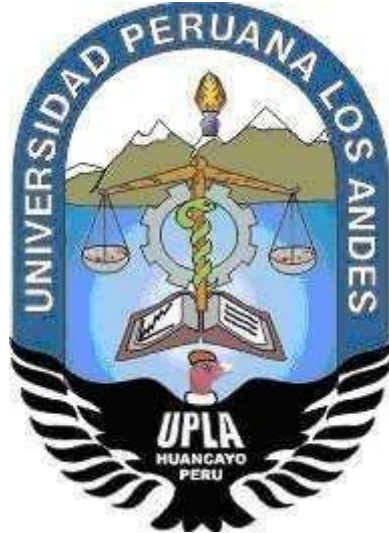


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS

**INCIDENCIA DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN
LA PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA
EMBOTELLADORA DE GASEOSAS**

PRESENTADO POR:

Bach. Alex Estanislao Galvan Quispe

**Línea de Investigación de la Universidad
Nuevas Tecnologías y Procesos**

**Línea de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial
Sistemas de Producción**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**HUANCAYO - PERÚ
2018**

ASESORES:

Ing. Jorge Franklin García Cuba

Lic. José Luis Pérez Martínez

DEDICATORIA:

Dedicado a mis padres, don Estanislao Galvan Ramos y doña Delfa Quispe Carhuas, quienes participaron activamente del crecimiento y desarrollo personal y profesional de mi persona. Muchas gracias papá y mamá por estar siempre apoyándome y guiándome en cada etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Peruana los Andes por haberme formado de manera integral durante el tiempo que estuve desarrollando mi carrera profesional, a los docentes que con su amplia experiencia ayudaron al fortalecer mis habilidades y competencias como Ingeniero, y también a mis asesores: Ing. Jorge Franklin García Cuba y Lic. José Luis Pérez Martínez por su apoyo en el desarrollo y elaboración del presente trabajo de investigación. Del mismo modo al Gerente Comercial de la empresa “Inversiones Cotrina” el señor Emiliano Cotrina Mallqui, ya que gracias a la información que se obtuvo en la empresa se pudo desarrollar esta investigación.

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ
DECANO

ING. JAVIER ROMERO MENESES
JURADO

ING. VICTOR CALLE VIVANCO
JURADO

ING. SAUL VALERIANO SANTIVAÑEZ BERNARDO
JURADO

MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE

INDICE

ASESORES:.....	i
DEDICATORIA:.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS	iv
INDICE	1
INDICE DE TABLAS	4
INDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
CAPITULO I	11
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.2. FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1. Problema general	15
1.2.2. Problemas específicos	16
1.3. JUSTIFICACIÓN	16
1.3.1. Práctica.....	16
1.3.2. Social	16
1.3.3. Metodológica	17
1.4. DELIMITACIONES.....	17
1.4.1. Delimitación Espacial	17
1.4.2. Delimitación temporal.....	17
1.4.3. Delimitación Económica	17
1.5. LIMITACIONES.....	18
1.6. OBJETIVOS	18
1.6.1. Objetivo General	18
1.6.2. Objetivos Específicos.....	18
CAPITULO II	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. ANTECEDENTES (NACIONALES E INTERNACIONALES).....	19
2.1.1. Antecedentes internacionales	19
2.1.2. Antecedentes nacionales	21
2.2. MARCO CONCEPTUAL	24

2.2.1.	Teoría de Restricciones	24
2.2.2.	Productividad	34
2.2.3.	Medición de la Productividad	40
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	55
2.4.	HIPÓTESIS	57
2.4.1.	Hipótesis General	57
2.4.2.	Hipótesis Específicas.....	57
2.5.	VARIABLES	58
2.5.1.	Definición conceptual de la variable.....	58
2.5.2.	Definición operacional de la variable	58
2.5.3.	Operacionalización de la variable.....	61
CAPITULO III		62
METODOLOGÍA		62
3.1.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	62
3.2.	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	62
3.3.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	63
3.4.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	63
3.5.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	63
3.6.	POBLACIÓN Y MUESTRA	64
3.6.1.	Población.....	64
3.6.2.	Muestra.....	64
3.7.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	64
3.8.	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	65
3.9.	TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS	65
CAPITULO IV		66
RESULTADOS		66
4.1.	DIAGNOSTICO SITUACIONAL.....	66
4.1.1.	Descripción de la Empresa.....	66
4.1.2.	Proceso Productivo	70
4.1.3.	Análisis Inicial.....	73
4.2.	APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES	85
4.2.1.	Identificar.....	85
4.2.2.	Explotar	96
4.2.3.	Subordinar.....	98
4.2.4.	Elevar	104

4.3. RESULTADO FINAL.....	106
4.3.1. Productividad del factor mano de obra	107
4.3.2. Productividad del factor materia prima.....	110
4.3.3. Productividad del factor energía eléctrica	113
4.3.4. Productividad multifactorial.....	115
4.4. PRUEBAS DE HIPÓTESIS.....	117
CAPÍTULO V	126
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	126
CONCLUSIONES	128
RECOMENDACIONES	129
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	130
ANEXOS	133

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de operacionalización de las variables.....	61
Tabla 2 : Producción mensual en paquetes durante el año 2018	73
Tabla 3: Demanda requerida mensual en paquetes durante el año 2018	73
Tabla 4: Cantidad de paquetes elaborados en el mes Julio del 2018	75
Tabla 5: Cantidad de botellas producidas en el mes Julio del 2018	76
Tabla 6: Paquetes producidos por cada operario al mes.....	76
Tabla 7: Cantidad de trabajo utilizado al mes expresado en h-H.....	77
Tabla 8: Cantidad de paquetes fabricados por h-H en el mes de Julio	77
Tabla 9: Pago de sueldos en el mes de Julio	78
Tabla 10 : Costo de la mano de obra por paquete durante el mes	79
Tabla 11: Asignación mensual de agua tratada en litros	79
Tabla 12: Cantidad de agua tratada por paquete.....	80
Tabla 13: Cantidad de litros utilizados y mermas en el mes de Julio	80
Tabla 14: Cantidad de paquetes producidos por litro de agua tratada	81
Tabla 15: Costo de Materia prima por paquete fabricado en el mes de Julio	82
Tabla 16: Consumo en kWh y costo de energía eléctrica	82
Tabla 17: Cantidad de paquetes fabricados por energía eléctrica utilizada	83
Tabla 18: Costo de la energía eléctrica por paquete	83
Tabla 19: Productividad multifactorial de Cotri Kola de 500 y 300 mL.....	84
Tabla 20: Registro de tiempos preliminar de Cotri Kola de 500 mL	86
Tabla 21: Cálculo del número de observaciones de Cotri Kola de 500 mL	87
Tabla 22: Promedio del tiempo observado total de Cotri Kola de 500 mL	88
Tabla 23: Cálculo del tiempo estándar de Cotri Kola de 500 mL.....	89
Tabla 24: Registro de tiempos preliminares de Cotri Kola de 300 mL.....	91
Tabla 25: Cálculo del número de observaciones de Cotri Kola de 300 mL	92
Tabla 26: Promedio del tiempo observado total de Cotri Kola de 300 mL	93
Tabla 27: Cálculo del tiempo estándar de Cotri Kola de 300 mL.....	94
Tabla 28: Tiempo estándar explotado de la operación de embotellado	98
Tabla 29: Demanda requerida máxima registrada durante Abril del 2018	99
Tabla 30: Tiempo estándar en promedio de las actividades.....	101
Tabla 31: Cuadro de actividades de la línea de producción.....	102
Tabla 32: Número De Estaciones De Trabajo	104
Tabla 33: Capacidad de producción de la estación	105
Tabla 34: Capacidad de producción del área	105
Tabla 35: Producción diaria de paquetes en el mes de Septiembre	106
Tabla 36: Productividad por operario.....	107
Tabla 37: Cantidad de horas-Hombre trabajadas antes y después	107
Tabla 38: Número de paquetes por h-H antes y después.....	108
Tabla 39: Costo de mano de obra por paquete.....	109
Tabla 40: Cantidad de agua tratada asignada a la producción	110
Tabla 41: Eficiencia de la Materia prima antes y después	110
Tabla 42: Número de paquetes por litro de agua tratada antes y después	111
Tabla 43: Costo de Agua tratada por paquete fabricado.....	112
Tabla 44: Consumo en kWh y costo de energía eléctrica antes y después.....	113
Tabla 45: Número de paquetes por kilowatt-hora antes y después	113

Tabla 46: Costo de la energía eléctrica por paquete antes y después	114
Tabla 47: Productividad multifactorial antes y después.....	116
Tabla 48: Pruebas de normalidad.....	117
Tabla 49: Prueba de medias relacionadas la productividad multifactorial.....	118
Tabla 50: Prueba t de muestras relacionadas de la productividad multifactorial.....	119
Tabla 51: Productividad diaria del factor mano de obra.....	120
Tabla 52: Prueba de medias relacionadas del factor mano de obra	121
Tabla 53: Prueba t de muestras relacionadas del factor mano de obra.....	121
Tabla 54: Productividad diaria del factor materia prima	122
Tabla 55: Prueba de medias relacionadas del factor materia prima.....	123
Tabla 56: Prueba t de muestras relacionadas del factor materia prima	123
Tabla 57: Productividad diaria del factor energía eléctrica.....	124
Tabla 58: Prueba de medias relacionadas del factor energía eléctrica	125
Tabla 59: Prueba t de muestras relacionadas del factor energía eléctrica.....	125

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Empresas proveedoras de bebidas no alcohólicas en el Perú.	12
Figura 2: Participación de mercado de bebidas no alcohólicas en el Perú.	13
Figura 3: Productos de la marca Cotri Kola.	14
Figura 4: Diagrama de Ishikawa de la empresa Embotelladora “Inversiones Cotrina”	15
Figura 5: Pasos para la Aplicación de la Teoría de Restricciones.	30
Figura 6: Sistema Drum-Buffer-Rope en un sistema productivo.....	33
Figura 7: Reacción en cadena que genera la productividad.	36
Figura 8: Sistema de valoración Westinghouse.....	46
Figura 9: Configuración general de una línea de producción.....	48
Figura 10: Líneas de ensamble manual.....	49
Figura 11: Tipos de línea de ensamble por tipo de producto.....	50
Figura 12: Línea de fabricación.....	51
Figura 13: Línea de ensamble.....	51
Figura 14: Gaseosa Cotri Kola de 500 mL.....	67
Figura 15: Gaseosa Cotri Kola de 300 mL.....	68
Figura 16: Comportamiento de la producción y demanda de Cotri Kola de 500 ml	74
Figura 17: Comportamiento de la producción y demanda de Cotri Kola de 300 ml	74
Figura 18: Diagrama de operaciones del proceso de Cotri Kola de 500 mL.....	90
Figura 19: Diagrama de operaciones de Cotri Kola de 300mL	95
Figura 20: Distribución de las mesas de trabajo.....	96
Figura 21: Distribución nueva de las Mesa N° 3	97
Figura 22: Diagrama De Precedencia.....	103
Figura 23: Productividad del factor mano de obra antes y después	108
Figura 24: Costo de mano de obra por paquete elaborado antes y después	109
Figura 25: Productividad del factor materia prima antes y después.....	111
Figura 26: Costo de agua tratada por paquete elaborado antes y después	112
Figura 27: Productividad del factor energía eléctrica antes y después	114
Figura 28: Costo de energía eléctrica por paquete elaborado antes y después	115
Figura 29: Productividad multifactorial antes y después.....	116
Figura 30: Prueba de medias relacionadas de la productividad multifactorial.....	118

RESUMEN

La presente Investigación debe responder a la pregunta: ¿De qué manera incide la aplicación de la Teoría de Restricciones en la productividad multifactorial de la empresa embotelladora de bebidas gaseosas “INVERSIONES COTRINA”?; de donde se planteó como objetivo general: Determinar la incidencia de la aplicación de la Teoría de Restricciones en la productividad multifactorial de la empresa embotelladora de Gaseosas “INVERSIONES COTRINA”; y se formuló la hipótesis general: La teoría de restricciones incrementa la productividad multifactorial de la Empresa embotelladora de Gaseosas “INVERSIONES COTRINA”.

La investigación utiliza el método científico, es de nivel explicativo-descriptivo y de tipo aplicada; de diseño cuasi-experimental y de corte longitudinal, siendo la población el número de paquetes de gaseosa fabricados por la empresa durante 12 meses; teniendo como muestra no probabilística: el número de paquetes de gaseosa elaborados por la empresa durante 1 mes, anterior y posterior a la aplicación de la Teoría de Restricciones.

El resultado obtenido indica que la productividad multifactorial se ha incrementado en un 12.63%, así como la productividad de cada uno de los factores: mano de obra aumentó en 2.39 %, materia prima se incrementó en 14.81%; y energía eléctrica aumentó en 19.31%. Con lo cual se puede concluir que la Teoría de Restricciones incrementa la productividad multifactorial de la empresa embotelladora de gaseosas “Inversiones Cotrina”.

Palabras clave: Teoría de Restricciones, Productividad Multifactorial, Línea de producción, Embotelladora, Gaseosas.

ABSTRACT

The following investigation should answer the question: In what way, does the theory of constraints impact in the factors productivity of the drink bottling company "INVERSIONES COTRINA"? Where it was proposed as a principal objective: To determine the incidence of the Theory of Constraints' application the factors productivity of the drink bottling company "INVERSIONES COTRINA". And it was formulated the general hypothesis: The Theory of Constraints' application will increment the factors' productivity of the drink bottling company "INVERSIONES COTRINA".

This research use the scientific method, has an explanatory-descriptive level and of applied type; it has a quasi-experimental design and a longitudinal cut. The population is the number of soda's packages produced in 12 months; taking as non-probabilistic sample: the number of soda's packages produced in one month before and after the application of Theory of Constraints.

The obtained results indicates that the multifactor productivity was increased in a 12.63%, as well as each factors' productivity: workforce increased in 2.39% , raw material increased in 14.811%, and electric power increased in 19.31%; with which it can conclude that Theory of Constraints increment factors' productivity of the soft drink bottling company "INVERSIONES COTRINA".

Key words: Theory of Constraint, Multifactor Productivity, Bottler, Soda.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas del sector industrial están siendo direccionadas a lograr diferentes objetivos, siendo las principales generar utilidades y aumentar el rendimiento de sus recursos (productividad). Frente a esta situación es importante la evaluación del aprovechamiento de los elementos que intervienen en la elaboración de un producto, los cuales son considerados como factores de producción. Ante este desafío surge como una alternativa muy importante el manejo de la Teoría de Restricciones, que es una metodología que permite conocer y reducir la restricción o restricciones que impiden que una organización cumpla con los objetivos que se plantean al inicio de un periodo.

El presente estudio “Incidencia de la Teoría de Restricciones en la productividad de una empresa embotelladora de gaseosas” por lo tanto permitirá conocer los efectos de la Teoría de Restricciones en la productividad de la empresa, y se desarrolla en cinco capítulos:

Capítulo I: Planteamiento del problema, en este capítulo se considerará la situación de la empresa, se planteará el problema general y los problemas específicos, se enunciarán los objetivos que se desean alcanzar con la investigación, se manifestarán las razones que justifican la investigación y su importancia, además de las limitaciones que podrían surgir en el estudio.

Capítulo II: Marco Teórico, en este capítulo se realizará la búsqueda de información en los antecedentes, que son estudios desarrollados previamente; así como en los fundamentos teóricos que sustenten la investigación y los términos básicos que permitirán entenderla de una mejor manera.

Capítulo III: Metodología de la investigación, en este capítulo se abordara las características de la investigación: tipo y nivel de investigación, diseño metodológico, población y muestra. Así también se verán las técnicas e instrumentos de recopilación de datos, finalmente se formularán la hipótesis general y la hipótesis específicas.

Capitulo IV: Resultados, en este capítulo se presentarán el diagnóstico del área de producción de la empresa, los pasos de la aplicación de la teoría de

restricciones y los resultados obtenidos. Finalmente la constatación de las hipótesis.

Capítulo V: Discusión de resultados, en este capítulo se presentarán los resultados finales, la comparación de un antes y un después de la aplicación de la teoría de restricciones, la discusión de resultados comparada con los antecedentes planteados.

Las Conclusiones, Recomendaciones, Referencias Bibliográficas y los Anexos se presentarán de manera independiente.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción y venta de bebidas gaseosas en el Perú está constituida por empresas transnacionales que tienen una marca posicionada (como el caso de Pepsi o Coca Cola) las que abarcan una gran parte del mercado, y empresas locales que con sus propias marcas buscan competir con dichas empresas multinacionales. En este entorno actual y donde las organizaciones se enfrentan constantemente con el fin de ganar cada vez más clientes, las compañías buscan gestionar mejor sus procesos productivos con el propósito de obtener mayores utilidades. Muchas de esas empresas ya han establecido parámetros estandarizados en sus operaciones productivas, las cuales las mantienen con un nivel de calidad constante (como el caso de Aje cuya marca bandera es Kola Real o el caso de PepsiCo, el cual es dueño de la marca Pepsi,). Mientras que otras están iniciando la implementación de metodologías y herramientas de gestión de procesos que busquen en primer lugar el aumento sostenido de sus índices de su productividad, en segundo lugar hacer que sus productos lleguen a mayor cantidad de gente con el fin de abarcar mayor cantidad del

mercado. Ambos objetivos con el fin de asegurar su vigencia a través del tiempo, su desarrollo en un mercado cada vez más competitivo y buscando generar mayores utilidades.

La participación de mercado de las diferentes bebidas no alcohólicas embotelladas en el Perú está compuesta por las categorías de: gaseosas, aguas embotelladas, jugos, refrescos y bebidas rehidratantes; de donde el mercado peruano es abastecido por 4 principales proveedores, tal y como muestra la siguiente figura:

 <p>CORPORACIÓN LINDLEY S.A. RUC: 20101024645</p>	 <p>PEPSICO INC SUCURSAL DEL PERÚ RUC: 20100177855</p>
 <p>AJE PER S.A. RUC: 20331061655</p>	 <p>CERVECERÍAS PERUANAS BACKUS RUC: 20100113610</p>

Figura 1: Empresas proveedoras de bebidas no alcohólicas en el Perú.

Fuente: Adaptado de <https://rankings.americaeconomia.com/las-500-mayores-empresas-de-peru-2014>.

Durante el periodo del año 2016 el mercado de bebidas no alcohólicas ha tenido una tendencia al crecimiento debido a algunos factores tales como: dinamismo de ventas en provincias, aumento en la variedad de productos por categoría, tendencia a consumir productos más saludables (dentro de las que se ubican las aguas embotelladas, bebidas isotónicas y energéticas) y factores climáticos. (Corporación Lindley S.A, 2016).

Según la revista Corporación Lindley S.A Memoria Anual (2016), la producción de bebidas no alcohólicas registró un incremento de aproximadamente 6% debido principalmente a condiciones climáticas

producidas por el Fenómeno del Niño, lo cual a su vez generó un incremento en la demanda.

De acuerdo a un estudio realizado por la Consultoría Apoyo en el año 2014, la participación del mercado de las bebidas se muestra en la siguiente figura:



Figura 2: Participación de mercado de bebidas no alcohólicas en el Perú.
Fuente: Censos Mensuales de consumo 2016

De acuerdo al estudio que la corporación Lindley S.A. (dueña de las marcas de Coca Cola e Inca Kola en el Perú) mandó a realizar a la empresa de investigación y consultoría APOYO algunos estudios denominados Censos Mensuales de Consumo que miden la participación de mercado de bebidas en las ciudades principales del Perú. Según la revista Corporación Lindley S.A Memoria Anual (2016), la participación de mercado de las bebidas gaseosas o carbonatadas en el año 2014 ha representado el 61% del mercado de bebidas no alcohólicas, mientras que el producto de agua embotellada representó el 21%, los jugos y refrescos representaron el 13% y las bebidas rehidratantes representaron el 5%. Con toda la información obtenida se puede inferir que el consumo de bebidas gaseosas es una parte importante del mercado de consumo de bebidas, lo cual indica que existe una gran oportunidad para aumentar ese porcentaje ofreciendo mejores productos y a un precio más bajo

En el mismo contexto se podría decir la empresa embotelladora de gaseosas “INVERSIONES COTRINA” es una empresa encargada de la elaboración y distribución de bebidas gaseosas, la cual se encuentra ubicada en el distrito de San Agustín de Cajas en la ciudad de Huancayo. Actualmente se encarga de elaborar y distribuir bebidas gaseosas al por mayor y menor en la ciudades de Huancayo, Huancavelica, Pasco, La Merced, Ayacucho, etc. Su producción está constituida por bebidas gaseosas de la marca Cotri Kola de 500 y 300 mL tal y como se puede observar en la figura 3.



Figura 3: Productos de la marca Cotri Kola.
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los registros de la producción, la cantidad de productos fabricados no cubre la demanda requerida mensualmente, lo cual también es manifestado por el señor Emiliano Cotrina Mallqui, Gerente comercial y de distribución de la empresa. Esto se puede producir por diferentes causas que impiden que la producción aumente tal y como se muestra en la figura 4.

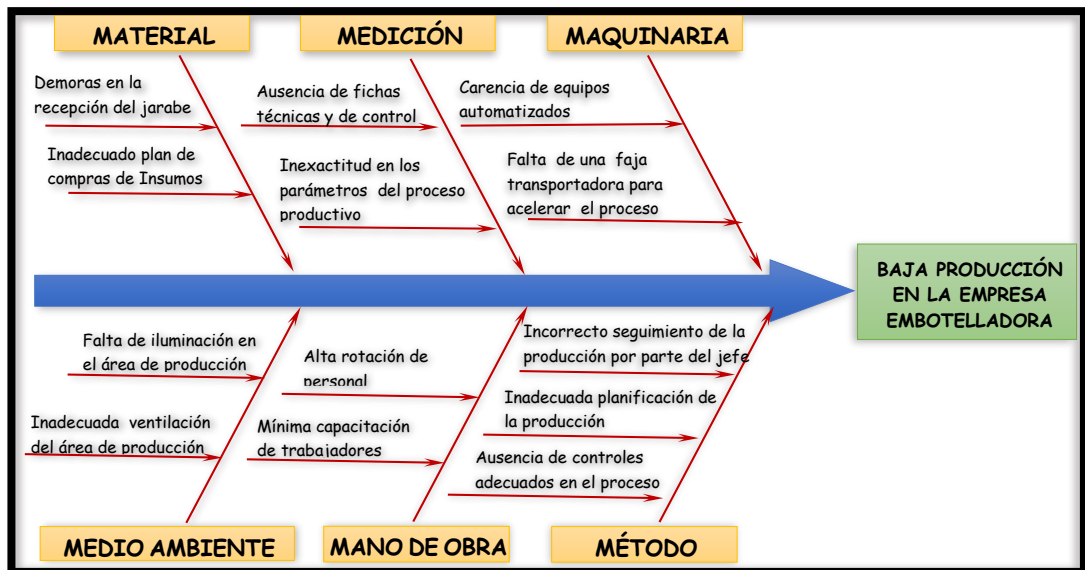


Figura 4: Diagrama de Ishikawa de la empresa Embotelladora “Inversiones Cotrina”
Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, lo que se espera lograr con esta investigación es generar una alternativa de gestión para la producción de la empresa que busque mejorar su productividad, esto basado en la metodología de la Teoría de Restricciones, con el fin de que se pueda cubrir la demanda del mercado, en aras de un posicionamiento competitivo de la organización en el mercado de bebidas gaseosas de la ciudad de Huancayo. El fortalecimiento de esta empresa traerá como consecuencia efectos positivos, esencialmente en la generación de utilidades. Es por ello que se ha tomado la decisión de que esta investigación se enfoque en la forma de aumentar la productividad de la embotelladora utilizando como herramienta principal la metodología de la Teoría de restricciones, lo cual a corto plazo podría generarle mayores ingresos a la empresa y a largo plazo permitiría un mejor posicionamiento de su marca en el mercado.

1.2. FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿De qué manera incide la aplicación de la Teoría de Restricciones en la productividad multifactorial del área de producción de una empresa embotelladora de bebidas gaseosas “INVERSIONES COTRINA”?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿De qué manera incide la aplicación de la Teoría de Restricciones en el factor mano de obra del área de producción de la empresa embotelladora de bebidas gaseosas?
- b) ¿En qué medida influye la aplicación de la Teoría de Restricciones en el factor materia prima del área de producción de la Empresa embotelladora de gaseosas?
- c) ¿Cuál es el impacto de la aplicación de la Teoría de Restricciones en el factor energía eléctrica del área de producción de la Empresa embotelladora de gaseosas?

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. Práctica

Hernández (2014) argumenta que la justificación práctica debe ser el soporte para resolver algún problema real o práctico. En ese sentido el presente estudio que se realizará en la empresa “INVERSIONES COTRINA” propone generar una alternativa de mejora para lograr mayor productividad en la organización y consecuentemente lograr diversos objetivos empresariales, por lo cual es importante contar con empresas sólidas, que se posicionen en el mercado y se desarrollen de acuerdo las nuevas exigencias de sus clientes.

1.3.2. Social

Citando a Hernández (2014) la justificación desde el ámbito social debe mostrar el valor que la investigación tendrá para la sociedad y a quienes podría beneficiar los resultados. Partiendo de ese punto de vista, el estudio desde el ámbito social tiene gran relevancia debido a que el desarrollo de la empresa y su vigencia en el mercado garantizará puestos de trabajo a ciudadanos, con incidencia directa en sus familias y por lo tanto influencia positiva en la economía del país..

1.3.3. Metodológica

Como expresa Hernández (2014) la investigación desde la perspectiva metodológica busca lograr mejoras en la forma de experimentar con una o más variables. En ese sentido la presente investigación, en un primer momento, realizará un diagnóstico preliminar en la empresa teniendo en consideración las variables determinadas para el estudio. Luego se aplicará cada uno de los pasos de la Teoría de Restricciones, de acuerdo a lo planteado en los textos, finalmente se evaluará los resultados bajo los indicadores de mejora planteados. Se enfatizará en la revisión documentaria para conocer los niveles de productividad, además del conocimiento minucioso de cada uno de los procesos productivos de la organización. Existirán dos momentos fundamentales en la ejecución de la investigación. El primero será el diagnóstico situacional de la empresa y posteriormente las mejoras tras la aplicación de la metodología en mención.

1.4. DELIMITACIONES

1.4.1. Delimitación Espacial

La investigación tendrá como lugar de ejecución el área de producción de la empresa embotelladora de gaseosas “INVERSIONES COTRINA”, la cual se encarga de elaborar bebidas gaseosas de la marca “COTRI KOLA”. El área de producción se encuentra ubicado en el distrito de San Agustín de Cajas, en la provincia de Huancayo, en del departamento de Junín.

1.4.2. Delimitación temporal

El estudio se desarrollara en un periodo comprendido entre los meses de Junio a Septiembre del 2018.

1.4.3. Delimitación Económica

La investigación será financiada por el investigador, del mismo modo no podrá contar con el apoyo económico de la empresa embotelladora de bebidas gaseosas “INVERSIONES COTRINA”.

1.5. LIMITACIONES

- Falta de cooperación de los trabajadores en el momento de la ejecución del estudio
- Acceso restringido a algunos datos de importancia para la investigación.
- Falta de compromiso con la Gerencia de la empresa para la realización del estudio, y falta de cooperación al momento de la recopilación de la información.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo General

Determinar la incidencia de la aplicación de la Teoría de Restricciones en la productividad multifactorial del área de producción de la empresa embotelladora de gaseosas “INVERSIONES COTRINA”.

1.6.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar la incidencia de la aplicación de la Teoría de Restricciones en el factor mano de obra del área de producción de la empresa embotelladora de gaseosas.
- b) Calcular la influencia de la aplicación de la Teoría de Restricciones en el factor materia prima del área de producción de la empresa embotelladora de gaseosas.
- c) Evaluar el impacto de la aplicación de la Teoría de Restricciones en el factor energía eléctrica del área de producción de la empresa embotelladora de gaseosas.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES (NACIONALES E INTERNACIONALES)

Como antecedentes se ha podido encontrar internacionales y nacionales los cuales tienen un contenido útil para el desarrollo de la presente investigación:

2.1.1. Antecedentes internacionales

a) Autor: Carlos Alberto Almeida Pazmiño (2015)

“Aplicación de la Teoría de las Restricciones a una empresa de Caucho” (Tesis de grado para optar el Título en Ingeniería Química). Sustentada en: Universidad Central Del Ecuador, Quito-Ecuador, el año 2015.

Este trabajo de investigación, el cual se ejecutó en la empresa de fabricación de productos de Caucho “CAUCHOS VIKINGO Cía. Ltda.”, tuvo como finalidad la aplicación la Teoría de Restricciones en el área de producción de la empresa con el propósito de que sea implementado de manera progresiva buscando evitar retrasos en la distribución de los productos y conseguir que la utilidad se incremente. Como primer paso el investigador buscó los ingresos

de los últimos meses del año 2013, de los cuales se escogieron los tres productos más vendidos. Posteriormente se realizó un análisis de la situación actual del proceso de fabricación, de donde se obtuvieron el diagrama de operaciones del proceso, se midieron los tiempos de producción y la capacidad de producción de los equipos disponibles. Después se contrastaron los indicadores operativos globales y estratégicos calculados en la simulación. Finalmente se pudo determinar que la aplicación de la Teoría de restricciones aumento la utilidad neta en 35% aproximadamente, entretanto el inventario se redujo en un 40% y los gastos de operación permanecieron constantes.

b) Autor: Ricardo Julio Pisco Ríos (2006)

“Análisis y planteamiento de mejoras de una planta de producción de materiales de Aceros Laminados aplicando la Teoría de Restricciones (TOC)” (Tesis de grado para optar el Título de Ingeniero Industrial). Sustentada en: Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador, el año 2015.

El investigador realizó su trabajo en la empresa de materiales de acero “ECUACEROS S.A.”, el cual se dedica a la producción de tubos, paneles y perfiles de acero. La finalidad del trabajo de investigación fue encontrar las restricciones que no permiten cumplir los pedidos que el mercado necesita, distribuir la producción con una mayor eficiencia y plantear reformas basadas en la Teoría de Restricciones para que sean implementadas posteriormente. La Investigación inició encontrando las mejoras que plantea la Teoría de Restricciones, se identifica las ventajas de esta y después se seleccionó la línea de producción donde se realizó el trabajo, donde se escogió a la línea de Tubera 2. Posteriormente se identificaron las restricciones y se plantearon las propuestas de mejora. Al final se evaluaron los costos que representa la propuesta de mejora. El análisis de resultados manifiesta que el tiempo muerto de los equipos se redujo en un

90% y que el Throughput (la diferencia entre las ventas y los costos directos de producción) fue de \$ 22126 mensuales, generando así mayor ganancia en la empresa.

2.1.2. Antecedentes nacionales

a) Autor : Azucena Wendy Hinostraza Eguizábal (2016)

“Aplicación de la Teoría de Restricciones para la mejora de la productividad en la fabricación de máquinas industriales en la empresa Fabricaciones y Servicios FAYSER S.C.R.L, SJL, 2016”. Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Industrial. Sustentado en la Universidad Cesar Vallejo, Lima-Perú, el año 2016.

Esta investigación se desarrolló en la empresa de fabricación de máquinas y equipos industriales FAYSER S.C.R.L. Tuvo como objetivo generar un proceso de mejora continua basada en la aplicación de la Teoría de Restricciones, y con ello aumentar la productividad para poder cumplir con las fechas de entrega de los productos. La teoría de Restricciones se aplicó mediante los cinco pasos los cuales son: Identificar la restricción, explotar la restricción, subordinar todo a la restricción, elevar la restricción y finalmente buscar otra restricción y regresar al primer paso. En el análisis se tomaron dos equipos industriales. Después de la aplicación de la teoría de restricciones se logró determinar que esta aumentó la productividad de un 45% a un 80%, lo cual consiguió no solo cumplir con las órdenes de trabajo, sino también mayor eficacia al mantenerse dentro del presupuesto ya definido por la empresa.

b) Autor : Jessica Guadalupe Meza Hilario (2017)

“Aplicación de la Teoría de Restricciones para mejorar la productividad de la sede Chorrillos en la empresa Flaschman S. A. C. San Miguel, 2017”. (Tesis para optar el título profesional de

Ingeniería Industrial). Sustentada en: Universidad Cesar Vallejo, Lima-Perú, el año 2017.

La investigación se realizó en la empresa Flaschman S.A.C; la cual se encarga de la limpieza y el lavado de buses de diferentes rutas en la ciudad de Lima. Tuvo como objetivo cumplir con la programación de limpieza de buses del turno noche. La investigadora tomo como variables a estudiar la eficiencia y la eficacia en el servicio de lavados. La aplicación de la Teoría de Restricciones se realizó de acuerdo a lo propuesto en la literatura. Como resultado de esta investigación se aprecia que se logró aumentar la productividad de 63% a un 81%. Así también la eficiencia aumentó de 69.36%, a 81.24%. Finalmente la eficacia aumentó de 91.11 % a 99.62% demostrando así la importancia de la aplicación de esa herramienta.

c) Autores: Carlos Jhordan Díaz Cubas, Cesar Manuel Santa cruz Pérez (2017)

"Diseño de un Plan de Mejora basado en la Teoría de Restricciones para aumentar la productividad en el área de producción de la embotelladora Wara S.A.C. Chiclayo – 2016". (Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Industrial). Sustentada en: Universidad Señor de Sipán, Pimentel–Perú, el año 2017,

Los investigadores desarrollaron su investigación en la empresa embotelladora WARA S.A.C. La cual se dedica a la producción de bebidas embotelladas. El objetivo de la investigación fue elaborar el diseño de un plan de mejora tomando como referencia la Teoría de Restricciones. El trabajo se inició con el diagnóstico de la productividad de la empresa, se recolectaron los datos utilizando técnicas de análisis de documentos, observación directa e instrumentos básicos para el estudio de tiempos. Después de la aplicación de la Teoría de Restricciones, los indicadores de productividad se incrementaron en un 5.49%, concluyendo que la Teoría de Restricciones es capaz de mejorar los procesos. Como

recomendación los investigadores propusieron aplicar constantemente la Teoría de restricciones en el área de producción y en todas las áreas de la empresa con el fin de aumentar la rentabilidad.

d) Autor: Nathaly Hernández Vásquez (2015)

“Propuesta de mejora de la producción para la Empresa tubos y postes Chiclayo S.R.L. aplicando la teoría de restricciones”. (Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial). Sustentada y aprobada en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo-Perú, en el año 2015.

La investigadora analizó el proceso de fabricación de postes de concreto armado centrifugado, que sirven para el sustento e instalación de cables eléctricos de alta tensión. El estudio consistió en primer lugar en identificar las principales restricciones del sistema, lo cual se ejecutó mediante el un estudio de tiempos y un balance de líneas, esto permitió realizar un diagnóstico de la situación actual; posteriormente se identificó la secuencia de actividades. Para la ejecución del estudio se investigó la propuesta planteada por Goldratt en su libro la meta, el cual propone 5 pasos para la ejecución de la Teoría de Restricciones. A través de la realización del plan de mejora se determinaron los siguientes indicadores: la producción de postes de media tensión aumentó a 15 postes/día, la producción de postes de baja tensión aumentó a 28 postes/día, productividad de materiales de media tensión aumentó a 957,32 kg, productividad de materiales de media tensión 937,5 kg; productividad de mano de obra aumentó a 81,8 kg/operario y la productividad económica aumentó a 0,98 soles/kg.

e) Autor: Frank Brayan Poma Surichaqui (2017)

“Teoría de Restricciones y su relación con la productividad de la empresa CREACIONES KAREN, en el año 2016”. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Industrial). Sustentada y

aprobada en la Universidad Continental, Huancayo-Perú, en el año 2017.

La investigación se desarrolló en la empresa de fabricación de tejidos “Creaciones Karen” y tuvo como objetivo principal determinar la manera en la cual la Teoría de Restricciones se relaciona con la productividad y tuvo como hipótesis de que ambas variables (Teoría de restricciones y productividad) se relacionan de manera directa. Para la ejecución de la investigación se tuvo como punto de partida realizar el diagnóstico de la empresa utilizando en primer lugar la matriz FODA, posteriormente se aplicó la Teoría de Restricciones utilizando la estrategia planteada por Goldratt en su libro “La Meta”. Después de la aplicación de la teoría de restricciones el investigador concluyó que la productividad aumento de 0.93 a 1.06, lo cual representa un 13.98%.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Teoría de Restricciones

a) Antecedentes Históricos

De acuerdo a Aguilera (2000) la Teoría de Restricciones nació en el año 1984 en el libro “La Meta” cuyo autor es el Dr. Eliyahu Goldratt. El libro que está escrito en forma de novela nos muestra como el gerente de una fábrica varía el manejo empresarial de una organización. Este gerente afronta muchas dificultades que ponen en peligro la supervivencia de su empresa. La empresa logra superar los problemas a partir de decisiones y prácticas gerenciales basados en la eliminación de las restricciones que existían en la empresa, la cual limitaba la generación de utilidad de la misma.

Del mismo modo, el blog académico Teoría de Restricciones (2013), manifiesta que casi todo el ámbito académico le da el crédito del nacimiento de la Teoría de Restricciones al israelí Dr. Eliyahu Goldratt, el cual inició su interés hacia los negocios en los

años 70 cuando junto a su hermano se comprometieron apoyar a un familiar a incrementar la producción de su empresa, lo cual lograron a través de la implementación de un algoritmo de programación de operaciones, el cual aumento la producción en un 40%, lo que se logró solamente manejando de una mejor manera sus recursos y sin la necesidad de invertir dinero en el proceso. Es así como el Dr. Goldratt inició el estudio e investigación de técnicas y estrategias para mejorar la producción. Así a mediados del año 1984 el Dr. Goldratt publica un libro de ficción titulado “La Meta”, donde se comenta por primera vez el concepto de Restricción, el cual tenía como objetivo exponer la manera más adecuada de administrar las operaciones de una empresa.

Por la información obtenida se puede entonces afirmar que la Teoría de Restricciones es una metodología de gestión de procesos que tienen como objetivo el eliminar o reducir las restricciones o limitantes que se encuentren dentro de una empresa. Fue por primera vez utilizada en el libro escrito por el licenciado en Física Dr. Eliyahu Goldratt el cual se tituló “La Meta”.

b) Definición

La Teoría de Restricciones es definida como un sistema de desarrollo continuo para las organizaciones fundamentado en el pensamiento sistémico, el cual les permite aumentar sus ingresos de manera continua y con una dirección simple pero a la vez muy práctica; primero logrando determinar e identificar la existencia de restricciones o limitantes, posteriormente autorizando ejecutar los cambios necesarios con el propósito de eliminar dichas restricciones y que la organización alcance sus objetivos. (Goldratt, 2004).

También Medina, Viteri & Villagómez (2012) señalan que Eliyahu Goldratt planteó que la Teoría de Restricciones se apoya en que toda organización o empresa está constituida para lograr una meta. Si la organización tiene como meta generar utilidades o ganar

dinero, se debe tener en cuenta que los logros obtenidos están determinados por las restricciones que se presentan en la organización. Si no se hallasen restricciones, las metas alcanzadas probablemente serían ilimitadas. La finalidad de esta teoría es generar ganancias a corto, mediano y largo plazo, mientras se reducen los inventarios y gastos operativos. Así también Abissambra & Mantilla (2008) dan a conocer que:

TOC postula que existen múltiples restricciones identificables asociadas con la operación de cualquier empresa (restricciones físicas, de mercado y políticas) y la administración debe ser capaz de ejercer control de dichas operaciones, de forma tal que se puedan identificar estas restricciones, con la finalidad de que los recursos asociados a ellas puedan ser utilizados de la mejor manera posible. TOC es una forma de trabajo que enfoca todos sus esfuerzos en conseguir mejoras sustanciales en el flujo de caja, inventarios y capital de trabajo; además permite obtener mejoras sin mayor inversión. (págs. 123-124)

Tal y como se puede apreciar la Teoría de Restricciones se sustenta en la eliminación de limitantes en la organización, Andersen (1999) postula:

“The theory of constraints (TOC) is a systems-management philosophy developed by Eliyahu M. Goldratt in the early 1980s. The fundamental thesis of TOC is that constraints establish the limits of performance for any system. Most organizations contain only a few core constraints. TOC advocates suggest that managers should focus on effectively managing the capacity and capability of these constraints if they are to improve the performance of their organization”. (pág. 1)

[La teoría de restricciones (TOC) es una filosofía de manejo de sistemas desarrollado por Eliyahu Goldratt en los inicios de los años 1980. La tesis fundamental de TOC es que las restricciones establecen los límites del desempeño de cualquier sistema. Muchas organizaciones contienen pocas restricciones de núcleo. Los defensores del TOC sugieren que los administradores deben

enfocarse en la capacidad y poder de esas restricciones si son para mejorar el desempeño de sus organizaciones]. [Traducción realizada por el autor].

Entonces por lo expuesto por diferentes autores, se puede interpretar que la Teoría de Restricciones es una metodología, perfeccionada por Eliyahu Goldratt a mediados de los años 80, que se sustenta en el reconocimiento y la eliminación de restricciones o limitantes en la organización y que le permite lograr una meta (generalmente aumento de utilidades) en un proceso recurrente de desarrollo continuo.

c) Restricción

Una vez encontrada la definición de la Teoría de Restricciones se debe establecer que exactamente es una restricción. “Las restricciones se pueden definir como limitaciones, puntos débiles o falta de algún recurso dentro de un proceso, que pueden afectar el desempeño de todo un sistema, entendida la empresa como sistema”. (Gonzales & Escobar, 2015, pág. 211).

A juicio de Chapman (2006) una restricción es cualquier componente de la empresa que le impide concretar sus objetivos, en muchos casos siendo el objetivo principal el de generar más dinero lo cual se obtiene gracias a la ventas, no simplemente a la producción.

Tipos de restricciones

Citando a Gonzales & Escobar (2015) las restricciones se manifiestan de dos formas, aquellas que proceden de los procesos y aquellas que nacen de las normas o políticas internas de la organización:

- **Restricciones por procesos**

“Las restricciones por procesos son aquellas que se presentan cuando un proceso u operación en la compañía tiene insuficiente capacidad para satisfacer totalmente la demanda del mercado,

por ejemplo, una máquina lenta en el proceso”. (Gonzales & Escobar, 2015, pág. 211)

- **Restricciones por políticas**

“Las restricciones por políticas surgen cuando los gerentes o los sindicatos establecen reglas que limitan la capacidad de operación de una organización o restringen su flexibilidad” (Gonzales & Escobar, 2015, pág. 211)

Srikanth & Umble (citado por Krajewski, 2008) clasifican a las restricciones en tres tipos, las cuales son:

- **Restricciones físicas**

Son aquellas que son las que van relacionadas directamente con el proceso productivo. En este tipo de restricciones se encuentran la capacidad de la operación, máquina, materiales, mano de obra, etc. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

- **Restricciones de mercado**

Se refieren a la existencia del requerimiento de un producto en el mercado menor a la capacidad del sistema productivo. En este tipo de restricciones sobresale la demanda del mercado. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

- **Restricciones administrativas**

En este tipo de restricciones se encuentran restricciones de las políticas de la empresa, paradigmas de la gerencia o de los operadores que alteren el flujo de trabajo. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008)

Tal y como se puede apreciar las restricciones son operaciones que limitan o impiden que una organización o empresa pueda alcanzar sus objetivos, algunos tales como mejorar la productividad, abarcar mayor porcentaje del mercado o aumentar el ingreso por ventas y servicios.

d) Cuello de botella

En una organización existen muchas restricciones como ya se había visto previamente, sin embargo algunas de ellas son denominadas cuellos de botella.

Un cuello de botella es un recurso cuya capacidad es igual o inferior a la demanda ejercida sobre él. Y un no cuello de botella es aquel en el que la capacidad es superior a la demanda requerida de él. (...). Lo acertado es equilibrar el flujo de materiales de una empresa con la demanda del mercado. Siendo esa la primera de nueve reglas que muestran la relación entre los cuellos de botella y los demás recursos, además de cómo manejar adecuadamente una fábrica. (Goldratt, 2004, pág. 77).

Teniendo en cuenta a Krajewski, Ritzman & Malhotra (2008) un cuello de botella es una restricción especial que enfatiza la falta de capacidad de una operación. Es definido como cualquier factor o recurso que limita la facultad que las empresas tienen para satisfacer las demandas que estas presentan. Cada empresa tiene una o más restricciones o limitantes, de otro modo la fabricación de sus productos se produciría de manera ilimitada.

e) Proceso de la teoría de restricciones

Goldratt (2004) manifiesta que la teoría de restricciones está compuesta por 5 pasos fundamentales los cuales se muestran en la Figura 5.

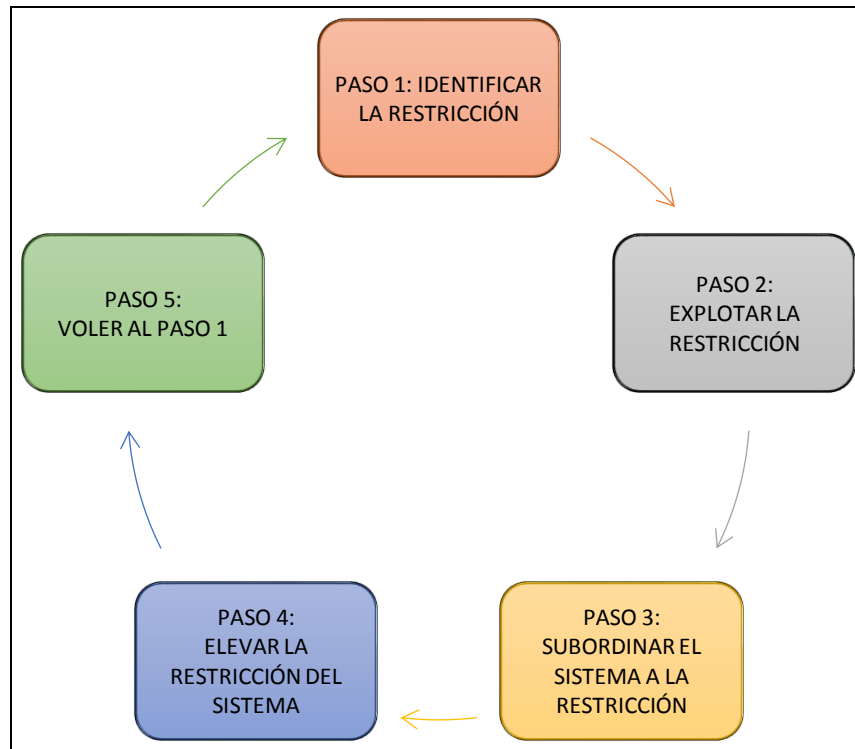


Figura 5: Pasos para la Aplicación de la Teoría de Restricciones.
Fuente: Glodratt (2004)

CHAPMAN (2006) en concordancia con el Dr. Eliyahu Goldratt, manifiesta que es recomendable la implementación de los cinco pasos para ayudar a mejorar una empresa. Estos cinco pasos se definen así:

- **Identificar la restricción:** Este paso sugiere analizar todos los procesos en su totalidad para identificar cuál de ellos es el que limita el rendimiento. Este proceso no solo se puede aplicar a los procedimientos operativos, sino también a los demás procesos dentro de la organización. (Chapman, 2006)
- **Explotar la restricción:** Este paso propone encontrar una técnica para tratar de hacer que la restricción trabaje al máximo nivel con el fin de obtener un mayor rendimiento productivo. (Chapman, 2006)
- **Subordinar la restricción:** Este paso sugiere encaminar todos los demás operaciones de un proceso al ritmo de la restricción. (Chapman, 2006)

- **Elevar la restricción:** Este paso propone en primer lugar invertir un poco de dinero necesario para mejorar la restricción y posteriormente evaluar la aplicación de la metodología en el sistema. (Chapman, 2006)
- **Encontrar una nueva restricción:** Una vez que la operación deja de ser restricción, es importante encontrar una nueva restricción y volver al primer paso, comenzando así un ciclo de mejora continua. (Chapman, 2006)

f) **Indicadores de la Teoría de Restricciones**

De acuerdo a lo planteado por Goldratt (2004), la Teoría de Restricciones se puede medir mediante algunos indicadores tales como:

Throughput

A juicio de Goldratt (2004), es la rapidez o velocidad con la cual una determinada empresa es capaz de generar ingresos. Dicho de otra manera, el Throughput es el resultado del dinero que la empresa genera (ingresos por ventas y cuentas por cobrar) y lo que se deberá pagar a los proveedores de materias primas e insumos que se utilizan de manera directa en la fabricación de los productos.

Gastos operativos

De acuerdo a Herrera (2003) los gastos de operación se manifiestan como la cantidad total del dinero que una empresa destina en convertir el inventario en Throughput, dicho de otro modo, son los gastos que una empresa tiene a pesar de que no pueda vender, como lo son por ejemplo los sueldos, pago por arrendamiento, materia prima, cuotas bancarias, pago de servicios públicos, etc.

Inventario

También denominado inversiones, es el dinero que la empresa invierte para adquirir elementos que serán posteriormente

vendidos nuevamente, ya sean transformados mediante procesos productivos o no. Algunos de sus componentes principales son: materia prima, material en proceso y productos terminados, bienes inmuebles, maquinaria, dinero en efectivo, etc. (Iglesias, 2000). En otras palabras, es el dinero (ya invertido o en efectivo) que se encuentra dentro de la empresa.

Beneficio o utilidad neta

Se le puede definir como la diferencia del total del Troughput de un periodo menos todos los gastos operativos que corresponden a ese mismo periodo. (Iglesias, 2000).

$$\textit{Beneficio neto} = \textit{Troughput} - \textit{Gastos Operativos}$$

ROI

El Rendimiento Interno de una Inversión o conocido también por sus siglas como ROI. Es, teniendo en cuenta a Iglesias (2000), la división entre el beneficio neto y la inversión.

$$ROI = \frac{\textit{Beneficio neto}}{\textit{Inventario}}$$

g) Modelo Tambor-Amortiguador-Soga

También conocido por su traducción al inglés como sistema Drum-Buffer-Rope. Es de acuerdo a la publicación de la Universidad Esan en la página web Conexión Esan (2015) un sistema de planeamiento de la producción que se enfoca en disminuir el tiempo de las actividades del sistema productivo y evitar las variaciones en el proceso, está conformado por tres componentes:

Drum

Es el componente que refleja el ritmo de la producción, el cual está establecido por la velocidad de la operación-restricción (operación el cual es definido como la restricción del sistema). El resto de operaciones deben mantener el ritmo para prevenir la generación

de obstrucciones que impidan el flujo continuo del proceso. Es importante enfatizar que el ritmo establecido por el proceso Tambor es el tiempo definido para el máximo aprovechamiento de la operación-restricción. (Conexión Esan, 2015)

Buffer

Es conocido como el amortiguador, son cálculos de medidas de tiempo que tienen como finalidad evitar que la operación-restricción detenga sus funciones o se mantenga ociosa, ya que por lo general en cada operación existen márgenes de tiempo los cuales generan variaciones que hacen que el sistema cambie constantemente. (Conexión Esan, 2015)

Rope

Es cuando la programación de entrega de materiales y materia prima al proceso productivo está condicionada por la operación-restricción. Tiene como norma principal no entregar ningún material al inicio del proceso antes de que la operación-restricción tenga un tiempo el cual permitirá una velocidad constante. Tiene una función similar a la cuerda de los escaladores para que mantengan un ritmo constante al momento de subir una montaña. El Rope uniformiza todas las operaciones al ritmo de la operación-restricción. (Conexión Esan, 2015)

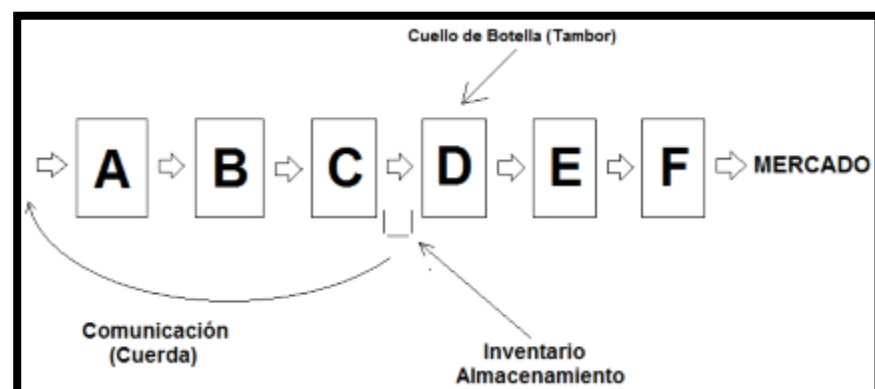


Figura 6: Sistema Drum-Buffer-Rope en un sistema productivo.
Fuente: Universidad Esan

2.2.2. Productividad

a) Definición

Para definir a la productividad, como una variable, en general es necesario tener en cuenta que esta se encuentra asociada a varias acciones, según por ejemplo las relaciones que esta tenga; de modo que, la productividad, puede verse vinculada en su relación con el análisis económico, así pues puede definírsele. D'Alessio (2004) postula que la productividad es la relación entre la producción obtenida en un sistema de producción de bienes y servicios, y los insumos que se utilizan para obtenerlos siendo su fórmula:

$$Productividad = \frac{Productos\ obtenidos}{Insumos\ utilizados}$$

Así García (2011) señala que la productividad es la relación que existe entre los productos obtenidos y los insumos que se utilizaron o también de los factores de la producción que intervinieron.

La productividad se define como la relación entre productos e insumos, puede utilizarse para medir el grado en que un producto puede extraerse de un insumo determinado. Cuando el producto y el insumo son tangibles, estos pueden medirse fácilmente, pero son más difíciles calcular cuando se utilizan insumos o se producen productos intangibles. (Kanawaty, 1996). “El índice de productividad expresa el buen aprovechamiento de todos y cada uno de los factores de la producción, los críticos e importantes, en un periodo definido”. (García, 2011, pág. 25)

Bajo los lineamientos de la Administración de Operaciones, se puede definir a la productividad como “la relación que existe entre entradas y las salidas de un sistema productivo”. (Schroeder, 1992, pág. 719). Por lo general se mide esta relación como el cociente de las salidas entre las entradas. Si existiera un incremento de la producción con la misma cantidad de materiales utilizados, la productividad se incrementa o si la producción disminuye con la

misma cantidad de materiales utilizados, la productividad se reduce.

Heizer & Render (2009) declaran que la productividad de manera real se puede definir como la división entre la producción o salidas del sistema y los insumos o entradas del sistema en un intervalo de tiempo, pero teniendo muy en cuenta la calidad. Esta definición se puede interpretar en la siguiente ecuación:

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

Importancia del crecimiento de la productividad

De acuerdo a Schroeder (1992), desde la perspectiva de especialistas en administración, el incremento o aumento de la productividad produce en algún sentido el aumento de las utilidades o ingresos a las organizaciones. En muchos casos la productividad es una manera más adecuada de incrementar las utilidades de las organizaciones, en lugar de incrementar las ventas. Desde la perspectiva de un trabajador, el aumento de la productividad conduce a una mejor oportunidad de incrementar los salarios y bonos, ya que aumenta la eficiencia de los mismos.

García (2005) propone que es fundamental el aumento de la productividad debido a que esta genera una reacción concatenada, lo cual a su vez genera una mejor calidad de los productos, precios más competitivos, estabilidad del empleo y mayores beneficios colectivos. En la Figura 7 se puede apreciar la reacción en cadena de la productividad:

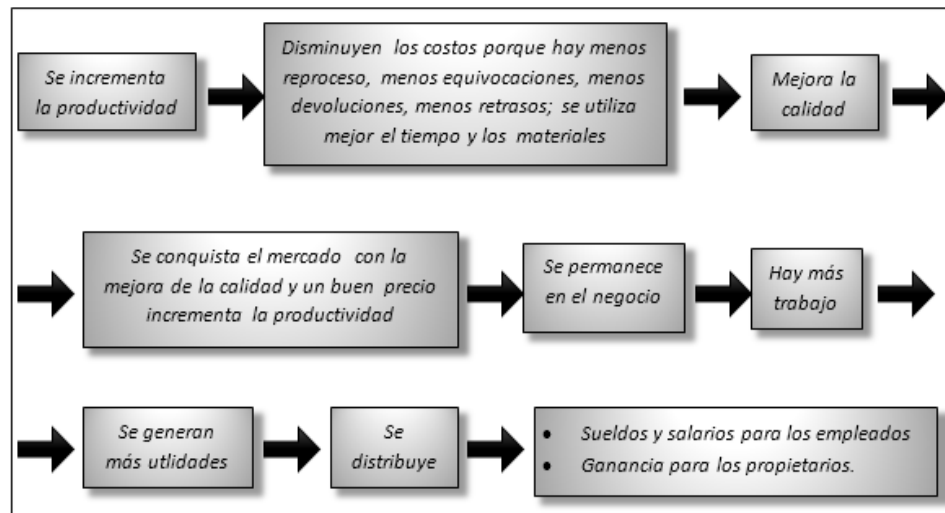


Figura 7: Reacción en cadena que genera la productividad.

Fuente: García (2005)

De acuerdo a Fernández (2013) la productividad está muy relacionada con dos aspectos muy importantes los cuales son: la mejora empresarial y la calidad. Puesto que mientras aumenta la productividad y la calidad también aumentarían la eficiencia del proceso productivo, con lo cual a su vez la empresa podrá obtener precios más competitivos y como consecuencia la llegada de nuevos clientes.

Por lo expuesto por diversos autores se puede afirmar que la productividad es la relación que existe entre los bienes obtenidos y los insumos que se utilizaron para obtener esos bienes, un aumento o incremento de la productividad podría derivar en un incremento de las ventas, con lo cual una empresa u organización obtendría más ingresos y por lo tanto más utilidades.

b) MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

De acuerdo a Schroeder (1992) la productividad para una empresa se puede medir mediante las siguientes ecuaciones:

$$Productividad = \frac{Ventas}{Horas\ de\ mano\ de\ obra}$$

Heizer y Render (2009) refieren que hay tres indicadores que por lo general se analizan para evaluar si un sistema o proceso se está desempeñando de manera correcta, y estos son:

- **Eficiencia**

Hace referencia a la conexión de los recursos con el desempeño de las actividades. Es el aprovechamiento de los recursos utilizados en su proceso de conversión a producto terminado. Matemáticamente es definido como la razón o cociente de la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de recursos asignados. (Heizer & Render, 2009)

$$Eficiencia = \frac{Recursos\ utilizados}{Recursos\ asignados}$$

- **Eficacia**

Es el nivel de cumplimiento del resultado que se desea lograr, lo cual puede estar representado por cantidad producida, grado de calidad del producto o nivel de ventas esperado. (Garcia, 2005)

- **Efectividad:**

Es de acuerdo a Borrego (como se cita en Poma, 2017) la relación entre la eficiencia y la eficacia, producto que permite calcular el nivel de cumplimiento de las metas trazadas. Matemáticamente se puede definir como el resultado de multiplicar la eficacia por la eficiencia, lo cual se puede representar en la siguiente fórmula:

$$Efectividad = Eficacia \times Eficiencia \times 100$$

Productividad multifactorial

Empleando las palabras de Quispe (2015) la productividad multifactorial evalúa la cantidad de producción realizada frente a la suma de sus factores (totales o parciales) de producción. Así también Quispe (2015) manifiesta que la productividad total relaciona a la cantidad producida con todos los insumos requeridos por el sistema. Heizer & render (2009) señalan que la productividad multifactorial se puede representar mediante la siguiente ecuación:

$$PM = \frac{\text{Ingreso por ventas}}{\text{Costo}(MO) + \text{Costo}(MP) + \text{Costo}(\text{Energía})}$$

c) Factores de la Productividad

Desde la posición del instituto americano de Ingenieros Industriales (como se cita en Díaz & Santa Cruz, 2017) los factores de la productividad son aquellos que intervienen en el proceso y que permiten evaluar determinada cantidad de producción con el desempeño de los recursos utilizados en un sistema productivo. Estos factores son:

- **Productividad del factor mano de obra:** es también llamado productividad del recurso humano son las personas (hombres y mujeres) capacitados para desempeñar actividades operativas dentro de la organización y que participan activamente dentro del proceso productivo. (Kanawaty, 1996). Puede ser medido mediante las unidades producidas por persona, el total de horas-Hombre utilizadas en un sistema y el costo de los trabajadores que intervienen en la producción, está representado por las formulas:

$$\frac{\text{unidades producidas}}{\text{Nº de personas que trabajan en la producción}} = \text{unidades/persona}$$

$$\frac{\text{unidades producidas}}{\text{Nº de h - H utilizadas}} = \text{unidades/h - H}$$

$$\frac{\text{unidades producidas}}{\text{Salario total de los operadores}} = \text{unidades/S/. de mano de obra}$$

Tal y como ya se había visto, la productividad tiene algunos factores que pueden ser medidos, (Heizer & Render, 2009).

- **Productividad del factor materia prima:** Hace referencia al desempeño de la materia prima utilizada en la producción. La materia prima son insumos que se pueden alterar y transformar en productos listos para su comercialización, estos pueden ser de dos tipos: materias primas o insumos. (Kanawaty, 1996). Puede ser hallados por las siguientes ecuaciones:

$$\frac{\text{unidades producidas}}{\text{unidades de materia prima usada}} = \text{unidades} / \text{unidades de materia prima}$$

$$\frac{\text{unidades producidas}}{\text{costo de materia prima}} = \text{unidades} / \text{$. de materia prima}$$

- **Productividad de la Energía Eléctrica:** Es calificado como la fuente de energía del proceso y estas pueden ser: eléctrica, nuclear, eólica o solar. (Heizer & Render, 2009).

$$\frac{\text{unidades producidas}}{\text{unidades de energía eléctrica usada}} = \text{unidades} / \text{kWh}$$

$$\frac{\text{unidades producidas}}{\text{costo de energía eléctrica usada}} = \text{unidades} / \text{$. de Energía Eléctrica}$$

- **Productividad del Capital:** Es la cantidad monetaria que se utiliza para financiar la compra de materiales, equipos, y pagar los servicios prestados por los recursos humanos. (Kanawaty, 1996).

Heizer & Render (2009) exponen que la productividad puede medirse en horas de trabajo por tonelada de un tipo específico de insumo. Así como las horas de trabajo u horas-hombre es un modo de poder medir un insumo, también se pueden medir otras variables tales como el capital (dinero invertido), los materiales (toneladas o kilogramos utilizados de materia prima), o energía (kilowatts de electricidad utilizada) lo cual podría especificarse en la siguiente ecuación:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Insumo empleado}}$$

Heizer & Render (2009) manifiestan que la utilización de insumos es fundamental para determinar la productividad, se puede medir cada uno de los insumos de manera independiente, como es el caso de cuando se producen 1000 unidades de producto mientras se han utilizado 250 horas de trabajo u horas-hombre, lo cual daría una productividad de 4 unidades por hora-hombre tal y como se aprecia en la ecuación:

$$Productividad = \frac{Unidades\ producidas}{Horas - hombre} = \frac{1000}{250}$$

$$Productividad = 4 \frac{unid}{h - H}$$

A esa manera de medir la productividad se le denomina productividad de un solo factor, siguiendo esa misma línea de medición, cuando la productividad incluye múltiples factores tales como: mano de obra, materiales, energía, capital invertido, etc. (Heizer & Render, 2009). Se le denomina productividad multifactorial y se puede representar mediante la siguiente ecuación:

$$PM = \frac{Unidades\ producidas}{MO + M + Energía + Capital + otros}$$

2.2.3. Medición de la Productividad

a) Estudio de tiempos

Kanawaty (1996) considera que el estudio de tiempos es un método para calcular el trabajo realizado. Es utilizado para registrar los tiempos y ritmos de trabajo que correspondan a una actividad específica.

Así también Niebel (2009) destaca que el estudio de tiempos es la forma más adecuada de obtener datos del tiempo de trabajo óptimo, estos incluyen el tiempo promedio, las holguras y retrasos por actividades personales.

Material necesario

Kanawaty (1996) sugiere que para realizar el estudio de tiempos es necesario contar con material fundamental, los cuales son: cronometro, tablero de trabajo, formulario o ficha de estudio de tiempos.

- **Cronometro**

Un cronometro es un dispositivo que sirve para el registro de tiempos, sirve para crono Según Kanawaty (1996) se pueden

encontrar de 2 tipos, el electrónico y el mecánico, los cuales a su vez se tienen subtipos. Un cronometro mecánico trabaja con dos manecillas, la primera manecilla grande que permite trabajar con intervalos de milisegundos, los cuales son efectivos en la medición. Y la segunda más pequeña que permite trabajar con el tiempo en minutos pero que sus intervalos varían de 5 en 5 minutos. (Kanawaty, 1996). El cronometro electrónico trabaja con un contador de tiempo digital, el cual permite al analista no buscar observar manecillas y solo guiarse del número registrado dentro del cronometro. Una de las ventajas de este consiste en que el analista no hará una parada en el conteo del cronometro para poder registrar sus datos, la otra ventaja y más importante es que el cronometro electrónico permite que el analista enfoque su trabajo en la observación más que en la toma de apuntes, lo cual genera un trabajo más preciso. (Kanawaty, 1996).

- **Tablero de trabajo**

Es un tablero liso, el cual puede ser de plástico o madera, donde la ficha de estudio de tiempos va sujeta y donde el analista anota sus observaciones. Es importante que este tablero sea inflexible y más grande que la ficha que se irá a utilizar en la observación. (Kanawaty, 1996).

- **Formulario o ficha para el estudio de tiempos**

Para el apunte de una cantidad numerosa de datos, es necesario que el observador tenga fichas impresas, con el mismo formato, con el fin de registrar los datos de manera adecuada los códigos, descripción, tiempos, etc. De la observación. Este formato obliga al analista a seguir un método de trabajo el cual se mantendrá del mismo modo en toda la investigación. (Kanawaty, 1996)

Etapas del estudio de tiempos

Kanawaty (1996) plantea que para la realización de un estudio de tiempos es importante contar con los siguientes pasos:

- “Obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea, del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.” (Kanawaty, 1996, pág. 211)
- “Registrar una descripción completa del método descomponiendo la operación en «elementos». “ (Kanawaty, 1996, pág. 211)
- “Examinar ese desglose para verificar si se están utilizando los mejores métodos y movimientos, y determinar el tamaño de la muestra.” (Kanawaty, 1996, pág. 211)
- “Medir el tiempo con un instrumento apropiado, generalmente un cronómetro, y registrar el tiempo invertido por el operario en llevar a cabo cada « elemento » de la operación.” (Kanawaty, 1996, pág. 211)
- “Determinar simultáneamente la velocidad de trabajo efectiva del operario por correlación con la idea que tenga el analista de lo que debe ser el ritmo tipo.” (Kanawaty, 1996, pág. 211)
- “Convertir los tiempos observados en «tiempos básicos». ” (Kanawaty, 1996, pág. 211)
- “Determinar los suplementos que se añadirán al tiempo básico de la operación.” (Kanawaty, 1996, pág. 211)
- “Determinar el «tiempo tipo » propio de la operación.” (Kanawaty, 1996, pág. 211)

Información Necesaria para el estudio de tiempos

Kanawaty (1996) indica que para poder obtener datos precisos es importante que el observador pueda obtener los siguientes tipos de información:

- Información con la que se pueda encontrar el estudio de una manera rápida cuando sea necesario, entre los cuales se encuentran: el número de observación, el número de hoja, el nombre del especialista y la fecha del estudio. (Kanawaty, 1996)
- Información a la que se pueda acceder e identifique el producto o pieza que se fabrique de una manera exacta, entre estas se encuentran: nombre del producto, código del producto, material a utilizar. (Kanawaty, 1996)
- Información con la que se pueda encontrar de manera exacta el proceso, la máquina y el área de trabajo, entre las cuales se deben registrar: el área donde se ejecutan la actividades, descripción de la actividad, el método a utilizar, la máquina o el equipo necesario para el proceso, área de trabajo, descripción de la actividad, número de hoja de estudio, herramientas, equipos o dispositivos que se van a utilizar en la operación. (Kanawaty, 1996)
- Nombre del operador. Duración del estudio (hora de inicio de la operación, hora de finalización de la operación, tiempo transcurrido en el la operación) y las Condiciones físicas de trabajo. (Kanawaty, 1996)

Descomposición de Actividades en Elementos

De acuerdo a Kanawaty (1996) para realizar el análisis de una determinada actividad en el estudio de tiempos, es necesario descomponer las actividades principales en elementos, con el fin de obtener datos más precisos y simplificar la observación, el registro y el análisis. Es importante descomponer las actividades en elementos con el fin de:

- Clasificar el trabajo útil de la actividad inútil.
- Determinar el ritmo de trabajo con la mayor exactitud posible.
- Identificar los elementos de la actividad y sus diferentes tipos.

- Enfocarse en los elementos que producen pérdida de tiempo.
- Identificar los suplementos por fatiga de los operadores.
- Especificar de manera detallada y clara cada actividad.
- Evaluar de una manera adecuada el método de trabajo y los tiempos de cada elemento.

Número de observaciones

En la opinión de Kanawaty (1996) para encontrar la cantidad necesaria de observaciones en el estudio de tiempos es necesario utilizar la siguiente fórmula estadística:

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n' * \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Donde:

- n = tamaño de la muestra
- n' = número de observaciones del estudio preliminar
- \sum = suma de valores
- X = valor de las observaciones

Método Westinghouse

Niebel & Freivalds (2009) sostienen que es uno de los métodos de evaluación de operadores más utilizados a través del tiempo. Fue creado por la empresa Westinghouse Electric Corporation y es uno de los métodos de calificación de personal más utilizados a nivel mundial, sirve para evaluar el rendimiento de los trabajadores. El método Westinghouse utiliza cuatro indicadores para calificar la ejecución de las actividades por parte de los trabajadores. Estos cuatro indicadores son: Habilidad, Esfuerzo, condición de trabajo y consistencia.

- **Habilidad:** Es la aptitud con la que un trabajador ejecuta una determinada actividad; queda íntimamente relacionado con la experiencia, lo cual se aprecia cuando el trabajador realiza una coordinación apropiada entre la mente y las manos. La habilidad se adquiere a medida de que el tiempo pasa, ya que la repetición

diaria de actividades por parte del trabajador hace que este adquiera mayor destreza en esa actividad. (Niebel & Freivalds, 2009).

- **Esfuerzo:** Es definido como el interés del trabajador por cumplir sus actividades de manera eficaz. El esfuerzo demuestra la rapidez con la que el trabajador emplea su habilidad, lo cual en muchas ocasiones es controlada por el mismo trabajador. Al momento de calificar al trabajador se debe solo calificar el esfuerzo eficaz, esto se debe a que en ocasiones el trabajador aplicar esfuerzo rápido pero mal ejecutado, lo cual hace que el proceso se ejecute de manera inadecuada. (Niebel & Freivalds, 2009).
- **Condiciones de trabajo:** Son las que influyen directamente en el trabajador y no en la actividad, esto se observar mediante la temperatura y la ventilación del área de donde se ejecuta la actividad, así como el nivel de luz y el ruido en el lugar de trabajo. Con lo cual se podría decir que si la temperatura del área es de 15 °C, pero regularmente se habitúa a estar entre 20 y 25°C, se califica a las condiciones de trabajo inferior a lo normal. (Niebel & Freivalds, 2009).
- **La consistencia del trabajador:** Indica que el operador registre tiempos en sus actividades de forma casi exactamente constante lo cual generaría una consistencia perfecta. Por lo general una situación como la descrita es poco probable que ocurra debido a que siempre existe alguna variabilidad por diversos motivos (falta de materiales, dureza del material, desperfectos en la máquina, etc.). Solo se le podría asignar una calificación de perfecta si es que el trabajador opera una maquina semiautomática. (Niebel & Freivalds, 2009).

HABILIDAD			ESFUERZO		
0.15	A1	Habilísimo	0.13	A1	Excesivo
0.13	A2	Habilísimo	0.12	A2	Excesivo
0.11	B1	Excelente	0.1	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente	0.08	B2	Excelente
0.06	C1	Bueno	0.05	C1	Bueno
0.03	C2	Bueno	0.02	C2	Bueno
0	D	Medio	0	D	Medio
-0.05	E1	Regular	-0.04	E1	Regular
-0.1	E2	Regular	-0.08	E2	Regular
-0.16	F1	Malo	-0.12	F1	Malo
-0.22	F2	Malo	-0.17	F2	Malo

CONDICIONES			CONSISTENCIA		
0.06	A	Ideales	0.04	A	Perfecta
0.04	B	Excelentes	0.03	B	Excelente
0.02	C	Buenas	0.01	C	Buena
0	D	Medias	0	D	Media
-0.03	E	Regulares	-0.02	E	Regular
-0.07	F	Malos	-0.04	F	Malo

Figura 8: Sistema de valoración Westinghouse.

Fuente: Serastegui 2010

- **Tolerancia:** Meyers (2000) asevera que la tolerancia, la cual es también conocida como suplementos, es el tiempo que se le asigna a un operario para cubrir sus necesidades personales las cuales podrían ser: utilizar los servicios higiénicos, beber agua, comer o cualquier otro tipo de actividad que le impida ejecutar sus funciones en el trabajo.

De acuerdo a lo manifestado por diversos autores el estudio de tiempos es una herramienta de la ingeniería que permite evaluar la relación existente entre el tiempo con el que se elabora un producto y el desempeño del trabajador que elabora dicho producto.

b) Balance de Líneas

Según Niebel & Freivals (2009) el balance de líneas es un método de mejora de trabajo que busca calcular el número ideal de trabajadores asignados a una línea de producción. Así también Peña, Neira & Ruiz (2016) opinan que el balance de líneas es un elemento primordial para la productividad de una empresa u organización, tiene como finalidad una administración idónea de la capacidad de la empresa, lo cual lleva a asegurar una afluencia continua y uniforme de los productos dentro de las diferentes

operaciones y actividades en el interior de la planta. Este método permite buscar formas para igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones, con el fin de emplear al máximo la utilización de la mano de obra y el equipo y así reducir parcial o totalmente el tiempo ocioso.

Desde la posición de Meyers (2000) la finalidad de la ejecución de un balance de líneas es:

- Regular a carga de trabajo en cada uno de los operadores.
- Encontrar la operación que sea el cuello de botella.
- Ordenar la velocidad de producción en la línea de ensamble.
- Calcular la cantidad de estaciones de trabajo que requiera la línea.
- Calcular el costo de la mano de obra de la línea de ensamble.
- Encontrar la carga de trabajo porcentual de cada operador.
- Aportar con el diseño de distribución de planta.
- Disminuir los costos de producción.

De acuerdo a García (2005) antes de la ejecución del balance de líneas se deben hallar algunos requisitos para que la producción se realice, estos son:

- **Cantidad:** la cantidad o el tamaño de producción debe ser el adecuado para cubrir el costo de preparación de la línea. (García, 2005).
- **Equilibrio:** Los tiempos para cada operación en la línea deben ser casi iguales. (García, 2005).
- **Continuidad:** Una vez iniciadas, las líneas productivas tienen la obligación de mantenerse constantemente trabajando, pues la parada del trabajo en algún punto corta la alimentación del resto de operaciones. Lo cual significa que se debe asegurar un

abastecimiento permanente de materiales, piezas, etc. (García, 2005).

Por lo expuesto anteriormente se puede inferir que el balance de líneas es una metodología que tiene por objetivo hacer que las actividades u operaciones de un proceso trabajen uniformemente produciendo así un movimiento continuo de materiales dentro del proceso, lo cual asegura que el aprovechamiento del tiempo sea el máximo posible.

Líneas de Producción

Líneas de producción es a juicio de Groover (2007) un conjunto sistematizado de estaciones de trabajo que tiene como objetivo que el producto avance desde una estación de trabajo a la siguiente y en cada una de las estaciones se ejecute un poco de todo el trabajo de la producción total.

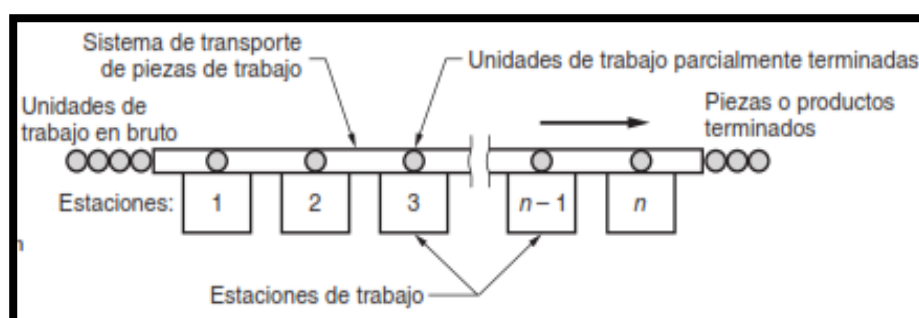


Figura 9: Configuración general de una línea de producción.

Fuente: Groover (2007)

Groover (2007) expone que la rapidez de la línea de producción es definida por su operación más lenta, las operaciones que se ejecuten a un ritmo más veloz que el de la operación más lenta se hallarán sometidas a este cuello de botella. Por lo general una línea de producción trabaja con sistemas de transferencia mecánica o de transporte, sin embargo existen líneas de producción manuales donde el producto pasa de mano en mano entre las áreas de trabajo.

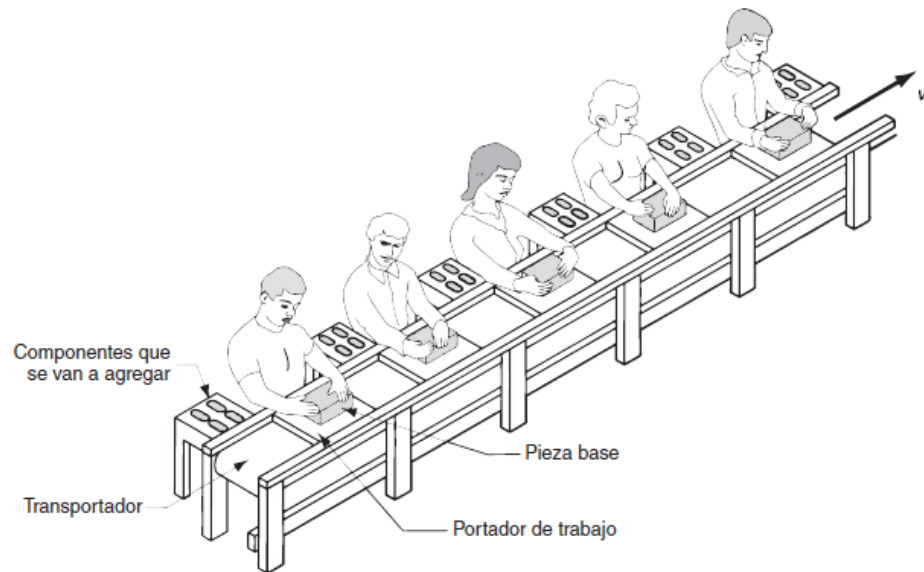


Figura 10: Líneas de ensamblaje manual.
Fuente: Goover (2007)

Tipos de líneas de producción

Existen diferentes tipos de clasificación de las líneas de producción. Moreno & Montealegre (2013) manifiestan que por el tipo de producto a fabricar las líneas de ensamblaje se clasifican en:

- **Modelo de línea simple (single-model line)**

Es la producción enfocada en un solo tipo de producto, Rekiek & Delchambre (citados por Moreno & Montealegre, 2013) afirman que debido a que los trabajadores se dedican exclusivamente a la fabricación de un solo tipo de producto, entonces alcanzan un alto nivel de habilidad en su trabajo. (Moreno & Montealegre, 2013)

- **Modelo de línea mixta (mixed-model line)**

Las líneas de ensamblaje de modelos mixtos son citando a Durango, Orejuela & Ortiz (2014) un método muy utilizado últimamente para hacerle frente al incremento de la demanda de los clientes por variedades (tamaños, presentación, sabores) de un mismo producto. Está identificado por la manufactura de diferentes tipos de un mismo producto en una misma línea, este sistema productivo trabaja con las mismas actividades e

insumos para fabricar dichos variedades. (Moreno & Montealegre, 2013).

De acuerdo a School y Becker (como se cita en Durango, Orejuela & Ortiz, 2014) el balance de líneas de modelos mixtos se pueden resolver mediante:

- **Líneas de producción múltiple**

Está enfocada en la elaboración de diferentes tipos de productos en una misma línea, sin embargo en este caso las actividades entre un tipo de producción y otra varían de manera considerable, por lo que se elaboran productos por lotes con paradas intermedias. Ya que se producen diferentes tipos de productos, los tiempos y la sucesión de operaciones desempeñan un papel importante en el manejo adecuado de los recursos. (Moreno & Montealegre, 2013)

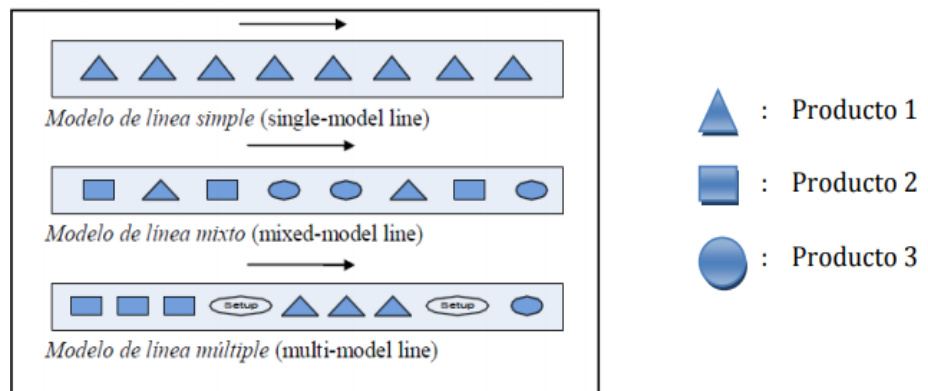


Figura 11: Tipos de línea de ensamble por tipo de producto.
Fuente: Moreno y Montealegre (2013)

Así también en palabras de Salazar (2016) las líneas de producción se clasifican por el diseño de su línea en:

- **Línea de fabricación**

Una línea de fabricación es aquella que posee operaciones que están enfocadas a elaborar o construir elementos que posteriormente serán unidos en la línea de ensamble. (Salazar, 2016).

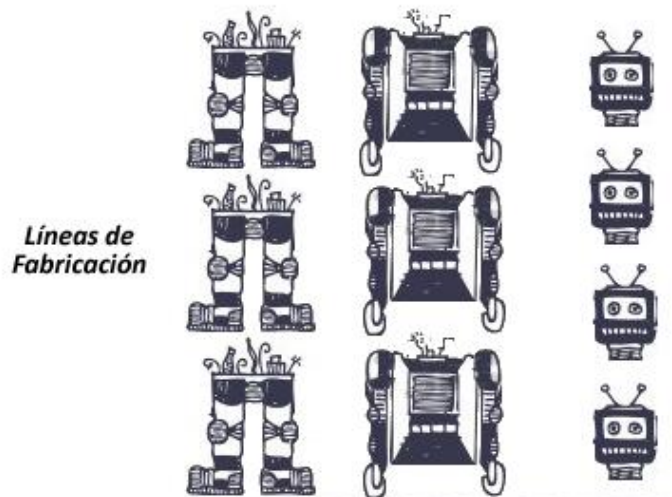


Figura 12: Línea de fabricación.
Fuente: IngenieriaIndustrialonline.com

- **Línea de ensamble**

Una línea de ensamble, la cual puede ser automatizada o manual, es aquella que está constituida para unir elementos y así conseguir un producto final ensamblado. Está constituida por operaciones ordenadas y sistematizadas. (Salazar, 2016). En la figura se puede apreciar la diferencia entre una línea de ensamble y una línea de fabricación.

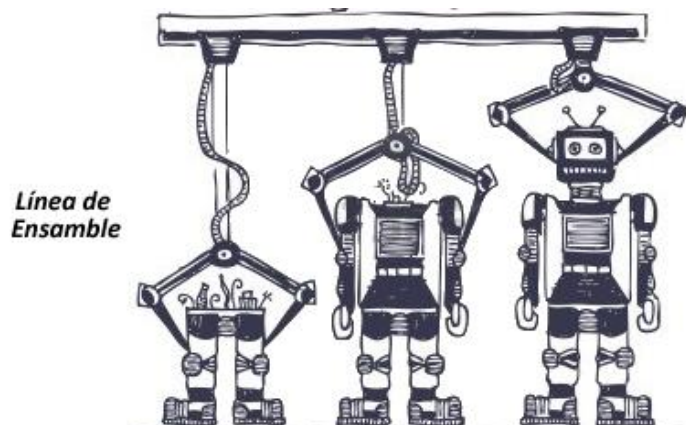


Figura 13: Línea de ensamble
Fuente: IngenieriaIndustrialonline.com

Métodos de balanceo de Líneas

Para poder ejecutar un adecuado balanceo de líneas es importante escoger un método adecuado. Quezada (2015) sostiene que existen algunos indicadores que varían, lo cual influye en la

productividad de todo un proceso, estos indicadores pueden ser: inventarios de producción en proceso, los tiempos de elaboración de un producto y el suministro parcial de producción. Es por ello que es importante determinar el método adecuado para la ejecución del balance de líneas, estos métodos son

- **Método tradicional**

Como dice Quezada (2015) para la ejecución de un balanceo tradicional o típico es importante tomar en cuenta ciertos aspectos:

La secuencia de operaciones para ejecutar un proceso|.

Elaborar un diagrama de precedencia, el cual refleja el proceso de producción, hecho de círculos que simbolicen operaciones y flechas que conecten dichas operaciones de manera secuencial.

Hallar los tiempos (promedio, base y estándar) de las operaciones.

Determinar el tiempo máximo en cada una de las estaciones de trabajo.

- **Método heurístico de balance de líneas**

Desde el punto de vista de Quezada (2015) un método que se fundamenta en normas simples. Tiene por objetivo reducir el desequilibrio entre estaciones de trabajo y operadores, con la finalidad de producir una cantidad específica de productos.

Citando a García (2005) el método heurístico tiene como datos preliminares la producción esperada diaria, tiempo de trabajo diario y tabla de actividades, tiempos y precedencias.

- **Método peso posicional**

Conocido además como estación al 100%, es como señala García (2005) un método donde se busca la minimización de estaciones de trabajo. Este método busca aproximar el peso

posicional de cada una de las tareas como la sumatoria de tiempos de aquellos que la siguen.

- **Reducción de problemas a único modelo**

Esta técnica se basa de acuerdo a Durango, Orejuela y Ortiz (2014) en la simplificación de la línea de modelos mixtos, trabaja la línea como si se tratara de un modelo único; para la ejecución de este balance de línea es necesario calcular el tiempo promedio de cada actividad. Matanachi y Yano (citados por Durango, Orejuela y Ortiz, 2014) resaltan que una forma de encontrar este promedio es la siguiente formula.

$$Wa = \sum_{j=1}^J m_j d_{ja}$$

Donde:

- a = actividades u operaciones
- Wa = tiempo promedio de las actividades
- j = modelo de producto
- m_j = participación del tipo de producto en la demanda esperada
- d_{ja} = Duración de la actividad a para el modelo j

Una vez determinados los tiempos promedio de cada actividad o tarea. La cuestión de la línea de modelo mixto automáticamente se convierte en un problema de balance de líneas de ensamble. (Durango, Orejuela, & Ortiz, 2014) . En vista a que la línea de ensamble en la embotelladora es una línea de ensamble de modelo mixto, ya que fabrica un solo tipo de producto en dos modelos o presentaciones de similar cantidad (gaseosas Cotri Kola de 500 y 300 mL), entonces para su balance de líneas se utilizará esta formula.

Pasos para equilibrar una línea de ensamble

Chase, Jacobs & Aquilano (2009) manifiestan que existen algunos pasos para la ejecución del balance de líneas los cuales son:

- Indique la sucesión secuencial de actividades usando el diagrama de precedencia, que se compone de círculos y flechas. Las actividades son representadas por los círculos mientras que las flechas indican el orden en el cual se ejecutaran. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).
- Chase, Jacobs & Aquilano (2009) manifiestan que es necesario calcular el tiempo de ciclo (C) que necesitan las estaciones de trabajo para ejecutar sus actividades utilizando la fórmula:

$$C = \frac{\text{Tiempo de producción por día}}{\text{Producto requerido por día (en unidades)}}$$

- Citando a Chase, Jacobs & Aquilano (2009) se debe hallar el Número mínimo de estaciones de trabajo (N_t), que a nivel teórico, el proceso requiere para ejecutar hasta su máximo el tiempo de ciclo de la estación de trabajo. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$N_t = \frac{\text{Suma de tiempos de las tareas} (T)}{\text{Tiempo de ciclo} (C)}$$

- Es necesario escoger una regla para designar las actividades a las estaciones de trabajo y otra regla para romper empates. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).
- Designe las actividades, de una a una y comenzando desde la primera actividad, a cada una de las estaciones de trabajo hasta que la suma de los tiempos de las tareas dentro de una estación sea igual al tiempo de ciclo, o que no haya más actividades viables para cubrir el tiempo de ciclo. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).
- Una vez determinada el número de estaciones es necesario determinar el número de operadores que van a trabajaren cada estación de trabajo. (Garcia, 2005). Para lo cual se utiliza la fórmula:

$$IP = \frac{\text{Unidades a fabricar}}{\text{Tiempo disponible de un operador}}$$

$$N_{op} = \frac{TE \times IP}{E}$$

Donde:

- N_{op} = Número de operadores por estación
 - TE = Tiempo estándar de la estación
 - IP = Índice de producción
 - E = Eficiencia planeada por el investigador
- Chase, Jacobs & Aquilano (2009) proponen que es necesario calcular la eficiencia del balanceo de líneas utilizando la fórmula:

$$Eficiencia = \frac{\text{Suma de tiempos de las tareas} (T)}{\text{Número real de estaciones de trabajo} \times \text{Tiempo de ciclo} (C)}$$

- Si el cálculo de la eficiencia no es provechoso, es necesario volver otra pauta de decisión. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

Capacidad de producción de la estación

Chase, Jacobs & Aquilano (2009) sugieren que la capacidad de producción de la estación, el cual está determinado por número de unidades entre el tiempo estándar de la estación, son las unidades que van a pasar por la estación de trabajo en un tiempo determinado. Se determina mediante la fórmula:

$$Cp = \frac{1}{\text{Tiempo estandar de la estación}}$$

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Agua tratada: Agua que sufre un proceso de desinfección y purificación con el fin de que pueda estar apta para el consumo.

Algoritmo: Conjunto ordenado de operaciones que permiten calcular y hallar la solución de un tipo de problema

Botella PET: Recipiente de plástico usado para contener bebidas gaseosas.

Capacidad de producción: Es la cantidad máxima de producción que un determinado sistema es capaz de procesar en un tiempo determinado.

Cuello de botella: Elemento que perjudica el proceso productivo de una empresa.

Diagrama de precedencia: Gráfico compuesto por círculos y flechas que permiten la secuenciación de actividades dentro de un proceso.

Diagrama de operaciones de proceso: Es una herramienta que permite a la organización tener una representación secuencial del proceso productivo.

Eficacia: Es la culminación de objetivos o resultados en un tiempo determinado.

Eficiencia: La óptima utilización de los recursos en un proceso

Factor: Elemento importante que aporta algo para la consecución de un resultado.

Gaseosa: Bebida espumosa que está compuesta por alto contenido de azúcar.

Hora-Hombre: Cantidad de trabajo realizado por un operador en una hora.

Indicador: información que permite conocer las características de un hecho.

Insumo: Material que sirve de base para la elaboración de un producto.

Jarabe: Solución líquida que contiene una gran proporción de azúcar en agua.

Merma: Es la reducción o desperdicio de algo, lo cual ocurre por causa internas o externas a un objeto.

Mililitros: Unidad de medida de volumen, que representa la milésima parte de un litro.

Paquete: Grupo de objetos que se encuentran unidos mediante empaques que permiten formar bloques para ser movidos.

Proceso: Conjunto de actividades íntimamente relacionadas entre sí o que al interactuar de manera conjunta en los componentes de entrada los transforman en resultados.

Producto: Resultado que se obtiene después de una operación determinada, puede ser gestada mediante procesos naturales o artificiales.

Restricción: Limitante que existe dentro de un sistema y el cual impide el buen desarrollo del mismo.

Tiempo muerto: Es el tiempo improductivo en una estación de trabajo.

Sistema: Grupo ordenado de procedimientos u operaciones, relacionadas entre sí, que buscan un determinado objeto o meta.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis General

La aplicación de la Teoría de Restricciones incrementa la productividad multifactorial del área de producción de la empresa embotelladora de gaseosas “INVERSIONES COTRINA”.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a) La aplicación de la Teoría De Restricciones aumenta la productividad del factor mano de obra del área de producción de la empresa embotelladora de gaseosas
- b) La aplicación de la Teoría de Restricciones incrementa la productividad del factor materia prima del área de producción de la empresa embotelladora de gaseosas.
- c) La aplicación de la Teoría de Restricciones mejora la productividad del factor energía eléctrica del área de producción de la empresa embotelladora de gaseosas.

2.5. VARIABLES

2.5.1. Definición conceptual de la variable

a) VARIABLE DEPENDIENTE (Y): PRODUCTIVIDAD

La productividad es la relación que existe entre las salidas (bienes y servicios) y una o más entradas (recursos como mano de obra y capital)” (Heizer & Render, 2009, pág. 14).

b) VARIABLE INDEPENDIENTE (X):TEORÍA DE RESTRICCIONES

La Teoría de Restricciones es definida citando a Goldratt (2004) como un sistema de desarrollo continuo en las organizaciones, cimentado en el pensamiento sistémico, el cual permite la eliminación de limitantes o restricciones en los procesos productivos. Realiza los cambios necesarios en el proceso, con el fin de lograr las metas establecidas previamente en la organización.

2.5.2. Definición operacional de la variable

a) VARIABLE DEPENDIENTE (Y): PRODUCTIVIDAD

Es según Heizer & Render (2009) la cantidad de unidades producidas por cada factor de producción entre las cuales se destacan:

Productividad del factor Mano de obra: Son las unidades producidas por cada hora-Hombre trabajada. (Heizer & Render, 2009). Se calcula de la siguiente manera:

$$\textit{Productividad mano de obra} = \frac{\textit{N}^{\circ} \textit{unidades producidas}}{\textit{h} - \textit{H trabajadas}}$$

Productividad del factor materia prima: son las unidades producidas por cada Litro de agua tratada. (Heizer & Render, 2009). Se halla de la siguiente manera:

$$\textit{Productividad mat prima} = \frac{\textit{N}^{\circ} \textit{unidades producidas}}{\textit{Lt de agua tratada}}$$

Productividad del factor Energía Eléctrica: son las unidades producidas por cada Kilowatt-hora de energía eléctrica consumida por la empresa (Heizer & Render, 2009). Se calcula con la siguiente formula:

$$\text{Productividad de Energía} = \frac{\text{N}^\circ \text{ unidades producidas}}{\text{Kwh de Energía Eléctrica}}$$

Productividad multifactorial: también conocido como productividad multifactorial, es la relación que existe entre el dinero obtenido de las ventas y el dinero invertido en los factores. (Heizer & Render, 2009). Se expresa mediante la siguiente formula:

$$PdF = \frac{S/. \text{ ventas}}{S/. \text{ Mano de Obra} + S/. \text{ Material} + S/. \text{ Energía Eléctrica}}$$

b) VARIABLE INDEPENDIENTE (X): TEORÍA DE RESTRICCIONES

Teniendo en cuenta a Goldratt (2004) es la operación sistemática de identificar, explotar, subordinar y elevar las restricciones existentes dentro de un sistema o conjunto de operaciones. Y se realiza en cinco pasos:

Identificar la restricción: Este paso sugiere analizar todos los procesos en su totalidad para identificar cuál de ellos es el que limita el rendimiento. (Goldratt, 2004). Este proceso se realizará mediante el estudio de tiempo debido a que Kanawaty (1996) manifiesta que el estudio de tiempos es una de las mejores herramientas para determinar los tiempos y ubicar así el tiempo de operación más largo lo cual sería la restricción del sistema.

Explotar la restricción: Este paso propone encontrar una técnica para tratar de que la restricción trabaje al máximo nivel con el fin de obtener un mayor rendimiento productivo. (Goldratt, 2004). Niebel & Freivalds (2009) refieren que la operación que toma más tiempo en realizarse (en este caso la restricción) puede mejorar su capacidad de producción mediante el balance de líneas.

Subordinar la restricción: Este paso sugiere encaminar todos los demás operaciones de un proceso al ritmo de la restricción.

(Goldratt, 2004). El siguiente paso se ejecutara mediante el Balance de Líneas ya que Peña, Neira & Reinel (2016) sugieren que balancear una línea implica distribuir de mejor manera las cargas de trabajo, con lo cual se generará un mejor aprovechamiento del tiempo y de los recursos utilizados.

Elevar la restricción: Este paso propone invertir el dinero necesario para mejorar el ritmo de la producción y evaluar la metodología para mejorar aún más el ritmo de la restricción. (Goldratt, 2004). En este paso será muy importante evaluar la capacidad de producción de la estación.

Una vez que la operación deja de ser restricción, encontrar una nueva restricción y volver al primer paso es una alternativa para seguir el proceso de mejora continua, comenzando así un ciclo de desarrollo de la organización. (Goldratt, 2004)

2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 1

Matriz de operacionalización de las variables

VARIABLE		DIMENSIONES	INDICADORES	INDICE	TÉCNICA
INDEPENDIENTE	TEORÍA DE RESTRICCIONES	IDENTIFICAR	Estudio de tiempos	<i>Tiempo base</i> <i>Tiempo estándar</i>	Observación directa Análisis de documentos
		EXPLOTAR	Balance de Línea de producción	<i>Tiempo estándar</i>	Observación directa Análisis de documentos
		SUBORDINAR	Balance de Línea de producción	<i>N° de Estaciones de trabajo</i> <i>N° de operadores necesarios por estación</i> <i>Tiempo de ciclo</i>	Observación directa Análisis de documentos
		ELEVAR	Evaluación	<i>Eficiencia de Línea</i>	Observación directa Análisis de documentos.
DEPENDIENTE	PRODUCTIVIDAD MULTIFACTORIAL	FACTOR MANO DE OBRA	N° unidades producidas / sol invertido en la producción	$FMO = \frac{N^{\circ} \text{ unidades producidas}}{h - H \text{ utilizadas}}$	Análisis de documentos
		FACTOR MATERIA PRIMA	N° unidades producidas / sol invertido en la producción	$FMP = \frac{N^{\circ} \text{ unidades producidas}}{Lt \text{ agua tratada utilizada}}$	Análisis de documentos
		FACTOR ENERGÍA ELÉCTRICA	N° unidades producidas / sol invertido en la producción	$FEE = \frac{N^{\circ} \text{ unidades producidas}}{kWh \text{ Energía Electrica utilizada}}$	Análisis de documentos

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio tendrá como base el Método Científico que consiste en formular cuestiones o problemas sobre la realidad, con base en la observación de la realidad y la teoría ya existentes, en anticipar soluciones a estos problemas y en contrastarlas o verificar con la misma realidad estas soluciones a los problemas, mediante la observación de los hechos que ofrezca, la clasificación de ellos y su análisis.

El presente estudio también se basará en el método inductivo-deductivo ya que parte del análisis particular de los factores de la productividad al estudio general de la productividad multifactorial. Este razonamiento parte de los estudios particulares hacia una conclusión general, de allí se originan las hipótesis las cuales se someterán a prueba para confirmar su validez.

3.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo debido a que se utilizará la obtención de datos para confirmar o demostrar las hipótesis, las cuales tiene como base la medición numérica y el análisis estadístico, los cuales tiene como finalidad demostrar teorías .

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio es una investigación de tipo aplicada, ya que busca conocer, analizar e interpretar una determinada realidad problemática: la baja productividad en la empresa, la cual es la unidad de análisis. Además, porque la presente tesis se enfoca más en la aplicación inmediata de la Teoría de Restricciones sobre la realidad problemática. Una investigación aplicada de acuerdo a Hernández (2014) tiene por objetivo solucionar problemas prácticos que suceden en la realidad.

3.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación manifiesta el grado de profundidad que la investigación realizará, en este caso la investigación es de nivel explicativo-descriptivo. Una investigación puede tener dos alcances ya que es una investigación explicativa, pero tiene algunos elementos descriptivos. En este caso el presente estudio es de carácter explicativo porque permitirá explicar la razón de porqué sucede determinado fenómeno y en qué condiciones se evidencia; en este caso la baja productividad en el proceso. Al mismo tiempo el estudio es descriptivo porque busca recopilar información acerca de los objetos o fenómenos que se someterán a análisis con el fin de darlos a conocer.

3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es un diseño cuasi-experimental porque las unidades de análisis no serán asignadas aleatoriamente, están conformados previamente en este caso el investigador analizará la producción de 25 días del mes de Julio (antes) y 25 días del mes de Septiembre (después) de la empresa para realizar el estudio, además se manipulara la variable independiente de manera restringida para la obtención de información.

Asimismo, es una investigación de tipo longitudinal porque los datos son recopilados en diferentes periodos de tiempo con el fin de realizar inferencias que se señalen la magnitud de los cambios en los datos, sus causas y consecuencias.

3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.6.1. Población

En la presente investigación la población está constituida por el número de paquetes de gaseosa que la empresa fabrica durante 12 meses (1 año).

3.6.2. Muestra

La muestra en esta investigación es el número de paquetes de gaseosa elaborados por la empresa durante 1 mes (25 días laborables) anterior y posterior a la aplicación de la Teoría de Restricciones. Al ser elegidos por conveniencia del investigador esta muestra se considera muestra no probabilística.

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnica e instrumentos de recolección de datos

Como técnicas de investigación se utilizarán la observación y el análisis documental.

La observación consiste en la recopilación de datos que se realiza de manera sistemática, busca que los datos sean válidos y confiables que se realiza en situaciones preferentemente observables. (Hernandez R. , 2014)

En el caso del análisis documental, es el estudio o indagación de los documentos impresos, los cuales son los libros, las actas; y los no impresos (manuscritos, cartas, etc.) lo cual aporta al entendimiento de los fenómenos de la realidad.

También se utilizará la técnica de la entrevista. Citando a Hernández (2014) una entrevista es una junta que se realiza para el intercambio de información entre una persona, conocida como el entrevistador, y otra u otras, conocidas como los entrevistados. Esta se ejecuta mediante preguntas y respuestas estructuradas que buscan que el investigador pueda recabar información útil para la investigación.

Para la presente investigación Se utilizarán los siguientes instrumentos: Guía de análisis de documentos, Guía de entrevistas y fichas de control de tiempos

para determinar la situación inicial y final de la empresa, en el periodo de estudio.

3.8. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se tabulará la información a partir de los datos obtenidos, haciendo uso del programa computacional Microsoft Excel Versión 2013, posteriormente se utilizará el software SPSS para el análisis estadístico.

3.9. TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de datos es en palabras de Hernández (2014) es el tratamiento e interpretación de los datos (ya codificados, almacenados y libre de errores) obtenidos con los instrumentos, lo cual se ejecuta en la actualidad con diferentes software computacionales. En la presente investigación los datos serán analizados con los programas Microsoft Excel y SPSS.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. DIAGNOSTICO SITUACIONAL

4.1.1. Descripción de la Empresa

La empresa donde se va a realizar el estudio le pertenece a la señora Yakeli Yanet Cotrina Huamán, la cual está registrada en la SUNAT (Superintendencia de Administración Tributaria) como Persona Natural con Negocio y designó a su empresa con el nombre comercial de “INVERSIONES COTRINA”.

Esta registrada con RUC 10414548429. El domicilio fiscal de la organización es Carretera Central N° 2482 (Km 6 Carretera Central-Paradero Vista Alegre), distrito de San Agustín de Cajas, provincia de Huancayo y en el Departamento de Junín.

Dio inicio a sus actividades el 23 de Agosto del año 2004 en la actividad económica de venta de alimentos y bebidas, sin embargo en el año 2017 decidió enfocarse en la elaboración y distribución de bebidas gaseosas con el fin de proporcionar una variante en el mercado de bebidas, pero a un bajo precio, así satisfacer las demandas de la población que buscaba una alternativa económica.

Tiene como público objetivo el mercado por mayor y por menor. La empresa está dedicada a la elaboración y distribución de bebidas gaseosas de 300 y 500 mL.

a) Productos

- **Cotri Kola 500 mL:** Es una bebida gasificada que tiene en cada una de sus botellas medio litro (500 mL) de producto. Cuenta con una variedad de cinco sabores diferentes (fresa, limón cola negra, cola dorada y naranja).



Figura 14: Gaseosa Cotri Kola de 500 mL.
Fuente: Elaboración propia

- **Cotri Kola 300 mL:** Es una bebida gasificada que tiene en cada una de sus botellas 300 mL de producto. Cuenta con una variedad de cinco sabores diferentes (fresa, limón cola negra, cola dorada y naranja).



Figura 15: Gaseosa Cotri Kola de 300 mL.

Fuente: Elaboración propia

b) Materiales

- **Botellas tereftalato de polietileno (PET):** Son los recipientes que las bebidas gaseosa utilizara para sus presentaciones,
- **Tapas rosca:** Son los materiales que sellan las botellas de gaseosa.
- **Etiquetas:** Son aquellos que permiten identificar la marca de la gaseosa, así como indican los ingredientes, los datos legales y fechas de producción y de vencimiento.
- **Plásticos termoencogible de polietileno:** Son los plásticos que se encargarán del embalaje de las botellas de gaseosas, sometidos al calor son capaces de adoptar la forma de lo que contiene.

c) Insumos

- **Agua Tratada:** Es el elemento principal utilizado en la fabricación de bebidas gaseosas, para que pueda ser consumida previamente se debe realizar su tratamiento, el cual según el encargado de planta consta de 2 tratamientos:

Tratamiento de desinfección: Constituye la primera parte del tratado del agua potable, en esta paso se añaden los compuestos químicos del sulfato de aluminio, hipoclorito de

calcio, cal hidratada, estos componentes son añadidos al agua con el fin en primer lugar de desinfectarlos, y en segundo lugar de sedimentar los elementos pesados. El hipoclorito de calcio sirve para eliminar todos los microorganismos existentes en el agua, la cal hidratada sirve para reducir la alcalinidad del agua mientras que el sulfato de aluminio y el sulfato ferroso sirven para formar precipitados los cuales se sedimentan y eliminarán mediante los filtros .

Tratamiento de filtrado: En este tratamiento el agua ya desinfectada pasa por tres filtros: el filtro de arena que sirve para eliminar los compuestos sedimentados en el tratamiento de desinfección, el filtro de carbón que elimina cualquier rastro de cloro o de algún otro compuesto y finalmente el filtro purificador que permite que el agua este ya apta para consumo humano.

- **Dióxido de carbono:** es el componente que le dará al agua tratada la característica de ser espumosa y ligeramente ácida. Debe ser de calidad alimentaria y sin impureza para que no afecte el producto final.
- **Jarabe:** El jarabe es el componente que le dará las características a la bebida (color, sabor, textura, acidez, etc.). Esta elaborado en dos pasos: el jarabe simple y el jarabe diluido

El jarabe simple es la mezcla en polvo de los componentes que químicos que le darán las propiedades a las bebidas. Llega a la empresa lista para su dilución

El jarabe diluido es la mezcla del jarabe simple con el agua tratada con el fin de que en el proceso de vertido de jarabe pueda ser incorporado a la botella de gaseosa.

d) Equipos

- **Tanque de agua tratada:** Es el tanque donde se almacena el agua tratada antes de su utilización en el proceso productivo. La empresa cuenta con un tanque con capacidad de 2000 Litros.

- **Tanque carbonatador:** Es el tanque donde se almacena la mezcla de agua tratada y el dióxido de carbono en estado gaseoso.
- **Embotelladora semiautomática:** Es la maquina encargada del embotellado y tapado de las bebidas, se caracteriza por ser semiautomática.
- **Soplete de gas propano:** Este equipo es el encargado del sellado del plástico termoencogible de polietileno trabaja con gas propano y a una baja intensidad para evitar dañar las botellas de gaseosa.

4.1.2. Proceso Productivo

El proceso productivo de la elaboración de bebidas gaseosas consta de 2 pasos principales pre-embotellado y embotellado.

a) Pre-embotellado

En el pre embotellado se encuentra el tratado, purificado y carbonatado del agua y dilución de jarabe

Tratado del agua: El tratado se inicia cuando se reciben 1400 litros de agua en el tanque, una vez allí se somete al tratamiento de desinfección donde se busca eliminar los microorganismos y sedimentar todas las impurezas del agua para evitar contaminación en el producto, se realiza utilizando cuatro componentes los cuales son el hipoclorito de calcio que sirve para eliminar los microorganismos existentes en el agua, la cal hidratada que sirve para bajar la intensidad de alcalinidad del agua, el sulfato de aluminio y el sulfato ferroso que sirven para sedimentar las partículas impuras del agua. Una vez obtenida el agua desinfectada pasa al tratamiento de filtrado, en el cual el agua pasa por tres filtros con el fin de que pueda ser ya apta para consumo humano.

Carbonatado: El carbonatado es el tratamiento donde el agua tratada pasa a mezclarse con gas carbónico produciendo así agua

carbonatada. Este tratamiento se ejecuta en un tanque donde se mezcla el agua tratada con el gas carbónico o dióxido de carbono comprimido.

Dilución de jarabe: Esta operación tiene como finalidad diluir el jarabe simple o en polvo en los tanques de dilución previamente elaborado, este jarabe simple esta pesado para cubrir una cantidad de 140 litros

b) Proceso de embotellado

El proceso de embotellado de gaseosas es el proceso de línea de ensamble, ya que se busca juntar todos los componentes previamente descritos con el fin de obtener el producto final, los cuales son botellas empaquetadas de gaseosa. Sus operaciones son:

1) Selección de botellas

En esta operación el trabajador busca y clasifica las botellas PET que se van a utilizar en el proceso productivo estas botellas pueden ser de 300 y 500 mL

2) Acomodado de botellas

Esta operación consta de acomodar las botellas PET en jabs de plástico de 24 unidades con la finalidad de que tengan un traslado uniforme entre toda la línea de producción, en este caso pasando hacia la operación de Vertido de jarabe.

3) Vertido de Jarabe

Consiste en la distribución del jarabe diluido en las diferentes botellas acomodadas, para la elaboración de bebidas de 300 mililitros se llena 12 mililitros de jarabe y para la elaboración de bebidas de 500 mililitros se llena 20 mililitros de jarabe diluido.

4) Embotellado

En esta parte del proceso, las botellas PET con jarabe pasan a la estación de embotellado y envasado, la cual consiste en llenar

de agua carbonatada en cada una de las botellas con jarabe y posteriormente sellarlas con las tapas rosca en la misma maquina embotelladora.

5) Control de calidad

En esta actividad las botellas ya selladas pasan a un control de calidad, el cuál sirve para detectar algunas deficiencias en el producto, especialmente de tipo organolépticas, que se puedan percibir mediante los sentidos, los cuales pueden ser: sabor color textura, etc.

6) Etiquetado

Esta actividad consiste en el pegado de las etiquetas con el nombre de la marca, así como con sus respectivos características. (Fecha de elaboración, fecha de vencimiento, registro sanitario, ingredientes, etc.). Para este proceso se utiliza una goma industrial para el pegado de las etiquetas.

7) Empacado

En este proceso se realiza el sellado del empaque con plástico hemofílico, para lo cual se utiliza un soplete de baja temperatura con gas propano, el cuál emite calor lo que produce que el plástico se acomode a las botellas en el empaque, y así formen un paquete de gaseosas.

8) Inspección de empaques

Esta es la última actividad del proceso productivo, consiste en la inspección de los empaques ya sellados para determinar posibles errores en el empackado. Con esta actividad se busca que no exista ninguna imperfección en el empaquetado del producto final.

c) Almacenamiento

El almacenamiento de los productos se da en una ambiente menor a 25 °C a la sombra.

4.1.3. Análisis Inicial

a) Producción

Tabla 2

Producción mensual en paquetes durante el año 2018

PRODUCTO	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Cotri Kola 500 mL	1904	1936	1952	1888	1968	1968
Cotri Kola 300 mL	1780	1820	1800	1850	1760	1790
TOTAL	3684	3756	3752	3738	3728	3758

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se puede observar la producción, en número de paquetes por mes, que la embotelladora registró entre los meses de Febrero a Julio del año 2018. Se puede apreciar que la producción en el mes de Julio fue de 3758 paquetes. Este dato se obtuvo analizando el registro de producción que maneja la empresa.

b) Demanda del mercado

Tabla 3

Demanda requerida mensual en paquetes durante el año 2018

PRODUCTO	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Cotri Kola 500 mL	2494	2645	2980	2760	2850	2814
Cotri Kola 300 mL	2065	2155	2260	2130	2350	2220
TOTAL	4559	4800	5240	4890	5200	5034

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se evidencian los datos obtenidos del registro de pedidos, lo cual se convierte en la demanda requerida del mercado. Durante el mes de Julio se registró un pedido de 5034 paquetes. Los datos están expresados en número de paquetes al mes y se obtuvieron del análisis del registro de pedidos que maneja la empresa.

c) Comportamiento de la demanda y la productividad

Con los datos obtenidos, de producción y de la demanda requerida, es importante realizar un gráfico estadístico para observar cuan superior es la demanda requerida a la producción.

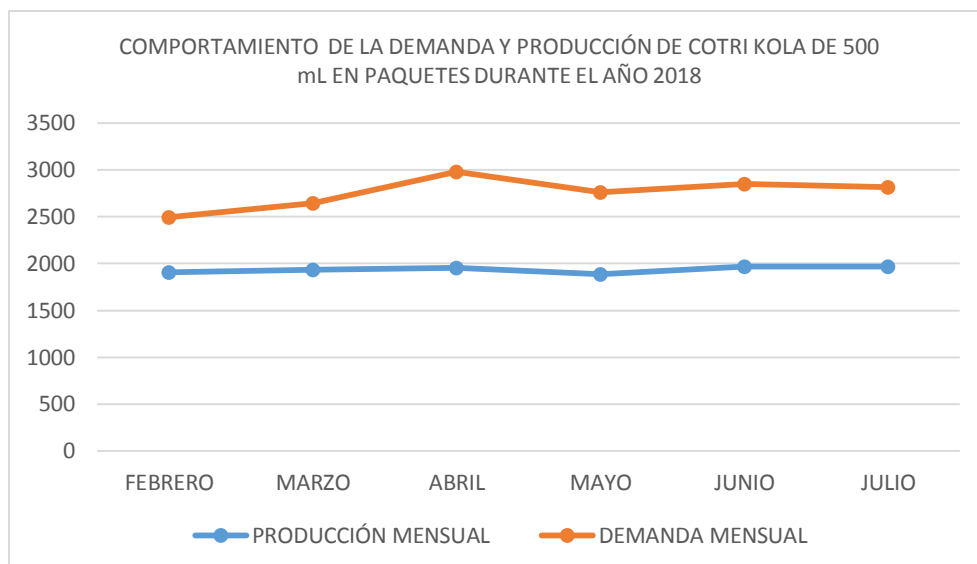


Figura 16: Comportamiento de la producción y demanda de Cotri Kola de 500 ml
Fuente: Elaboración propia

En la figura 16 se aprecia el comportamiento de la demanda mensual de la gaseosa Cotri Kola de 500 mL durante los meses de Febrero a Julio del año 2018. Es importante resaltar que existe una gran diferencia entre la demanda requerida y la producción realizada.

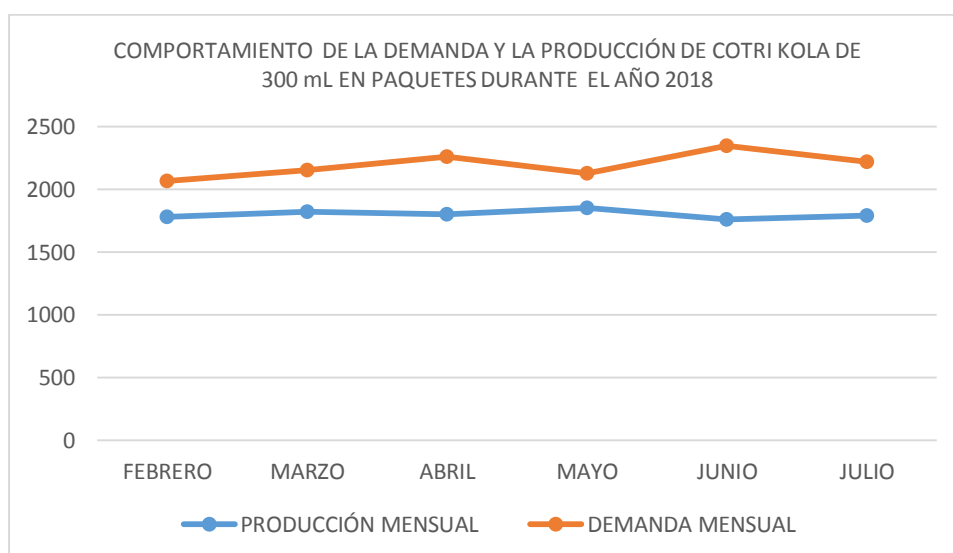


Figura 17: Comportamiento de la producción y demanda de Cotri Kola de 300 ml
Fuente: Elaboración propia

En la figura 17 se observa que el comportamiento de la producción mensual de Cotri Kola de 300 mL durante los meses de Febrero a Julio del año 2018.

Tabla 4

Cantidad de paquetes elaborados en el mes Julio del 2018

DIA	FECHA	COTRI KOLA 500 mL	COTRI KOLA 300 mL	TOTAL DIARÍO
1	02-jul	80	70	150
2	03-jul	79	72	151
3	04-jul	81	74	155
4	05-jul	79	72	151
5	06-jul	79	72	151
6	07-jul	80	72	152
7	09-jul	81	73	154
8	10-jul	80	73	153
9	11-jul	81	73	154
10	12-jul	76	70	146
11	13-jul	78	71	149
12	14-jul	78	71	149
13	16-jul	79	72	151
14	17-jul	76	69	145
15	18-jul	79	72	151
16	19-jul	77	70	147
17	20-jul	80	74	154
18	21-jul	79	72	151
19	23-jul	78	71	149
20	24-jul	76	70	146
21	25-jul	79	72	151
22	26-jul	80	73	153
23	27-jul	78	70	148
24	30-jul	76	70	146
25	31-jul	79	72	151
TOTAL		1968	1790	3758

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 se detalla la producción diaria de paquetes durante los 25 días del mes de Julio. Se aprecia que se elaboran los dos tipos de producto.

Tabla 5*Cantidad de botellas producidas en el mes Julio del 2018*

PRODUCTOS	N° Paquetes	N° botellas/ paquete	N° Botellas	Porcentaje de producción
Cotri Kola 500 mL	1968	15	29520	40.73%
Cotri Kola 300 mL	1790	24	42960	59.27%
TOTAL	3758		72480	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5 se contempla la cantidad de botellas producidas en el mes de Julio del 2018, donde se puede destacar que cada paquete de Cotri Kola de 500 mL consta de 15 botellas mientras que cada paquete de Cotri Kola de 300 mL consta de 24 botellas. Del mismo modo se expone el porcentaje de producción que estos representan, la botella producida es la mínima unidad de producción y con la cual el análisis será mucho más preciso.

Como conclusión de la producción y demanda requerida se puede afirmar que la demanda requerida ha sido muy superior a la producción realizada por la embotelladora. De acuerdo al Gerente comercial la producción faltante es cubierta comprando productos a las empresas competidoras.

d) Productividad del factor de mano de obra

Número de paquetes elaborados por operario al mes

Tabla 6*Paquetes producidos por cada operario al mes*

ITEM	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
PRODUCCIÓN MENSUAL	3684	3756	3752	3738	3728	3758
N° DE TRABAJADORES	3	3	3	3	3	3
N° DE PAQUETES/ OPERARIO AL MES	1228	1252	1251	1246	1243	1253

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se describe la cantidad promedio de paquetes fabricados por cada trabajador durante el año 2018. Se precisa que cada trabajador en el mes de Julio elaboró 1253 paquetes.

Cantidad de trabajo utilizado al mes expresado en h-H

Tabla 7

Cantidad de trabajo utilizado al mes expresado en h-H

ITEM	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Días trabajados/mes	24	25	25	26	25	25
Nº trabajadores	3	3	3	3	3	3
Nº horas trabajadas al día	9	9	9	9	9	9
Nº h-H/ mes	648	675	675	702	675	675

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se observa la cantidad de horas-Hombre trabajadas por mes durante los meses de Febrero a Julio del año 2018. En el mes de Julio se trabajaron 675 horas durante los 25 días del mes. Es importante resaltar que por política de la empresa los trabajadores laboran 9 horas diariamente.

Paquetes producidos por h-H

Tabla 8

Cantidad de paquetes fabricados por h-H en el mes de Julio

PRODUCTOS	Nº Botellas	Porcentaje de producción	h-H en el mes	bot/h-H	paquetes/h-H
Cotri Kola 500 mL	29520	40.73%	274.9	107.4	7.16
Cotri Kola 300 mL	42960	59.27%	400.1	107.4	4.47
TOTAL	72480	100.00%	675.0		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se muestra la cantidad de paquetes producidos por cada hora-Hombre en el mes de Julio. Las botellas producidas y el porcentaje de producción fueron tomados de la tabla 5, ese porcentaje es asignado a las horas-Hombre totales tomadas de la tabla 7.

Posteriormente se divide la cantidad de botellas producidas entre la cantidad de horas-Hombre por cada tipo de producto, con lo cual se determina la cantidad de botellas producidas por hora-Hombre, finalmente se divide esa cantidad por el número de botellas por paquete que se observa en la tabla 5 con lo cual se determinó el número de paquetes por hora-Hombre. Al final se determinó que se fabricaron 7.16 paquetes de Cotri Kola de 500 mL por cada hora hombre y se fabricaron 4.47 paquetes de Cotri Kola de 300 mL por cada hora hombre, siendo esa la productividad del factor mano de obra.

Pago de sueldos mensual

Tabla 9

Pago de sueldos en el mes de Julio

TRABAJADOR	PROMEDIO
EDUARDO COTRINA	S/. 1,200.00
ALCIDES LIMACHE	S/. 950.00
LUIS MAYTA	S/. 950.00
TOTAL	S/. 3,100.00

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 9 se expone el pago por sueldos, en soles por mes, que la empresa realiza a los trabajadores del área de producción de la embotelladora. El señor Eduardo Cotrina el cual es el encargado de la planta embotelladora es el que recibe un sueldo mayor por ser el más experimentado de los trabajadores. Los señores Alcides Limache y Luis Mayta reciben el monto de S/. 950, el cual es el sueldo mínimo.

Costo de la mano de obra por paquete

Tabla 10

Costo de la mano de obra por paquete durante el mes de Julio

PRODUCTO	N° Bot	Porcentaje de producción	Costo MO / Producto	N° Bot/ Costo de MO	N° Paquetes/ Costo de MO	Costo de MO /Paquete
Cotri Kola 500 mL	29520	40.73%	S/. 1,262.58	23.381	1.559	S/. 0.64
Cotri Kola 300 mL	42960	59.27%	S/. 1,837.42	23.381	0.974	S/. 1.03
TOTAL	72480	100.00%	S/. 3,100.00			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se muestra el resultado del costo de Mano de obra por paquete producido, el cual se calcula dividiendo el número de botellas entre el costo de mano de obra por producto, lo cual dejó como resultado el número de botellas por sol de mano de obra; después esa cantidad se divide entre el número de botellas por paquete; lo cual deja el número de paquetes por cada sol de mano de obra. Finalmente se invierte las unidades con lo cual nos queda el costo de la mano de obra por paquete. Este resultado indica que se invierte S/. 0.64 soles en mano de obra por paquete de Cotri Kola de 500 mL producida y se invierte S/. 1.03 soles en mano de obra por paquete de Cotri Kola de 300 mL.

e) Productividad del factor materia prima

Asignación Mensual de agua tratada para la producción

Tabla 11

Asignación Mensual de agua tratada en litros.

	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Días Trabajados al Mes	24	25	25	26	25	25
Asignación Diaria	1400	1400	1400	1400	1400	1400
Asignación Mensual	33600	35000	35000	36400	35000	35000

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se observa la cantidad de agua tratada que se le asigna al proceso en promedio durante un mes, este resultado se obtuvo multiplicando los 1400 litros de agua tratada asignada diariamente por el número de días trabajados. Con lo cual se obtuvo un consumo de agua tratada en el mes de Julio de 35000 litros.

Cantidad de materia prima que contiene un paquete

Tabla 12

Cantidad de agua tratada por paquete

	N°bot/paquete	Lt/bot	bot/Lt	Lt/ paquete
Cotri Kola 500 mL	15	0.5	2	7.5
Cotri Kola 300 mL	24	0.3	3.333	7.2

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se expone la cantidad de agua tratada expresada en litros que contiene un paquete de cada una de las presentaciones. Esto se obtuvo multiplicando la el contenido de la botella de cada producto por el número de botellas por paquete con lo cual se obtuvo que el paquete de Cotri Kola 500 mL contiene en su interior 7.5 litros de agua tratada y el paquete de Cotri Kola 300 mL contiene en su interior 7.2 litros de agua tratada.

Litros utilizados y mermas al mes

Tabla 13

Cantidad de litros utilizados y mermas en el mes de Julio

PRODUCTOS	PRODUCCIÓN		Porcentaje de utilización	Lt asignados	Mermas (Lt)	Eficiencia de la materia prima
	N° paquetes	Lt				
Cotri Kola 500 mL	1968	14760	53.39%	18684.90	3924.90	
Cotri Kola 300 mL	1790	12888	46.61%	16315.10	3427.10	
TOTAL	3758	27648	100%	35000	7352.00	78.99%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se muestra la cantidad de litros de agua tratada utilizada por paquete, estos datos se obtuvieron primero multiplicando la producción de paquetes mensual por la cantidad de litros de agua tratada por paquete que se calculó en la tabla 12, con lo cual se obtuvo la cantidad de litros producidos por mes; después se determinó el porcentaje de consumo de agua tratada por producto, posteriormente se multiplica ese porcentaje por la cantidad de litros de agua tratada asignada para la producción de la tabla 11. Finalmente se divide la cantidad total de litros producidos entre la cantidad de litros asignados por mes, donde se puede destacar que existe aproximadamente un 78.99% de utilización eficiente del agua tratada mientras que existe aproximadamente un 21.01% de agua tratada que es desperdiciada, la cual es llamada merma.

Cantidad de botellas por litro consumido al mes

Tabla 14

Cantidad de paquetes producidos por litro de agua tratada

PRODUCTOS	N° Paquetes	Lt de agua tratada /mes	Paquetes / Lt de agua tratada
Cotri Kola 500 mL	1968	18684.90	0.105
Cotri Kola 300 mL	1790	16315.10	0.110
TOTAL	3758	35000	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se presenta la cantidad de paquetes y botellas producidas por cada litro de agua tratada utilizada, estos datos se obtuvieron dividiendo la cantidad de paquetes producidos entre la cantidad de litros de agua tratada utilizada, dando como resultado la cantidad de paquetes producidos por litro de agua tratada utilizada, lo cual expresa que se produce 0.105 paquetes de Cotri Kola 500 mL por cada litro de agua tratada y se producen 0.110 paquetes de Cotri Kola 300 mL por cada litro de agua tratada, lo cual es la productividad del factor materia prima.

Costo de Materia prima por paquete fabricado

Para determinar el costo de materia prima por paquete es importante destacar que a la empresa le cuesta S/.0.1383 soles por el tratamiento de cada litro de agua, el cual incluye el tratamiento químico y el tratamiento en filtros.

Tabla 15

Costo de Materia prima por paquete fabricado en el mes de Julio

PRODUCTOS	N° Paquetes	Lt/mes	Costo de materia prima	N° paquetes/ Costo de MP	Costo de MP /paquete
Cotri Kola 500 mL	1968	18684.90	S/. 2,584.12	0.76	S/. 1.31
Cotri Kola 300 mL	1790	16315.10	S/. 2,256.38	0.79	S/. 1.26
TOTAL	3758	35000	S/. 4,840.50		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se destaca el costo en soles de agua tratada utilizada por paquete, lo cual indica que por cada paquete elaborado de Cotri Kola de 500 mL se invierten S/. 1.31 soles y por cada paquete elaborado de Cotri Kola de 300 mL se invierten S/. 1.26 soles.

f) Productividad del factor energía eléctrica

Consumo y costo de energía eléctrica

Tabla 16:

Consumo en kWh y costo de energía eléctrica

	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
CONSUMO (kWh)	1235	1269	1310	1280	1327	1305
PAGO (S/.)	S/. 2,077.07	S/. 2,134.25	S/. 2,203.20	S/. 2,152.80	S/. 2,231.80	S/. 2,194.80

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se registra el consumo en Kilowatts-hora de energía eléctrica y el dinero en soles destinados al pago por el servicio de energía eléctrica durante los meses de Febrero a Julio del 2018.

Donde se expone que en Julio se consumieron 1305 kilowatts-hora de energía por la cual se pagaron S/. 2,194.80 soles

Cantidad de paquetes fabricados por energía eléctrica

Tabla 17

Cantidad de paquetes fabricados por energía eléctrica utilizada

PRODUCTOS	N° paquetes	N° Bot	Porcentaje de producción	Energía eléctrica asignada	N° Paquetes/kWh
Cotri Kola 500 mL	1968	29520	40.73%	531.51	3.70
Cotri Kola 300 mL	1790	42960	59.27%	773.49	2.31
TOTAL	3758	72480		1305	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 se muestra la cantidad de paquetes fabricados por cada kilowatt-hora de energía eléctrica consumida en el área de producción. Se observa que por la elaboración de cada paquete de Cotri Kola de 500 mL se consumen 3.7 kilowatts-hora de energía eléctrica y por la elaboración de cada paquete de Cotri Kola de 300 mL se consumen 2.31 kilowatts-hora de energía eléctrica.

Costo de la energía eléctrica por paquete

Tabla 18

Costo de la energía eléctrica por paquete

PRODUCTO	Costo de energía eléctrica	N° Paquetes	N° Paquetes/sol de EE	Costo de EE/paquete
Cotri Kola 500 mL	S/. 893.91	1968	2.20	S/. 0.45
Cotri Kola 300 mL	S/. 1,300.89	1790	1.38	S/. 0.73
TOTAL	S/. 2,194.80	3758		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18 se observa el costo de energía eléctrica en soles de por cada paquete producido, lo cual indica que cada paquete de Cotri Kola

de 500 mL cuesta S/. 0.45 soles de Energía Eléctrica, mientras que el costo por paquete de Cotri Kola de 300 mL es de S/. 0.73 soles.

g) Productividad multifactorial

Para determinar la productividad multifactorial se debe tener en cuenta el precio de venta de los productos. El precio de venta por cada uno de los paquetes, para Cotri Kola de 500 y 300 mL, es de S/. 9.00 soles

Para el cálculo de la productividad multifactorial de Cotri Kola de 500 mL es importante recordar el costo por paquete de cada uno de los factores. En el caso de la mano de obra el costo por paquete es de S/. 0.64 lo cual se destaca de la tabla 10, en el caso de la materia prima el costo por paquete es de S/. 1.31 lo cual se rescata de la tabla 15 y en energía eléctrica el costo por paquete es de S/. 0.45 que se obtiene de la tabla 18.

Para Cotri Kola de 300 mL en el factor mano de obra el costo por paquete es de S/. 1.03 lo cual se destaca de la tabla 10, en el caso de la materia prima el costo por paquete es de S/. 1.26 lo cual se rescata de la tabla 15 y en energía eléctrica el costo por paquete es de S/. 0.73 que se obtiene de la tabla 18.

Tabla 19

Productividad multifactorial de Cotri Kola de 500 y 300 mL

	COTRI KOLA 500 mL		COTRI KOLA 300 mL	
VENTAS	S/.	17,712.00	S/.	16,110.00
COSTO MANO DE OBRA	S/.	1,259.52	S/.	1,843.70
COSTO MATERIA PRIMA	S/.	2,578.08	S/.	2,255.40
COSTO ENERGÍA ELÉCTRICA	S/.	885.60	S/.	1,306.70
COSTO FACTORES	S/.	4,723.20	S/.	5,405.80
PRODUCTIVIDAD MULTIFACTORIAL		3.75		2.98

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 19 registra la productividad de los factores de mano de obra, materia prima y energía eléctrica que genera la gaseosa Cotri Kola de 500 mL la cual nos da en promedio 3.75 esto indica que por cada S/. 1 invertido en mano de obra, materia prima y energía eléctrica la empresa obtiene S/. 3.75 soles producto de las ventas. La tabla 19 también calcula la productividad multifactorial de Cotri Kola de 300mL la cual nos da 2.98 en promedio esto indica que por cada S/.1 invertido en mano de obra, materia prima y energía eléctrica la empresa obtiene S/. 2.98 producto de las ventas.

4.2. APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES

4.2.1. Identificar

Para el inicio de la aplicación de la Teoría de Restricciones se realizara con el método de medición de la productividad estudio de tiempos.

Estudio de tiempos de Cotri Kola de 500 mL

Toma de tiempos preliminar

De acuerdo a Kanawaty (1996) como parte de la ejecución del estudio de tiempos es importante hacer un análisis inicial preliminar con el fin de tener datos más precisos. En la tabla 20 se aprecian los datos preliminares obtenidos durante los 25 días de muestra del proceso de embotellado.

Tabla 20*Registro de tiempos preliminar de Cotri Kola de 500 mL*

ITEM	ACTIVIDAD	N° DE DIAS OBSERVADOS (TIEMPO EN seg)																									PROMEDIO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1	SELECCIÓN BOTELLAS	2.47	3.49	2.83	2.74	2.91	3.24	2.85	2.94	3.59	2.55	3.45	2.52	2.86	3.02	3.32	2.46	3.26	3.12	3.31	3.29	3.36	2.92	3.64	3.32	2.94	3.06
2	ACOMODADO BOTELLAS	11.98	10.19	12.73	11.12	11.89	11.23	10.82	9.94	12.35	10.6	10.32	11.65	12.22	12.13	10.88	10.98	10.16	11.02	12.34	9.84	10.74	11.08	10.58	10.43	10.08	11.09
3	VERTIDO DE JARABE	33.52	36.77	36.42	35.18	39.73	39.44	35.53	32.86	37.43	35.19	36.11	34.06	35.75	34.53	34.31	39.48	36.66	38.41	34.8	35.87	37.38	35.53	36.78	38.57	34.43	36.19
4	EMBOTELLADO	52.98	51.96	55.06	52.34	49.57	51.84	48.33	52.79	53.75	49.91	51.72	52.46	51.74	49.08	50.51	51.85	54.06	48.13	55.34	48.72	50.51	55.78	56.77	44.72	49.71	51.59
5	CONTROL DE CALIDAD	5.11	4.53	6.17	5.12	5.98	5.84	4.89	5.83	5.83	5.85	4.74	4.83	5.32	4.85	4.82	5.93	6.09	4.86	5.34	5.15	5.67	4.67	4.51	4.69	6.18	5.31
6	ETIQUETADO	39.73	39.83	40.59	47.53	47.84	40.78	48.16	43.42	39.36	47.53	41.42	47.49	46.18	45.71	44.81	44.15	40.94	42.77	46.58	45.92	47.29	48.15	48.71	45.6	47.95	44.74
7	EMPAQUETADO	36.91	41.85	42.13	37.88	39.56	38.39	38.37	39.61	38.12	38.55	40.47	54.02	39.13	38.81	37.61	38.68	39.41	39.07	37.63	41.33	42.47	34.29	36.42	41.08	39.28	39.64
8	INSPECCIÓN EMPAQUES	3.03	3.53	4.33	2.94	4.11	3.72	3.12	3.19	3.53	2.88	4.25	3.03	3.63	3.25	3.25	3.63	3.08	3.96	3.61	2.93	3.32	3.34	4.06	3.37	3.17	3.45

Fuente: *Elaboración propia*

La tabla 20 muestra el registro de tiempos preliminar del cual se puede notar que la operación más lenta es el embotellado con un tiempo de 51.59 segundos por paquete de Cotri Kola de 500 mililitros, que está compuesto por 15 botellas. Seguidamente es necesario utilizar la fórmula que indica Kanawaty (1996) para determinar el número de observaciones que se van a realizar en el estudio de tiempos. En la tabla 21 se observa el número de observaciones que se van a realizar por cada una de las operaciones del proceso productivo de embotellado.

Tabla 21:

Cálculo del número de observaciones de Cotri Kola de 500 mL

ITEM	ACTIVIDAD	$\sum x$	$\sum x^2$	$n = \left(\frac{40(\sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2})^2}{\sum x} \right)$	
				RESULTADO	REDONDEO
1	SELECCIÓN BOTELLAS	76.40	236.42	20.16	21
2	ACOMODADO BOTELLAS	277.30	3093.14	9.01	10
3	VERTIDO DE JARABE	904.74	32827.87	4.19	5
4	EMBOTELLADO	1289.63	66709.18	4.41	5
5	CONTROL DE CALIDAD	132.80	713.15	17.49	18
6	ETIQUETADO	1118.44	50275.98	7.66	8
7	EMPAQUETADO	991.07	39587.05	12.15	13
8	INSPECCIÓN EMPAQUES	86.26	302.01	23.51	24

Fuente: Elaboración propia

La tabla 21 muestra el número de observaciones que cada operación necesita para determinar el tiempo promedio, donde se destaca que la Inspección de empaques requiere 24 observaciones para determinar su tiempo promedio. Posteriormente se procedió al registro de tiempos de acuerdo al número de observaciones obtenidas. En la tabla 22 se observa el registro de tiempos posterior al uso de la fórmula que planteó Kanawaty (1996) en las que el estudio de tiempos se basará.

Tabla 22*Promedio del tiempo observado total de Cotri Kola de 500 mL*

ÍTEM	ACTIVIDAD	N° DE OBSERVACIONES (TIEMPO EN seg)																								PROMEDIO	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		25
1	SELECCIÓN BOTELLAS	3.82	3.45	3.56	3.91	3.28	3.83	3.44	3.44	3.29	3.48	3.17	3.06	3.65	3.29	3.33	3.84	3.04	3.01	3.52	3.33	3.49					3.44
2	ACOMODADO BOTELLAS	11.85	11.48	12.03	12.78	10.62	11.04	12.18	10.84	11.76	11.84																11.64
3	VERTIDO DE JARABE	38.61	38.19	37.14	39.19	40.19																					38.66
4	EMBOTELLADO	53.29	54.45	52.67	55.37	57.09																					54.57
5	CONTROL DE CALIDAD	5.97	5.66	5.73	5.39	5.48	5.87	5.18	5.92	5.73	5.23	5.08	5.43	5.05	5.92	5.07	5.55	4.76	5.63								5.48
6	ETIQUETADO	47.12	44.13	49.76	47.43	46.11	45.59	46.35	47.74																		46.78
7	EMPAQUETADO	37.94	39.14	35.09	38.73	37.41	38.09	39.77	38.78	40.18	38.13	37.48	41.89	39.16													38.60
8	INSPECCIÓN EMPAQUES	4.13	4.18	3.92	4.07	3.18	3.71	4.06	3.79	3.46	3.69	3.85	4.07	3.86	3.93	3.53	3.67	3.21	3.75	3.74	2.91	3.31	3.88	3.93	3.67	3.73	

Fuente: *Elaboración propia*

La tabla 22 presenta el cálculo del promedio de los tiempos de cada actividad, el cual está expresado en segundos por paquete.

Después de las observaciones y del cálculo de tiempo promedio se procedió a aplicar el método de Westinghouse, lo cual calculará el tiempo base. Finalmente para el cálculo del tiempo estándar se tomará como porcentaje de suplementos 14% los cuales se justifican en el anexo 7. En la tabla 23 se calcula el tiempo estándar en segundos por botella de gaseosas producidas

Tabla 23

Cálculo del tiempo estándar de Cotri Kola de 500 mL

ITEM	ACTIVIDAD	TIEMPO PROMEDIO	MÉTODO WESTINGHOUSE				FACTOR DE VALORACION	TIEMPO NORMAL O BASE	TIEMPO SUPLENENTARIO	TIEMPO ESTÁNDAR POR PAQUETE	TIEMPO ESTÁNDAR POR BOTELLA
			H	E	CT	C					
1	SELECCIÓN BOTELLAS	3.44	-0.05	0.02	-0.03	0.00	0.94	3.23	0.45	3.69	0.2457
2	ACOMODADO BOTELLAS	11.64	0.03	0.00	-0.03	-0.02	1.01	11.76	1.65	13.40	0.8936
3	VERTIDO DE JARABE	38.66	0.03	-0.04	-0.03	-0.08	0.91	35.18	4.93	40.11	2.674
4	EMBOTELLADO	54.57	0.06	0.00	-0.03	0.00	1.06	57.85	8.10	65.95	4.3965
5	CONTROL DE CALIDAD	5.48	0.03	-0.04	-0.03	-0.02	0.97	5.32	0.74	6.06	0.404
6	ETIQUETADO	46.78	0.03	-0.08	-0.03	0.02	0.97	45.38	6.35	51.73	3.4485
7	EMPAQUETADO	38.60	0.03	0.00	-0.03	0.02	1.05	40.53	5.67	46.20	3.0802
8	INSPECCIÓN EMPAQUES	3.73	0.03	0.02	-0.03	0.01	1.06	3.95	0.55	4.51	0.3004
TOTAL										15.4429	

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se calculó el tiempo estándar en segundos por botella, el cual en el caso de Cotri kola de 500 ml se dividieron los tiempos entre 15. Por lo tanto en la tabla 24 se muestran los tiempos estándar en segundos por botella del producto Cotri kola de 500 ml, el cual está compuesto por 15 botellas, de donde se determinó que la operación más lenta es el embotellado con un tiempo de 4.3965 segundos por botella que significa que cada botella de 500 ml necesita 4.3965 segundos para ser embotellada. Con lo cual el diagrama de operaciones queda de la siguiente manera:

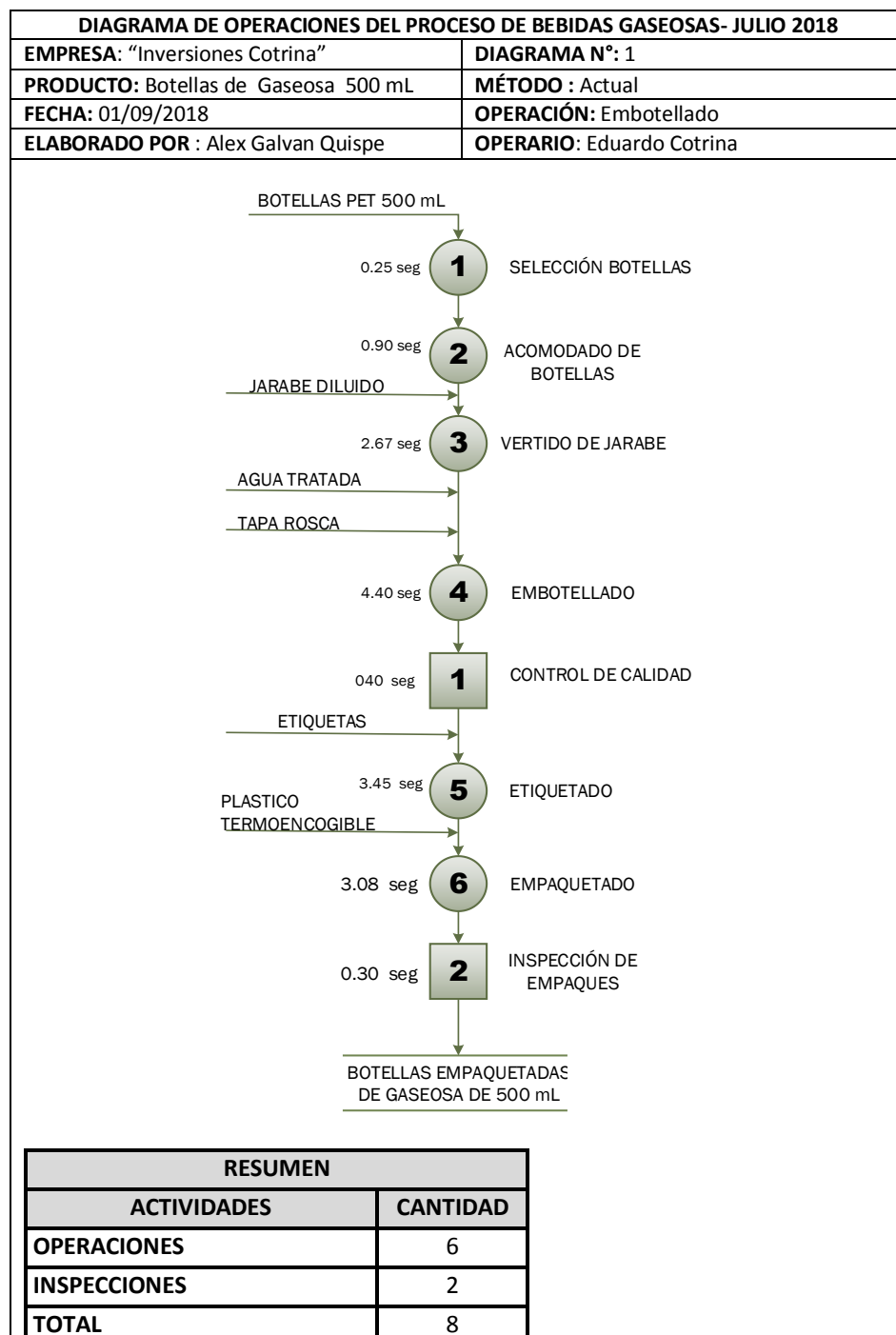


Figura 18: Diagrama de operaciones del proceso de Cotri Kola de 500 mL
Fuente: Elaboración propia

Cotri Kola de 300 mL

Así como previamente se realizó para Cotri Kola de 300 mL se elaboró una tabla de observaciones de tiempo preliminares.

Tabla 24*Registro de tiempos preliminar de Cotri Kola de 300 mL*

ITEM	ACTIVIDAD	N° DE OBSERVACIONES (TIEMPO EN seg)																								PROMEDIO	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		25
1	SELECCIÓN BOTELLAS	4.46	3.56	3.82	4.37	3.81	3.95	5.19	3.89	4.69	4.42	5.39	3.72	3.76	4.83	4.01	4.29	4.84	5.22	4.01	5.23	4.37	3.54	4.37	4.44	4.67	4.35
2	ACOMODADO BOTELLAS	19.31	18.35	18.75	18.18	16.92	17.65	18.98	15.54	15.65	17.31	19.55	19.21	15.63	17.33	18.49	16.49	19.33	18.73	17.84	15.38	18.84	15.13	18.21	17.41	16.36	17.62
3	VERTIDO DE JARABE	58.47	56.96	54.59	62.12	57.46	63.47	63.64	63.57	64.63	65.25	55.57	56.84	55.67	60.19	55.13	59.89	55.09	59.84	61.93	56.27	56.28	59.85	59.97	54.64	56.57	58.96
4	EMBOTELLADO	83.99	72.52	84.72	84.85	82.62	73.71	84.58	73.25	75.03	84.68	80.04	75.98	79.11	72.57	81.72	85.57	74.34	71.83	77.79	75.12	72.88	84.65	76.36	79.31	76.72	78.56
5	CONTROL DE CALIDAD	6.81	8.03	7.43	7.13	9.21	6.82	8.37	7.97	9.37	7.29	7.65	8.21	8.81	9.38	9.65	8.04	8.38	8.57	8.55	6.75	9.61	6.54	8.58	8.83	9.34	8.21
6	ETIQUETADO	75.83	80.33	63.28	67.43	72.53	68.53	79.99	63.69	70.87	69.84	68.56	79.56	78.45	75.19	76.11	80.01	65.93	64.35	72.37	78.72	79.59	75.27	76.63	76.07	69.53	73.15
7	EMPAQUETADO	49.28	58.79	51.67	52.52	53.06	53.52	52.58	60.13	49.67	55.17	51.71	53.22	52.31	61.11	53.68	54.76	55.77	52.96	51.21	55.98	55.53	52.79	55.18	52.72	59.59	54.20
8	INSPECCIÓN EMPAQUES	4.61	5.32	4.78	4.99	5.81	5.95	4.83	5.52	4.76	5.76	4.55	6.11	6.45	5.42	4.43	4.71	6.13	5.13	5.58	4.76	6.11	6.21	6.17	5.57	6.35	5.44

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 24 se manifiesta el registro de tiempos preliminares en segundos por paquete, del cual se puede notar que la operación más lenta es el embotellado con un tiempo de 78.56 segundos por paquete de Cotri Kola de 300 mililitros, el cual está compuesto por 24 botellas. Seguidamente se utilizó la fórmula de Kanawaty (1996) para determinar el número de observaciones necesarias.

Tabla 25

Cálculo del número de observaciones de Cotri Kola de 300 mL

ITEM	ACTIVIDAD	$\sum x$	$\sum x^2$	$n = \left(\frac{40(\sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2})}{\sum x} \right)^2$	
				RESULTADO	REDONDEO
1	SELECCIÓN BOTELLAS	108.85	481.1699	24.43	25
2	ACOMODADO BOTELLAS	440.57	7810.9217	9.65	10
3	VERTIDO DE JARABE	1473.89	87173.8837	5.15	6
4	EMBOTELLADO	1963.94	154838.0684	5.76	6
5	CONTROL DE CALIDAD	205.32	1708.3242	20.94	21
6	ETIQUETADO	1828.66	134514.0660	9.02	10
7	EMPAQUETADO	1354.91	73657.8905	4.94	5
8	INSPECCIÓN EMPAQUES	136.01	749.92	21.56	22

Fuente: Elaboración propia

Después de obtener el número de observaciones se registraron los tiempos de acuerdo al registro. En la tabla 25 se muestra el número de observaciones que requiere cada una de las operaciones, donde se destaca que la operación de selección de botellas requiere 25 observaciones para determinar su tiempo en promedio. En la tabla 26 se observa el registro de tiempos en segundos por paquete en las cuales el estudio se basará.

Tabla 26

Promedio del tiempo observado total de Cotri Kola de 300 mL

ÍTEM	ACTIVIDAD	N° DE OBSERVACIONES (TIEMPO EN seg)																							PROMEDIO		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		24	25
1	SELECCIÓN BOTELLAS	4.96	4.72	4.88	4.48	3.89	4.95	4.68	4.56	5.14	5.35	4.39	4.49	5.23	4.76	4.58	3.65	3.91	4.22	4.47	4.46	4.85	5.22	4.73	4.45	4.07	4.60
2	ACOMODADO BOTELLAS	17.17	18.45	16.17	19.17	17.62	18.06	17.68	17.06	18.24	16.26																17.59
3	VERTIDO DE JARABE	57.62	60.45	63.29	58.38	62.95	58.92																				60.27
4	EMBOTELLADO	86.33	83.67	84.04	83.01	83.37	81.94																				83.73
5	CONTROL DE CALIDAD	7.78	7.53	7.94	8.67	8.97	7.82	8.74	8.17	7.83	7.98	9.38	8.82	7.93	7.97	7.71	7.75	8.53	8.15	7.37	9.54	8.99					8.27
6	ETIQUETADO	66.53	71.83	73.28	69.55	71.87	75.37	72.44	76.55	74.70	75.73																72.79
7	EMPAQUETADO	57.11	57.44	64.78	59.81	60.37																					59.90
8	INSPECCIÓN EMPAQUES	6.12	6.08	5.78	4.71	5.16	5.36	6.29	6.23	6.42	5.15	6.30	5.58	6.28	6.15	5.22	6.05	5.26	5.99	5.34	5.63	6.07	6.12				5.79

Fuente: *Elaboración propia*

Después de las observaciones y del registro de tiempos se procedió nuevamente a aplicar el método de Westinghouse tal y como lo indican Niebel y Freivalds (2009) para calcular el tiempo base. Y finalmente se utilizó el tiempo base multiplicado por el porcentaje de suplementos el cual es de 14% y se registra en el anexo 7, con lo cual se hallaron los tiempos estándar de cada operación.

Tabla 27

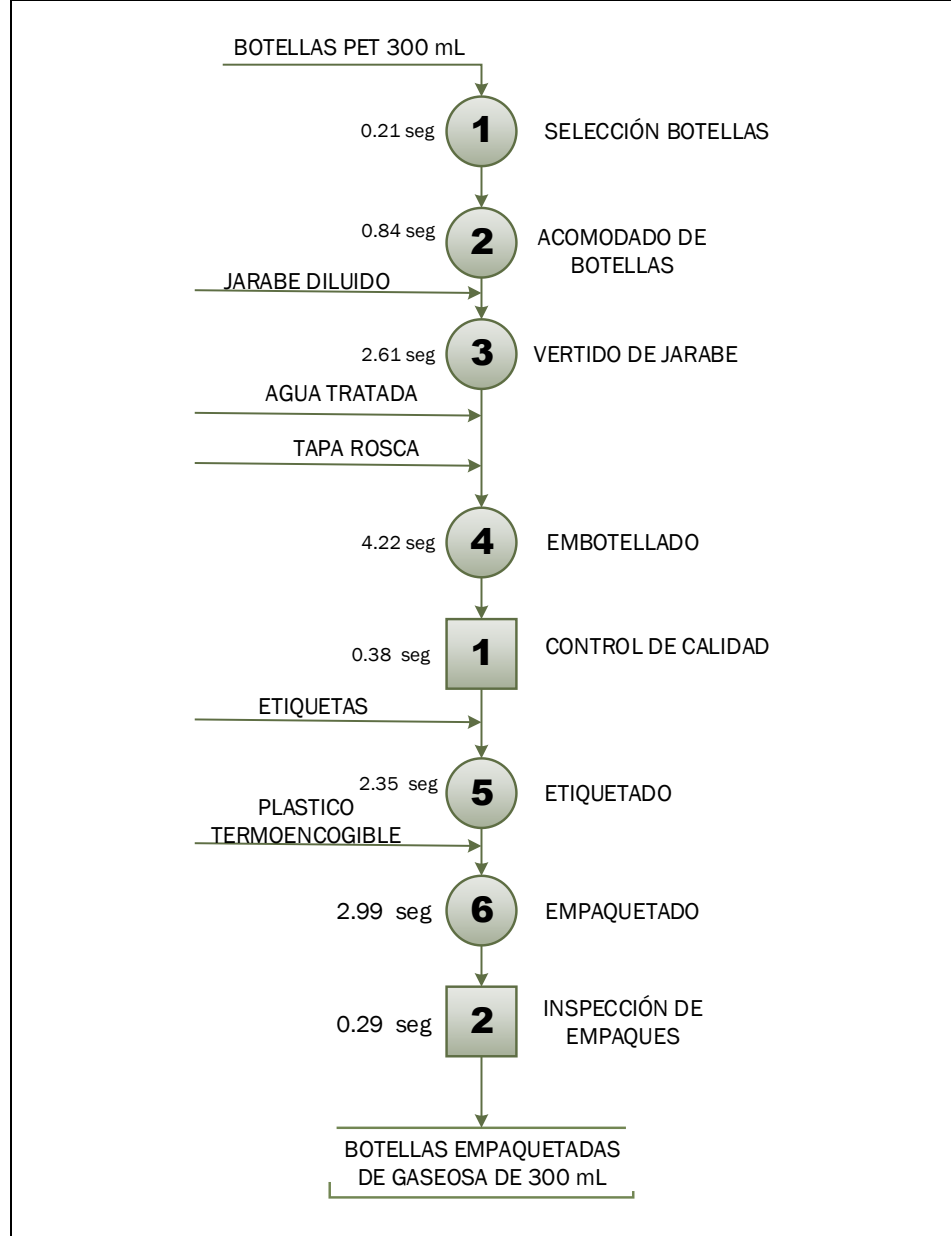
Cálculo del tiempo estándar de Cotri Kola de 300 mL

ITEM	ACTIVIDAD	TIEMPO PROMEDIO	MÉTODO WESTINGHOUSE				FACTOR DE VALORACIÓN	TIEMPO NORMAL O BASE	TIEMPO SUPLEMENTARIO	TIEMPO ESTÁNDAR	T. ESTÁNDAR POR BOTELLA
			H	E	CT	C					
1	SELECCIÓN BOTELLAS	4.60	-0.05	0.02	-0.03	0.00	0.94	4.33	0.61	4.93	0.2056
2	ACOMODADO BOTELLAS	17.59	0.03	0.00	-0.03	-0.02	1.01	17.76	2.49	20.25	0.8438
3	VERTIDO DE JARABE	60.27	0.03	-0.04	-0.03	-0.08	0.91	54.84	7.68	62.52	2.6051
4	EMBOTELLADO	83.73	0.06	0.00	-0.03	0.00	1.06	88.75	12.43	101.18	4.2156
5	CONTROL DE CALIDAD	8.27	0.03	-0.04	-0.03	-0.02	0.97	8.02	1.12	9.14	0.3808
6	ETIQUETADO	72.79	0.03	-0.08	-0.03	0.02	0.97	70.60	9.88	80.49	3.3536
7	EMPAQUETADO	59.90	0.03	0.00	-0.03	0.02	1.05	62.90	8.81	71.70	2.9876
8	INSPECCIÓN EMPAQUES	5.79	0.03	0.02	-0.03	0.01	1.06	6.13	0.86	6.99	0.2913
TOTAL										14.8834	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 27 se calculó el tiempo estándar en segundos por paquete, el cual después se dividió entre 24 para calcular el tiempo estándar en segundos por botella. Es importante destacar que la operación más lenta es la de embotellado con un tiempo estándar de 4.2156 segundos por botella lo cual hace que esta operación sea la restricción de este sistema productivo. Finalmente se observa que el tiempo estándar total es de 14.8834 segundos por botella.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE BEBIDAS GASEOSAS- JULIO 2018	
EMPRESA: "Inversiones Cotrina"	DIAGRAMA N°: 2
PRODUCTO: Botellas de Gaseosa 300 mL	MÉTODO : Actual
FECHA: 01/09/2018	OPERACIÓN: Embotellado
ELABORADO POR : Alex Galvan Quispe	OPERARIO: Eduardo Cotrina



RESUMEN	
ACTIVIDADES	CANTIDAD
OPERACIONES	6
INSPECCIONES	2
TOTAL	8

Figura 19: Diagrama de operaciones de Cotri Kola de 300mL
Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Explotar

Para explotar la restricción es necesario de acuerdo a Goldratt (2004) que la operación-restricción encontrada trabaje a la máxima velocidad posible.

Después de haber realizado el estudio de tiempos se encontró que existía una demora en el traslado de la botellas desde la operación de embotellado hasta la de control de calidad y esto se debe a que la mesa de trabajo (mesa N° 3) estaba ubicada muy lejos de la maquina embotelladora como se puede apreciar en la siguiente figura.

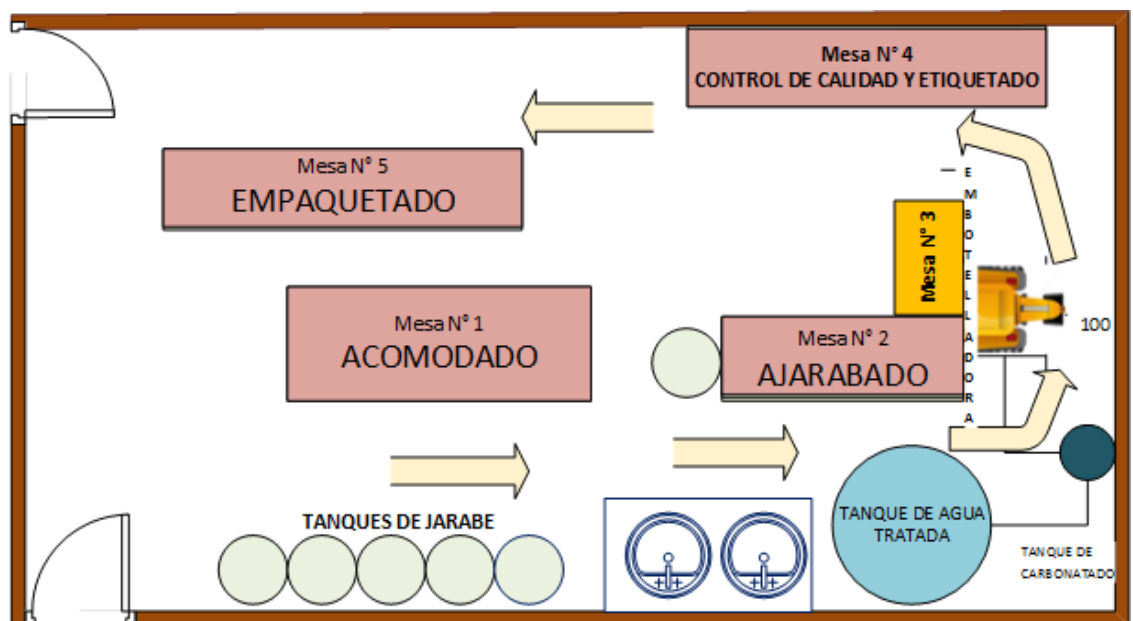


Figura 20: Distribución de las mesas de trabajo

Fuente: Elaboración Propia

Con la ubicación de la mesa N° 3 se identificó en el proceso de ambos productos que en la operación de embotellado existe una demora de 3.5 segundos por cada 24 botellas. Para eliminar ese tiempo desperdiciado se ha propuesto que la mesa N° 3 se ubique a continuación de la maquina embotelladora, tal y como se grafica en la siguiente figura.

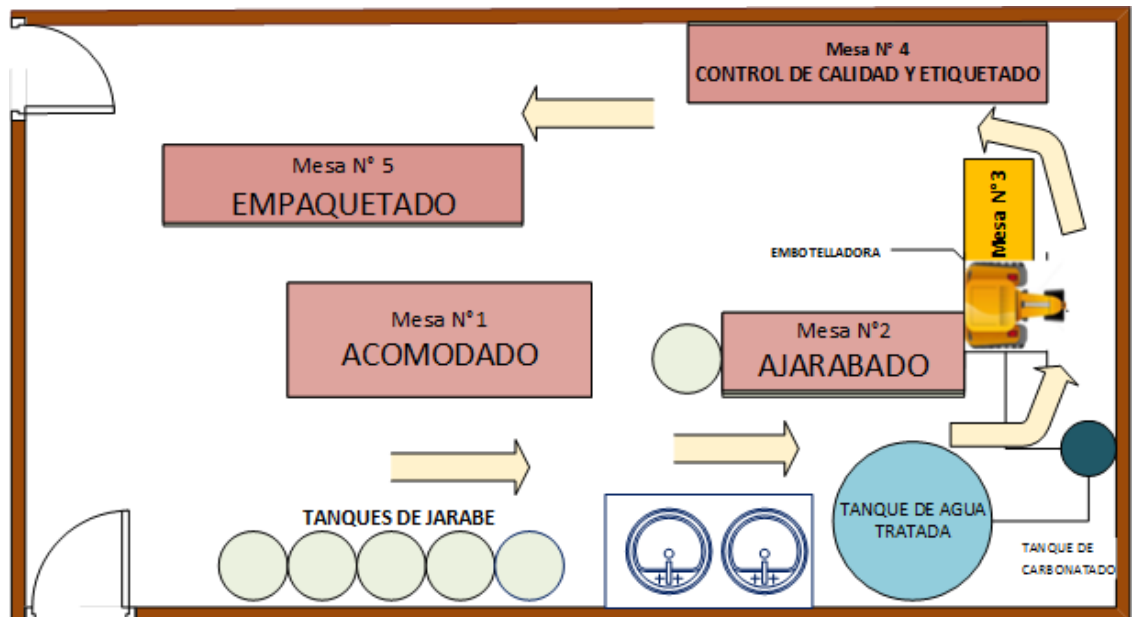


Figura 21: Distribución nueva de las Mesa N° 3
Fuente: Elaboración Propia

Con la nueva ubicación de la mesa N°3 se eliminarán los 3.5 segundos de tiempo desperdiciado por el transporte de 24 botellas de gaseosa. En la siguiente ecuación se calcula el nuevo tiempo del proceso de embotellado en ambos productos.

$$\text{Tiempo perdido por botella} = \frac{3.5 \text{ seg}}{24 \text{ bot}} = 0.1458 \text{ seg/bot}$$

Si se perdían 3.5 segundos por cada 24 botellas entonces por cada botella se perdía 0.1458 segundos por cada botella. Entonces para calcular el nuevo tiempo estándar se le resta el tiempo perdido por botella a l tiempo estándar de embotellado de cada producto, lo cual se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$\text{T.E. Embotellado 500ml} = 4.3965 - 0.1458 = 4.2507$$

$$\text{T.E. Embotellado 300ml} = 4.2156 - 0.1458 = 4.0698$$

Con las operaciones realizadas se observa que el tiempo estándar de la operación de embotellado se redujo para Cotri Kola de 500 mL y también para Cotri Kola de 300 mL. Con lo cual la nueva tabla de tiempos estándar quedaría de la siguiente manera:

Tabla 28

Tiempo estándar explotado de la operación de embotellado

	ACTIVIDAD	T. ESTANDAR DE COTRI KOLA DE 500 EN SEGUNDOS POR BOTELLA	T. ESTANDAR DE COTRI KOLA DE 300 EN SEGUNDOS POR BOTELLA
1	SELECCIÓN BOTELLAS ACOMODADO	0.2457	0.2056
2	BOTELLAS	0.8936	0.8438
3	VERTIDO DE JARABE	2.674	2.6051
4	EMBOTELLADO	4.2507	4.0698
5	CONTROL DE CALIDAD	0.404	0.3808
6	ETIQUETADO	3.4485	3.3536
7	EMPAQUETADO	3.0802	2.9876
8	INSPECCIÓN EMPAQUES	0.3004	0.2913
	TOTAL	15.2971	14.7376

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 28 muestra los tiempos estándar en segundos por botella de Cotri Kola de 500 y 300 mL. Se observa que la operación de embotellado se ha reducido, haciendo que trabaje más rápido. Con lo cual se ha explotado la restricción del sistema.

4.2.3. Subordinar

Después de identificar y explotar la restricción del sistema es fundamental iniciar con el proceso de subordinar, tarea que se ejecutará con la aplicación del balance de líneas de ensamble.

Para iniciar con el balance de líneas, en palabras de García (2005), es fundamental conocer cuál es la producción diaria esperada, la cual se obtiene de la demanda máxima, la cual fue registrada en Abril del 2018.

Tabla 29*Demanda requerida máxima registrada durante el 2018*

	Demanda máxima	Unid por paquete	Demanda máxima en botellas mensual	Porcentaje de participación	Demanda máxima en botellas diaria
Cotri Kola 500 mL	2980	15	44700	45.18%	
Cotri Kola 300 mL	2260	24	54240	54.82%	
	5240		98940		3958

Fuente: Elaboración propia

La tabla 29 registró la cantidad de 2980 paquetes de Cotri Kola de 500 mL, así como 2260 paquetes de Cotri Kola de 300 mL que la empresa tuvo como demanda requerida durante el mes de Abril del 2018. Esta por lo tanto esta es considerada como la producción esperada. Debido a que el tiempo estándar fue calculado en botellas, es importante calcular la cantidad de botellas que se deberán producir. En la tabla 29 también muestra la cantidad de botellas necesarias de producción esperada y el porcentaje de producción por cada tipo de producto.

Después de calculada la producción esperada diaria es importante comentar que de acuerdo a la política de la empresa los operarios trabajan 9 horas diarias, los cuales son 540 minutos al día y 32400 segundos al día

Posterior al cálculo la producción diaria esperada y el tiempo de trabajo diario en segundos es necesario iniciar con el proceso de ensamble de líneas.

Debido a que la línea de producción de Cotri Kola de 500 y 300 mL solo tienen diferencias menores (Las cuales son tamaño de botella y empaque) lo cual se evidencia en la figura 2 y sus operaciones productivas son las mismas, lo cual se muestra en las figuras 17 y 18, esta línea de producción es considerada una línea de ensamble de modelo mixto. Teniendo en cuenta a Durango, Orejuela y Ortiz (2014) una línea de ensamble de modelos mixtos describe a un grupo que está compuesta por un conjunto de productos que se diferencian

mutuamente solamente por características menores, sin embargo sus funciones principales son esencialmente iguales. Del mismo modo Suasnabar (2015) menciona que la empresa AJEPER S.A. en la ciudad de Huancayo, elabora sus múltiples productos en una sola línea de producción, por lo cual es considerado como una línea de producción de modelo mixto.

El balanceo de líneas de ensamble de modelo mixtos se resuelve de acuerdo a Scholl y Becker (citados por Durango, Orejuela y Ortiz, 2014) con la reducción a modelo único. Este método tiene como finalidad simplificar el problema de modelos mixtos y tratarlos como si fuera un modelo único de producción. Desde el punto de vista de Matanachi y Yano (como se cita en Durango, Orejuela y Ortiz, 2014) se propone una fórmula para calcular el tiempo estándar promedio en cada estación, la cual es:

$$Wa = \sum_{j=1}^J m_j d_{ja}$$

Donde:

- a = actividades u operaciones
- Wa = Tiempo promedio estándar de las actividades
- j = Modelo de producto
- m_j = Participación del tipo de producto en la demanda esperada
- d_{ja} = Tiempo estándar de la actividad a para el modelo j

Para calcular el tiempo estándar promedio de cada operación es importante tener en cuenta que existen dos modelos de producto (j) los cuales son Cotri Kola de 500 y 300 mL, el porcentaje de participación de la producción esperada del producto 1 (Cotri Kola de 500 mL) es de 45.18% y del producto 2 (Cotri Kola de 300 mL) es de 54.82% y el tiempo estándar de cada actividad u operación por cada tipo de producto (d_{ja}) se obtuvo de la tabla 28.

Tabla 30*Tiempo estándar en promedio de las actividades*

	ACTIVIDAD	T. ESTANDAR DE COTRI KOLA DE 500 (seg/bot)	T. ESTANDAR DE COTRI KOLA DE 300 (seg/bot)	T. ESTANDAR DE ACUERDO A LA FORMULA (seg/bot)
1	SELECCIÓN BOTELLAS	0.2457	0.2056	0.2237
2	ACOMODADO BOTELLAS	0.8936	0.8438	0.8663
3	VERTIDO DE JARABE	2.6740	2.6051	2.6362
4	EMBOTELLADO	4.2507	4.0698	4.1515
5	CONTROL DE CALIDAD	0.4040	0.3808	0.3913
6	ETIQUETADO	3.4485	3.3536	3.3965
7	EMPAQUETADO	3.0802	2.9876	3.0294
8	INSPECCIÓN EMPAQUES	0.3004	0.2913	0.2954
	TOTAL	15.2971	14.7376	14.9903

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 29 se calculó el tiempo estándar de la línea de modelo mixto. Una vez determinada el tiempo estándar del modelo mixto el cual se registra en segundos por botella, este pasa a ser un problema de modelo de línea simple el cual se resolverá con el método heurístico utilizando como base el diagrama de operaciones. En la tabla 30 se muestra el cuadro de actividades y de precedencias del proceso de embotellado, de acuerdo al diagrama de operaciones planteado en las figuras 18 y 19.

Tabla 31:

Cuadro de actividades de la línea de producción

TAREA	ACTIVIDAD	TIEMPO ESTANDAR PROMEDIO	TAREA PREDECESORA
A	SELECCIÓN BOTELLAS	0.2237	-
B	ACOMODADO BOTELLAS	0.8663	A
C	VERTIDO DE JARABE	2.6362	B
D	EMBOTELLADO	4.1515	C
E	CONTROL DE CALIDAD	0.3913	D
F	ETIQUETADO	3.3965	E
G	EMPAQUETADO	3.0294	F
H	INSPECCIÓN EMPAQUES	0.2954	G
TIEMPO TOTAL		14.9903	

Fuente: Elaboración propia

Una vez propuesta el cuadro de actividades y precedencias, se procedió a realizar el cálculo del tiempo de ciclo utilizando la fórmula propuesta por Chase, Jacobs & Aquilano (2009), el cual es:

$$C = \frac{32400 \text{ seg/día}}{3958 \text{ bot/día}} = 8.1860 \text{ seg/bot}$$

La ecuación anterior indica que el tiempo de ciclo o tiempo máximo de una estación de trabajo es de 8.1860 segundos por botella, después de determinar el tiempo de ciclo es necesario, de acuerdo a Chase, Jacobs y Aquilano (2009), realizar el cálculo del número mínimo de estaciones de trabajo para lo cual utilizó la fórmula:

$$k = \frac{14.9903 \text{ seg/bot}}{8.1860 \text{ seg/bot}} = 1.83 \cong 2$$

Con la ecuación se determinó que el número teórico mínimo de estaciones de trabajo que requiere el proceso es de 1.85 aproximadamente 2 estaciones de trabajo, lo cual significa que el proceso necesitará 2 o más estaciones de trabajo.

Posteriormente se elaboró el diagrama de precedencia, citando a Chase, Jacobs & Aquilano (2009) el diagrama de precedencia es fundamental para la ejecución del balance de líneas. En la figura 21 se expone el diagrama de precedencia del proceso.

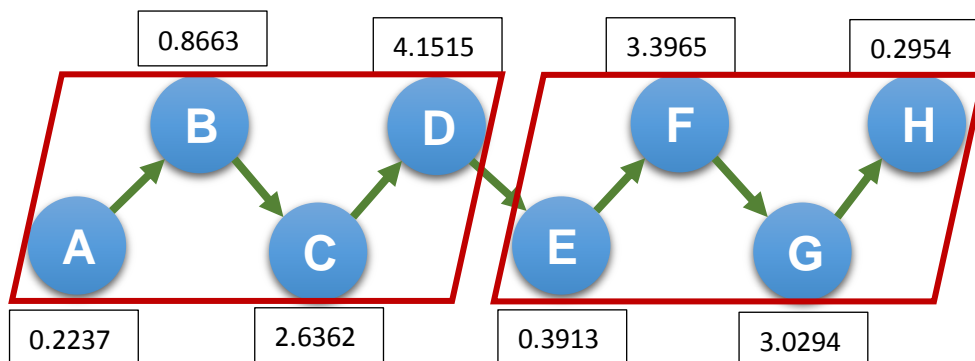


Figura 22: Diagrama De Precedencia
Fuente: Elaboración propia

Después de graficado el diagrama de precedencia se procedió a realizar la distribución de actividades de acuerdo al número de estaciones de trabajo y el tiempo de ciclo, lo cual se representa en la figura 22. Seguidamente se determinó que el tiempo estándar de la Estación I es de 7.8777 segundos por botella, mientras que el tiempo estándar de la Estación II es de 7.1126 segundos por botella. Finalmente, es necesario determinar el número de operadores que cada estación de trabajo necesitará. García (2005) propone la utilización de la fórmula:

$$IP = \frac{3958 \text{ bot}}{32400 \text{ seg}} = 0.1222 \text{ bot/seg}$$

$$N_{op1} = \frac{7.8777 \text{ seg/bot} \times 0.1222 \text{ bot/seg}}{0.86} = 1.119 \cong 2 \text{ operadores}$$

$$N_{op2} = \frac{7.1126 \text{ seg/bot} \times 0.1222 \text{ bot/seg}}{0.86} = 1.010 \cong 2 \text{ operadores}$$

Con las ecuaciones se calculó que para una eficiencia planeada, que es el porcentaje con el que el investigador planea que la línea trabaje. (García, 2005), es de 86 % en la línea, es necesario que se trabaje la Estación I con 2 operadores y en la Estación II también con 2

operadores. Seguidamente se calculó la eficiencia de cada estación de trabajo el cual se muestra en la tabla 32.

Tabla 32

Número de Estaciones de Trabajo

ESTACIONES	ACTIVIDADES	TIEMPO	TIEMPO DE LA ESTACIÓN	N° DE OPERADORES POR ESTACIÓN	TIEMPO DE CICLO	EFICIENCIA DE LA ESTACIÓN
I	A	0.2237	7.8777	2	8.1860	96.23%
	B	0.8663				
	C	2.6362				
	D	4.1515				
II	E	0.3913	7.1126	2	8.1860	86.89%
	F	3.3965				
	G	3.0294				
	H	0.2954				

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Elevar

Una vez balanceada la línea de ensamble de acuerdo a Chase, Jacobs & Aquilano (2009) es necesario calcular a eficiencia real de toda la línea, lo cual se realiza con la fórmula:

$$Eficiencia\ real = \frac{14.9903^{seg/bot}}{2 \times 8.1860^{seg/bot}} \times 100\% = 91.56\%$$

De acuerdo a la formula el balance realizado tiene un 91.56% de eficiencia, lo que indica que existe un 7.41 % que aún puede ser aprovechada.

Después de distribuida las estaciones de trabajo y detectada la restricción (Estación I) se procederá a hallar la capacidad de la misma utilizando la fórmula de Chase, Jacobs & Aquilano (2009), el cual se muestra en la tabla 33.

Tabla 33*Capacidad de producción de la estación*

ESTACIONES	ACTIVIDADES	TIEMPO	TIEMPO DE LA ESTACIÓN	TIEMPO DE CICLO	CAPACIDAD DE LA ESTACIÓN		
					SEG	MIN	HOR
I	A	0.1675	7.8777	8.1860	0.1222	7.33	439.78
	B	0.7192					
	C	2.1392					
	D	2.8188					
II	E	0.3160	7.1126	8.1860	0.1222	7.33	439.78
	F	2.6915					
	G	2.0765					
	H	0.2232					

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 33 se aprecia que después de balanceada la línea de producción y encontrando que la estación de restricción es la estación I (Selección de botellas, Acomodado de botellas, Vertido de jarabe y embotellado), se determinó que su capacidad es de 439.78 botellas cada hora con lo cual se subordina la capacidad de producción de las estaciones a esa estación. Para elevar la restricción del sistema es necesario saber si la realizada es capaz de cubrir la demanda requerida y esto se puede conocer comparando de la demanda requerida del mes de Julio (antes) y la producción realizada en Setiembre (después) lo cual se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 34*Capacidad de producción del área*

PRODUCTOS	Demanda requerida en el mes de Julio 2018		Producción esperada en paquetes	
	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
Cotri Kola 500 mL	2814	2980		
Cotri Kola 300 mL	2220	2260		
TOTAL	5034	5240		

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 34 la demanda requerida promediada del mes de Julio del 2018 podría ser cubierta con la producción esperada posterior a la aplicación de la Teoría de Restricciones

4.3. RESULTADO FINAL

Tabla 35

Producción diaria de paquetes en el mes de Septiembre

Día	Fecha	Cotri kola 500 mL	Cotri kola 300 mL	TOTAL DIARÍO
1	01-sep	121	94	215
2	03-sep	116	88	204
3	04-sep	118	90	208
4	05-sep	118	90	208
5	06-sep	119	90	209
6	07-sep	119	90	209
7	08-sep	120	91	211
8	10-sep	119	90	209
9	11-sep	116	88	204
10	12-sep	122	93	215
11	13-sep	121	92	213
12	14-sep	120	90	210
13	15-sep	116	88	204
14	17-sep	119	90	209
15	18-sep	122	92	214
16	19-sep	121	92	213
17	20-sep	118	89	207
18	21-sep	119	90	209
19	22-sep	121	92	213
20	24-sep	118	89	207
21	25-sep	120	90	210
22	26-sep	122	92	214
23	27-sep	118	89	207
24	28-sep	118	89	207
25	29-sep	119	92	211
TOTAL		2980	2260	5240

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 35 se registra la producción diaria del mes de Septiembre de 2018 (posterior a la aplicación de la Teoría de Restricciones.)

Como la producción después del balance de líneas cubre la demanda requerida promedio es necesario determinar cuánto variará la productividad de cada uno de los factores.

4.3.1. Productividad del factor mano de obra

Tabla 36

Productividad por operario

	ANTES	DESPUES
PRODUCCIÓN	3758	5240
N° DE OPERARIOS	3	4
N° DE PAQUETES/OPERARIO AL MES	1253	1310

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 36 se observa el incremento de la cantidad de paquetes producidos por operario antes de la aplicación de la teoría de restricciones era de 1253 paquetes por trabajador al mes, posteriormente es de 1310 paquetes por trabajador al mes.

Horas hombre después de la aplicación

Tabla 37

Cantidad de horas-Hombre trabajadas antes y después

	ANTES	DESPUES
Días trabajados/mes	25	25
N° trabajadores	3	4
N° horas trabajadas al día	9	9
N° h-H	675	900

Fuente: elaboración propia

En la tabla 37 se aprecia que la cantidad de horas-Hombre trabajadas se incrementó después de la aplicación de la Teoría de Restricciones pasando de 675 a 900 horas-Hombre por mes.

Número de paquetes por hora-Hombre

Tabla 38

Número de paquetes por h-H antes y después

PRODUCTOS	N° DE PAQUETES /MES	Botellas/ Mes	Porcentaje de producción	h-H asignadas por mes	Botellas /h-H al mes	Paquetes /h-H al mes	
						ANTES	DESPUES
Cotri kola 500 mL	2980	44700.0	45.18%	406.6	109.9	7.16	7.33
Cotri Kola 300 mL	2260	54240.0	54.82%	493.4	109.9	4.47	4.58
TOTAL	5240	98940	100.00%	900.0			

Fuente: elaboración propia

En la tabla 38 se observa que después del estudio la cantidad de paquetes producidos por hora-Hombre se ha incrementado, en el caso de Cotri Kola de 500 mL se incrementó de 7.16 paquetes por hora-hombre a 7.33 paquetes por hora hombre. En el caso de Cotri Kola de 300 mL se aumentó de 4.47 paquetes por hora-hombre a 4.58 paquetes por hora hombre.

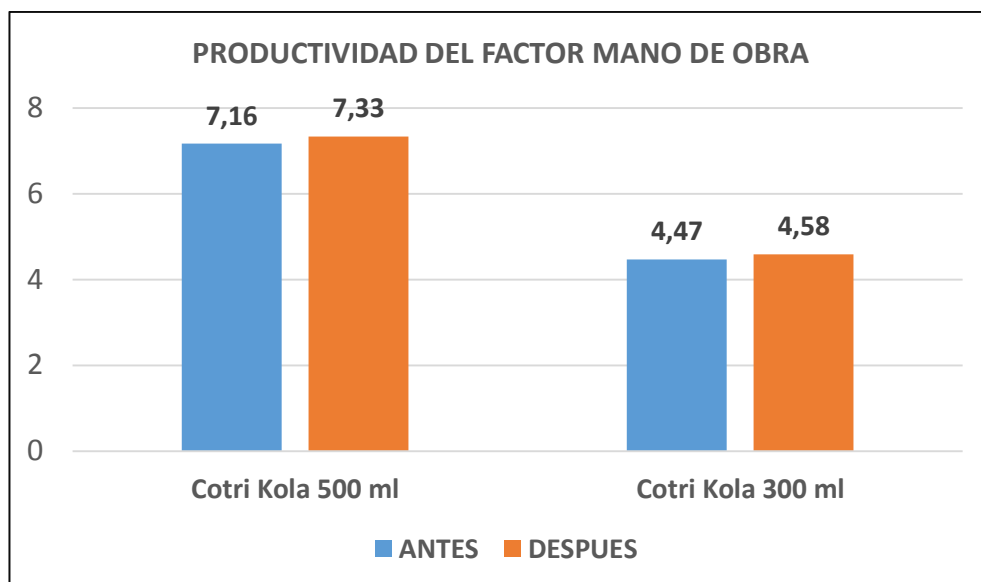


Figura 23: Productividad del factor mano de obra antes y después

Fuente: Elaboración propia mediante el software Microsoft Excel 2013

Costo de la mano de obra

Tabla 39

Costo de mano de obra por paquete

PRODUCTOS	N° DE botellas /mes	Porcentaje de Producción	S/.de mano de obra / Producto al mes	botellas/ sol	paquete s/sol	Costo de Mano de obra por paquete	
						ANTES	DESPUES
Cotri Kola 500 mL	44700	45.18%	S/. 1,829.75	24.43	1.629	S/. 0.64	S/. 0.61
Cotri Kola 300 mL	54240	54.82%	S/. 2,220.25	24.43	1.018	S/. 1.03	S/. 0.98
TOTAL	98940	100.00%	S/. 4,050.00				

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 39 se aprecia el costo de mano de obra por hora- hombre utilizada para elaborar un paquete. En el caso de Cotri Kola de 500 mL el costo de cada paquete por h-H se redujo de S/. 0.64 soles por paquete a S/. 0.61 soles por paquete y en el caso de Cotri Kola de 300 mL el costo de cada paquete por h-H se redujo de S/. 1.03 soles por paquete a S/. 0.98 soles por paquete.

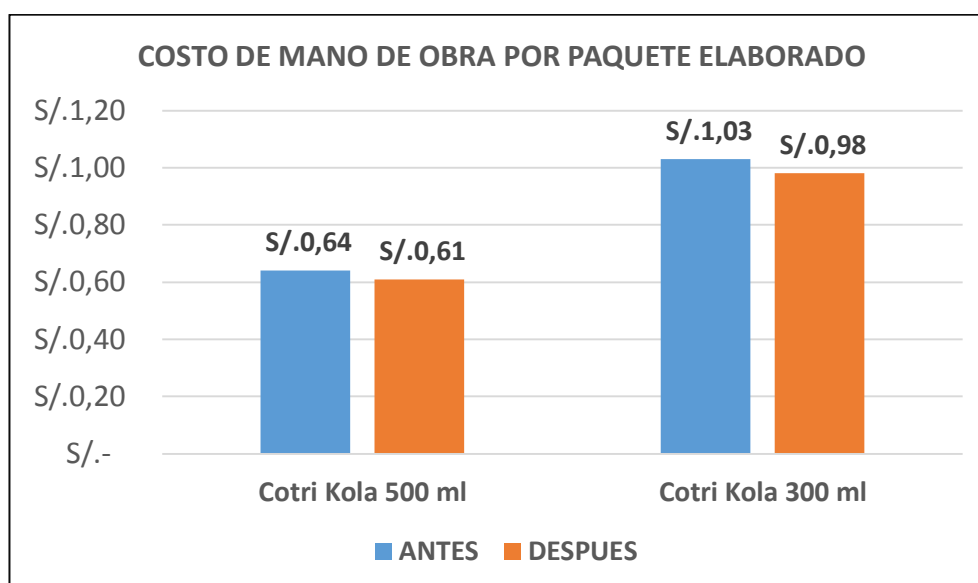


Figura 24: Costo de mano de obra por paquete elaborado antes y después

Fuente: Elaboración propia mediante el software Microsoft Excel 2013

4.3.2. Productividad del factor materia prima

Tabla 40

Cantidad de agua tratada asignada a la producción

	PROMEDIO	
	ANTES	DESPUES
DIAS TRABAJADOS X MES	25	25
ASIGNACIÓN DIARÍA DE AGUA TRATADA Lt	1400	1700
ASIGNACIÓN MENSUAL DE AGUA Lt	35000	42500

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 40 se expone la asignación mensual de agua tratada que la empresa se dispone a asignar al proceso después de la aplicación de la Teoría de Restricciones. Se observa que hubo un incremento en la asignación de agua tratada diariamente que pasó de 1400 a 1700 litros.

Litros utilizados y mermas al mes

Tabla 41

Eficiencia de la Materia prima antes y despues

PRODUCTOS	PRODUCCIÓN		Porcent aje de utilizaci ón	Lt utilizados /mes	MERMAS (Lt)	Eficiencia de la materia prima	
	paquete s/mes	Lt/mes				ANTES	DESPUES
Cotri Kola 500 mL	2980	22350	57.87%	24594.14	2244.14		
Cotri Kola 300 mL	2260	16272	42.13%	17905.86	1633.86		
TOTAL	5240	38622		42500	3878.0	78.99%	90.88%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 41 se contempla la eficiencia de la utilización del agua tratada lo cual antes era de 78.99% y después es de 90.88 %, con lo cual se observa que es la eficiencia de la utilización de agua se incrementó.

Cantidad de paquetes por litro de agua tratada

Tabla 42

Número de paquetes por litro de agua tratada antes y después

PRODUCTOS	PAQUETES /Mes	Lt utilizados /mes	Paquetes / Lt utilizado al mes	
			ANTES	DESPUES
Cotri Kola 500 mL	2980	24594.14	0.105	0.121
Cotri Kola 300 mL	2260	17905.86	0.110	0.126
TOTAL	5240	42500		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 42 se evidencia la cantidad de paquetes elaborados por litro de agua tratada después de la aplicación de la Teoría de restricciones, de donde destaca en Cotri Kola de 500 mL que antes se fabricaban 0.105 posteriormente se fabricarán 0.133 paquetes por cada litro de agua tratada, mientras que en Cotri Kola de 300 mL que antes se fabricaban 0.110 después se fabricarán 0.139 paquetes por cada litro de agua tratada utilizada.

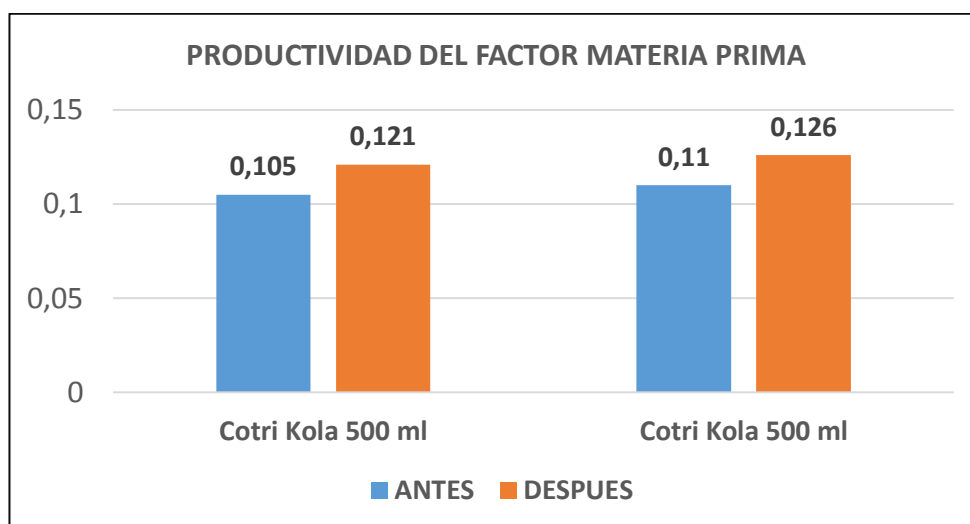


Figura 25: Productividad del factor materia prima antes y después

Fuente: Elaboración propia mediante el software Microsoft Excel 2013

Costo de agua tratada por paquete fabricado

Si el costo de cada litro de agua tratada es de S/. 0.1383 soles entonces el costo de materia prima por cada paquete será:

Tabla 43

Costo de Agua tratada por paquete fabricado

	Paquetes	Litros	Porcentaje de utilización	Costo de Materia Prima	S/ paquete	
					ANTES	DESPUES
Cotri Kola 500 mL	2980	24594.14	57.87%	S/. 3,401.37	S/. 1.31	S/. 1.14
Cotri Kola 300 mL	2260	17905.86	42.13%	S/. 2,476.38	S/. 1.26	S/. 1.10
TOTAL	5240	42500	100.00%	S/. 5,877.75		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 42 se muestra el costo de materia prima por cada paquete fabricado en la empresa embotelladora. Se observa que en el caso de Cotri Kola de 500 mL el costo se redujo de S/ 1.31 soles de materia prima por paquete a S/ 1.14 soles de materia prima por paquete. Mientras que en el caso de Cotri Kola de 300 mL el costo se redujo de S/ 1.26 soles de materia prima por paquete a S/ 1.10 soles de materia prima por paquete

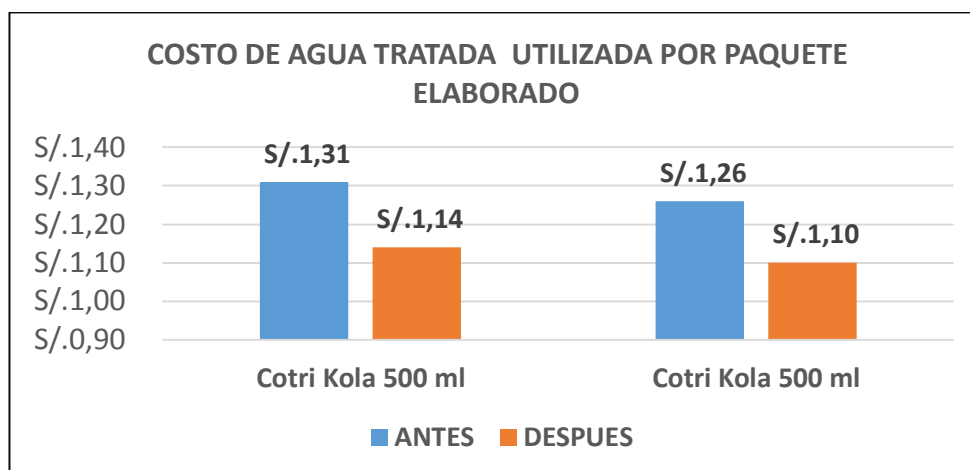


Figura 26: Costo de agua tratada por paquete elaborado antes y después

Fuente: Elaboración propia mediante el software Microsoft Excel 2013

4.3.3. Productividad del factor energía eléctrica

Consumo y costo de energía eléctrica

Tabla 44

Consumo en kWh y pago de eléctrica antes y después

	ANTES	AHORA
CONSUMO (kWh)	1305	1494
PAGO (S/.)	S/. 2,194.80	S/. 2,532.20

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 44 se registra el consumo de la energía eléctrica en Kilowatts-hora, así como el pago en soles por el servicio.

Cantidad de paquetes fabricados por energía eléctrica

Tabla 45

Número de paquetes por kilowatt-hora antes y después

PRODUCTOS	Paquetes /mes	Bot/mes	Porcentaje de producción	Energía eléctrica asignada	Paquetes/ kWh	
					ANTES	DESPUES
Cotri Kola 500 mL	2980	44700	45.18%	605.85	3.70	4.41
Cotri Kola 300 mL	2260	54240	54.82%	735.15	2.31	2.76

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 45 se percibe la cantidad de paquetes elaborados por Kilowatt-hora consumida, de donde se observa que en Cotri Kola de 500 mL se incrementó la productividad de 3.70 a 4.41 paquetes elaborados por cada Kilowatt-hora consumida, mientras que en el caso de Cotri Kola de 300 mL la productividad aumentó de 2.31 a 2.76 paquetes elaborados por cada Kilowatt-hora consumida en la empresa embotelladora.

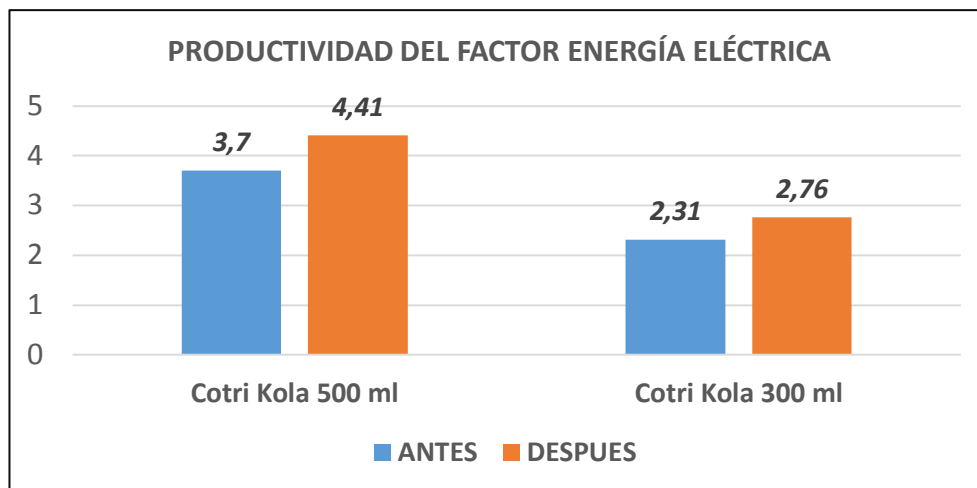


Figura 27: Productividad del factor energía eléctrica antes y después
Fuente: Elaboración propia mediante el software Microsoft Excel 2013

Costo de la energía eléctrica por paquete

Tabla 46

Costo de la energía eléctrica por paquete antes y después

PRODUCTO	Costo (S/.)	paquetes/me s	paquetes/ sol	soles/paquete	
				ANTES	DESPUES
Cotri Kola 500 mL	S/.1,026.87	2980	2.90	S/ 0.45	S/ 0.38
Cotri Kola 300 mL	S/.1,246.03	2260	1.81	S/ 0.73	S/ 0.61
TOTAL	S/.2,272.90				

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 46 se observa el costo de la energía eléctrica consumida por cada paquete elaborado. En el caso de Cotri Kola de 500 mL el costo de la energía eléctrica se redujo de S/ 0.45 a S/ 0.38 soles de energía eléctrica por cada paquete fabricado, Por otra parte en el caso de Cotri Kola de 300 mL el costo de la energía eléctrica se redujo de S/ 0.73 a S/ 0.61 soles por cada paquete fabricado.

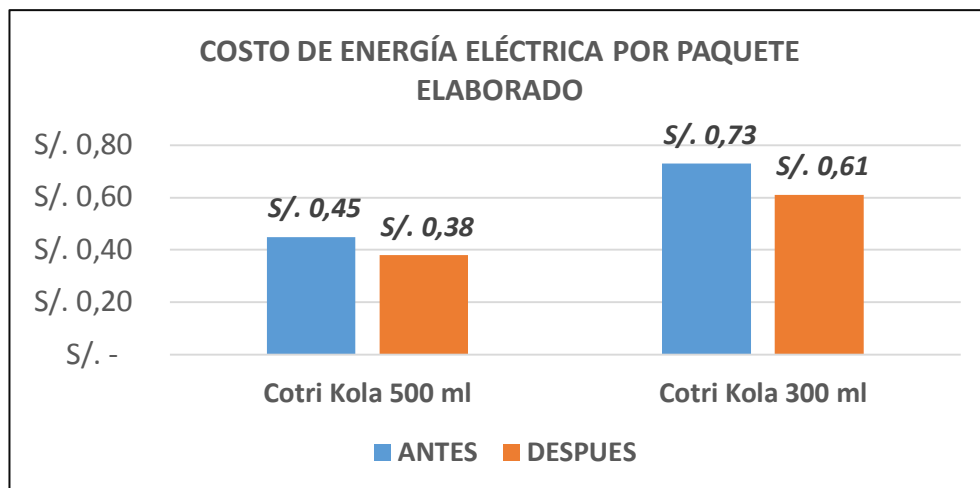


Figura 28: Costo de energía eléctrica por paquete elaborado antes y después
Fuente: Elaboración propia mediante el software Microsoft Excel 2013

4.3.4. Productividad multifactorial

Para determinar la productividad multifactorial se debe tener en cuenta el precio de venta de los productos. El precio de venta por cada uno de los paquetes, tanto como para Cotri Kola de 500 y 300 mL, es de S/. 9.00 soles

También es necesario recordar que el costo por paquete de cada uno de los factores. Para Cotri Kola de 500 mL la mano de obra tiene un costo por paquete de S/. 0.61 lo cual se destaca de la tabla 10, en el caso de la materia prima el costo por paquete es de S/. 1.14 lo cual se rescata de la tabla 15 y en energía eléctrica el costo por paquete es de S/. 0.38.

Para Cotri Kola de 300 mL. El costo de la mano de obra el costo por paquete es de S/. 0.98 lo cual se destaca de la tabla 10, en el caso de la materia prima el costo por paquete es de S/. 1.10 lo cual se rescata de la tabla 15 y en energía eléctrica el costo por paquete es de S/. 0.61

Tabla 47

Productividad multifactorial antes y después

	ANTES		DESPUES	
	COTRI KOLA 500 ml	COTRI KOLA 300 ml	COTRI KOLA 500 ml	COTRI KOLA 300 ml
VENTAS	S/. 17,712.00	S/. 16,110.00	S/. 26,820.00	S/. 20,340.00
COSTO MANO DE OBRA	S/. 1,259.52	S/. 1,843.70	S/. 1,817.80	S/. 2,214.80
COSTO MATERIA PRIMA	S/. 2,578.08	S/. 2,255.40	S/. 3,397.20	S/. 2,486.00
COSTO ENERGÍA ELÉCTRICA	S/. 885.60	S/. 1,306.70	S/. 1,132.40	S/. 1,378.60
COSTO FACTORES	S/. 4,723.20	S/. 5,405.80	S/. 6,347.40	S/. 6,079.40
PRODUCTIVIDAD MULTIFACTORIAL	3.75	2.98	4.23	3.35
	3.365		3.790	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 47 se calculó la productividad multifactorial de mano de obra, materia prima y de energía eléctrica de la gaseosa Cotri Kola de 500mL la cual evidencia la existencia de un incremento de 3.75 a 4.23 esto indica que la productividad multifactorial aumentó en 0.48. Así también se determinó la productividad multifactorial de mano de obra, materia prima y de energía eléctrica de la gaseosa Cotri Kola de 300mL la cual evidencia la existencia de un incremento De 2.98 a 3.42 esto indica que la productividad multifactorial aumentó en 0.44.

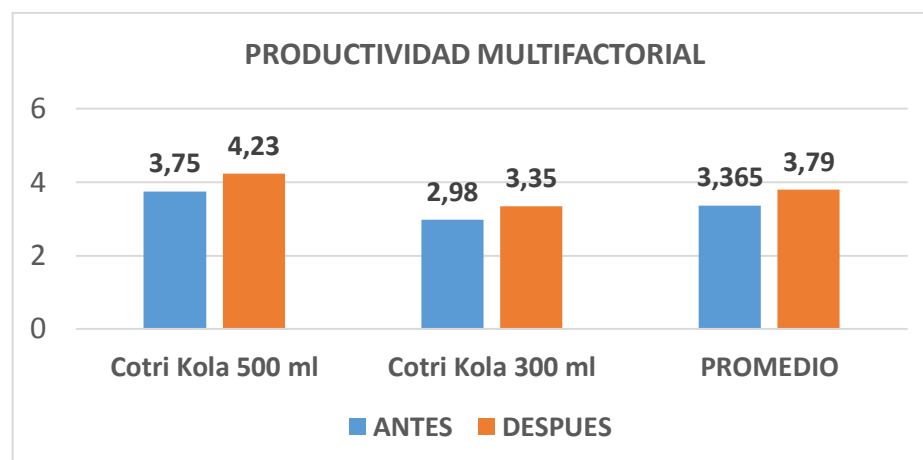


Figura 29: Productividad multifactorial antes y después

Fuente: Elaboración propia mediante el software Microsoft Excel 2013

4.4. PRUEBAS DE HIPÓTESIS

PRUEBA DE NORMALIDAD

Para la prueba de normalidad es necesario la utilización del software SPSS tomando los datos de la productividad de Julio y de Setiembre. Para la prueba de normalidad se utiliza el estadístico de SHAPIRO WILK ya que los datos de la muestra son la cantidad de paquetes producidos durante 25 días laborables de producción.

Las hipótesis son:

- Ho: los datos analizados siguen una distribución normal
- Ha: los datos analizados no siguen una distribución normal

Los supuestos de esta prueba son:

- p valor > 0.05 , los datos tienen un comportamiento paramétrico
- p valor ≤ 0.05 , los datos tienen un comportamiento no paramétrico

Tabla 48

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig. (P value)
Producción antes	,196	25	,015	,941	25	,153
Producción después	,132	25	,200*	,944	25	,180

Fuente: Elaboración propia mediante el software SPSS

La producción antes tiene una significancia de 0.153 y como es mayor a 0.05 nos indica que la muestra tiene datos paramétricos.

La producción después tiene una significancia de 0.148 y como es mayor a 0.05 indica que los datos son Paramétricos.

HIPÓTESIS GENERAL

Como los datos son datos Paramétricos se utilizara la prueba de medias del estadístico t-student para muestras relacionadas. Las hipótesis serán:

- H_0 : La aplicación de la teoría de restricciones no incrementa la productividad multifactorial de la empresa embotelladora de Gaseosas Inversiones Cotrina.

$$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

- H_a : La aplicación de la teoría de restricciones incrementa la productividad multifactorial de la empresa embotelladora de Gaseosas Inversiones Cotrina.

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Tabla 49

Prueba de medias relacionadas de la productividad multifactorial

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Productividad multifactorial antes	3,365	25	,0629	,562
Productividad multifactorial después	3,790	25	,0600	,663

Fuente: Elaboración propia mediante el software SPSS

En La tabla 49 se observa que la media de la productividad antes (3,365) tiene un valor menor que la productividad después (3.790).

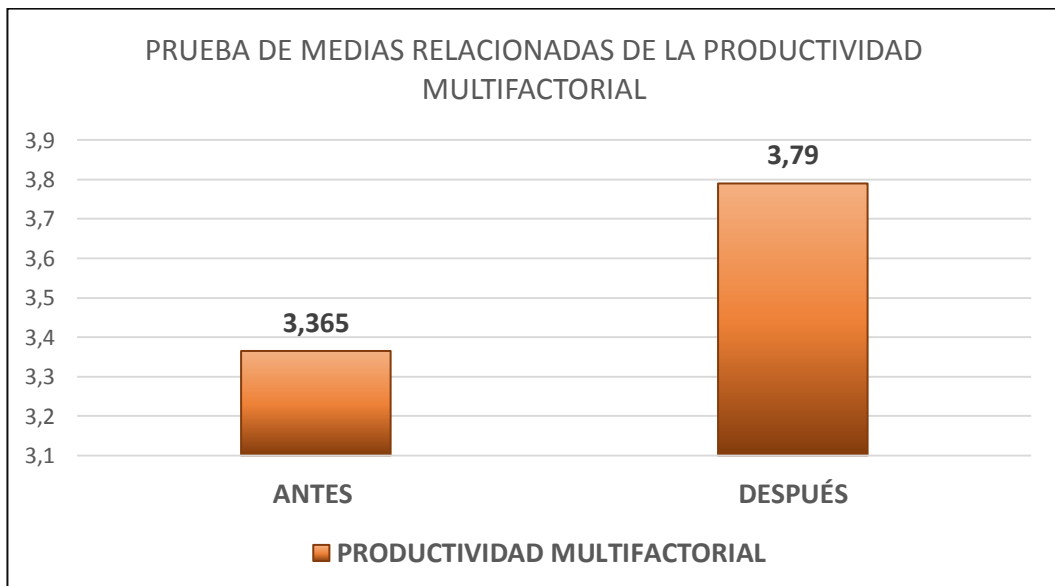


Figura 30: Prueba de medias relacionadas de la productividad multifactorial.

Fuente: Elaboración propia mediante el software Microsoft Excel 2013.

En la figura 30 se observa que la productividad multifactorial después es mayor que la productividad multifactorial antes, por eso se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que dice que la aplicación de la Teoría de Restricciones incrementa la productividad multifactorial de la empresa embotelladora de gaseosas “Inversiones Cotrina”.

Tabla 50

Prueba t de muestras relacionadas de la productividad multifactorial.

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Productividad multifactorial antes - Productividad multifactorial después	-,425	,0340	,007	-,439	-,411	-,448	24	,000

Fuente: Elaboración propia mediante el software SPSS

En la tabla 50 se aprecia que la prueba t de diferencia de medias obtenida antes y después de la aplicación de la Teoría de Restricciones tiene un nivel de significancia de 0.0001 el cual es menor a 0.05; lo cual permite ratificar que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Productividad del factor mano de obra

Tabla 51

Productividad diaria del factor mano de obra

	ANTES			DESPUÉS		
	Cotri Kola 500 mL	Cotri Kola 300 mL	Promedio	Cotri Kola 500 mL	Cotri Kola 300 mL	Promedio
Día 1	7.11	4.44	5.778	7.54	4.71	6.125
Día 2	7.19	4.50	5.844	7.13	4.46	5.796
Día 3	7.39	4.62	6.000	7.28	4.55	5.913
Día 4	7.19	4.50	5.844	7.28	4.55	5.913
Día 5	7.19	4.50	5.844	7.31	4.57	5.936
Día 6	7.23	4.52	5.874	7.31	4.57	5.936
Día 7	7.33	4.58	5.952	7.38	4.61	5.994
Día 8	7.29	4.56	5.922	7.31	4.57	5.936
Día 9	7.33	4.58	5.952	7.13	4.46	5.796
Día 10	6.96	4.35	5.657	7.52	4.70	6.112
Día 11	7.10	4.44	5.766	7.45	4.66	6.053
Día 12	7.10	4.44	5.766	7.33	4.58	5.958
Día 13	7.19	4.50	5.844	7.13	4.46	5.796
Día 14	6.90	4.31	5.609	7.31	4.57	5.936
Día 15	7.19	4.50	5.844	7.48	4.67	6.076
Día 16	7.00	4.38	5.688	7.45	4.66	6.053
Día 17	7.35	4.59	5.970	7.23	4.52	5.877
Día 18	7.19	4.50	5.844	7.31	4.57	5.936
Día 19	7.10	4.44	5.766	7.45	4.66	6.053
Día 20	6.96	4.35	5.657	7.23	4.52	5.877
Día 21	7.19	4.50	5.844	7.33	4.58	5.958
Día 22	7.29	4.56	5.922	7.48	4.67	6.076
Día 23	7.04	4.40	5.718	7.23	4.52	5.877
Día 24	6.96	4.35	5.657	7.23	4.52	5.877
Día 25	7.19	4.50	5.844	7.39	4.62	6.008

Fuente: *Elaboración propia*

La tabla 51 muestra la productividad de mano de obra diaria calculada en los meses de Julio (antes) y Setiembre (después).

- Ho: La aplicación de la teoría de restricciones no incrementa la productividad de la mano de obra.

$$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

- Ha: La aplicación de la teoría de restricciones incrementa la productividad de la mano de obra

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Tabla 52

Prueba de medias relacionadas del factor mano de obra

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Productividad de Mano de Obra antes	5,81624	25	,108069	,021614
Productividad de Mano de Obra después	5,95472	25	,096069	,019214

Fuente: Elaboración propia mediante el software SPSS

En la tabla 52 se observa que la media de la productividad de mano de obra antes (5.816) tiene un valor menor que la productividad después (5.955) por eso se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que indica que la aplicación de la teoría de restricciones incrementa la productividad de mano de obra de la empresa embotelladora de gaseosas.

Tabla 53

Prueba t de muestras relacionadas del factor mano de obra

Prueba t de muestras relacionadas	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Productividad de Mano de Obra antes – Productividad de Mano de Obra después	-,138480	,158369	,031674	-,203852	-,073108	-4,372	24	,000

Fuente: Elaboración propia mediante el software SPSS

La tabla 53 expresa la prueba t de diferencia de las medias del factor mano de obra obtenida antes y después de la aplicación de la teoría de restricciones tiene un nivel de significancia de 0.000 el cual es menor a 0.05; esto permite enfatizar que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Productividad del factor materia prima

Tabla 54

Productividad diaria del factor materia prima

	ANTES			DESPUÉS		
	Cotri Kola 500 mL	Cotri Kola 300 mL	Promedio	Cotri Kola 500 mL	Cotri Kola 300 mL	Promedio
Día 1	0.105	0.110	0.107	0.124	0.129	0.127
Día 2	0.106	0.110	0.108	0.118	0.123	0.120
Día 3	0.109	0.113	0.111	0.120	0.125	0.123
Día 4	0.106	0.110	0.108	0.120	0.125	0.123
Día 5	0.106	0.110	0.108	0.121	0.126	0.123
Día 6	0.107	0.111	0.109	0.121	0.126	0.123
Día 7	0.108	0.112	0.110	0.122	0.127	0.125
Día 8	0.107	0.112	0.109	0.121	0.126	0.123
Día 9	0.108	0.112	0.110	0.118	0.123	0.120
Día 10	0.102	0.107	0.104	0.124	0.129	0.127
Día 11	0.104	0.109	0.107	0.123	0.128	0.126
Día 12	0.104	0.109	0.107	0.121	0.126	0.124
Día 13	0.106	0.110	0.108	0.118	0.123	0.120
Día 14	0.102	0.106	0.104	0.121	0.126	0.123
Día 15	0.106	0.110	0.108	0.124	0.129	0.126
Día 16	0.103	0.107	0.105	0.123	0.128	0.126
Día 17	0.108	0.112	0.110	0.120	0.125	0.122
Día 18	0.106	0.110	0.108	0.121	0.126	0.123
Día 19	0.104	0.109	0.107	0.123	0.128	0.126
Día 20	0.102	0.107	0.104	0.120	0.125	0.122
Día 21	0.106	0.110	0.108	0.121	0.126	0.124
Día 22	0.107	0.112	0.109	0.124	0.129	0.126
Día 23	0.104	0.108	0.106	0.120	0.125	0.122
Día 24	0.102	0.107	0.104	0.120	0.125	0.122
Día 25	0.106	0.110	0.108	0.122	0.127	0.124

Fuente: Elaboración propia

La tabla 54 muestra la productividad de materia prima diaria calculada en los meses de Julio (antes) y Setiembre (después).

- Ho: La aplicación de la teoría de restricciones no incrementa la productividad de Materia prima.

$$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

- Ha: La aplicación de la teoría de restricciones incrementa la productividad de Materia prima

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Tabla 55

Prueba de medias relacionadas del factor materia prima

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Productividad de Materia Prima antes	,10748	25	,002023	,000405
Productividad de Materia Prima después	,12360	25	,002102	,000420

Fuente: Elaboración propia mediante el software SPSS

En la tabla 55 se observa que la media de la productividad del factor materia prima antes (0.108) tiene un valor menor que la productividad del factor materia prima después (0.124) por eso se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que indica que la aplicación de la teoría de restricciones incrementa la productividad de mano de obra de la empresa embotelladora de gaseosas Inversiones Cotrina.

Tabla 56

Prueba t de muestras relacionadas del factor materia prima

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Productividad de Materia Prima antes – Productividad de Materia Prima después	-,016120	,003180	,000636	-,017432	-,014808	-25,349	24	,000

Fuente: Elaboración propia mediante el software SPSS

La tabla 56 se aprecia la prueba t de diferencia de las medias de la productividad del factor materia prima obtenida antes y después de la aplicación de la teoría de restricciones tiene un nivel de significancia de 0.000 el cual es menor a 0.05; esto permite resaltar que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Productividad del factor energía eléctrica

Tabla 57

Productividad diaria del factor energía eléctrica

	ANTES			DESPUÉS		
	Cotri Kola 500 mL	Cotri Kola 300 mL	Promedio	Cotri Kola 500 mL	Cotri Kola 300 mL	Promedio
Día 1	3.68	2.299	2.989	4.541	2.838	3.690
Día 2	3.72	2.325	3.023	4.297	2.686	3.491
Día 3	3.82	2.387	3.104	4.384	2.740	3.562
Día 4	3.72	2.325	3.023	4.384	2.740	3.562
Día 5	3.72	2.325	3.023	4.401	2.751	3.576
Día 6	3.74	2.337	3.038	4.401	2.751	3.576
Día 7	3.79	2.368	3.079	4.444	2.778	3.611
Día 8	3.77	2.356	3.063	4.401	2.751	3.576
Día 9	3.79	2.368	3.079	4.297	2.686	3.491
Día 10	3.60	2.251	2.926	4.531	2.832	3.682
Día 11	3.67	2.294	2.982	4.488	2.805	3.646
Día 12	3.67	2.294	2.982	4.418	2.761	3.589
Día 13	3.72	2.325	3.023	4.297	2.686	3.491
Día 14	3.57	2.232	2.901	4.401	2.751	3.576
Día 15	3.72	2.325	3.023	4.505	2.815	3.660
Día 16	3.62	2.263	2.942	4.488	2.805	3.646
Día 17	3.80	2.375	3.088	4.357	2.723	3.540
Día 18	3.72	2.325	3.023	4.401	2.751	3.576
Día 19	3.67	2.294	2.982	4.488	2.805	3.646
Día 20	3.60	2.251	2.926	4.357	2.723	3.540
Día 21	3.72	2.325	3.023	4.418	2.761	3.589
Día 22	3.77	2.356	3.063	4.505	2.815	3.660
Día 23	3.64	2.275	2.957	4.357	2.723	3.540
Día 24	3.60	2.251	2.926	4.357	2.723	3.540
Día 25	3.72	2.325	3.023	4.454	2.784	3.619

Fuente: *Elaboración propia*

La tabla 57 muestra la productividad diaria del factor energía eléctrica calculada en los meses de Julio (antes) y Setiembre (después).

- Ho: La aplicación de la teoría de restricciones no incrementa la productividad de Energía Eléctrica.

$$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

- Ha: La aplicación de la teoría de restricciones incrementa la productividad de Energía Eléctrica.

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Tabla 58*Prueba de medias relacionadas del factor energía eléctrica*

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Productividad de Energía Eléctrica antes	3,00844	25	,056054	,011211
Productividad de Energía Eléctrica después	3,58700	25	,057981	,011596

Fuente: Elaboración propia mediante el software SPSS

En La tabla 58 se observa que la media de la productividad de energía eléctrica antes (3.008) tiene un valor menor que la productividad materia prima después (3.587) por eso se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que indica que la aplicación de la teoría de restricciones incrementa la productividad del factor energía eléctrica de la empresa embotelladora de gaseosas “Inversiones Cotrina”.

Tabla 59*Prueba t de muestras relacionadas del factor energía eléctrica*

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Productividad de Energía Eléctrica antes - Productividad de Energía Eléctrica después	-,578560	,088363	,017673	-,615035	-,542085	-32,738	24	,000

Fuente: Elaboración propia mediante el software SPSS

La prueba t de diferencia de las medias obtenida de productividad del factor energía eléctrica antes y después de la aplicación de la teoría de restricciones tiene un nivel de significancia de 0.000 el cual es menor a 0.05; esto permite enfatizar que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Esta investigación tuvo como propósito incrementar la productividad de los factores de mano de obra, materia prima y Energía eléctrica, del área de producción de la empresa embotelladora “Inversiones Cotrina”, a través de la aplicación de la teoría de restricciones, donde la productividad multifactorial ha aumentado de 3.365 a 3.790 lo cual representa el 12.63%. De acuerdo a las pruebas de hipótesis se aceptó la hipótesis general la cual fue: “La teoría de restricciones incrementa la productividad multifactorial de la empresa embotelladora de gaseosas”

Para la discusión de resultados es importante contrastar el resultado obtenido con los antecedentes propuestos en el marco teórico.

En primer lugar es importante destacar que Hinostroza (2016) después de la aplicación de la teoría de restricciones en una empresa de fabricación de máquinas, determinó que la productividad se incrementó de un 45% a un 80%,

Así también Meza (2017) señala que como resultado de su investigación la productividad logró crecer de 63% a un 81%. De este modo la eficiencia aumentó de 69.36%, a 81.24% y la eficacia aumentó de 91.11 % a 99.62%.

Poma (2017) después de realizada su investigación, la cual se trataba de la implementación de la teoría de restricciones en una empresa de confecciones, concluyó que la productividad aumento de 0.93 a 1.06, lo cual representa un 13.98%.

Almeida (2015) determinó que la utilidad neta registro un aumento aproximado de 35%, esto significa que si la utilidad aumento entonces la productividad también aumentó ya que son directamente proporcionales. , entretanto el inventario se redujo en un 40% y los gastos de operación permanecieron constantes

Del mismo modo según Pisco (2006) el tiempo muerto de los equipos se redujo en un 90%, de acuerdo a Kanawaty (1996) el tiempo muerto es aquel tiempo donde el trabajador o maquina no ejecuta ninguna tarea, por lo cual se infiere que si se redujo el tiempo muerto entonces las maquina trabajan más tiempo, lo cual hace que se fabriquen productos de manera rápida aumentando así la productividad.

CONCLUSIONES

1. La aplicación de la Teoría de Restricciones incrementó la productividad multifactorial, que pasó de 3.365 a 3.79, que representa el 12.63 %.
2. La aplicación de la Teoría de Restricciones aumentó la productividad del factor mano de obra de 5.816 a 5.955 paquetes por hora-Hombre. Lo cual representa el 2.39 %.
3. La aplicación de la Teoría de Restricciones incrementó la productividad del factor materia prima de 0.108 a 0.124 paquetes por litro de agua tratada. Que representa el 14.81%.
4. La aplicación de la Teoría de Restricciones mejoró la productividad del factor de energía eléctrica de 3.005 a 3.585 paquetes por kilowatt-hora. lo cual representa el 19.31%

RECOMENDACIONES

1. Para reforzar la aplicación de la metodología Teoría de restricciones se recomienda volver a aplicarla para calcular la productividad total de los factores productivos con el fin de tener un mejor índice de productividad de los recursos.
2. Se recomienda seguir los pasos de la aplicación de la teoría de restricciones, en las todas las áreas de la empresa con el fin de mejorar cada uno de las sectores de la empresa, debido a que la ejecución de este estudio demostró que la productividad puede mejorar lo cual generará a la empresa mayor producción utilizando menos recursos, lo cual a la larga generará utilidades.
3. Se recomienda realizar una evaluación constante de cada uno de los procesos para seguir disminuyendo las restricciones que se puedan encontrar en el sistema productivo, este proceso continuo se denomina mejora continua.
4. Se sugiere realizar evaluaciones periódicas de la productividad de los factores a fin de comparar el rendimiento de estos en la producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abisambra, A., & Mantilla, L. (2008). Aplicación de la teoría de restricciones. *Revista Soluciones de Postgrado EIA*, 121-133.
2. Aguilera, C. (2000). Un Enfoque Gerencial de la Teoría de la Restricciones. *Estudios Gerenciales*, 16(77), 53-69. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/212/21207704.pdf>
3. Almeida, C. (2015). Aplicación de la Teoría de las Restricciones a una empresa de Caucho. (*Tesis para optar el título de Ingeniero Químico*). Universidad Central del Ecuador, Quito.
4. Andersen, A. (1999). Theory of Constraints (TOC) Management System Fundamentals. [*Teoría de restricciones (TOC) Fundamentos del Sistema de Gestión*]. Institute of Management Accountants, New Jersey.
5. Chapman, S. (2006). *Planificación y control de la producción*. México: Pearson Educación.
6. Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones*. México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES.
7. Conexión Esan. (2015). *¿Qué es el método DBR y cómo funciona?* Obtenido de : <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2015/10/que-metodo-dbr-como-funciona/>
8. Corporación Lindley S.A. (2016). Censos Mensuales de Consumo. *Memoria Anual 2016*, 1-64.
9. D'Alessio, F. (2004). *Administración y dirección de la producción*. Mexico D.F: Pearson Education.
10. Diaz, C., & Santa Cruz, C. (2017). Diseño de un Plan de Mejora basado en la Teoría de Restricciones para aumentar la productividad en el área de producción de la embotelladora Wara S.A.C. Chiclayo – 2016. (*Tesis para optar el grado de Ingeniero Industrial*). Universidad Señor de Sipán, Pimentel- Perú.
11. Durango, L., Orejuela, J., & Ortiz, L. (2014). Balance horizontal de líneas de ensamble para modelos mixtos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 121-137. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v14n26/v14n26a09.pdf>
12. García, A. (2011). *Productividad y reducción de costos para la pequeña y mediana empresa*. Mexico D.F: Trillas.
13. Garcia, R. (2005). *Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y Medición del trabajo*. MC GRAW HILL.
14. Goldratt, E. (2004). *La Meta* (Tercera ed.). España: Diaz de Santos.
15. Gonzales, P., & Escobar, J. (2015). Teoría de las restricciones (TOC) y la mecánica del Throughput Accounting. Una aproximación a un modelo gerencial para toma de decisiones: caso compañía de Cementos Andino S.A. *ResearchGate*, 9(24), 210-228. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/262567821>

16. Groover, M. (2007). *Fundamentos de Manufactura Moderna*. Mexico D.F.: McGraw-Hill / Interamericana de México.
17. Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones* (Septma ed.). México D.F., México: Pearson Education.
18. Hernandez, N. (2015). Propuesta de Mejora de la Producción para la empresa Tubos y Potes Chiclayo S.R.L. Aplicando la Teoría de Restricciones. (*Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial*). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo.
19. Hernandez, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). México D.F.: McGraw-Hill.
20. Hinostroza, A. (2016). Aplicación de la Teoría de Restricciones para la mejora de la productividad en la fabricación de máquinas industriales en la empresa Fabricaciones y Servicios FAYSER S.C.R.L, SJL, 2016. (*Tesis para optar el grado de Ingeniero*). Universidad Cesar Vallejo, Lima.
21. Iglesias, J. (2000). Un breve análisis de la Teoría de Limitaciones. *Situación y Tendencia de la Contabilidad en el ámbito Iberoamericano*, 81-88.
22. Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4ta ed.). Ginebra- Suiza: Oficina Internacional del Trabajo.
23. Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones* (8va ed.). México: Pearson Education.
24. Meyers, F. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos*. México D.F.: Pearson Education.
25. Meza, J. (2017). Aplicación de la Teoría de Restricciones para mejorar la productividad de la sede Chorrillos en la empresa Flashman S. A. C. San Miguel, 2017. (*Tesis para obtener el grado de Ingeniero Industrial*). Universidad Cesar Vallejo, Lima.
26. Moreno, J., & Montealegre, L. (2013). Problema de Balance de Línea con Múltiples Líneas en paralelo y Enfoque Multiobjetivo. (*Tesis de grado para optar el Título de Ingeniero Industrial*). Universidad del Valle, Santiago de Cali.
27. Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseños del trabajo* (Doceava ed.). México D.F.: McGraw-Hill.
28. Peña, D., Neira, A., & Ruiz, R. (2016). Aplicación de técnicas de balanceo de línea para equilibrar las cargas de trabajo en el área de almacenaje de una bodega de almacenamiento. *Scientia et Technica*, 21(3), 239-247. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/849/84950585006.pdf>
29. Pisco, R. (2006). Análisis y planteamiento de mejoras de una planta de producción de materiales de Aceros Laminados aplicando la Teoría de Restricciones (TOC). (*Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero Industrial*). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
30. Poma, F. (2017). Teoría de restricciones y su relación con la productividad de la empresa Creaciones Karen , en el año 2016. (*Tesis para optar el grado de Ingeniero Industrial*). Universidad Continental, Huancayo- Perú.

31. Quezada Palacios, J. (2015). Análisis de Rendimiento de una Línea de Producción de Bebidas Carbonatadas. (*Trabajo de graduación para optar el Título de Ingeniero Mecánico Industrial*). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
32. Quispe, K. (21 de Enero de 2015). *¿Que es la productividad Multifactorial y que factores la determinan?* Obtenido de Publicaciones Económica:
[https://www.economica.pe/articulos/410-que-es-la-productividad-multifactorial-y-que-
factores-la-determinan](https://www.economica.pe/articulos/410-que-es-la-productividad-multifactorial-y-que-factores-la-determinan)
33. Salazar, B. (2016). *Balanceo de Línea*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2018, de Ingeniería Industrial Online: [https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-
para-el-ingeniero-industrial/producción/balanceo-de-línea/](https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producción/balanceo-de-línea/)
34. Schroeder, R. (1992). *Administración de Operaciones*. Mexico D.F.: Macgraw Hill.

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: INCIDENCIA DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN LA PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA DE CONFECCIÓN TEXTIL.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	MÉTODO
<p>GENERAL:</p> <p>¿De qué manera incide la Teoría de Restricciones en la productividad multifactorial de la empresa embotelladora de gaseosas “Inversiones Cotrina”?</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <p>-¿De qué manera incide la teoría de restricciones en la productividad del factor mano de obra del área de producción de la Empresa embotelladora de gaseosas?</p> <p>-¿En qué medida influye la aplicación de la Teoría de Restricciones en el factor materia prima del área de producción de la Empresa embotelladora de gaseosas?</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Determinar la incidencia de la teoría de restricciones en la productividad multifactorial del área de producción de la Empresa embotelladora de Gaseosas “Inversiones Cotrina”.</p> <p>.ESPECÍFICOS</p> <p>-Determinar la incidencia de la teoría de restricciones en la productividad del factor mano de obra del área de producción de la empresa embotelladora de gaseosas.</p> <p>- Calcular la influencia de la aplicación de la Teoría de Restricciones en el factor materia prima del área de producción de la empresa embotelladora de gaseosas</p>	<p>PRÁCTICA</p> <p>El estudio propone generar una alternativa de mejora para lograr mayor productividad en la organización y consecuentemente lograr diversos objetivos empresariales, por lo cual es importante contar con empresas sólidas, que se posicionen en el mercado y se desarrollen de acuerdo las nuevas exigencias de sus clientes</p> <p>SOCIAL</p> <p>La investigación en la Empresa embotelladora de Gaseosas “Inversiones Cotrina”, en el aspecto social propone el desarrollo de la empresa y para lograr su vigencia en el mercado, lo que garantizará puestos de trabajo a ciudadanos, con</p>	<p>GENERAL:</p> <p>La teoría de restricciones incrementa la productividad multifactorial del área de producción de la Empresa embotelladora de Gaseosas “Inversiones Cotrina”.</p> <p>ESPECÍFICAS</p> <p>-La aplicación de la teoría de restricciones aumenta la productividad del factor mano de obra del área de producción de la empresa embotelladora de gaseosas.</p> <p>- La aplicación de la Teoría de Restricciones incrementa la productividad del factor materia prima del área de producción de la empresa embotelladora de gaseosas</p>	<p>INDEPENDIENTE</p> <p>Teoría de Restricciones</p>	<p>- Identificar</p> <p>- Explotar</p> <p>- Subordinar</p> <p>- Elevar</p>	<p>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>-Método científico</p> <p>-Método Inductivo-deductivo</p> <p>:</p> <p>ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>-Cuantitativo</p> <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>-Investigación Aplicada</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>-Explicativo-Descriptivo</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>-Cuasi Experimental</p> <p>-Longitudinal</p>

<p>-¿Cuál es el impacto de la aplicación de la Teoría de Restricciones en el factor energía eléctrica del área de producción de la Empresa embotelladora de gaseosas?</p>	<p>- Evaluar el impacto de la aplicación de la Teoría de Restricciones en el factor energía eléctrica del área de producción de la empresa embotelladora de gaseosas.</p>	<p>incidencia directa en sus familias y por lo tanto influencia positiva en la economía del país</p> <p style="text-align: center;">METODOLÓGICA</p> <p>La investigación, primero, realizará un diagnóstico preliminar en la empresa teniendo en consideración las variables determinadas. Luego se aplicará cada uno de los pasos de la Teoría de Restricciones, de acuerdo a lo planteado en los textos, finalmente se evaluará los resultados. Se enfatizará en la revisión documentaria para conocer los niveles de productividad, además del conocimiento minucioso de cada uno de los procesos productivos. Existirán tres momentos fundamentales en la ejecución de la investigación. El primero será el diagnóstico situacional de la empresa y posteriormente las mejoras tras la aplicación de la metodología en mención.</p>	<p>- La aplicación de la Teoría de Restricciones mejora la productividad del factor energía eléctrica del área de producción de la empresa embotelladora de gaseosas</p>	<p style="text-align: center;"><u>DEPENDIENTE</u></p> <p>Productividad Multifactorial</p>	<p>-Mano de obra -Materia prima -Energía Eléctrica</p>	<p>POBLACIÓN Y MUESTRA:</p> <p>-Población infinita número de paquetes que el área de producción elabora</p> <p>-Muestra : Número de paquetes que se elaboran durante 25 días en el área de producción</p> <p>-Muestreo no probabilístico</p> <p>TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS:</p> <p>-Análisis de documento. -Observación Directa -Entrevista</p> <p>INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>- Ficha de Control de tiempos -Guía de análisis de documentos. -Guía de entrevista</p> <p>: TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS:</p> <p>-Software Ms. Excel -Software SPSS</p>
---	---	--	--	--	--	---

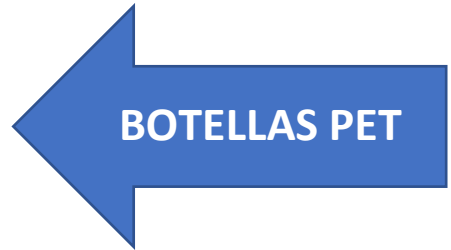
ANEXO 2

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

MESES	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SETIEMBRE				OCTUBRE			
	SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA			
SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ANÁLISIS PRODUCCIÓN ANTES																				
IDENTIFICAR LA RESTRICCIÓN																				
Recolección de datos																				
Estudio de tiempos																				
Análisis de la restricción																				
EXPLOTAR LA RESTRICCIÓN																				
Planteamiento de la restricción																				
SUBORDINAR LA RESTRICCIÓN																				
Balance de líneas																				
ELEVAR LA RESTRICCIÓN																				
Análisis producción después																				
VERIFICAR																				
Resultado de mejora de la productividad																				

ANEXO 3

MATERIALES PARA EL EMBOTELLADO DE GASEOSAS





ANEXO 4
EQUIPOS PARA LA ELABORACIÓN DE GASEOSAS



**TANQUE
CARBONATADOR**

**MAQUINA
EMBOTELLADORA**





MOTOR DE IMPULSO

**SOPLETE DE GAS
PROPANO**



ANEXO 5

PROCESO PRODUCTIVO DE EMBOTELLADO DE GASEOSAS



SELECCIÓN DE BOTELLAS

ACOMODADO DE
BOTELLAS





VERTIDO DE JARABE



EMBOTELLADO



CONTROL DE CALIDAD



ETIQUETADO



ANEXO 6

COMPONENTES DE LA MEZCLA DE JARABE EN POLVO POR SABORES

COMPONENTE	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Azúcar blanca industrial	50	Kg
Ácido cítrico	1500	Gr
Acido málico	100	gr
Color caramelo (caramelina)	1000	mL
Ácido fosfórico	1000	mL
Benzoato de sodio	250	gr
Edulcorante (acesulfame-k)	500	Gr

Insumos para la elaboración de jarabe Kola Negra

COMPONENTE	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Azúcar blanca industrial	50	Kg
Ácido cítrico	1500	gr
Ácido málico	100	gr
Rojo amaranto	500	mL
Ácido fosfórico	1000	mL
Benzoato de potasio	250	gr
Edulcorante (acesulfame-k)	500	Gr

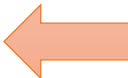
Insumos para la elaboración de jarabe sabor Fresa

COMPONENTE	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Azúcar blanca industrial	50	Kg
Ácido cítrico	1500	gr
Ácido málico	100	gr
Colorante Naranja	500	mL
Ácido fosfórico	1000	mL
Benzoato de potasio	250	gr
Edulcorante (acesulfame-k)	500	gr

Insumos para la elaboración de jarabe sabor Naranja


COMPONENTE	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Azúcar blanca industrial	50	Kg
Ácido cítrico	1500	gr
Ácido málico	100	gr
Amarillo Tartracina	800	mL
Ácido fosfórico	1000	mL
Benzoato de potasio	250	gr
Edulcorante (acesulfame-k)	500	Gr

Insumos para la elaboración de jarabe Kola amarilla



COMPONENTE	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Azúcar blanca industrial	50	Kg
Ácido cítrico	1500	gr
Acido málico	100	gr
Esencia de Limón	800	mL
Ácido fosfórico	1000	mL
Benzoato de potasio	250	gr
Edulcorante (acesulfame-k)	500	gr
Azúcar blanca industrial	50	Kg

Insumos para la elaboración de jarabe sabor Limón



ANEXO 7

TABLA WESTINGHOUSE PARA EL CÁLCULO DEL TIEMPO ESTANDAR

HABILIDAD			ESFUERZO		
0.15	A1	Habilísimo	0.13	A1	Excesivo
0.13	A2	Habilísimo	0.12	A2	Excesivo
0.11	B1	Excelente	0.1	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente	0.08	B2	Excelente
0.06	C1	Bueno	0.05	C1	Bueno
0.03	C2	Bueno	0.02	C2	Bueno
0	D	Medio	0	D	Medio
-0.05	E1	Regular	-0.04	E1	Regular
-0.1	E2	Regular	-0.08	E2	Regular
-0.16	F1	Malo	-0.12	F1	Malo
-0.22	F2	Malo	-0.17	F2	Malo
CONDICIONES			CONSISTENCIA		
0.06	A	Ideales	0.04	A	Perfecta
0.04	B	Excelentes	0.03	B	Excelente
0.02	C	Buenas	0.01	C	Buena
0	D	Medias	0	D	Media
-0.03	E	Regulares	-0.02	E	Regular
-0.07	F	Malos	-0.04	F	Malo

SUPLEMENTOS ASIGNADOS PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS

SUPLEMENTO	PORCENTAJE
FÁTIGA BÁSICA	3%
NECESIDADES PERSONALES	2%
CONTINGENCIA	3%
POLÍTICA DE LA EMPRESA	3%
SUPLEMENTOS ESPECIALES	3%
TOTAL	14%

Fuente: Elaboración propia



ANEXO 8

GUÍA DE ENTREVISTA

Dirigida: _____

Cargo: _____ Fecha: _____

Objetivo: Esta guía de entrevista está elaborada con el objetivo de conocer a profundidad el proceso productivo de la empresa “Inversiones Cotrina”, así como de los problemas fundamentales que enfrentan, con el fin de resolver sus problemas mediante esta investigación:

1. **¿Cuándo inició sus operaciones?**
2. **¿Cuántos productos fabrica la empresa?**
3. **¿Cuáles son las operaciones del proceso productivo?**
4. **¿Qué insumos, materiales y maquinas utiliza para la elaboración de su producto?**
5. **¿Cuál es el costo por cada litro de agua tratada?**
6. **¿Considera usted que el proceso productivo se puede realizar de otra manera?**
7. **¿Qué actividad, en su opinión, considera que es la que toma más tiempo?**
8. **¿Realiza usted un análisis de sus procesos?**
9. **¿Ha comparado su productividad actual con la de periodos anteriores?**
10. **¿Considera usted que cuenta con los trabajadores necesarios para realizar el proceso?**

El Anexo 8 expone la guía de entrevista para la evaluación del proceso productivo de la empresa “Inversiones Cotrina”. Esta guía es un instrumento que permite observar de manera más profunda los problemas existentes en la línea de producción de gaseosas de dicha empresa.



ANEXO 9

FICHA DE CONTROL DE TIEMPOS

INVERSIONES COTRINA													
FICHA DE CONTROL DE TIEMPOS													
AUTORIZADO POR:							HOJA N°:						
OBSERVADO POR:							FECHA:						
							LOTE N°:						
OPERACIÓN :							OBSERVACIÓN N°:						
PRODUCTO:							INICIO:						
							FINALIZACIÓN:						
							TIEMPO TRANSCURRIDO						
LOTE x _____							PAQUETES						
N	DESCRIPCIÓN	TIEMPOS (seg)										D	TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
OBSERVACIÓN:							TIEMPO TOTAL POR LOTE (seg)						
							TIEMPO TOTAL POR PAQUETE (seg)						



ANEXO 10

GUIA DE ANÁLISIS DE DOCUMENTOS

GUÍA DE ANÁLISIS DE DOCUMENTOS		INVERSIONES COTRINA		
TIPO DE DOCUMENTO: _____				
N°: _____				
ENCARGADO DEL AREA: _____				
FECHA: _____				
ANALISTA: _____				
N°	ARCHIVOS ANALIZADOS	CONTENIDO ANALIZADO	COMENTARIO SEGUN EL ANALISIS	OBSERVACIONES

ANEXO 11

FICHA DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS

INSTRUMENTO DE OPINION DE EXPERTOS

Apellidos y Nombres del informante	Cargo o institución donde labora	Nombre de instrumento de evaluación	Autor del instrumento
Godiño Poma, Milka	Directora de la E.P. Ing. Industrial UPLA	GUÍA DE ANALISIS DE DOCUMENTOS	ALEX ESTANISLAO GALVAN QUISPE

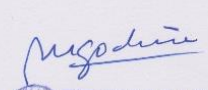
ASPECTOS A VALIDAR

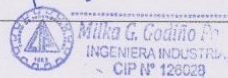
INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE		REGULAR				BUENA				MUY BUENA				EXCELENTE					
		00-20%				21-40%				41-60%				61-80%				81-100%			
		0	5	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado																			92	
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en capacidades observables																			91	
3. ACTUALIDAD	Adecuado a la Autoevaluación																			92	
4. ORGANIZACIÓN	Existe un orden logico y claro																			90	
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos, cantidad y calidad																			90	
6. INTENSIONALIDAD	Adecuada para valorar aspectos de la inversion y crecimiento																			90	
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos-científicos de la Autoevaluación																			90	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los índices, indicadores y las dimensiones																			92	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación																			93	
Total Parcial																				360460	
TOTAL																				820	

OPINION DE APLICABILIDAD

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

PV = 820/9 = 91.11%

Lugar y Fecha	DNI N°	Firma del Experto Informante	Teléfono N°
Huancayo 24 de agosto 2018	20037711		951881066



INSTRUMENTO DE OPINION DE EXPERTOS

Apellidos y Nombres del informante	Cargo o institución donde labora	Nombre de instrumento de evaluación	Autor del instrumento
Ing. Javier Romero Meneses	Docente Universidad Continental	GUÍA DE ANALISIS DE DOCUMENTOS	ALEX ESTANISLAO GALVAN QUISPE


ASPECTOS A VALIDAR

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE		REGULAR				BUENA				MUY BUENA				EXCELENTE																							
		00-20%		21-40%				41-60%				61-80%				81-100%																							
		0	5	6	10	11	15	16	20	21	25	26	30	31	35	36	40	41	45	46	50	51	55	56	60	61	65	66	70	71	75	76	80	81	85	86	90	91	95
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado																																		90				
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en capacidades observables																																		92				
3. ACTUALIDAD	Adecuado a la Autoevaluación																																		88				
4. ORGANIZACIÓN	Existe un orden logico y claro																																		91				
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos, cantidad y calidad																																		90				
6. INTENSIONALIDAD	Adecuada para valorar aspectos de la inversion y crecimiento																																		92				
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos-científicos de la Autoevaluación																																		92				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los índices, indicadores y las dimensiones																																		90				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación																																		91				
Total Parcial																																			358/458				
TOTAL																																			816				

OPINION DE APLICABILIDAD

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

PV = 8.16 / 9 = 90.6%

Lugar y Fecha	DNI N°	Firma del Experto Informante	Teléfono N°
Huancayo, 15 de agosto 2018	19925925	 Javier Romero Meneses INGENIERO INDUSTRIAL CIP. N° 62004	964 603 185

INSTRUMENTO DE OPINION DE EXPERTOS

Apellidos y Nombres del informante	Cargo o institución donde labora	Nombre de instrumento de evaluación	Autor del instrumento
Tiber Joel Cano Camayo	Director la EP Eng. Medio Amb. y Des.	FICHA DE CONTROL DE TIEMPOS	ALEX ESTANISLAO GALVAN QUISPE

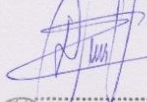
ASPECTOS A VALIDAR


INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE		REGULAR				BUENA				MUY BUENA				EXCELENTE				
		00-20%		21-40%				41-60%				61-80%				81-100%				
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado																			90
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en capacidades observables																			90
3. ACTUALIDAD	Adecuado a la Autoevaluación																			92
4. ORGANIZACIÓN	Existe un orden lógico y claro																			88
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos, cantidad y calidad																			90
6. INTENSIONALIDAD	Adecuada para valorar aspectos de la inversión y crecimiento																			91
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos-científicos de la Autoevaluación																			87
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los índices, indicadores y las dimensiones																			88
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación																			91
Total Parcial																				533
TOTAL																				274
																				807

OPINION DE APLICABILIDAD

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

PV = $8.07/9 = 89.7\%$

Lugar y Fecha	DNI N°	Firma del Experto Informante	Teléfono N°
21/08/2018	41362890		964039114


 Tiber J. Cano Camayo
 ING. FORESTAL Y AMBIENTAL
 REG. CIP N° 101562



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

CONSTANCIA N° 148

Que, el bachiller GALVÁN QUISPE ALEX ESTANISLAO de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, con la tesis denominada: "INCIDENCIA DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN LA PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA EMBOTELLADORA DE GASEOSAS", el mismo que ha sido ingresado por el SOFTWARE TURNITIN FEEDBACK STUDIO obteniendo el 8% de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo, 30 de octubre 2018




Dr. Carlos B. Sánchez Guzmán
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN