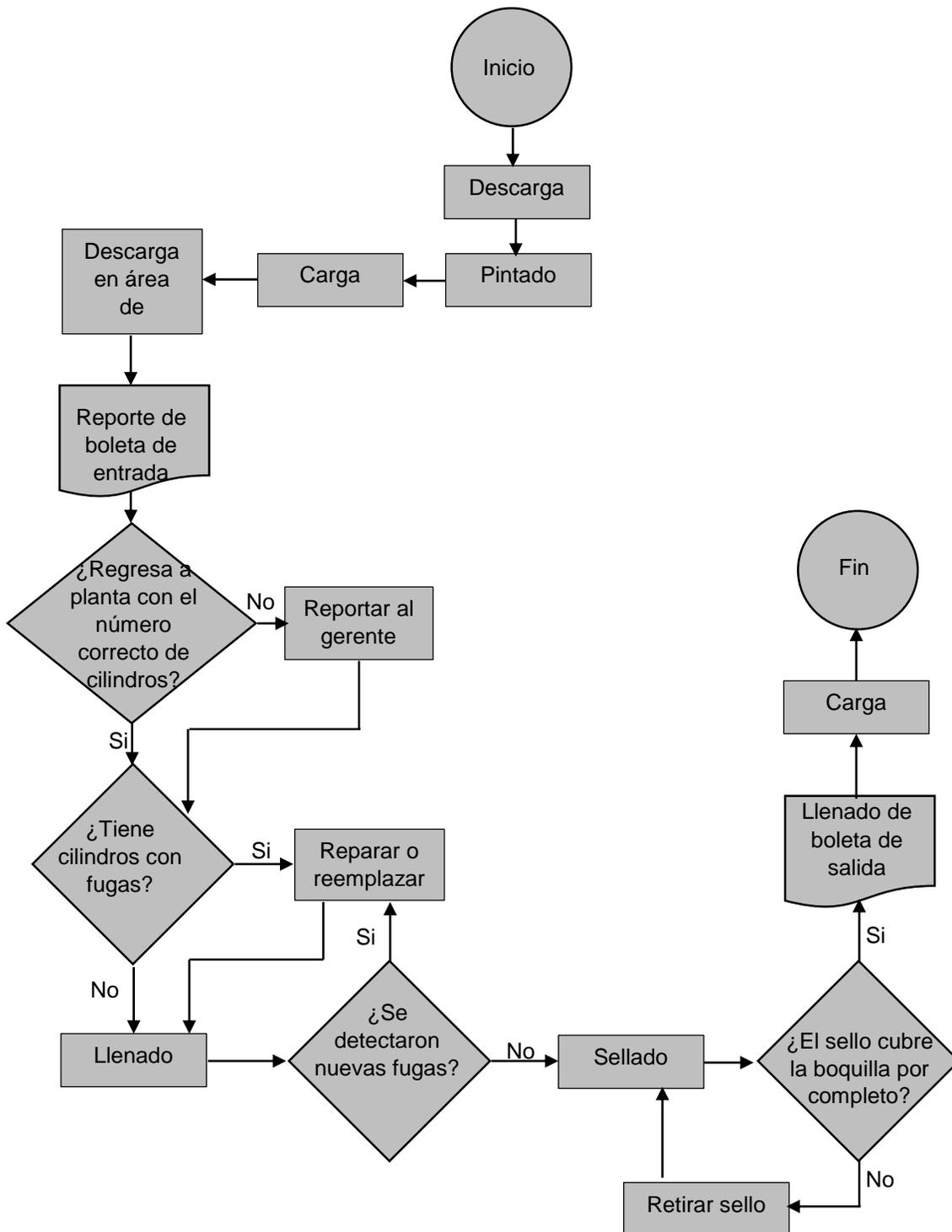


Figura 3.1.2. 1 Diagrama de flujo proceso de llenado de cilindros

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

3.1.3 Toma de tiempos

Se cronometraron las 5 actividades del proceso (descarga, pintado, llenado, sellado y carga de cilindros).

Durante el periodo de 30 días se muestreó el tiempo de:

- La descarga de 72 rutas (Anexo 2)
- El pintado de 43 cilindros de 30 kg (Anexo 3)
- El pintado de 385 cilindros de 20 kg (Anexo 4)
- El llenado de 95 cilindros de 30 kg (Anexo 5)
- El llenado de 385 cilindros de 20 kg (Anexo 6)
- El sellado de 30 rutas (Anexo 7)
- La carga de 57 rutas (Anexo 8)

De igual manera se cronometro tiempo total en el sistema por ruta considerando el número de cilindros llenos y vacíos con los que entran a planta. (Anexo 9)

La empresa tiene venta promedio diaria de 266 cilindros de 20 Kg y 25 de 30 kg por las 14 rutas. (Anexo 1), el número promedio de cilindros por ruta es de 21 cilindros, los conductores descargan un cilindro cada 8.4 segundos, sellan un tanque cada 13.86 segundos y cargan un cilindro cada 10.38 segundos.

3.2 Procesamiento de datos

Resultados de la toma de tiempos

Para el procesamiento de datos se calculó la estadística descriptiva usando el software de office Excel, la media de cada proceso mostrado en la Tabla 3.2.1 ayuno a aplicar modelo de teoría de colas y la estandarización de tiempos en cada uno de ellos.

Tabla 3.2. 1 Media y número de muestras por proceso

Proceso	Media	No. Muestras
Descarga	2.85347222	71 Rutas
Pintado cilindro de 30 kg	43.1627907	43 Cilindros
Pintado 20 kg	27.8571429	385 cilindros
Llenado 30 kg	3.09403509	95 cilindros
Llenado 20 kg	2.14666667	385 cilindros
Sellado	4.32444444	30 rutas
Carga	3.37134503	57 rutas

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

3.2.1 Estandarización de tiempos

La estandarización de tiempos para el caso de estudio fue mediante la “medición del trabajo con cronómetro”.

Los suplementos considerados para el tiempo de operación mostrados en la Tabla 3.2.1.1 fueron discutidos y acordados con el gerente del andén para efectos del cálculo del tiempo estándar.

Tabla 3.2.1. 1 Suplementos para la estandarización de tiempos

Suplementos	
Fatiga	0.05
Necesidades básicas	0.05
Política de la empresa	0.04
Total	0.14

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Una vez aplicada la metodología con los suplementos antes mencionados y calificando el desempeño de los operarios en cada uno de los procesos se obtuvieron los tiempos estándar para cilindros de 20 y 30 kg respectivamente.

La Tabla 3.2.1.2 y 3.2.1.3 muestra los resultados obtenidos de la estandarización.

Tabla 3.2.1. 2 Tiempo estándar de cilindros de 20 kg

Cilindros 20 kg.					
Actividades	T. Promedio (min.)	Valoración 0-100%	T. normal (min.)	T. Suplementos (14%)	T. Estándar
Descarga	0.14	0.85	0.119	0.01666	0.13566
Pintado	0.46	0.75	0.345	0.0483	0.3933
Carga P.	0.14	0.9	0.126	0.01764	0.14364
Descarga	0.14	0.8	0.112	0.01568	0.12768
Llenado	2.14	0.55	1.177	0.16478	1.34178
Sellado	0.23	0.75	0.1725	0.02415	0.19665
Carga	0.17	0.85	0.1445	0.02023	0.16473
T. estándar de operación					2.50344

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

El tiempo estándar de operación para cilindros de 20 kg es 2.50344 minutos por cilindro como se muestra en la Tabla anterior.

Tabla 3.2.1. 3 Tiempo estándar de cilindros de 30 kg

Cilindros 30 kg.					
Actividades	T. Promedio (min.)	Valoración 0-100%	T. normal (min.)	T. Suplementos (14%)	T. Estándar
Descarga	0.14	0.85	0.119	0.01666	0.13566
Pintado	0.72	0.75	0.54	0.0756	0.6156
Carga P.	0.14	0.9	0.126	0.01764	0.14364
Descarga	0.14	0.8	0.112	0.01568	0.12768
Llenado	3.09	0.55	1.6995	0.23793	1.93743
Sellado	0.23	0.75	0.1725	0.02415	0.19665
Carga	0.17	0.85	0.1445	0.02023	0.16473
T. estándar de operación					3.32139

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

El tiempo estándar de operación para cilindros de 30 kg es de 3.32139 minutos por cilindro como se muestra en la Tabla anterior.

3.2.2 Tiempos ociosos

Para llevar a cabo el cálculo de los tiempos ociosos fue necesario tomar muestras por ruta desde que entra hasta que sale del sistema, de igual manera se promedió la venta diaria por ruta para considerar los cilindros llenos y vacíos con los que entran a planta para posteriormente, calcular el tiempo en el sistema en función a cilindros por llenar.

La Tabla 3.2.2.1 muestra la venta diaria promedio de cilindros de 20 y 30 kg por ruta, el tiempo medio (de acuerdo a las muestras tomadas), tiempo estándar y el tiempo ocioso por ruta.

Tabla 3.2.2. 1 Tiempos ociosos por ruta

Ruta	Cilindros vacíos			Minutos		
	20 kg	30 kg	Total	Tiempo medio	Tiempo estándar	Tiempo ocioso
1	15	3	18	47.73	47.52	0.21
2	15	1	16	60.00	40.87	19.13
4	17	2	19	68.82	49.20	19.62
5	14	1	15	47.27	38.37	8.90
6	21	3	24	78.73	62.54	16.19
7	15	1	16	61.64	40.87	20.77
9	19	2	21	87.00	54.21	32.79
10	26	2	28	110.45	71.73	38.72
11	10	1	11	62.00	28.36	33.64
12	16	1	17	61.27	43.38	17.89
13	9	1	10	47.13	25.85	21.28
14	16	1	17	59.18	43.38	15.80
15	21	2	23	56.57	59.22	-2.65
16	27	2	29	50.90	74.24	-23.34

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

3.2.3 Aplicación del diagrama de Ishikawa

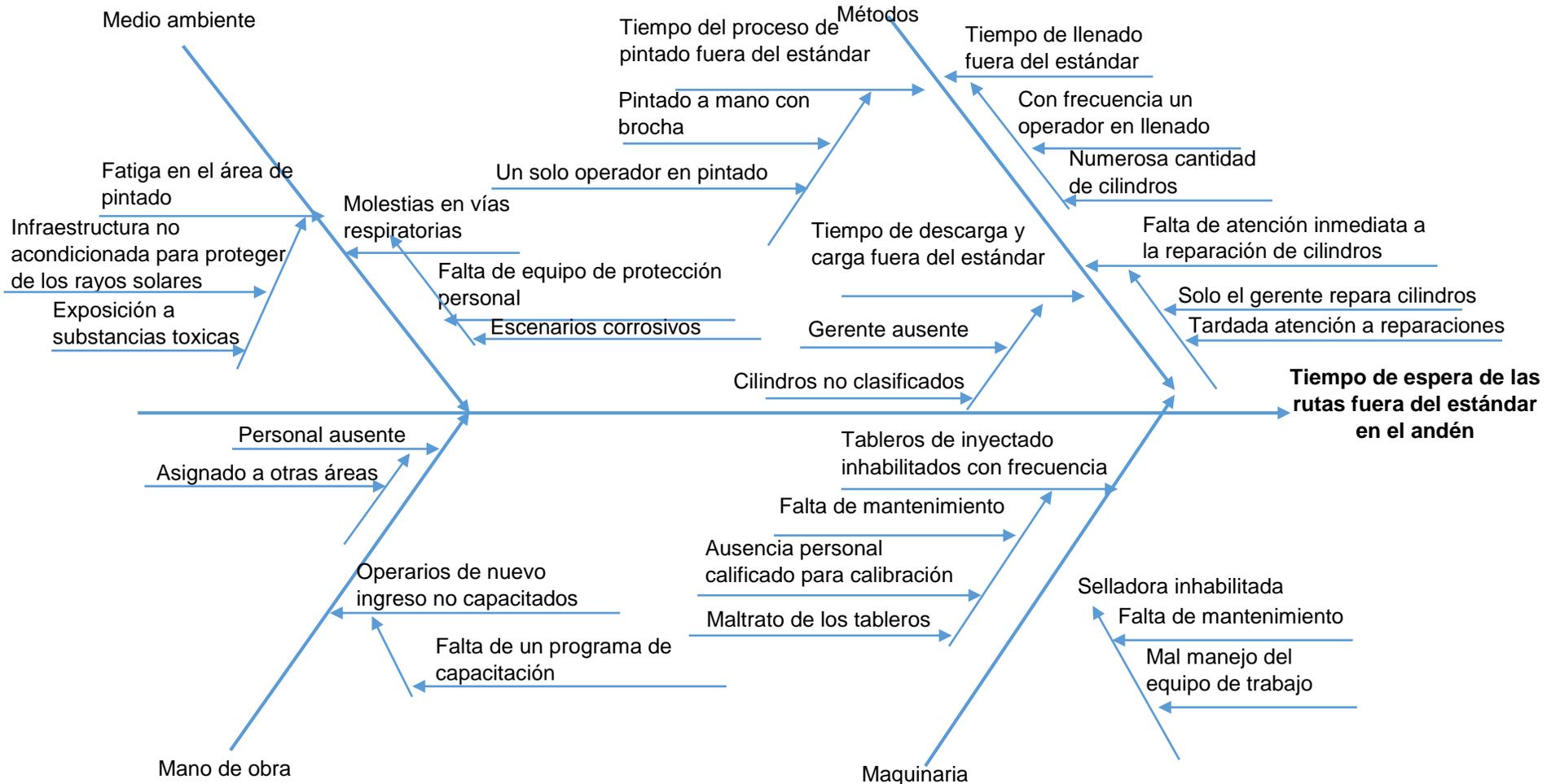


Figura 3.2.3. 1 Diagrama de Ishikawa

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

3.2.4 Aplicación de los 5 Porque's en el área de andén

- **¿Por qué se trabaja con un tiempo prolongado en el pintado y llenado?**

Los operarios tienen bajo desempeño en ambas áreas

- **¿Por qué tienen bajo desempeño?**

Porque se fatigan rápidamente

- **¿Por qué se fatigan rápidamente?**

Porque solo hay un solo operador en cada área

- **¿Por qué hay un solo operador?**

Porque con frecuencia se asignan a los demás operarios a otras áreas

- **¿Por qué se asignan a otras áreas?**

Porque no hay personal contratado para apoyar a las áreas a las que son asignados

- **¿Por qué se trabaja con un tiempo prolongando en descarga?**

Porque los conductores no descargan los cilindros tan luego que llegan al andén

- **¿Por qué no descargan los cilindros tan luego llegan al andén?**

Porque el encargado tarda en atender a las rutas y en registrar los cilindros

- **¿Por qué tarda en atender las rutas y registrar los cilindros?**

Porque identificar los cilindros llenos, vacíos, por pintar y con fugas toma tiempo

- **¿Por qué toma tiempo?**

Porque los conductores no tienen los cilindros clasificados a la hora de entrar al andén

- **¿Por qué no los clasifican?**

Porque no tienen interés en clasificar los cilindros conforme se vaya llevando a cabo su venta

- **¿Por qué los tableros y máquina de sellado se inhabilitan con frecuencia?**

Por falta de mantenimiento y mal uso de los operarios

- **¿Por qué se les da mal uso y falta de mantenimiento?**

El andén no cuenta con un programa de mantenimiento para los tableros ni con personal dedicado al mantenimiento de los mismos, además de que los operarios maltratan el equipo una vez que lo están usando

- **¿Por qué los operarios maltratan el equipo?**

Porque no son capacitados para el uso correcto de la maquinaria y equipo con el que se trabaja en el andén

- **¿Por qué el personal no es capacitado?**

Porque no existe un programa de capacitación para los empleados de nuevo ingreso ni para los ya empleados

3.2.5 Aplicación del modelo de colas con un solo servidor y multicanal

El modelo básico de teoría de colas fue aplicado a la etapa del proceso de pintado en el cual existe un solo servidor para atender a todos los cilindros que llegan al andén diariamente. Con los datos obtenidos por el estudio de tiempos se sabe que la capacidad del servidor (μ) es de 6.8 rutas por hora y el ritmo de llegada (λ) de 3.5 rutas por hora. Los resultados de la aplicación de este modelo se muestran en la Tabla 3.2.5.1

Tabla 3.2.5. 1 Modelo de colas con un solo servidor aplicado al área de pintado

Característica	Símbolo	Formula	20 kg
Cantidad esperada en el sistema	L	$\frac{\lambda}{\mu - \lambda}$	$\frac{3.5}{6.8 - 3.5} = 1.06 \text{ rutas}$
Cantidad esperada en la línea de espera	L_q	$\frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$	$\frac{3.5^2}{6.8(6.8 - 3.5)} = 0.54 \text{ rutas}$
Tiempo previsto de espera (Incluyendo el servicio)	W	$\frac{1}{\mu - \lambda}$	$\frac{1}{6.8 - 3.5} = 0.30 \text{ horas}$

Tiempo esperado en la línea de espera	w_q	$\frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$	$\frac{3.5}{6.8(6.8 - 3.5)} = 0.15 \text{ horas}$
Probabilidad de que el sistema esté vacío	P_0	$1 - \lambda/\mu$	$1 - 3.5/6.8 = 0.48 = 48\%$

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Según los datos obtenidos en el área de pintado se esperan 1.06 rutas en el sistema (22.26 cilindros), hay 0.54 rutas en la línea de espera (11.34 cilindros), pasan 0.30 horas en el sistema (18 minutos), 0.15 horas en la línea de espera (9 minutos) y con esto se puede decir que pasan 0.15 horas (9 minutos) siendo atendidos y finalmente la probabilidad de encontrar el sistema vacío es del 48%.

Por otro lado, se aplicó el modelo multicanal para el proceso de llenado de cilindros, en el cual se cuentan con 5 servidores (M) y en base al estudio de tiempos se sabe que la capacidad del servidor (μ) tiene un valor de 2.11 rutas por hora y λ tiene un valor de 3.5 rutas por hora arrojando los siguientes resultados:

Ecuación 3.2.5.1.

- La probabilidad de que haya cero personas o unidades en el sistema es

$$P_0 = \frac{1}{\left[\binom{1}{0!} \left(\frac{3.5}{2.11}\right)^0 + \binom{1}{1!} \left(\frac{3.5}{2.11}\right)^1 + \binom{1}{2!} \left(\frac{3.5}{2.11}\right)^2 + \binom{1}{3!} \left(\frac{3.5}{2.11}\right)^3 + \binom{1}{4!} \left(\frac{3.5}{2.11}\right)^4 \right] + \binom{1}{5!} \left(\frac{3.5}{2.11}\right)^5 \frac{(5)(2.11)}{(5)(2.11) - 3.5}}$$

$$= \frac{1}{(5.1106) + (0.1046)(-2.5)} = \frac{1}{4.8491} = 0.20 = 20\%$$

Ecuación 3.2.5.2

- El número medio de personas o unidades en el sistema es

$$L_s = \frac{(3.5)(2.11)(3.5/2.11)^5}{(5 - 1)! [(5)(2.11) - 3.5]^2} (0.20) + \frac{3.5}{2.11} = 1.6 \text{ rutas}$$

Ecuación 3.2.5.3

- El tiempo medio que una unidad pasa en las colas de espera o siendo atendida (o sea, en el sistema) es

$$W_s = \frac{1.6}{3.5} = 0.45 \text{ horas}$$

Ecuación 3.2.5.4

- El número medio de personas o unidades en la cola esperando ser atendidas es

$$L_q = 1.6 - \frac{3.5}{2.11} = -0.058 \text{ rutas}$$

Ecuación 3.2.5.5

- El tiempo medio que una persona o unidad pasa en la cola esperando a ser atendida es

$$W_q = \frac{-0.058}{3.5} = -0.016 \text{ horas}$$

En base a los resultados obtenidos por este modelo se puede decir que la probabilidad de que el sistema este vacío es del 20%, hay 1.6 rutas (33.6 cilindros) en el sistema de las cuales - 0.058 rutas están en la línea de espera, es decir, ninguna ruta espera en la línea, tan luego llegan al área de inyectado son atendidas, el tiempo que una ruta pasa en el sistema es de 0.45 horas (27 minutos) de los cuales – 0.016 horas esperan en la cola, lo cual concuerda con lo dicho anteriormente, no pasan tiempo esperando a ser atendidos.

Finalmente, el modelo básico de teoría de colas fue aplicado al del proceso de sellado en el cual existe un solo servidor para atender a todos los cilindros que llegan al andén. Con los datos obtenidos por el estudio de tiempos se sabe que la capacidad del

servidor (μ) es de 14.56 rutas por hora y la tasa de llegada (λ) es de 3.5 rutas por hora. Los resultados de la aplicación de este modelo se muestran en la Tabla 3.2.5.2

Tabla 3.2.5. 2 Modelo de colas con un solo servidor aplicado al área de pintado

Característica	Símbolo	Formula	20 kg
Cantidad esperada en el sistema	L	$\frac{\lambda}{\mu - \lambda}$	$\frac{3.5}{14.56 - 3.5} = 0.31 \text{ rutas}$
Cantidad esperada en la línea de espera	L_q	$\frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$	$\frac{3.5^2}{14.56(14.56 - 3.5)} = 0.076 \text{ rutas}$
Tiempo previsto de espera (Incluyendo el servicio)	W	$\frac{1}{\mu - \lambda}$	$\frac{1}{14.56 - 3.5} = 0.0904 \text{ horas}$
Tiempo esperado en la línea de espera	w_q	$\frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$	$\frac{3.5}{14.56(14.56 - 3.5)} = 0.0217 \text{ horas}$
Probabilidad de que el sistema esté vacío	P_0	$1 - \lambda/\mu$	$1 - 3.5/14.56 = 0.75 = 75\%$

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Los resultados de este último cálculo nos dicen que 0.31 rutas están en el sistema (6.51 cilindros), 0.076 rutas (1.59 cilindros) están en la línea de espera, las rutas pasan 0.0904 horas (5.42 minutos) en el sistema de los cuales 0.0217 (1.3 minutos) están esperando en la línea y finalmente la probabilidad de que el sistema se encuentre vacío es del 75%.

3.3 Conclusiones del diagnóstico

- La estandarización de tiempos de los procesos nos permitió saber que existe tiempo ocioso en cada una de las rutas debido a que el tiempo medio no coincide con el tiempo estándar.

- Los resultados obtenidos en los modelos de teoría de colas nos dicen que el sistema es apto para atender la demanda en el periodo de tiempo establecido, especialmente en el sellado de cilindros, el proceso en el que hay que doblar esfuerzos es el de pintado, a pesar de que el modelo de teoría de colas arroje un tiempo de espera aceptable y un porcentaje alto de encontrar el sistema vacío resultan una carga excesiva para que un solo operador este designado a esta área debido a que pinta aproximadamente 291 cilindros diarios generando fatiga, así como dolor en los hombros, espalda y problemas respiratorios.
- Existe desperdicio de pintura debido a la falta de maquinaria o automatización del proceso, dicho desperdicio genera pérdidas económicas y demoras en el proceso.
- Solamente un operador está a cargo de atender los 5 inyectores, lo cual no es suficiente ya que según el procesamiento de datos este proceso toma más tiempo que los demás por la naturaleza del llenado y el número de servidores que el operario atiende.
- Un servidor está inhabilitado con frecuencia debido a averías en el tablero.
- Los cilindros llenos son acumulados y están en espera hasta que un operador llegue a sellarlos
- Se espera al que el conductor los cargue a su unidad, lo cual suele ser prolongado, trayendo como consecuencia la espera de otras rutas de un espacio libre para entrar al andén.

3.4 Propuestas de mejora

En base a la información proporcionada por el diagrama de Ishikawa, los 5 porque's, el modelo de teoría de colas y la estandarización de tiempo se propone que el modo de trabajo mostrado en la Tabla 3.4.1 este enfocado a mantener en movimiento los cilindros durante todo el proceso, es decir, que al cabo de una de las fases el cilindro no permanezca en espera del siguiente proceso, sino que continúe con el resto sin esperar. Cabe mencionar que el trabajo en equipo facilita el llenado de cilindros y disminuye la fatiga en los operarios involucrados en las actividades dentro del andén.

Tabla 3.4. 1 Propuestas de mejora

Proceso	Estrategia propuesta	Responsable	Factor de impacto	
Descarga	Entrar a planta con cilindros clasificados: llenos y vacíos, por pintar, no pintar y fugas.	Operario de la ruta	Organización	Tiempo de espera
Pintado	Reubicar el área de pintado cerca del área de inyectado. Incluir un segundo operador en este proceso. Cambiar el pintado a mano con brocha a pintado con maquina compresora o automatizar el proceso	Gerente del andén	Fatiga Salud del trabajador Organización	
Llenado	Incluir un segundo operario en el inyectado para atender a los 5 servidores. Detectar y corregir la falla en los tableros de los servidores para contar al 100% con ellos.	Gerente del andén y personal de mantenimiento	Fatiga Estado del equipo de trabajo	
Sellado	Proporcionar la cantidad exacta de sellos a los conductores para poder sellarlos tan luego salgan del inyectado y eliminar la espera en este proceso	Gerente del andén	Organización	

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Una de las propuestas con respecto al proceso de pintado es la automatización del mismo y se considera dentro de la propuesta la máquina de pintado de cilindros modelo SP que incluye una cadena que eliminaría el transporte manual de los cilindros, pintado automático de los mismos, no importando que se trate de cilindros de 20 o 30 kilogramos.

Justificación de la inversión:

Capítulo III Metodología

- Excelente presentación de sus cilindros = Mayores Ventas
- Ahorro de pintura hasta un 30%
- Reduce la contaminación ambiental

Beneficios

- Mejor apariencia de los cilindros al ser pintados uniformemente.
- Mayor durabilidad de la pintura aplicada.
- Se reduce el índice de ausentismo por problemas de salud al mejorar las condiciones de trabajo.
- Ahorro de pintura. Al calibrar la máquina todos sus cilindros tendrán la misma cantidad aplicada.
- Estadística de cilindros pintados, gracias al contador incorporado en el equipo.
- Evitar sanciones o multas ya que con nuestro equipo Usted cumple con la norma ambiental vigente.

Características

- Capacidades desde 200 hasta 700 cilindros por hora.
- Cabina de Pintura con extractor de aire y cortina de agua recirculable.
- Contador electrónico de cilindros pintados.
- Pistolas sin aire comprimido (airless).
- Mezclador neumático para la pintura.
- Sistema de bomba para dosificar desde un tambo de 200 litros.
- Transportador automático de cilindros.

3.5 Implementación al mes de enero del 2018

Hasta el mes de enero del 2018 se ha trabajado con la propuesta de trabajar el pintado de cilindros cerca del inyectado, trabajar con dos operarios en el pintado de cilindros y dos operarios en el llenado de los mismos.

Capítulo III Metodología

Estos sencillos cambios han permitido disminuir el tiempo de espera de las rutas en el andén ya que la carga y la descarga no se repite y dos operarios en pintado e inyectado han agilizado el proceso.

La estandarización de tiempos mostrada en la Tabla 3.5.1 y 3.5.2 (manejando los mismos suplementos) con estas modificaciones ha arrojado los siguientes resultados:

Tabla 3.5. 1 Estandarización de tiempos después de las mejoras para cilindros de 20 kg

Cilindros 20 kg.					
Actividades	T. Promedio (min.)	Valoración 0-100%	T. normal (min.)	T. Suplementos (14%)	T. Estándar
Descarga	0.14	0.85	0.119	0.01666	0.13566
Pintado	0.46	0.9	0.414	0.05796	0.47196
Llenado	0.428	0.9	0.3852	0.053928	0.439128
Sellado	0.23	0.85	0.1955	0.02737	0.22287
Carga	0.17	0.85	0.1445	0.02023	0.16473
T. estándar de operación					1.434348

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

El tiempo estándar de operación para cilindros de 20 kg después de aplicar las propuestas antes mencionadas es de 1.434348 minutos, es decir, 1.069092 minutos menos que la primera estandarización.

Tabla 3.5. 2 Estandarización de tiempos después de las mejoras para cilindros de 30 kg

Cilindros 30 kg.					
Actividades	T. Promedio (min.)	Valoración 0-100%	T. normal (min.)	T. Suplementos (14%)	T. Estándar
Descarga	0.14	0.85	0.119	0.01666	0.13566
Pintado	0.72	0.9	0.648	0.09072	0.73872

Continuación Tabla 3.5.2

Llenado	0.7725	0.9	0.69525	0.097335	0.792585
Sellado	0.23	0.85	0.1955	0.02737	0.22287
Carga	0.17	0.85	0.1445	0.02023	0.16473
T. estándar de operación					2.054565

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

El tiempo estándar de operación para es de 2.054565 minutos por cilindro de 30 kg, es decir, 1.266825 minutos menos que la primera estandarización.

La Tabla 3.5.3 muestra la diferencia entre las dos maneras de operar, las cuales son significativas.

Tabla 3.5. 3 Tiempos estándar antes y después de las mejoras

Ruta	Antes						Después			Diferencia	
	Cilindros vacíos			Minutos			Minutos			Minutos	
	20 kg	30 kg	Total	Tiempo medio	Tiempo estándar	Tiempo ocioso	Tiempo medio	Tiempo estándar	Tiempo ocioso	T. medio	T. estándar
1	15	3	18	47.73	47.52	0.21	38.71	27.68	11.03	9.02	19.84
2	15	1	16	60	40.87	19.13	30.14	23.57	6.57	29.86	17.30
4	17	2	19	68.82	49.20	19.62	37.83	28.49	9.34	30.99	20.71
5	14	1	15	47.27	38.37	8.90	42.86	22.14	20.72	4.41	16.23
6	21	3	24	78.73	62.54	16.19	36.67	36.29	0.38	42.06	26.25
7	15	1	16	61.64	40.87	20.77	35.00	23.57	11.43	26.64	17.30
9	19	2	21	87	54.21	32.79	64.00	31.36	32.64	23	22.85
10	26	2	28	110.45	71.73	38.72	68.29	41.40	26.89	42.16	30.33
11	10	1	11	62	28.36	33.64		16.40			11.96
12	16	1	17	61.27	43.38	17.89	29.86	25.00	4.86	31.41	18.37
13	9	1	10	47.13	25.85	21.28	34.33	14.96	19.37	12.8	10.89
14	16	1	17	59.18	43.38	15.80		25.00			18.37

Continuación Tabla 3.5.3

15	21	2	23	56.57	59.22	-2.65	33.67	34.23	-0.56	22.9	24.98
16	27	2	29	50.9	74.24	-23.34	34.43	42.84	-8.41	16.47	31.40

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Capitulo IV Plan de acción para la optimización del proceso de llenado en el área de andén

El presente plan de acción es generado a partir del análisis de la toma de tiempos de cada proceso que interviene en el llenado de cilindros en el andén.

Para llevarlo a cabo fueron ocupadas metodologías de análisis como 5 porque's y diagrama de ishikawa, para el procesamiento de datos se utilizó la estadística descriptiva y fue efectuada la estandarización de tiempos.

Para generación de estrategias del plan de acción, se manejó el supuesto de que cada ruta contiene en promedio 19 cilindros de 20 kg y 2 de 30 kg, lo que conduce a que ninguna de ellas contiene el mismo número de cilindros, es decir, que dependiendo de la ruta que tengan los conductores es diferente el número de cilindros que llevan consigo en sus diferentes capacidades (20 y 30 kg), este promedio fue obtenido mediante el registros de venta diaria de cilindros por ruta así como del inventario de cilindros con los que cuenta la planta.

En las Tablas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4 se propone el plan de acción del estudio realizado para cada área que conforma el andén y los respectivos procesos que realizan.

Tabla 4. 1 Estrategias propuestas para el área de descarga

Área de descarga	
Objetivo:	1. Optimizar el proceso de descarga de cilindros.
	a. Recibir e inventariar los cilindros inmediatamente después de que la ruta haya llegado b. Clasificar los cilindros antes de llegar a planta
Líneas de acción	a. Promover en los operarios de ruta la clasificación de cilindros en vacíos, llenos, con fugas y por pintar antes de entrar a planta. b. Fortalecer el trabajo en equipo entre el operario de pintura y el operario de ruta para agilizar el proceso
Responsable	Operario de la ruta

Indicadores	
Indicador 1	
Descripción:	Número de cilindros descargados por minuto
Formula:	Total de minutos llevando a cabo la descarga/ Total de cilindros descargados.
Periodicidad	Mensual
Cantidad:	
Acciones	
Proponer el modo de clasificación de cilindros a los operarios de las rutas	
Concientizar a los operarios sobre los beneficios de esta propuesta y cómo impacta en el proceso.	
Fomentar el trabajo en equipo	

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Tabla 4. 2 Estrategias propuestas para el área de pintado

Área de pintado	
Objetivo:	2. Optimizar el proceso de pintado de cilindros
	<ul style="list-style-type: none"> a. Eliminar las esperas generadas en este proceso b. Reubicar el área de pintado cerca del inyectado c. Repartir la carga de trabajo entre el operario de pintado y el operario de la ruta
Líneas de acción	<ul style="list-style-type: none"> a. Fortalecer el trabajo en equipo entre el operario de pintura y el operario de ruta para agilizar el proceso b. Proporcionar a los operarios de EPP y herramienta adecuada para llevar a cabo el pintado
Responsable	Operario de pintado y de la ruta
Indicadores	
Indicador 1	
Descripción:	Número de cilindros pintados por minuto
Formula:	Total de minutos llevando a cabo el pintado/ Total de cilindros pintados
Periodicidad	Mensual
Cantidad:	
Acciones	
Incluir un segundo operario en el proceso	

Automatizar el pintado o en su defecto remplazar el pintado con brocha por pintado con maquina compresora
Reubicar el área de pintado cerca del área de inyectado de cilindros
Trabajar con el Equipo de Protección Personal necesario (gafas protectoras y cubre bocas).

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Tabla 4. 3 Estrategias propuestas para el área de inyectado

Área de Inyectado	
Objetivo:	3. Optimizar el proceso de llenado de los cilindros
	<ul style="list-style-type: none"> a. Eliminar las esperas generadas en este proceso b. Repartir la carga de trabajo entre el operario de la ruta y el del área de inyectado c. Disponer con el equipo en condiciones adecuadas para trabajar
Líneas de acción	<ul style="list-style-type: none"> a. Fortalecer el trabajo en equipo entre el operario del inyectado y el operario de ruta para agilizar el proceso b. Involucrar al encargado del andén en el proceso de inyectado. c. Evitar la ausencia de personal en esta área
Responsable	Encargado del andén
Indicadores	
Indicador 1	
Descripción:	Tiempo de espera por ruta
Formula:	Modelo de teoría de colas unicanal y multicanal
Periodicidad	Mensual
Cantidad:	
Acciones	
Incluir un segundo operario en el proceso	
Llevar a cabo un programa de capacitación para el uso correcto de los tableros de inyectado y la máquina de sellado	
Elaborar un manual de organización para definir las actividades de cada operador en el andén	
Fortalecer el trabajo en equipo en todos los operarios que intervengan en el proceso de inyectado.	

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Capítulo IV Plan de acción para la optimización del proceso de llenado en el área de andén

Tabla 4. 4 Estrategias propuestas para el área de sellado y carga

Sellado y carga	
Objetivo:	4. Eliminar los tiempos ociosos
	a. Eliminar las esperas generadas en este proceso
Líneas de acción	a. Evitar la ausencia de personal en este proceso
Responsable	Encargado del andén
Indicadores	
Indicador 1	
Descripción:	Cilindros sellados por minuto
Formula:	Tiempo utilizado en sellado de cilindros/ total de cilindros sellados
Periodicidad	Mensual
Cantidad:	
Acciones	
Sellar los cilindros inmediatamente después de que hayan sido llenados	
Proporcionar los sellos necesarios a los operadores para evitar la espera	
Contar con la selladora a la mano para acortar el tiempo	
Proporcionar ayuda a los operarios de la ruta para llevar a cabo la carga	

Fuente: (Elaboración propia,2018)

Capítulo V conclusiones y recomendaciones

Conclusiones orientadas a los objetivos

El trabajo realizado a lo largo de esta investigación hizo posible la generación de un plan de acción diseñado para optimizar cada uno de los procesos involucrados en el llenado de cilindros, es decir, todas las actividades concernientes al área de andén en la empresa “caso de estudio” fueron estudiadas por separado con el fin de elaborar estrategias que permitan la optimización de cada una de ellas. Para lograr dicho objetivo fue necesario llevar a cabo estandarización de tiempos, eliminar actividades que generaban tiempo ocioso para el llenado de cilindros y finalmente para detectar las causas de las problemáticas que se estaban enfrentando se utilizó diagrama de Ishikawa, los 5 porque’s y modelos de teoría de colas, lo que permitió sustentar las estrategias propuestas del respectivo plan.

Aunado a esto fue necesario reforzar y concientizar sobre los beneficios del trabajo en equipo con los operarios mediante platicas a la hora de llevar a cabo el llenado de cilindros en el andén ya que gran parte de los tiempos ociosos identificados eran consecuencia del trabajo individualista y falta de colaboración de unos operarios con otros. Esta parte fue de vital importancia ya que la colaboración de la mayoría de los operarios facilitó el logro de los objetivos.

Conclusiones orientadas a las preguntas de investigación

La manera en que este plan de acción contribuye a la optimización del proceso se resume principalmente en la erradicación de tiempos ociosos en cada uno de los procesos mediante el cumplimiento de las actividades específicas que cada operario tenía a su cargo y proponiendo un modo de trabajo en el que los cilindros se mantengan en movimiento durante todo el proceso y promoviendo la cooperación entre operarios (principalmente operarios de ruta con los operarios de pintado y llenado), esto fue comprobado después de colocar a un segundo operario en el proceso de pintado y llenado además de llevar a cabo el pintado cerca del área de inyectado. Aunque resultaba complicado tener a dos operarios en inyectado y pintado debido a

Capítulo V Conclusiones y recomendaciones

que se les designaban otras actividades se pudo trabajar con un operario en pintado la mayor parte del tiempo y se consiguió la contribución antes mencionada.

El beneficio generado por las estrategias propuestas se concentra en la disminución del tiempo de espera de las rutas y en el aprovechamiento del tiempo de cada uno de los operarios que intervienen en el proceso, dicho beneficio se ve reflejado principalmente en la ruta 10, la cual contiene 28 cilindros, después de las estrategias aplicadas el tiempo de espera de esta ruta disminuyó 42.16 minutos, seguida de la ruta 6 (con 24 cilindros) la cual disminuyó 42.06 minutos su tiempo de espera, el beneficio impactó a todas las rutas con variación dependiendo su número de cilindros, el caso de la ruta 1 (la cual lleva consigo 18 cilindros) fue la más baja con una disminución de 9.02 minutos en su tiempo de espera como se puede ver en la Tabla 3.5.3, cabe mencionar que el impacto de las mismas estrategias se vio reflejado de igual manera en la disminución de fatiga en los operarios (de pintado e inyectado principalmente) debido a la distribución del trabajo en los procesos gracias a la cooperación entre operarios y trabajo en equipo que se mencionó con anterioridad.

Conclusiones orientadas al estado del arte

Las investigaciones concernientes a el estado del arte fueron enfocadas a los ejes epistemológicos de líneas de espera, plan de acción y optimización. Investigaciones concernientes a líneas de espera sirvieron como ejemplo de la aplicación de diferentes modelos de teoría de colas y una de ellas llevada a cabo con cálculos a mano y con la ayuda de un software de simulación para la comparación de datos. Dichas investigaciones de esta rama de investigación de operaciones fueron de gran ayuda a la investigación ya que parte importante de la misma consistía en modelar líneas de espera con diferentes características y por consecuencia el uso del modelo adecuado al sistema con el que se estaba trabajando.

Por otra parte, las investigaciones concernientes a plan de acción nos muestran diferentes modos de estructurar estrategias enfocadas a la resolución de ciertas necesidades, la consulta de datos históricos era un aspecto importante para el

Capítulo V Conclusiones y recomendaciones

desarrollo de las mismas estrategias. Aplicadas a diferentes ramas de investigación la importancia de estos trabajos radica en el cómo se llevaron a cabo la estructura de estrategias. A pesar de que la consulta de datos históricos resultaba de vital importancia para estas investigaciones para el desarrollo de la presente fue necesario llevar a cabo un registro de datos que al cabo del muestreo fueron tomados como datos históricos, aunado a esto fueron aplicadas otras herramientas útiles para la determinación de causas y efectos y con esto enfocarse a la causa raíz de la problemática que se estaba tratando. Finalmente, las consultas de todas estas investigaciones sirvieron de punto de partida para el desarrollo de este trabajo e intentar de que la estructuración de estrategias para el plan de acción con un efecto positivo sin tener que desviarse de los objetivos que desde un principio de planteo en esta investigación.

Conclusiones enfocadas al marco teórico

Los conceptos, teorías y bibliografía consultada durante el desarrollo de este trabajo tuvieron como objetivo dar a conocer y describir las herramientas con las que esta investigación se iba a apoyar. Resulta relevante ya que es necesario saber el funcionamiento de cada una de las herramientas ocupadas y tener conocimiento de ciertos conceptos que son importantes y mencionados con frecuencia durante esta investigación.

Una de las intenciones del marco teórico es brindar conocimiento sobre la problemática con la que se está trabajando, bajo que argumento teórico se basa para solventar lo que se está aplicando y como se está procesando la información.

Cada uno de los conceptos y teorías explicadas en este apartado fueron necesarias para llevar a cabo el desarrollo de la metodología y dar a entender con claridad el porqué del uso y la necesidad de las herramientas aplicadas.

Para el cumplimiento de los objetivos de esta investigación tener conocimiento de los temas concernientes a la misma es de vital importancia ya que ignorar estos aspectos puede conducir a la desviación de los objetivos o el incumplimiento de ellos.

Conclusión general

Las estrategias propuestas en el plan de acción muestran resultados positivos con respecto a la optimización en cada uno de los procesos en el andén, logrando disminuir el tiempo de espera de los operarios de las rutas, así como del personal del área; se obtuvieron beneficios para los trabajadores principalmente ya que las estrategias propuestas se enfocan en la forma en que se lleva a cabo la dinámica entre un proceso y otro facilitando las tareas que cada operario tiene a su cargo.

Parte de las estrategias no requieren inversión económica lo cual no significa que no tengan un impacto, es decir, a pesar de su simplicidad ayudan de manera importante a cada uno de los procesos del andén y facilitan el trabajo de los operarios, un aspecto común en cada una de las propuestas es la organización entre áreas y colaboración de los operarios. Acercar el herramental de pintado al área de inyectado evito que la carga y descarga se llevara a cabo dos veces, designar dos operarios a pintar y dos a llenar agilizó el proceso y disminuyo los cuellos de botella y finalmente sellar los cilindros inmediatamente permitió a los conductores cargar y dejar el andén más rápidamente dejando a otros conductores entrar.

Una de las estrategias propuestas requiere de inversión económica para ser puestas en marcha, esta es la automatización del proceso de pintado por lo que no fue aplicada, pero de igual manera se enfatiza en ella ya que serían de gran ayuda para el proceso y permitiría a la empresa contar con una mayor capacidad para llenar cilindros y atender un número mayor de rutas, además de que traería beneficios a los operarios de pintado ya que disminuiría la fatiga.

Recomendaciones y trabajos futuros

Las sugerencias a la empresa a corto plazo son enfocar esfuerzos en la continuidad del modo de trabajo propuesto, conservar dos operarios para llevar a cabo el proceso de pintado y de llenado, así como continuar trabajando el pintado de cilindros cerca del área de llenado.

Capítulo V Conclusiones y recomendaciones

Contar con programa de capacitación para personal de nuevo ingreso resulta de vital importancia en el andén ya que gran parte de las actividades son aprendidas de forma empírica, la falta de este programa genera demoras en todas las actividades que intervienen en el proceso de llenado.

A largo plazo la automatización del proceso resultaría positivo ya que el impacto generado beneficiaría al personal del área de pintado e inyectado principalmente, lo cual se traduce en beneficios económicos con el menos uso de pintura, disminuir aún más el tiempo de espera de las rutas, agilizar el proceso de inyectado y finalmente la disminución de fatiga en los operarios y daños a la salud de los mismos debido a la manera en que se opera en cada una de estas áreas durante la jornada diaria.

La aplicación de parte de las propuestas y la futura aplicación del resto abren la puerta a un nuevo estudio de tiempos y movimientos, pero principalmente a un estudio económico enfocado en el beneficio que genera el ahorro de pintura derivado de la inclusión de una maquina compresora o la automatización del proceso de pintado.

Anexos

Anexos

1.- Inventario y venta diaria de cilindros

Fecha	Venta				Inventario			
	45 kg	30 kg	20 kg	Ánforas	45 kg	30 kg	20 kg	Ánforas
04-jul	0	27	233	103				
05-jul	0	20	200	51	1	57	380	208
06-jul	0	20	257	67	0	57	376	224
07-jul	0	40	328	79	1	57	374	212
08-jul	0	18	277	51	1	55	375	230
10-jul	2	48	394	85	1	54	367	206
11-jul	0	20	290	68	1	57	374	244
12-jul					1	58	370	192
13-jul	0	46	361	239				
14-jul	0	51	207	19	1	55	350	228
15-jul	1	40	253	129	1	57	371	202
16-jul	0	1	102	0	1	55	365	204
17-jul	0	18	270	57	1	56	364	194
18-jul	0	19	244	27	1	57	366	210
19-jul	0	23	232	28	1	58	360	242
20-jul	0	16	313	59	1	55	362	248
21-jul	0	13	227	90	1	56	373	214
22-jul	1	41	371	188	1	59	407	202
23-jul	0	6	86	0	1	59	295	236
24-jul	0	15	285	124	1	59	393	236
25-jul	0	17	300	110	1	60	402	240
26-jul	0	19	212	65	1	60	392	210
27-jul	0	15	273	49	1	59	389	204
28-jul	0	50	348	127	1	58	389	232
29-jul	0	42	407	76	1	58	386	202
30-jul	0	6	171	30	1	55	376	224
31-jul					1	54	382	224
Total	4	631	6641	1921	24	1425	9338	5468
Promedio	0.16	25.24	265.64	76.84	0.96	57	373.52	218.72

2.- Muestreo de tiempos de descarga

No.	Cil. Vacíos	Minutos	Segundos	Equivalencia seg.	Total minutos
1	30	2	7	0.117	2.117
2	13	1	25	0.417	1.417
3	11	2	31	0.517	2.517
4	21	3	42	0.700	3.700
5	9	1	39	0.650	1.650
6	25	1	33	0.550	1.550
7	16	2	12	0.200	2.200
8	16	2	4	0.067	2.067
9	15	3	7	0.117	3.117
10	29	4	7	0.117	4.117
11	15	8	43	0.717	8.717
12	14	2	40	0.667	2.667
13	17	8	8	0.133	8.133
14	17	2	32	0.533	2.533
15	27	8	5	0.083	8.083
16	9	1	23	0.383	1.383
17	23	2	40	0.667	2.667
18	21	2	49	0.817	2.817
19	32	5	46	0.767	5.767
20	8	2	28	0.467	2.467
21	18	2	30	0.500	2.500
22	18	2	31	0.517	2.517
23	22	1	44	0.733	1.733
24	24	2	20	0.333	2.333
25	23	2	7	0.117	2.117
26	17	1	39	0.650	1.650
27	27	6	37	0.617	6.617
28	17	2	36	0.600	2.600
29	14	1	51	0.850	1.850
30	11	1	15	0.250	1.250
31	8	1	28	0.467	1.467
32	22	2	20	0.333	2.333
33	21	2	25	0.417	2.417
34	32	2	26	0.433	2.433
35	23	3	44	0.733	3.733
36	18	3	47	0.783	3.783
37	19	2	0	0.000	2.000

38	12	1	25	0.417	1.417
39	27	3	33	0.550	3.550
40	17	1	38	0.633	1.633
41	21	1	18	0.300	1.300
42	32	7	33	0.550	7.550
43	34	4	30	0.500	4.500
44	24	2	48	0.800	2.800
45	29	4	9	0.150	4.150
46	17	2	12	0.200	2.200
47	13	1	32	0.533	1.533
48	10	1	28	0.467	1.467
49	12	2	49	0.817	2.817
50	29	1	48	0.800	1.800
51	14	1	51	0.850	1.850
52	11	1	31	0.517	1.517
53	24	1	33	0.550	1.550
54	27	2	39	0.650	2.650
55	25	2	33	0.550	2.550
56	34	4	1	0.017	4.017
57	10	1	10	0.167	1.167
58	15	1	14	0.233	1.233
59	14	1	55	0.917	1.917
60	35	4	12	0.200	4.200
61	12	2	7	0.117	2.117
62	29	3	46	0.767	3.767
63	13	1	0	0.000	1.000
64	12	2	58	0.967	2.967
65	8	1	25	0.417	1.417
66	15	1	53	0.883	1.883
67	16	1	38	0.633	1.633
68	34	4	24	0.400	4.400
69	20	2	33	0.550	2.550
70	21	7	34	0.567	7.567
71	22	2	6	0.100	2.100
72	17	1	40	0.667	1.667

3.- Muestreo de tiempos de pintado de cilindros de 30 kg

Pintado 30 kg					
No.	Segundos	No.	Segundos	No.	Segundos
1	45	16	39	31	78
2	51	17	20	32	43
3	43	18	31	33	31
4	53	19	30	34	68
5	31	20	53	35	56
6	27	21	24	36	76
7	57	22	23	37	43
8	42	23	25	38	52
9	44	24	32	39	65
10	55	25	33	40	34
11	25	26	40	41	62
12	32	27	47	42	39
13	40	28	39	43	48
14	75	29	30		
15	27	30	48		

4.- Muestreo de tiempos de pintado de cilindros de 20 kg

Pintado 20 kg							
No.	Segundos	No.	Segundos	No.	Segundos	No.	Segundos
1	23	98	20	195	36	292	22
2	22	99	20	196	27	293	18
3	24	100	19	197	35	294	23
4	44	101	22	198	28	295	27
5	49	102	30	199	51	296	17
6	29	103	19	200	49	297	22
7	25	104	25	201	41	298	19
8	23	105	21	202	25	299	18
9	25	106	27	203	25	300	23
10	32	107	20	204	29	301	26
11	59	108	19	205	40	302	22
12	66	109	20	206	46	303	31
13	64	110	17	207	25	304	20
14	50	111	21	208	21	305	27
15	58	112	17	209	30	306	30
16	29	113	18	210	24	307	26

17	50	114	15	211	33	308	36
18	43	115	19	212	24	309	19
19	24	116	17	213	30	310	22
20	22	117	13	214	26	311	25
21	29	118	14	215	37	312	31
22	40	119	20	216	38	313	18
23	36	120	16	217	38	314	21
24	31	121	16	218	22	315	21
25	27	122	17	219	23	316	23
26	28	123	20	220	39	317	42
27	15	124	22	221	31	318	24
28	16	125	23	222	37	319	22
29	33	126	27	223	64	320	26
30	40	127	21	224	26	321	16
31	24	128	17	225	33	322	19
32	22	129	24	226	29	323	20
33	54	130	32	227	31	324	30
34	24	131	25	228	40	325	32
35	17	132	29	229	23	326	24
36	27	133	20	230	17	327	32
37	19	134	32	231	20	328	26
38	44	135	21	232	41	329	30
39	55	136	25	233	22	330	26
40	56	137	30	234	19	331	36
41	29	138	27	235	26	332	39
42	29	139	28	236	30	333	30
43	23	140	28	237	19	334	35
44	20	141	30	238	19	335	40
45	26	142	30	239	25	336	25
46	25	143	27	240	17	337	26
47	38	144	28	241	20	338	20
48	62	145	25	242	19	339	28
49	43	146	31	243	23	340	32
50	38	147	30	244	20	341	22
51	36	148	17	245	27	342	19
52	47	149	17	246	21	343	37
53	48	150	22	247	16	344	34
54	35	151	19	248	27	345	41

55	25	152	23	249	17	346	38
56	29	153	13	250	21	347	35
57	24	154	14	251	22	348	26
58	34	155	20	252	17	349	26
59	70	156	52	253	24	350	22
60	25	157	36	254	16	351	23
61	43	158	26	255	17	352	23
62	25	159	23	256	18	353	40
63	25	160	21	257	20	354	23
64	14	161	17	258	36	355	26
65	18	162	22	259	36	356	25
66	18	163	23	260	26	357	26
67	15	164	27	261	26	358	22
68	22	165	21	262	30	359	19
69	18	166	21	263	32	360	27
70	21	167	17	264	30	361	32
71	16	168	16	265	28	362	34
72	16	169	19	266	35	363	19
73	15	170	18	267	27	364	28
74	19	171	14	268	24	365	31
75	18	172	14	269	26	366	38
76	21	173	22	270	32	367	50
77	21	174	19	271	20	368	33
78	24	175	29	272	42	369	37
79	25	176	20	273	28	370	39
80	20	177	20	274	29	371	31
81	22	178	28	275	37	372	36
82	12	179	30	276	33	373	39
83	16	180	26	277	38	374	35
84	31	181	17	278	42	375	33
85	21	182	24	279	37	376	39
86	27	183	22	280	28	377	43
87	18	184	17	281	39	378	40
88	25	185	32	282	32	379	34
89	20	186	32	283	26	380	42
90	22	187	40	284	54	381	47
91	20	188	32	285	38	382	48
92	13	189	35	286	47	383	33

93	18	190	27	287	29	384	47
94	27	191	30	288	25	385	29
95	22	192	38	289	31		
96	23	193	21	290	25		
97	38	194	25	291	18		

5.- Muestreo de tiempos de llenado de cilindros de 30 kg

Llenado 30 kg							
No.	Minutos	Equivalencia seg.	Total min.	No.	Minutos	Equivalencia seg.	Total min.
1	4	0.050	4.050	49	2	0.317	2.317
2	4	0.417	4.417	50	2	0.350	2.350
3	3	0.083	3.083	51	2	0.750	2.750
4	2	0.867	2.867	52	2	0.417	2.417
5	2	0.767	2.767	53	2	0.533	2.533
6	2	0.267	2.267	54	3	0.917	3.917
7	5	0.467	5.467	55	4	0.000	4.000
8	3	0.850	3.850	56	2	0.433	2.433
9	3	0.117	3.117	57	3	0.800	3.800
10	2	0.117	2.117	58	2	0.417	2.417
11	4	0.167	4.167	59	3	0.567	3.567
12	3	0.983	3.983	60	2	0.833	2.833
13	2	0.817	2.817	61	2	0.250	2.250
14	2	0.917	2.917	62	3	0.067	3.067
15	3	0.250	3.250	63	2	0.750	2.750
16	2	0.683	2.683	64	3	0.467	3.467
17	3	0.033	3.033	65	2	0.767	2.767
18	2	0.417	2.417	66	2	0.933	2.933
19	3	0.350	3.350	67	2	0.950	2.950
20	3	0.517	3.517	68	3	0.533	3.533
21	4	0.067	4.067	69	2	0.833	2.833
22	2	0.733	2.733	70	2	0.500	2.500
23	2	0.967	2.967	71	3	0.783	3.783
24	3	0.783	3.783	72	4	0.150	4.150
25	2	0.267	2.267	73	1	0.767	1.767
26	2	0.517	2.517	74	2	0.883	2.883
27	2	0.633	2.633	75	3	0.850	3.850
28	2	0.183	2.183	76	4	0.200	4.200
29	3	0.017	3.017	77	3	0.417	3.417

30	3	0.117	3.117	78	4	0.617	4.617
31	2	0.700	2.700	79	2	0.650	2.650
32	2	0.500	2.500	80	2	0.683	2.683
33	2	0.500	2.500	81	2	0.950	2.950
34	3	0.167	3.167	82	2	0.633	2.633
35	3	0.000	3.000	83	3	0.250	3.250
36	2	0.467	2.467	84	2	0.817	2.817
37	2	0.833	2.833	85	2	0.917	2.917
38	2	0.833	2.833	86	2	0.617	2.617
39	3	0.433	3.433	87	3	0.917	3.917
40	2	0.550	2.550	88	3	0.350	3.350
41	2	0.700	2.700	89	3	0.700	3.700
42	2	0.917	2.917	90	4	0.217	4.217
43	3	0.417	3.417	91	2	0.167	2.167
44	3	0.167	3.167	92	3	0.767	3.767
45	2	0.633	2.633	93	2	0.383	2.383
46	3	0.800	3.800	94	2	0.317	2.317
47	3	0.250	3.250	95	4	0.050	4.050
48	3	0.217	3.217				

6.- Muestreo de tiempos de llenado de cilindros de 20 kg

Llenado 20 kg							
No.	Minutos	Equivalencia seg.	Total min.	No.	Minutos	Equivalencia seg.	Total min.
1	1	0.767	1.767	194	1	0.967	1.967
2	1	0.733	1.733	195	2	0.367	2.367
3	1	0.533	1.533	196	2	0.467	2.467
4	2	0.467	2.467	197	2	0.200	2.200
5	3	0.450	3.450	198	1	0.817	1.817
6	2	0.050	2.050	199	3	0.083	3.083
7	1	0.600	1.600	200	2	0.250	2.250
8	1	0.917	1.917	201	1	0.833	1.833
9	1	0.817	1.817	202	1	0.817	1.817
10	1	0.683	1.683	203	2	0.017	2.017
11	1	0.450	1.450	204	2	0.083	2.083
12	5	0.850	5.850	205	2	0.300	2.300
13	3	0.133	3.133	206	1	0.583	1.583
14	3	0.067	3.067	207	1	0.717	1.717
15	2	0.233	2.233	208	3	0.750	3.750

16	2	0.400	2.400	209	3	0.100	3.100
17	1	0.450	1.450	210	1	0.550	1.550
18	2	0.267	2.267	211	3	0.400	3.400
19	1	0.667	1.667	212	1	0.950	1.950
20	1	0.983	1.983	213	2	0.117	2.117
21	1	0.833	1.833	214	2	0.700	2.700
22	1	0.900	1.900	215	1	0.867	1.867
23	1	0.850	1.850	216	1	0.517	1.517
24	1	0.467	1.467	217	3	0.017	3.017
25	1	0.567	1.567	218	2	0.433	2.433
26	1	0.467	1.467	219	1	0.700	1.700
27	1	0.617	1.617	220	1	0.933	1.933
28	1	0.467	1.467	221	2	0.433	2.433
29	2	0.633	2.633	222	2	0.467	2.467
30	2	0.367	2.367	223	2	0.383	2.383
31	2	0.467	2.467	224	4	0.117	4.117
32	3	0.933	3.933	225	2	0.317	2.317
33	3	0.267	3.267	226	1	0.917	1.917
34	1	0.767	1.767	227	4	0.017	4.017
35	2	0.100	2.100	228	3	0.233	3.233
36	1	0.683	1.683	229	1	0.967	1.967
37	2	0.033	2.033	230	1	0.600	1.600
38	2	0.833	2.833	231	1	0.967	1.967
39	2	0.483	2.483	232	2	0.800	2.800
40	3	0.083	3.083	233	1	0.983	1.983
41	1	0.550	1.550	234	1	0.717	1.717
42	1	0.700	1.700	235	2	0.050	2.050
43	2	0.517	2.517	236	1	0.900	1.900
44	2	0.383	2.383	237	2	0.500	2.500
45	1	0.800	1.800	238	1	0.417	1.417
46	1	0.800	1.800	239	3	0.667	3.667
47	2	0.717	2.717	240	1	0.733	1.733
48	1	0.900	1.900	241	3	0.650	3.650
49	2	0.000	2.000	242	3	0.667	3.667
50	1	0.967	1.967	243	3	0.033	3.033
51	2	0.600	2.600	244	2	0.017	2.017
52	1	0.750	1.750	245	1	0.583	1.583
53	2	0.117	2.117	246	3	0.233	3.233
54	2	0.283	2.283	247	1	0.883	1.883

55	2	0.200	2.200	248	1	0.833	1.833
56	2	0.250	2.250	249	1	0.417	1.417
57	1	0.650	1.650	250	1	0.983	1.983
58	1	0.850	1.850	251	1	0.800	1.800
59	1	0.800	1.800	252	1	0.400	1.400
60	1	0.950	1.950	253	1	0.733	1.733
61	2	0.550	2.550	254	1	0.517	1.517
62	3	0.033	3.033	255	2	0.200	2.200
63	3	0.583	3.583	256	1	0.783	1.783
64	2	0.467	2.467	257	1	0.967	1.967
65	3	0.167	3.167	258	1	0.950	1.950
66	1	0.967	1.967	259	1	0.467	1.467
67	1	0.583	1.583	260	2	0.283	2.283
68	2	0.333	2.333	261	1	0.483	1.483
69	2	0.250	2.250	262	3	0.533	3.533
70	3	0.600	3.600	263	1	0.667	1.667
71	4	0.117	4.117	264	2	0.333	2.333
72	2	0.000	2.000	265	1	0.767	1.767
73	3	0.900	3.900	266	1	0.667	1.667
74	1	0.733	1.733	267	1	0.283	1.283
75	1	0.650	1.650	268	1	0.500	1.500
76	1	0.483	1.483	269	1	0.933	1.933
77	1	0.750	1.750	270	2	0.617	2.617
78	1	0.683	1.683	271	1	0.950	1.950
79	1	0.467	1.467	272	2	0.600	2.600
80	2	0.000	2.000	273	1	0.617	1.617
81	1	0.733	1.733	274	2	0.117	2.117
82	2	0.000	2.000	275	2	0.567	2.567
83	1	0.667	1.667	276	2	0.933	2.933
84	1	0.250	1.250	277	2	0.117	2.117
85	1	0.100	1.100	278	1	0.483	1.483
86	1	0.900	1.900	279	1	0.883	1.883
87	2	0.167	2.167	280	2	0.267	2.267
88	1	0.917	1.917	281	1	0.900	1.900
89	1	0.750	1.750	282	1	0.583	1.583
90	2	0.217	2.217	283	1	0.650	1.650
91	2	0.267	2.267	284	2	0.183	2.183
92	1	0.917	1.917	285	2	0.633	2.633
93	2	0.733	2.733	286	4	0.233	4.233

94	2	0.083	2.083	287	4	0.683	4.683
95	1	0.917	1.917	288	2	0.033	2.033
96	2	0.333	2.333	289	1	0.667	1.667
97	1	0.433	1.433	290	2	0.800	2.800
98	1	0.233	1.233	291	1	0.467	1.467
99	2	0.067	2.067	292	2	0.033	2.033
100	1	0.733	1.733	293	2	0.467	2.467
101	1	0.483	1.483	294	2	0.900	2.900
102	2	0.017	2.017	295	2	0.333	2.333
103	1	0.900	1.900	296	1	0.533	1.533
104	3	0.117	3.117	297	1	0.633	1.633
105	1	0.867	1.867	298	1	0.783	1.783
106	2	0.333	2.333	299	2	0.100	2.100
107	1	0.917	1.917	300	2	0.517	2.517
108	2	0.083	2.083	301	1	0.517	1.517
109	1	0.567	1.567	302	2	0.417	2.417
110	1	0.450	1.450	303	2	0.183	2.183
111	1	0.900	1.900	304	2	0.083	2.083
112	2	0.017	2.017	305	1	0.833	1.833
113	2	0.033	2.033	306	1	0.617	1.617
114	2	0.817	2.817	307	2	0.633	2.633
115	2	0.083	2.083	308	2	0.000	2.000
116	1	0.733	1.733	309	2	0.533	2.533
117	2	0.217	2.217	310	2	0.550	2.550
118	1	0.483	1.483	311	1	0.750	1.750
119	1	0.800	1.800	312	1	0.617	1.617
120	1	0.667	1.667	313	1	0.717	1.717
121	1	0.867	1.867	314	2	0.083	2.083
122	2	0.100	2.100	315	2	0.483	2.483
123	1	0.700	1.700	316	2	0.550	2.550
124	1	0.733	1.733	317	2	0.183	2.183
125	2	0.617	2.617	318	1	0.700	1.700
126	1	0.833	1.833	319	1	0.700	1.700
127	2	0.333	2.333	320	2	0.117	2.117
128	2	0.533	2.533	321	2	0.233	2.233
129	4	0.800	4.800	322	1	0.450	1.450
130	1	0.450	1.450	323	2	0.533	2.533
131	1	0.483	1.483	324	2	0.750	2.750
132	2	0.633	2.633	325	3	0.067	3.067

133	2	0.200	2.200	326	2	0.450	2.450
134	2	0.733	2.733	327	1	0.850	1.850
135	1	0.250	1.250	328	1	0.833	1.833
136	1	0.850	1.850	329	2	0.000	2.000
137	1	0.700	1.700	330	2	0.417	2.417
138	2	0.233	2.233	331	2	0.750	2.750
139	1	0.367	1.367	332	3	0.000	3.000
140	2	0.183	2.183	333	2	0.317	2.317
141	1	0.550	1.550	334	1	0.450	1.450
142	1	0.567	1.567	335	1	0.950	1.950
143	1	0.483	1.483	336	2	0.417	2.417
144	1	0.467	1.467	337	2	0.883	2.883
145	1	0.400	1.400	338	3	0.367	3.367
146	1	0.950	1.950	339	1	0.750	1.750
147	2	0.000	2.000	340	1	0.817	1.817
148	2	0.067	2.067	341	2	0.250	2.250
149	1	0.567	1.567	342	2	0.367	2.367
150	1	0.717	1.717	343	2	0.733	2.733
151	2	0.117	2.117	344	2	0.600	2.600
152	1	0.383	1.383	345	1	0.900	1.900
153	2	0.417	2.417	346	1	0.400	1.400
154	2	0.200	2.200	347	1	0.500	1.500
155	2	0.750	2.750	348	1	0.983	1.983
156	2	0.050	2.050	349	2	0.100	2.100
157	2	0.917	2.917	350	1	0.633	1.633
158	1	0.567	1.567	351	2	0.100	2.100
159	2	0.083	2.083	352	1	0.900	1.900
160	1	0.900	1.900	353	2	0.600	2.600
161	2	0.183	2.183	354	2	0.883	2.883
162	1	0.383	1.383	355	3	0.117	3.117
163	2	0.300	2.300	356	1	0.817	1.817
164	1	0.983	1.983	357	2	0.717	2.717
165	1	0.767	1.767	358	1	0.450	1.450
166	2	0.150	2.150	359	1	0.667	1.667
167	2	0.317	2.317	360	1	0.767	1.767
168	3	0.383	3.383	361	2	0.300	2.300
169	1	0.933	1.933	362	2	0.917	2.917
170	1	0.983	1.983	363	3	0.150	3.150
171	2	0.617	2.617	364	1	0.750	1.750

172	2	0.083	2.083	365	1	0.650	1.650
173	2	0.417	2.417	366	1	0.517	1.517
174	1	0.767	1.767	367	2	0.117	2.117
175	2	0.017	2.017	368	2	0.283	2.283
176	1	0.633	1.633	369	2	0.933	2.933
177	2	0.367	2.367	370	2	0.983	2.983
178	1	0.867	1.867	371	1	0.467	1.467
179	1	0.967	1.967	372	2	0.033	2.033
180	1	0.933	1.933	373	2	0.617	2.617
181	2	0.100	2.100	374	3	0.350	3.350
182	1	0.500	1.500	375	3	0.467	3.467
183	1	0.400	1.400	376	1	0.417	1.417
184	1	0.717	1.717	377	1	0.300	1.300
185	1	0.467	1.467	378	2	0.017	2.017
186	1	0.550	1.550	379	2	0.400	2.400
187	1	0.883	1.883	380	2	0.817	2.817
188	2	0.133	2.133	381	3	0.267	3.267
189	1	0.750	1.750	382	2	0.667	2.667
190	2	0.067	2.067	383	1	0.800	1.800
191	1	0.650	1.650	384	1	0.683	1.683
192	1	0.600	1.600	385	1	0.683	1.683
193	1	0.333	1.333				

7.- Muestreo de tiempos de sellado

Sellado				
No.	Cilindros vacíos	Minutos	Equivalencia segundos	Total minutos
1	31	17	0.567	17.567
2	13	1	0.450	1.450
3	10	2	0.217	2.217
4	11	10	0.467	10.467
5	12	2	0.117	2.117
6	12	3	0.317	3.317
7	32	7	0.833	7.833
8	21	4	0.333	4.333
9	32	9	0.500	9.500
10	12	1	0.733	1.733
11	32	9	0.617	9.617
12	29	4	0.783	4.783

13	17	1	0.400	1.400
14	19	3	0.600	3.600
15	11	1	0.000	1.000
16	19	4	0.167	4.167
17	24	3	0.950	3.950
18	15	1	0.517	1.517
19	17	2	0.150	2.150
20	17	6	0.633	6.633
21	26	3	0.417	3.417
22	15	2	0.217	2.217
23	25	4	0.067	4.067
24	26	4	0.500	4.500
25	11	1	0.567	1.567
26	13	1	0.817	1.817
27	11	7	0.117	7.117
28	11	1	0.350	1.350
29	11	0	0.483	0.483
30	25	3	0.850	3.850

8.- Muestreo de tiempos de carga

Carga				
No.	Cilindros vacíos	Minutos	Equivalencia segundos	Total minutos
1	31	5	0.750	5.750
2	13	2	0.050	2.050
3	19	5	0.183	5.183
4	18	2	0.183	2.183
5	13	1	0.317	1.317
6	10	1	0.733	1.733
7	11	3	0.833	3.833
8	20	7	0.650	7.650
9	12	2	0.050	2.050
10	25	4	0.833	4.833
11	13	2	0.583	2.583
12	29	3	0.700	3.700
13	32	4	0.700	4.700
14	12	1	0.433	1.433
15	32	3	0.700	3.700

16	29	3	0.483	3.483
17	17	2	0.717	2.717
18	26	3	0.300	3.300
19	17	4	0.083	4.083
20	33	5	0.600	5.600
21	22	2	0.667	2.667
22	17	1	0.850	1.850
23	12	3	0.117	3.117
24	22	2	0.583	2.583
25	10	1	0.300	1.300
26	21	3	0.650	3.650
27	23	3	0.133	3.133
28	27	6	0.450	6.450
29	14	2	0.850	2.850
30	22	1	0.717	1.717
31	32	3	0.750	3.750
32	13	3	0.417	3.417
33	16	1	0.833	1.833
34	34	5	0.433	5.433
35	15	3	0.800	3.800
36	19	3	0.817	3.817
37	24	5	0.150	5.150
38	29	7	0.833	7.833
39	17	2	0.867	2.867
40	19	5	0.217	5.217
41	29	3	0.783	3.783
42	11	2	0.100	2.100
43	19	2	0.550	2.550
44	24	2	0.700	2.700
45	11	3	0.067	3.067
46	11	1	0.233	1.233
47	11	2	0.900	2.900
48	15	1	0.450	1.450
49	14	3	0.650	3.650
50	17	3	0.050	3.050
51	10	1	0.200	1.200
52	13	2	0.650	2.650
53	15	2	0.250	2.250

54	18	4	0.417	4.417
55	12	2	0.950	2.950
56	34	2	0.250	2.250
57	21	5	0.650	5.650

9.- Muestreo de tiempos y estadística descriptiva por ruta antes de implementación de estrategias.

Ruta 1					Ruta 2				
Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos	Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos
1	03:45	04:39	00:54	54	1	04:15	05:20	01:05	65
2	02:57	03:45	00:48	48	2	04:17	05:50	01:33	93
3	03:00	03:36	00:36	36	3	03:30	04:17	00:47	47
4	03:22	03:50	00:28	28	4	03:45	06:04	02:19	139
5	02:35	03:22	00:47	47	5	04:52	05:49	00:57	57
6	02:40	03:28	00:48	48	6	03:03	03:32	00:29	29
7	03:04	03:53	00:49	49	7	05:50	06:50	01:00	60
8	03:28	04:12	00:44	44	8	04:45	05:14	00:29	29
9	02:40	03:42	01:02	62	9	05:38	06:26	00:48	48
10	03:16	04:19	01:03	63	10	04:49	05:36	00:47	47
11	03:14	04:00	00:46	46	11	03:34	04:20	00:46	46

Ruta 1	
Media	47.7272727
Cuenta	11

Ruta 2	
Media	60
Cuenta	11

Anexos

Ruta 4					Ruta 5				
Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos	Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos
1	04:24	05:05	00:41	41	1	04:43	05:24	00:41	41
2	06:25	07:26	01:01	61	2	04:25	05:25	01:00	60
3	03:07	03:58	00:51	51	3	02:55	03:25	00:30	30
4	06:32	07:58	01:26	86	4	03:43	04:31	00:48	48
5	06:03	08:23	02:20	140	5	05:35	06:22	00:47	47
6	05:29	06:19	00:50	50	6	04:38	05:07	00:29	29
7	06:15	07:20	01:05	65	7	06:06	06:45	00:39	39
8	04:20	05:26	01:06	66	8	05:14	06:20	01:06	66
9	03:53	04:56	01:03	63	9	05:10	05:57	00:47	47
10	04:52	05:47	00:55	55	10	05:26	06:20	00:54	54
11	05:04	06:23	01:19	79	11	06:01	07:00	00:59	59

Ruta 4	
Media	68.8181818
Cuenta	11

Ruta 5	
Media	47.2727273
Cuenta	11

Ruta 6					Ruta 7				
Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos	Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos
1	03:08	04:05	00:57	57	1	03:31	04:31	01:00	60
2	03:25	04:12	00:47	47	2	03:31	04:30	00:59	59
3	03:50	06:20	02:30	150	3	03:15	04:07	00:52	52
4	03:09	04:01	00:52	52	4	04:03	05:27	01:24	84
5	03:28	04:37	01:09	69	5	05:07	06:00	00:53	53
6	03:15	05:01	01:46	106	6	03:36	04:45	01:09	69
7	03:24	05:35	02:11	131	7	02:40	03:34	00:54	54
8	03:18	04:07	00:49	49	8	04:07	05:25	01:18	78
9	03:17	04:13	00:56	56	9	03:45	04:40	00:55	55
10	03:29	05:03	01:34	94	10	03:22	04:35	01:13	73
11	03:22	04:17	00:55	55	11	04:04	04:45	00:41	41

Ruta 6	
Media	78.7272727
Cuenta	11

Ruta 7	
Media	61.6363636
Cuenta	11

Anexos

Ruta 9					Ruta 10				
Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos	Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos
1	05:13	06:11	00:58	58	1	03:10	06:37	03:27	207
2	04:42	05:30	00:48	48	2	03:02	03:55	00:53	53
3	04:58	06:17	01:19	79	3	03:23	05:20	01:57	117
4	06:27	06:59	00:32	32	4	03:33	05:27	01:54	114
5	06:23	08:23	02:00	120	5	03:07	05:07	02:00	120
6	06:09	06:55	00:46	46	6	03:10	05:01	01:51	111
7	05:12	07:25	02:13	133	7	04:50	06:40	01:50	110
8	04:59	06:50	01:51	111	8	05:48	07:09	01:21	81
9	03:14	06:29	03:15	195	9	03:06	04:49	01:43	103
10	04:59	05:46	00:47	47	10	03:24	05:20	01:56	116
11	05:52	07:20	01:28	88	11	03:23	04:46	01:23	83

Ruta 9	
Media	87
Cuenta	11

Ruta 10	
Media	110.454545
Cuenta	11

Ruta 11					Ruta 12				
Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos	Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos
1	04:39	06:02	01:23	83	1	03:24	04:23	00:59	59
2	03:17	04:17	01:00	60	2	04:12	05:30	01:18	78
3	05:53	07:15	01:22	82	3	03:12	04:07	00:55	55
4	05:04	05:58	00:54	54	4	03:57	04:46	00:49	49
5	04:03	05:23	01:20	80	5	03:35	04:26	00:51	51
6	05:09	06:35	01:26	86	6	04:55	05:29	00:34	34
7	04:28	05:03	00:35	35	7	03:57	05:15	01:18	78
8	05:28	06:14	00:46	46	8	03:21	04:05	00:44	44
9	06:26	06:58	00:32	32	9	03:12	04:06	00:54	54
10	05:23	06:25	01:02	62	10	05:00	06:57	01:57	117
					11	03:34	04:29	00:55	55

Ruta 11	
Media	62
Cuenta	10

Ruta 12	
Media	61.2727273
Cuenta	11

Anexos

Ruta 13					Ruta 14				
Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos	Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos
1	06:10	07:15	01:05	65	1	04:43	05:24	00:41	41
2	06:06	06:50	00:44	44	2	05:54	06:50	00:56	56
3	07:22	07:58	00:36	36	3	07:09	08:00	00:51	51
4	05:26	06:20	00:54	54	4	06:57	07:58	01:01	61
5	06:47	07:30	00:43	43	5	06:55	08:14	01:19	79
6	06:13	06:58	00:45	45	6	04:52	05:40	00:48	48
7	05:20	06:06	00:46	46	7	05:43	06:40	00:57	57
8	05:09	05:53	00:44	44	8	05:00	06:11	01:11	71
					9	04:13	05:07	00:54	54
					10	06:22	07:15	00:53	53
					11	05:40	07:00	01:20	80

Ruta 13	
Media	47.125
Cuenta	8

Ruta 14	
Media	59.1818182
Cuenta	11

Ruta 15					Ruta 16				
Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos	Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos
1	06:28	07:15	00:47	47	1	06:28	07:26	00:58	58
2	06:40	07:22	00:42	42	2	06:22	08:00	01:38	98
3	06:08	07:05	00:57	57	3	06:19	07:01	00:42	42
4	06:04	07:12	01:08	68	4	06:47	07:25	00:38	38
5	05:50	06:49	00:59	59	5	05:58	07:09	01:11	71
6	06:47	07:25	00:38	38	6	06:50	07:48	00:58	58
7	05:30	06:55	01:25	85	7	06:31	07:15	00:44	44
					8	06:38	07:14	00:36	36
					9	05:06	05:33	00:27	27
					10	06:33	07:10	00:37	37

Ruta 15	
Media	56.5714286
Cuenta	7

Ruta 16	
Media	50.9
Cuenta	10

10.- Muestreo de tiempos y estadística descriptiva por ruta después de implementación de estrategias (hasta enero 2018)

Ruta 1					Ruta 2				
Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos	Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos
1	03:30	04:40	01:10	70	1	04:19	04:50	00:31	31
2	03:53	04:38	00:45	45	2	04:12	04:41	00:29	29
3	03:06	03:26	00:20	20	3	03:42	04:17	00:35	35
4	03:08	03:50	00:42	42	4	04:12	04:40	00:28	28
5	03:02	03:35	00:33	33	5	04:18	05:00	00:42	42
6	03:29	03:50	00:21	21	6	04:39	04:58	00:19	19
7	03:30	04:10	00:40	40	7	05:59	06:26	00:27	27

R1	
Media	38.7142857
Cuenta	7

R2	
Media	30.1428571
Cuenta	7

Ruta 4					Ruta 5				
Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos	Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos
1	04:55	05:50	00:55	55	1	04:41	06:16	01:35	95
2	04:47	05:15	00:28	28	2	04:57	05:23	00:26	26
3	04:28	04:55	00:27	27	3	04:01	04:34	00:33	33
4	04:43	05:35	00:52	52	4	04:36	05:04	00:28	28
5	03:44	04:17	00:33	33	5	04:54	06:12	01:18	78
6	04:45	05:17	00:32	32	6	05:28	05:48	00:20	20
					7	05:32	05:52	00:20	20

R4	
Media	37.8333333
Cuenta	6

R5	
Media	42.8571429
Cuenta	7

Anexos

Ruta 6					Ruta 7				
Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos	Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos
1	03:26	03:55	00:29	29	1	03:16	03:53	00:37	37
2	03:09	03:53	00:44	44	2	03:50	04:22	00:32	32
3	03:18	04:05	00:47	47	3	03:09	03:45	00:36	36
4	03:28	04:05	00:37	37	4	03:15	03:50	00:35	35
5	03:10	03:42	00:32	32	5	03:19	03:55	00:36	36
6	03:19	03:50	00:31	31	6	03:40	04:12	00:32	32
					7	03:16	03:53	00:37	37

R6	
Media	36.6666667
Cuenta	6

R7	
Media	35
Cuenta	7

Ruta 9					Ruta 10				
Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos	Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos
1	04:10	06:16	02:06	126	1	03:06	04:25	01:19	79
2	03:43	04:22	00:39	39	2	03:15	04:57	01:42	92
3	05:11	06:15	01:04	64	3	03:00	04:02	01:02	62
4	05:35	06:17	00:42	42	4	03:09	03:36	00:27	27
5	04:42	05:24	00:42	42	5	03:28	04:50	01:22	82
6	04:03	04:20	00:17	17	6	03:10	04:26	01:16	76
7	04:18	06:16	01:58	118	7	03:20	04:20	01:00	60

R9	
Media	64
Cuenta	7

R10	
Media	68.2857143
Cuenta	7

Anexos

Ruta 12					Ruta 13				
Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos	Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos
1	03:08	03:34	00:26	26	1	06:27	06:45	00:18	18
2	03:40	04:04	00:24	24	2	05:38	06:39	01:01	61
3	04:09	04:34	00:25	25	3	05:56	06:20	00:24	24
4	03:28	04:01	00:33	33					
5	03:28	03:57	00:29	29					
6	03:12	03:43	00:31	31					
7	03:19	04:00	00:41	41					

<i>R12</i>	
Media	29.8571429
Cuenta	7

<i>R13</i>	
Media	34.3333333
Cuenta	3

Ruta 15					Ruta 16				
Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos	Muestra	Entrada	Salida	T. en el sistema	Minutos
1	04:52	05:26	00:34	34	1	06:09	06:51	00:42	42
2	06:00	06:39	00:39	39	2	05:38	06:30	00:52	52
3	06:21	06:49	00:28	28	3	06:02	06:28	00:26	26
					4	06:15	06:41	00:26	26
					5	05:43	06:27	00:44	44
					6	06:11	06:35	00:24	24
					7	06:11	06:38	00:27	27

<i>R15</i>	
Media	33.6666667
Cuenta	3

<i>R16</i>	
Media	34.4285714
Cuenta	7

Bibliografía

- A. Taha, H. (1995). *Investigación de operaciones*. México: Alfaomega.
- Abad Matute, M. E., & Weinsner Falconí, I. (2009). Incremento de la producción en planta de envasado de cilindros con glp por sistema de mejora continua. *Repositorio Dspace*, 5-6.
- Andrews, K. (1971). *The concept of corporate strategy*.
- Chandler, A. (1962). *Strategy and structure*.
- Corado, J., Arteaga, E., & Pérez, R. C. (2014). Extensión en ciencias de la salud Plan de acción social.
- Da silva, A. (2014). El plan de acción mundial de la FAO sobre los recursos zoológicos y su aplicación en Latinoamérica y el Caribe.
- Díaz Lozano, A. Y., & Hernández Bravo, S. M. (2015). Análisis del plan de acción del humedal Torca, con base en la evaluación ambiental Estratégica.
- Energía, S. d. (2015). *Prospectiva de Gas Natural y Gas L.P. 2015-2029*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44326/Prospectiva_Gas_Natural_y_Gas_LP.pdf
- Fahey, L., & Robert, R. (1994). *The portable MBA in strategy*.
- Fred R., D. (2008). *Conceptos de administración estratégica*. México: Pearson Prentice Hall.
- George Steiner, F. (1998). *Planeación estratégica lo que todo director debe saber*. México: CECSA.
- Gómez Ceja, G. (1994). *Planeación y organización de empresas*. México: Mc Graw Hill.
- González Ariza, Á. L. (2016). *Manual de investigación de operaciones I*. Barraquilla: Uninorte.

- Gould, F., G.D., E., & Schmidt, C. (1987). *Investigación de operaciones en la ciencia administrativa*. México: Prentice Hall.
- Heizer, J., & Barry, R. (2001). *Dirección de la producción Decisiones Tácticas*. Madrid: Prentice Hall.
- Hernández Gonzáles, S., & Hernández Ripalda, M. D. (2015). Propiedades de sistemas tipo M/G/1/K con estaciones en serie.
- INEGI. (Marzo de 2017). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Obtenido de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- M. Tarziján, J. (2008). *Fundamentos de Estrategia Empresarial*. México: Alfaomega.
- Moskowitz, H., & P. Wright, G. (1982). *Investigación de operaciones*. México: Prentice Hall.
- Núñez Martínez, M. C., & Suaárez Denis, A. L. (2014). Plan de acciones para mejorar resultados de exámenes estatales. Perfil Terapia Física y Rehabilitación Cienfuegos.
- Palacios Acero, L. C. (2010). *Dirección estratégica*. Colombia: ECOE.
- Porter, M. (1996). *What is strategy*.
- Portilla, L. M., & Montoya Arias, L. (2010). Análisis de líneas de espera a través de teoría de colas y simulación.
- Puga Muños, M. (Octubre de 2015). *Departamento de auditoria y sistemas de comunicación*. Obtenido de <http://www.mpuga.com/docencia/Informacion%20Para%20Las%20Decisiones/Los%20Cinco%20por%20ques.pdf>
- Ramírez Rojas, J. L. (2009). *Procedimientos para la elaboración de un análisis FODA como herramienta de planeación estratégica en las empresas*. Obtenido de <https://www.uv.mx/iiesca/files/2012/12/herramienta2009-2.pdf>

- Ruiz Saes, M. F. (2015). Aplicación de la técnica del estudio del trabajo en la operación del envasado y despachos de gas licuado de petróleo G.L.P. en Colgas L.P. *Universidad autonoma de occidente falcultad de ingeniería Santiago de Cali*, 15.
- S. Hiller, F., & J. Lieberman, G. (2006). *Introducción a la investigación de operaciones*. México: Mc Graw Hill.