

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

PROPUESTA DE BALANCE Y DISTRIBUCIÓN DE LÍNEAS
EN LA UNIDAD DE CONSUMO

MASIVO DE LA EMPRESA DHL COSTA RICA

AUTOR

DANIEL MARTÍNEZ MONTEALTO

TUTOR:

ING. ALEJANDRO LEIVA GONZÁLEZ MBA

LECTOR:

ING. ANDREY RODRÍGUEZ MÉNDEZ

SAN JOSÉ COSTA RICA 2020

Dedicatoria

Primeramente a Dios, porque él es fiel y siempre ha estado a mi lado en todo momento.

A mi esposa e hijos, porque son mi motivación para luchar día a día, prepararme y crecer profesionalmente, y con sus muestras de cariño me han apoyado en todo el proceso de la carrera.

A mis padres que siempre me han dado su apoyo incondicional, y sus palabras de aliento para no descansar hasta lograr las metas por difícil que sean, finalmente a toda mi familia, hermanos y hermanas.

Agradecimiento

Agradezco a mi familia, esposa, hijos, a mis padres por siempre creer en mí y tenerme en sus oraciones día a día. Agradezco a la empresa DHL por la flexibilidad, y brindarme la oportunidad de realizar el proyecto en una de las operaciones de producción, y poderme preparar como profesional en la carrera de Ingeniería Industrial.

Finalmente quiero agradecer a mi tutor Alejandro Leiva, por su tiempo y paciencia en todo este proceso de la carrera para finalizar con éxito el proyecto de TFG y poder graduarme como Licenciado.

Contenido

Dedicatoria.....	1
Agradecimiento.....	2
Carta de autorización del tutor.....	3
Carta de revisión	¡Error! Marcador no definido.
Código de ética	¡Error! Marcador no definido.
Declaración Jurada	4
Contenido.....	9
Tablas	¡Error! Marcador no definido.
Figuras	18
Resumen	21
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	23
Generalidades de la empresa.....	25
Instalaciones donde se desarrolla el proyecto.....	26
Tipos de productos y servicios.....	27
Estructura organizacional de la empresa	27
Organigrama de la empresa	28
Número de empleados en el Site.....	28
Ubicación geográfica de la empresa.....	29
Misión y Visión de la empresa.....	30
Visión.....	30
Misión	30
Planteamiento del Problema	30
Objetivos.....	31

	10
Objetivo general	31
Objetivos específicos	31
Justificación	32
Antecedentes	33
Distribución de planta y nuevo flujo	37
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	38
Descripción general del proceso productivo	38
Líneas de producción.....	38
Línea de producción celular.....	39
Transporte del producto de una estación a otra	40
Concepto de eficiencia	40
Cálculo de la eficiencia	41
Productividad	41
Balanceo de líneas.....	41
Tradicional	45
Peso posicional.....	45
Heurístico.....	45
Importancia del balance de líneas	46
Pasos para la implementación del balance de líneas	47
Holgura	47
Tiempo estándar	48
Número de operadores.....	50
Tiempo del ciclo.....	50
Tiempo disponible.....	50

	11
Takt time.....	51
Takt time real (actual takt time).....	51
Diagrama de Flujo.....	51
Funcionalidad del Diagrama de Flujo	52
Árbol Crítico de la Calidad CTQ	52
Utilidad del Diagrama de Árbol.....	53
Distribución de planta de producción.....	53
Importancia de una distribución de planta adecuada.....	54
Lluvia de ideas	54
Diagrama Causa Efecto (Ishikawa).....	55
Multivoto	55
Beneficios del Diagrama Causa Efecto	56
Implementación del Diagrama	56
Matriz FODA.....	57
Fortalezas	57
Oportunidades	57
Debilidades	57
Amenazas.....	57
Diagrama de Pareto.....	58
Beneficios del Diagrama de Pareto	59
Implementación del Diagrama	60
Diagrama de Gantt	61
Funcionalidad del Diagrama de Gantt.....	61
Beneficios del Diagrama de Gantt	62

	12
Diagrama PERT	62
Beneficios del Diagrama PERT	63
Toma Tiempos	63
Instrumentos para la toma de datos	64
Formato de hoja de tiempos.....	64
Cálculo para el número de observaciones	65
Hojas de Registros.....	66
Gráficas de control	66
Importancia de las gráficas de control.....	68
Implementación de gráficas de control.....	68
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	70
Enfoque.....	70
Enfoque cuantitativo.....	70
Enfoque cualitativo.....	72
Enfoque Mixto	76
Alcance	76
Exploratorio	77
Descriptivo	78
Correlacional.....	78
Explicativo	79
Diseño Experimental	79
Diseño no Experimental	79
Método.....	80
Muestra de la Investigación	80

	13
VARIABLES O UNIDADES DE ANÁLISIS	80
Instrumentos.....	85
Proceso para la Recolección de Datos.....	86
Método de Análisis.....	86
Cronograma	88
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN (DIAGNÓSTICO).....	89
Layout de la planta de producción (VAO).	89
Definir.....	90
Herramienta FODA.....	91
Diagrama de flujo.....	92
Árbol Crítico de la calidad.....	96
Servicios evaluados	97
Medición de procesos.....	99
Medición del proceso de ingreso	101
Reabastecimiento de línea	105
Etiquetado de productos	109
Empaque de unidades	110
Sellado y embalaje final.....	113
Análisis de datos del proceso actual.....	116
Balance de proceso actual.....	121
Análisis	122
Lluvia de ideas	122
Diagrama de Ishikawa.....	123
Mesas de Trabajo	124

	14
Máquina-Equipos	125
Mano de Obra.....	125
Método utilizado	126
Instalaciones.....	126
Materiales.....	127
Multivoto	128
Diagrama de Pareto	130
Cuello de botella	132
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	134
Conclusiones	134
Recomendaciones.....	135
CAPÍTULO VI: PROPUESTA	137
Análisis económico	137
Plan de Implementación	137
Mejoras	137
Flujo del proceso.....	138
Cambio de proceso lineal a celdas	143
Impacto en la productividad del método lineal al propuesto	144
Herramienta de Balance Propuesta	147
Apéndices	160
Apéndices 1.....	¡Error! Marcador no definido.
Apéndices 2.....	166
Apéndices 3.....	167
Apéndices 4.....	168

Apéndices 5.....	169
Apéndices 6.....	170
Apéndices 8.....	172
Apéndices 9.....	173
Apéndices 10.....	174
Apéndices 12.....	176
Referencias.....	161

Tablas

Tabla 1: Personal de bodegas y maquila.....	29
Tabla 2: Herramienta en Excel para balanceo de líneas	46
Tabla 3: Cálculo de muestreo	49
Tabla 4: Votación ponderada.....	56
Tabla 5: Diagrama de Actividades.....	65
Tabla 6: Variables	81
Tabla 7: Instrumentos de análisis.....	85
Tabla 8: Gantt de actividades	88
Tabla 9: Matriz FODA de la planta de producción	91
Tabla 10: Diagrama de CTQ de la calidad	96
Tabla 11: Productos evaluados en diagnóstico.....	98
Tabla 12: Reporte de facturación mensual por servicio	98
Tabla 13: Descripción del proceso de reacondicionamiento	100
Tabla 14: Cálculo de tiempo por ingreso de tarimas a línea.....	102
Tabla 15: Ejemplo de conversión de tiempo a unidad.....	105
Tabla 16: Subproceso de reabastecimiento de línea	106
Tabla 17: Tiempos de colocación de etiquetas a la unidad de producto.....	109
Tabla 18: Cálculo de tiempo para empaque de unidades.....	111
Tabla 19: Subproceso de sellado + DUM y Entarimado	114
Tabla 20: Lluvia de ideas.....	122
Tabla 21: Subcausas de lluvia de ideas.....	123
Tabla 22: Multivoto.....	129
Tabla 23: Balance primera parte.....	147

Tabla 24: Balance segunda parte.....	149
Tabla 25: Análisis costo Beneficio de Reacomodo de la planta.....	156
Tabla 26: Costo Beneficio en Modelo de líneas	157
Tabla 27: Costo Beneficio Herramienta de Balance de Líneas	158

Figuras

Figura 1: Cobertura de la empresa a nivel mundial.....	26
Figura 2: Instalaciones DHL C.R Alajuela.....	26
Figura 3: Organigrama del Site TDA.....	28
Figura 4: Ubicación de la empresa.....	29
Figura 5: Ejemplo de una línea de producción.....	39
Figura 6: Cálculo de tiempo estándar.....	41
Figura 7: Balanceo de líneas.....	42
Figura 8: Ecuación para el cálculo de eficiencia.....	42
Figura 9: Ecuación para el cálculo de velocidad de la línea.....	43
Figura 10: Cálculo del número de operadores.....	43
Figura 11: Cálculo del tiempo estándar.....	44
Figura 12: Identificación de operación más lenta.....	44
Figura 13: Cálculo de tiempo estándar.....	48
Figura 14: Cálculo tiempo estándar promedio.....	48
Figura 15: Tiempo estándar más holgura.....	49
Figura 16: Cálculo de tiempo observado.....	49
Figura 17: Cálculo de tiempo normal.....	50
Figura 18: Gráfica de Pareto.....	59
Figura 19: Representación de Diagrama de Gantt.....	61
Figura 20: Representación de Gráfico Pert.....	63
Figura 21: Cálculo de tamaño de muestra.....	66
Figura 22: Cálculo de Límites.....	67

Figura 23: Aplicación de la ecuación.....	67
Figura 24: Gráfica de Control	68
Figura 25: Proceso cuantitativo	70
Figura 26: Proceso cualitativo.....	72
Figura 27: Layout de la planta de producción	90
Figura 28: Flujo de proceso general, incluyendo participación de bodega	93
Figura 29: Flujo del proceso de reacondicionamiento	95
Figura 30: Gráfica para cálculos de tiempo por ingreso de tarima.....	103
Figura 31: Gráfica para el cálculo de tiempo asignado a la unidad	104
Figura 32: Gráfica de control para calcular reabastecimiento de línea por caja.....	107
Figura 33: Gráfica de control para calcular reabastecimiento por unidad	108
Figura 34: Gráfica de control para el tiempo promedio de etiquetado.....	110
Figura 35: Gráfica para el cálculo de tiempo de empaque por caja.....	112
Figura 36: Gráfica para el cálculo de tiempo por unidad.....	113
Figura 37: Gráfica para el cálculo de sellado por caja	115
Figura 38: Gráfica para el cálculo de unidades.....	115
Figura 39: Distribución de líneas	117
Figura 40: Subprocesos 1 y 2 de la línea	118
Figura 41: Subprocesos 3, 4 y 5 de la línea	119
Figura 42: Balance actual del diagnóstico.....	121
Figura 43: Diagrama de Ishikawa	124
Figura 44: Diagrama de Pareto	131
Figura 45: Presentación Gráfica de cuello de botella.....	132
Figura 46: Cuello de botella en la línea.....	133

Figura 47: Flujo Layout actual.....	139
Figura 48: Flujo Layout propuesto.....	142
Figura 49: Nueva distribución en celdas	144
Figura 50: Productividad actual de la línea	146
Figura 51: Balance del proceso actual y propuesto.....	151
Figura 52: Unidades producidas por turno vs Iteraciones.....	152
Figura 53: Costo Unitario Vs Número de operarios.....	153
Figura 54: Cálculo de Productividad propuesta	154

Abreviaturas y Glosario

Site: Hace referencia al lugar o bodega específica.

QA: Hace referencia al personal encargado de calidad

OT: Hace referencias a las órdenes de trabajos.

WRAPE: Plástico preencogido para paletizar las tarimas

DUM-14: Se refiere a la codificación en cajas máster de los productos, es el código de barras que estas traen por fuera.

EAN-13: Se refiere al código de barras que trae cada unidad de productos.

U.E: Hace referencia al factor de empaque de caja de producto, es decir la cantidad de unidades por caja.

Layout: La traducción del término es diseño, en este caso hace referencia al diseño de la planta de producción.

TDA: Terminal de Distribución de Alajuela

Batch: Hace referencia a lotes de producto

Sku: Hace referencia al código de producto

VAO: Se refiere a la planta como Operación de Valor Agregado

Minitab: Herramienta para análisis de datos

IWS: Servicios Integrados de Almacenamiento

AMLA: América Latina

Interacciones: Hace referencia a la simulación de balances con diferentes número de operarios en una línea de producción.

Resumen

El análisis de procesos para el desarrollo del proyecto, se realiza en la empresa DHL, en las instalaciones que están ubicadas en Alajuela, en la planta de VAO área donde se ejecutan todos los procesos de reacondicionamientos para los clientes. En esta área es donde se identifican problemas de productividad y distribución en las líneas, lo cual está ocasionando problemas tanto a nivel de departamento como con los clientes, por ende el incumplimiento en los tiempos de entrega planificados, para cumplir con la demanda mensual. Además, al no estarse cumpliendo la producción en el tiempo estimado, está ocasionando mayores costos de producción cuando lo que se busca es una disminución de estos, por lo tanto, el proyecto tiene como fin buscar mejoras que aporten a una solución en el desempeño de las líneas de producción.

Para el estudio, se realizó un análisis de la situación actual de todo el proceso, en donde se identificó que los problemas principales que afectan el funcionamiento correcto de las líneas que se da en el orden y mal uso de los recursos para llevar a cabo los procesos. Es importante mencionar que los procesos que se desarrollan en la planta son reacondicionamientos específicos por requerimientos del Ministerio de Salud, para que los productos puedan ser comercializados en el país, fuera del país, y en otros casos requerimientos por solicitud del cliente directamente.

Con base en los resultados obtenidos en los análisis, se plantean las alternativas de solución que van enfocadas directamente al control, distribución y productividad de las líneas de producción, por medio de la implementación del balanceo y distribución de las líneas, con el fin de tener total control de estas. Es importante mencionar que los balances se trabajarán con una herramienta en Excel, la cual va a permitir poder analizar todos los factores importantes de la línea, como tiempo total por unidad producida, ciclo de control (cuellos de botella), cantidad de operarios en cada línea, porcentaje de balance total de la línea, unidades por hora y turno, y capacidad de producción por operario, dentro de otras variables que se visualizarán en la herramienta.

Finalmente, para el desarrollo del proyecto y obtención de datos más importantes, se utilizaron herramientas de análisis de ingeniería como el diagrama de flujo para entender en detalle todo el proceso, el diagrama de Pareto, el diagrama de Ishikawa, Multivoto y el diagrama de árbol de realidad actual, estas herramientas fueron fundamentales para determinar la principal causa que afecta el proceso como tal y por lo que se determinó la propuesta del balance de líneas como una solución a los problemas detectados.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

En la actualidad, uno de los objetivos de mayor importancia para las organizaciones es la necesidad de mejorar sus niveles de eficiencia en todos sus procesos productivos, reducir costos y aumentar su calidad, por lo tanto, la importancia de aprovechar los beneficios que puede proporcionar la metodología de Balance de Líneas en áreas de producción.

El proyecto de Balanceo y Distribución de líneas, se lleva a cabo en una empresa de Logística, la cual también tiene una planta de producción en donde se reacondicionan productos de consumo masivo. La planta primeramente da el servicio a todos los clientes internos de la empresa con los cuales ya se tiene un contrato establecido, y en segundo plano a clientes externos, que de la misma forma busca brindar la mayor calidad en el servicio prometido.

Para la empresa uno de los temas de mayor relevancia es el compromiso adquirido con cada uno de los clientes, al dar el servicio no solo de almacenaje y distribución, sino también de reacondicionamiento cuando así lo requiera el cliente. Es por esta razón, que se busca tener líneas de producción bien equilibradas, corrigiendo problemas de flujo, manejo adecuado de inventario en tránsito, tiempo ocioso de operarios por una mala distribución en las líneas, entre otros temas, con el fin de mejorar la productividad.

Como primera parte, se busca definir mediante el balance y distribución de líneas una solución a los problemas de control y productividad de las líneas con mayor peso para la planta. Para ello, se realizará un análisis general de los procesos y métodos de trabajo empleados en las líneas de producción, debido a que uno de los factores de mayor importancia que requiere la planta es mejorar la productividad y disminuir los costos de producción. La operación requiere un ordenamiento en todos los procesos para poder mejorar los tiempos de producción, por lo que es importante una definición clara de lo que se desea lograr.

Se requiere una medición profunda de los procesos operativos con el fin de conocer en detalle las partes de cada línea que se desea mejorar. Uno de los factores que más afecta las líneas y que se refleja en el incumplimiento de las entregas en el tiempo requerido, es la capacidad de producción por operario, ya que no se manejan datos por proceso en donde el jefe de línea pueda constatar que los números están acordes a la productividad de cada operario y, por ende, rentabilidad en el proceso. Otro tema que afecta son los tiempos muertos, más en los arranques nuevos de líneas o cambios de lote, lo cual sucede por no tener un plan de cambio de producto establecido en las

líneas que les permita que se lleve a cabo en un tiempo no mayor a diez minutos, tomando como referencia la metodología SMED aplicada en una línea de producción. Dado a estos temas, suma la importancia de medir cada proceso con todas las variables.

Los análisis de procesos es un tema de mucha importancia para lograr los objetivos de mejorar que se busca, la forma de cómo van a ser analizados los datos tomados son una parte vital para desarrollar las propuestas y tomas de decisiones. Por ello, se consideran distintas herramientas ingenieriles para el proceso, con el fin de dar la confiabilidad que se requiere para el momento en que se tengan que tomar decisiones de cambios en los procesos, que es lo que se busca con los análisis realizados, los cuales serán la base para desarrollar los balances de línea.

La base de una implementación, o mejora de procesos, está en un adecuado análisis de los datos, dado que la confiabilidad de estos será un factor determinante para lograr los objetivos que se buscan. El balance de líneas es una herramienta con muchos beneficios, el cual, siempre va a buscar un ordenamiento óptimo en las estaciones de trabajo, resultados que afectarán positivamente cada subproceso de la línea, mejorando los tiempos de producción y aumentando la productividad.

El control de procesos en la empresa, es una de las partes de mayor importancia en el logro de objetivos, ya que permite tener en todo momento visibilidad dentro de los límites de aceptación al proceso, así como controlar que se cumplen las especificaciones de producto o requisitos del servicio dado. El control de procesos es la parte que dará una alerta para trabajar en temas de mejora o cambios en un área determinada en el momento que se detecte que existen fallos que afectan la economía de la empresa. Es fundamental, desde el punto de vista que lo que no se mide no se puede controlar ni mejorar, y cumple un papel muy importante cuando se habla de procesos de producción y balance de líneas.

Para respaldar la investigación se procedió con la búsqueda de información sobre la metodología de balance de líneas y el concepto como tal, con el fin de entender todos los temas relacionados y cuáles son los objetivos principales que busca. Cabe mencionar que el presente proyecto tiene como objetivo principal mejorar la productividad haciendo uso de esta metodología, con la cual se espera lograr los objetivos planteados para buscar una solución a los problemas que se presentan en las líneas en la planta de producción.

Generalidades de la empresa

DHL Costa Rica, es una empresa líder que brinda soluciones de logística personalizadas en todo el mundo. Cuenta con una red global compuesta por más de 220 países y territorios, y 310 mil empleados a nivel mundial.

Es una compañía reconocida a nivel mundial por dar el servicio de envíos de paquetería y todo lo que un cliente desee mover a diferentes partes y países del mundo, por medios aéreos, marítimos o terrestres; es una empresa originaria de Alemania, país donde maneja su casa matriz.

En los años 1996 dio inicios en los países de Centroamérica un nuevo negocio en el área de logística en donde comenzaron a ofrecer los servicios de almacenaje, control de inventarios y distribución, una de las empresas en su momento con la que empezaron a trabajar fue Cadbury Adams, que posteriormente paso a ser propiedad de Pozuelo.

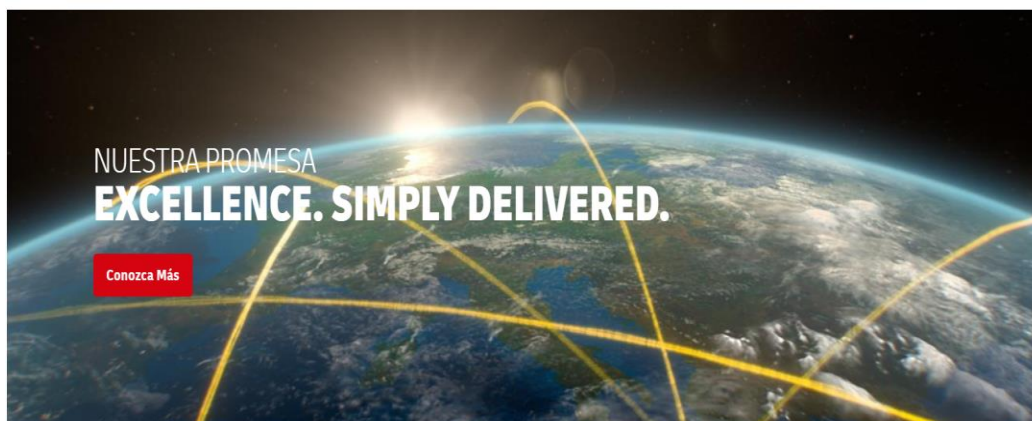
Año a año ha tenido un crecimiento importante en Costa Rica, su sede principal se encuentra en La Aurora de Heredia, 300 m este de Global Park, carretera al Real Cariari, además cuenta con centros de almacenaje y distribución en Alajuela contiguo al Aeropuerto, La Uruca y en otros lugares del país.

No mucho tiempo después se detectó un nicho de negocio importante en la parte de maquila, pues según iban llegando los clientes se detectó que muchos de sus productos requerían cambios por temas regulatorios requeridos por el Ministerio de Salud, en su información de origen para poder comercializarse en el país, como lo son etiquetado de Registros Sanitarios, cambios en el formato de fechas de vencimiento, cambios en leyendas de origen, traducción, ofertado, etc.

Entonces se analizó dar el servicio como un valor agregado a los clientes, para que no tuvieran que llevar sus productos a otros maquiladores en el país. Actualmente la empresa cuenta con dos áreas de maquila, la principal en La Aurora de Heredia, y la que está ubicada en Alajuela, donde se está llevando a cabo el proyecto.

La siguiente imagen, hace referencia a la cobertura que tiene a nivel mundial, brindado los servicios de Logística.

Figura 1: Cobertura de la empresa a nivel mundial.



DHL Costa Rica › Quiénes somos

**DHL. LOGÍSTICA PARA UN MUNDO
CONECTADO.**

Nota: DHL C.R.

Instalaciones donde se desarrolla el proyecto

A continuación se muestra una imagen de las instalaciones de DHL en la sede de Alajuela, bodegas de almacenaje y planta de producción donde se desarrolla el proyecto.

Figura 2: Instalaciones DHL C.R Alajuela



Nota: Imagen tomada de la empresa DHL CR.

Tipos de productos y servicios

La empresa DHL Costa Rica se dedica a dar el servicio de exportación e importación de paquetes, de acuerdo con las necesidades del cliente. Dentro de la empresa se han desarrollado otros segmentos como lo son DGF, (DHL Global Forwarding), IWS; esta sección se encarga de dar servicios de logística en IWS (Servicio Integrado de Almacenaje). El servicio que se brinda radica en custodiar los inventarios de diferentes clientes en almacenaje y distribución, principalmente; en esta parte es donde inicia el negocio de maquila, con el objetivo de brindar un plus extra a los clientes que tienen necesidades en el tema de reacondicionamiento, para poner sus productos en regla o bien nuevas ofertas que deseen lanzar por temporadas.

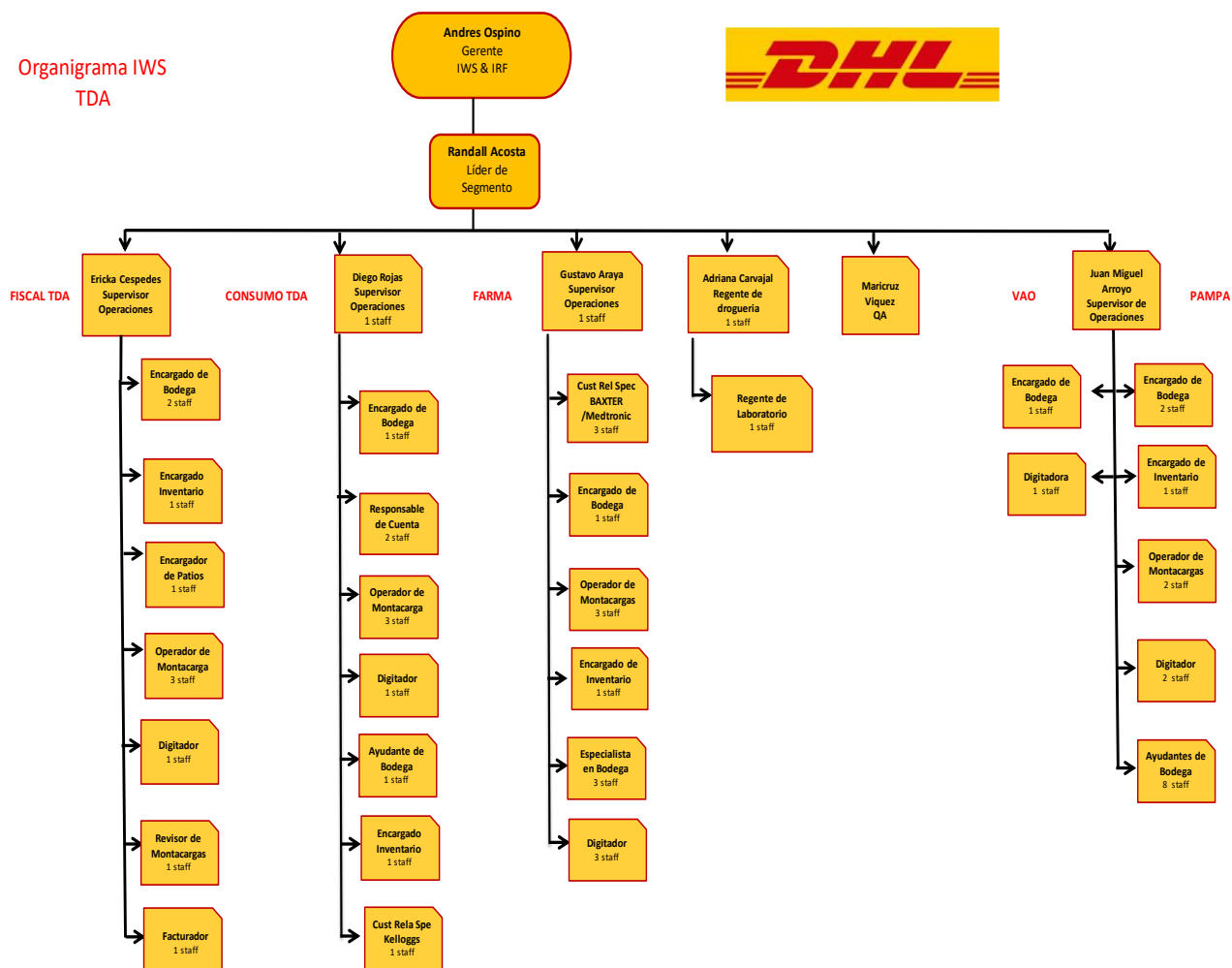
En la planta de maquila, específicamente, es donde se llevará a cabo el proyecto de balance y distribución de líneas. Dentro de los productos de mayor demanda que se trabajan se puede mencionar líneas del cliente Pozuelo, que distribuye una amplia gama de productos, especialmente galletas. También se trabajan líneas de vinos y licores, en donde la mayoría de los reacondicionamientos son etiquetados por traducción de textos, modificación en el formato de fechas de caducidad, registros sanitarios, códigos ean-13 y dum-14 entre otros.

Estructura Organizacional de la empresa

En esta sección se mostrará toda la estructura organizacional de una de las áreas de logística de la empresa, en donde se encuentra el área de maquila, lugar en que se desarrolla el proyecto. Como se observa en la figura 2, el complejo cuenta con 3 naves. La planta se encuentra en la primera nave, área en donde se les da el servicio a todos los clientes que necesiten trabajos de reacondicionamiento.

Organigrama de la empresa

Figura 3: Organigrama del Site TDA



Nota: DHL

Número de Empleados en el Site

En el siguiente cuadro, se desglosa por bodegas la cantidad de personal que hay en cada área. El complejo TDA en La Candela, Alajuela, cuenta con 3 naves y un área específica de maquila, que es la número 1, en esta área se le da el servicio de reacondicionado a todos los clientes del Site.

Tabla 1: Personal de bodegas y maquila

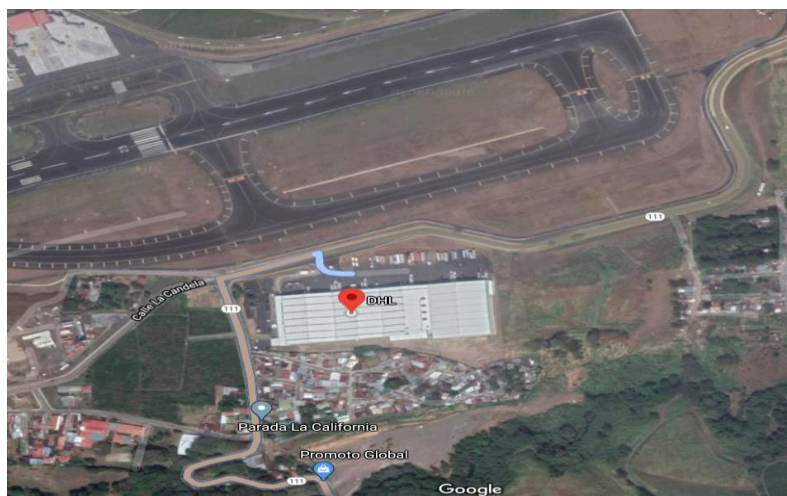
Personal DHL-TDA		
Nave	Área	Personal
1	Maquila	35
	Consumo Masivo	8
2	Consumo Masivo	41
3	Consumo Masivo	20
Total		104

Nota: Daniel Martínez M.

Ubicación Geográfica de la Empresa

La empresa se ubica en La Candela, a un costado de la pista de aterrizaje del aeropuerto Juan Santamaría. Es una ubicación estratégica, con dos entradas una por el lado de La Candela y la otra por la entrada principal que está llegando por el aeropuerto, y aún más importante aprovechar la cercanía al aeropuerto para el servicio aéreo, como se observa en la siguiente foto.

Figura 4: Ubicación de la empresa



Nota: Foto tomada de Google Map.

Misión y Visión de la Empresa

Visión

Proveer al negocio de IWS en AMLA, el análisis y la implementación de operaciones y procesos en términos de eficiencia, calidad, estandarización y mejora continua, de forma que se desarrolle un conocimiento experto local.

Misión

IWS. AMLA será reconocido por los clientes como la solución óptima de servicios logísticos en almacenaje y en distribución, mediante el uso de tecnología de punta, calidad sobresaliente y servicio estandarizado en la región.

Planteamiento del Problema

El problema consiste en la falta de control, manejo adecuado de recursos para la ejecución de actividades en las líneas de producción y, por consiguiente, la afectación en la productividad requerida por operario en las estaciones de trabajo.

En los últimos dos años, la empresa ha tenido cambios importantes en la planta de producción con la llegada de nuevos servicios de maquila provenientes de clientes internos y clientes nuevos, que la empresa ha ganado para darles el servicio de almacenaje, control de inventarios y distribución, los cuales también requieren trabajos de reacondicionamiento en sus productos para poder comercializarlos en territorio nacional.

Dado a esto, la empresa comienza a obtener desequilibrios en procesos específicos, que también terminan afectando el servicio a otros clientes, generando tiempos improductivos y atrasos inoportunos que genera un bajo rendimiento en las líneas de producción; por lo que se requiere realizar un adecuado análisis de balanceo y distribución de líneas, como herramienta fundamental para obtener los tiempos de producción por proceso requerido, que permita optimizar la producción, reduciendo tiempos y recursos, lo cual permitirá la obtención de un mejor rendimiento de los operarios.

La Operación de (VAO), Valor Agregado, es el departamento que da el servicio a todos los clientes con los que se tienen contratos de almacenaje en el Site, pero no solo eso, es una operación que, mensualmente, le genera a la empresa alrededor de 20 millones de colones solo en servicios de

maquila. Dado a estos datos, la importancia de realizar cambios haciendo uso de metodologías comprobadas, como lo es el balance de líneas, que permitan un adecuado control y manejo de todos los procesos productivos que se realizan en la planta.

Por lo tanto, la pregunta a responder es la siguiente: ¿Cómo proponer la herramienta de Balanceo y distribución de líneas, para buscar una solución a los problemas de control y baja productividad en las líneas de producción?

Basándose en los beneficios que permite obtener esta metodología aplicada en líneas de producción, será fundamental para resolver los problemas que actualmente se tienen de falta de control y baja productividad en algunas líneas, lo que permitirá a la operación tener el control de los procesos y facilitar el soporte técnico para realizar los ajustes o cambios necesarios en las líneas, con el fin de mejorar la productividad y costos de producción, como temas de mayor relevancia.

Objetivos

Objetivo General

Proponer la implementación de balance y distribución de líneas para controlar y aumentar la producción en un 15% en la línea de producción, utilizando los recursos óptimos, en la unidad de Consumo Masivo de la empresa DHL Costa Rica, ubicada en Alajuela.

Objetivos específicos

1. Determinar los factores actuales que afectan la productividad en la planta, proponiendo la metodología de balance y distribución de líneas como herramienta para resolver los problemas.
2. Medir la productividad de las líneas, para lo cual se propondrá el balance y distribución, con el fin de obtener los datos que permitan identificar los problemas de control y productividad que tienen las líneas.
3. Determinar las causas de baja productividad, mediante los análisis de datos obtenidos que están afectando las líneas de producción.
4. Definir las propuestas para el control y aumento de productividad en las líneas de producción, con base en los resultados de los análisis.

5. Formular una herramienta, que permita a la operación poder controlar la productividad en las líneas de producción por hora y turno, esta será alimentada por medio de pizarras y hojas de control que llevarán los responsables de las líneas en tiempo real, según los datos obtenidos en el balance de líneas.

Justificación

La planta de producción, que en su momento surgió como una oportunidad de negocio al identificar que cuando los clientes llegaban a DHL y traían sus productos de diferentes partes de mundo, para poder comercializarse en el país, requerían de un trabajo adicional de reacondicionamiento en sus especificaciones. Con el fin de fortalecer la relación entre cliente y empresa, surgió investigar sobre los requerimientos para ofrecer una solución a los problemas de acondicionamientos que los clientes necesitaban dentro de las mismas instalaciones, para facilitarles el trabajo de tener que coordinar las maquilas con otras empresas que se dedicaban a esta actividad, y que en la mayoría de los casos tenían que incurrir en costos adicionales por transporte, y daños en el producto por temas de manejo.

Debido a lo mencionado anteriormente, el proyecto toma vital importancia porque permite que haya un vínculo mayor entre clientes y empresa, al brindar soluciones integrales en donde se ven beneficiados con el control y manejo de sus productos, disminuyendo sus costos de transportes y daños asociados a los traslados que hacían a otros maquilados, porque ahora se les da el servicio en las mismas instalaciones. Esto también es un plus que, a nivel de mercado, les permite ser una empresa más competitiva al brindar soluciones para que los clientes prefieran quedarse en la empresa, que irse a buscar un proveedor logístico nuevo.

También es importante para la empresa, porque además de fortalecer la relación con los clientes por medio del servicio de maquila, como una solución a sus problemas, la planta de maquila es un negocio que le genera ganancias alrededor de 20 millones de colones mensuales, motivo por el cual se justifica la importancia de buscar nuevas metodologías que le permitan tener control total de sus procesos, con el fin de garantizar los márgenes de utilidad negociados en cada servicio.

Antecedentes

En los siguientes enunciados, se estará investigando la funcionalidad de distribución y balances de líneas como metodología aplicable a diferentes procesos en áreas de producción, a la vez conocer formas, metodologías aplicadas, y cuáles fueron sus conclusiones más importantes; es utilizada para mejorar la productividad en los campos aplicables, tomando en consideración que unos de los objetivos principales de un balance de línea, es hacer que los procesos sean más controlados, productivos y eficientes.

El Balance y Distribución de Líneas de producción, es una metodología aplicable en diferentes procesos productivos, como herramienta fundamental para mejorar el flujo de los procesos, requerimiento de materiales y utilización del recurso de mano de obra como factor principal de la línea. De acuerdo con el proyecto de investigación titulado: “Optimización del Sistema de Producción de la Planta de Pintura de CIAUTO Ambat con base en un Método de Balance de Líneas para los Modelos M4”, bajo una metodología de programación lineal realizado en una empresa automotriz, para la optimización de las líneas de ensamble, su objetivo es la determinación de soluciones óptimas a los problemas en los que intervienen recursos limitados entre actividades competitivas. Es un método matemático que permite asignar una cantidad fija de recursos con el fin de satisfacer las restricciones, de tal forma que, mientras se optimiza algún objetivo, se satisfacen otras condiciones definidas. De esta forma, busca simplificar el sistema de producción en las líneas de montaje y mejorar la eficiencia en la planta de ensamble.

La aplicación del método de balance de línea en las líneas de ensamble, permite ampliar nuestra óptica de aplicación en diferentes áreas, utilizando los métodos de análisis adecuados para lograr los objetivos requeridos por la empresa. (Guamán-Lozano, 2016)

De acuerdo con las diferentes áreas de aplicación en las que se puede utilizar un balance de líneas, en el proyecto de investigación “Balance de Líneas en procesos productivos”, como metodología para concretar los objetivos planteados aplicado en la empresa La Picantina, hace uso de esta metodología para mejorar sus procesos de producción y optimización de recursos, después de evidenciar problemas de control en la línea de producción de salchichas, lo cual ocasiona una baja productividad y pérdidas en los procesos productivos para la empresa. Dado los resultados en la aplicación del balance de líneas, se determina que es una metodología muy importante para una solución a los problemas de baja productividad y pérdidas en la planta de producción, por lo tanto,

se recomienda aplicarla en todos los procesos para buscar una mejora y, de esta manera, poder aumentar la productividad, haciendo uso de todos los recursos eficientemente. (Chimborazo & Ríos, 2017)

Esta investigación, efectuada bajo la metodología experimental, se desarrolla el proyecto de “optimización multi-objetivo para la programación de la producción”, que va bajo la misma línea de objetivos en los que trabaja un método de Balance de Líneas. Considerando diferentes investigaciones en busca de una solución a los problemas de optimización, se ha designado diferentes algoritmos como lo son, RIPG, EHCM, NSGAI, Sin embargo, por las opciones de versatilidad y adaptación, los más confiables para resolver problemas complejos, en este caso de optimización multi-objetivos en problemas productivos es el RIPG.

Según las investigaciones, se concluye que este algoritmo, aunque los tres son útiles para resolver problemas, obtiene de manera consistente y para todos los indicadores los mejores resultados. También es destacable el hecho de que el algoritmo NSGAI obtiene también de manera consistente mejores resultados que el algoritmo EHCM que ha sido propuesto para resolver problemas de taller de flujo híbridos multi-objetivo.

En conclusión, los beneficios de la metodología SMED, por su funcionalidad, son aplicados a las líneas de producción, indiferentemente a las características del producto y empresa, de acuerdo con las investigaciones los cuidados requeridos están basados en una buena implementación, teniendo claro cuál es el problema que se busca resolver, y todas las variables al campo de aplicación para alcanzar los objetivos. (Minella, 2014)

Los procesos productivos en las empresas, son una parte fundamental que permite el cumplimiento de metas y objetivos, razón por la cual es importante que estén lo mejor estructurados posibles para que tengan la efectividad requerida.

De acuerdo con el proyecto de investigación “Medición de productividad para la mejora de la producción en mano de obra”, se utiliza una metodología descriptivo-correlacional, porque nos permite describir y medir las dos variables del estudio, tal como lo sostiene Danke, citado por Hernández (2006), los cuales buscan especificar las propiedades, las características...de grupos, personas o cualquier fenómeno que se somete a análisis. Para el caso, ambas variables: sistema de medición de la productividad y control de la mano de obra, fueron estudiadas antes y después de la implementación del sistema de medición. Asimismo, es correlacional porque nos permite

conocer las relaciones existentes entre las dos variables con respecto a los tipos de trabajo productivo y contributivo.

En conclusión, la implementación de un sistema de medición de productividad para las líneas de producción, permitirían tener control del rendimiento de las líneas, tema que es requerido para la empresa, más cuando no se cuenta con estas herramientas que le permitan tener visibilidad en tiempo real los avances de la línea. (Negera, 2019)

De acuerdo con el artículo de Peña & Neira (2016, pp. 239-247), una de las problemáticas que tienen las industrias es el balanceo óptimo de las líneas de producción, tema que les genera grandes pérdidas por una baja productividad en sus procesos. Debido a esto, la metodología de balance aplicada bajo un modelo matemático confiable y que se adapte a las variables de análisis, es una de las opciones fácilmente aplicable a procesos productivos, con el cual pueden obtener resultados positivos aumentando la productividad, ya que les permite optimizar los procesos mediante un uso correcto de los recursos requeridos.

De acuerdo con el artículo publicado por Jaramillo & Correa (2010), se presenta como referencia a la aplicación de un algoritmo exacto para solucionar un problema simple de balanceo de líneas de ensamble, el algoritmo utilizado es la programación dinámica, en donde se muestran las ventajas y desventajas de usar este método para solucionar problemas de tipo combinatorial.

La programación dinámica fue aplicada a este problema por primera vez en el año 1963 por Held, Karp & Shareshian, quienes realizan un desarrollo matemático complejo para la aplicación de la programación dinámica a la solución del problema de balanceo de líneas, considerando restricciones de precedencia, esta investigación se valora como base para las investigaciones posteriores.

El problema de balanceo de líneas de ensamble, es uno de los más comunes en las fábricas y empresas industriales. En términos generales trata de optimizar los recursos de la línea de ensamble, ya sea minimizando estaciones de trabajo, o minimizando el tiempo de ciclo, es decir, el problema de balanceo de línea de ensamble trata de asignar las tareas en una secuencia ordenada de las estaciones, satisfaciendo las relaciones de precedencia y optimizando una función objetivo.

La investigación se realizó con el fin de conocer la funcionalidad y practicidad del uso de la programación dinámica para solucionar el problema de equilibrado de líneas de ensamble, en

donde se determina que tiene gran funcionalidad para resolver problemas de esta índole. (Jaramillo & Correa, pp. 62-67). Los temas de productividad son resultados esenciales que se esperan de un balance de línea, el artículo en cuestión, puntualiza en la investigación sobre opciones de control de productividad rápida bajo software ASD.

Se ha adoptado diferentes métodos de manera más frecuente en el desarrollo de software. Existe literatura sobre el uso de métricas como herramienta para la mejora continua en el desarrollo ágil de software (ASD); sin embargo, la literatura sobre métricas que se especialicen en medir la productividad de un equipo es muy limitada. Este artículo presenta una revisión sistemática de literatura sobre las métricas que evalúan la productividad de los equipos que construyen software en ASD. Se conocen diferentes tipos de métricas para el control de productividad, en una mayor proporción para medir la entrega temprana y frecuente de software, y el valor que agregan las tareas al producto software. Dada la importancia que tiene, se analizarán opciones de desarrollo de una herramienta rápida que permita controlar la productividad de las líneas de producción, con el fin de controlar de una forma automatizada los procesos productivos de la planta. (Hernández, G., Martínez, Á., Jiménez, R. & Jiménez, F., 2019)

El artículo, La productividad y sus factores, constituye una reflexión acerca de la productividad en los procesos organizacionales, fue elaborado a partir de la investigación de fuentes secundarias asociadas a artículos de revistas indexadas y los aportes realizados por los autores desde su experiencia académica y profesional. En este se analiza el significado y los componentes de la productividad, identificado cuáles son los factores externos e internos que determinan los niveles de productividad en las organizaciones. Seguidamente, se destaca el papel que juega el recurso humano en el alcance de las metas y objetivos propuestos a nivel empresarial, y su relación, con otros aspectos importantes de la empresa, como son los costos y la gestión de calidad. Se analiza también el impacto de los sistemas de gestión de calidad y productividad.

El factor productividad como se indica anteriormente, es esencial para el éxito de las empresas en todas sus áreas, aun mas en las plantas de producción en donde los objetivos se obtienen por el rendimiento de operarios o equipos bajo metas establecidas por persona, hora o turno. (Fontalvo-Herrera, T.J. & de la Hoz-Granadillo, E. & Morelos-Gómez, J., 2018, pp. 47-60)

Las herramientas de manufactura esbelta, son una opción importante en las plantas de producción que están relacionadas con la metodología de balanceo de líneas. De acuerdo con las

investigaciones de López-Acosta, M., Martínez-Solano, G.M., Quirós-Morales, A.F. & Sosa-Ochoa, J.A. (2011): “La empresa UTC Fire & Security, se encuentra localizada en Navojoa, Sonora, México, la cual elabora sistemas de seguridad. Esta misma empresa ha instalado una nueva línea de producción en la que se quiere implementar la filosofía de manufactura esbelta. Esta nueva línea de producción lleva funcionando seis meses (noviembre 2010 a abril de 2011) por lo que se le considera un NPI (New Product Introduction). Se desea implementar la filosofía de manufactura esbelta ya que se presentan desperdicios, principalmente el tiempo de ocio y el scrap. Para realizar esto se cronometraron las actividades de las que consta esta línea de producción para establecer el tiempo estándar a cada operario. Una vez hecho esto se calculó el takt time para balancear la línea con base en este último. Al aplicar estos métodos se pudo reducir de 10 a 7 operadores en los 3 turnos que maneja la empresa sumando un total de 9 operadores reducidos. Gracias a esto, la productividad de la línea aumentó a un 161% ya que aparte de reducir el número de operarios, se aumentó la capacidad de la línea de 303 piezas diarias a 554 piezas.”

Una de las implementaciones que la empresa realizó para obtener estos resultados, fue el balance de líneas, con el cual logro disminuir un 30 % en mano de obra en cada uno de los turnos de la empresa, aumentando de la misma forma la productividad significativamente. “En conclusión, de acuerdo con los análisis, las empresas que optan por una implementación de manufactura esbelta, persiguen una estrategia de reducción de costos al redefinir sus actividades, objetivo que también tiene el balance y distribución de líneas como tal”. (López *et al.*, 2011, p. 22)

Distribución de Planta y nuevo flujo

Las proyecciones para el proyecto están totalmente enfocadas en la parte de control y aumento de productividad de las líneas de producción.

Actualmente el departamento está en el margen de utilidad mínimo que la empresa exige mensualmente, el cual es un 20% sobre el total de los ingresos. Con el proyecto se busca como objetivo principal en proyecciones, un aumento del 15% en la producción de las líneas mediante el control y que se puedan someter a los análisis de balance y distribución de línea y, finalmente lograr un aumento en la productividad que permita también una disminución de costos de producción.

Dentro de las proyecciones que se esperan alcanzar tenemos las siguientes.

1. Analizar todas las líneas de producción con mayor impacto económico con el fin de buscar mejoras que permitan garantizar la utilidad negociada en cada servicio brindado.
2. Disminuir los costos de producción asociados al proceso, con el fin de buscar un aumento en la utilidad de las líneas.
3. Al final del proyecto, poder contar con una herramienta que facilite el control de las líneas de producción, basados en los datos del balance de líneas.
4. Disminuir el costo de mano de obra en la planta en un 10%.
5. Obtener al final del proyecto las líneas balanceadas con toda la información necesaria para poder controlar la productividad por hora y turno.
6. Lograr un aumento en la producción de las líneas a las que se sometan al balance de un 15% haciendo uso de todos los beneficios de la herramienta.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

El objetivo principal del siguiente capítulo es explicar, de manera teórica, todas las definiciones técnicas, con apoyo de lo aprendido durante toda la carrera, y cada una de las herramientas que se utilizarán en el desarrollo del proyecto.

Descripción general del proceso productivo

El proceso en general tiene buena fluidez hasta llegar al Departamento de Maquila. El departamento maneja una comunicación efectiva con las partes de bodega, así como con los clientes, esto ayuda a mantener una buena relación entre las áreas.

El proceso inicia según lo que se requiere reacondicionar, si es un servicio en donde el producto requiere una transformación en sus especificaciones, unidad de medida o empaque, el requerimiento viene directamente del cliente; caso contrario a cuando son maquilas por cambios en registros sanitarios, códigos de barra u otra especificación que no cumpla con lo establecido por el Ministerio de Salud o el cliente final.

Líneas de producción

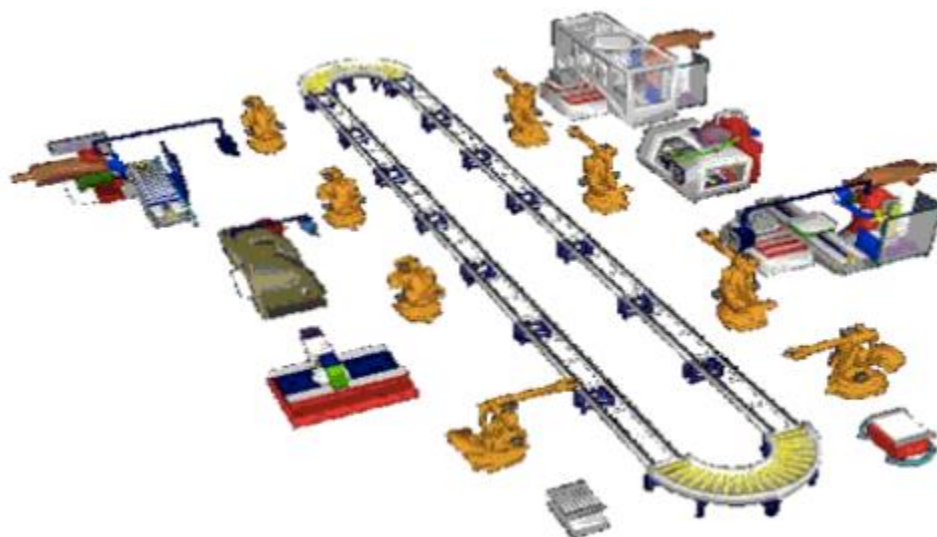
Una línea de producción, se constituye simplemente en una gran mesa de trabajo, o varias secuenciales en las cuales operan personas o máquinas. Las líneas pueden estar constituidas tanto por personas que emplean pequeñas herramientas portátiles (línea de montaje manual) como

máquinas totalmente automáticas (líneas automatizadas) o por combinaciones manuales y automáticas.

Para la aplicación del concepto de “línea” abordaremos el tema con líneas enteramente manuales y del tipo monoproducción o monomodelo, en las cuales los operarios se encuentran en una posición más o menos fija a un costado de la línea. Para la elaboración o montaje de una sola variedad de producto, pueden trasladarse dentro de un cierto entorno. En la práctica, los mismos pueden estar de pie o sentados, a uno o a ambos lados de la línea y agrupados más de un operario por “estación”.

La línea se divide en pocas/muchas “estaciones de trabajo” en las cuales se realiza una parte del trabajo de elaboración de cada producto. Esta parte del trabajo puede estar compuesta por una sola tarea o por varias. Una vez finalizadas las tareas encargadas a una estación, el producto avanza hacia la siguiente, en la cual se realizará otra serie de tareas – con o sin el agregado de partes -y así sucesivamente hasta la última estación de la cual saldrá el producto terminado. En la siguiente imagen un ejemplo del concepto de lo que es una línea de producción. (Fucci, 2014, pp. 74-75).

Figura 5: Ejemplo de una línea de producción



Nota: Fucci 2014

Línea de producción celular

La producción celular consiste en agrupar los componentes y máquinas en células, haciendo una combinación de la producción por proceso con la producción en línea, con el fin de obtener las ventajas que ofrecen ambos métodos, como son la variedad de productos y los bajos costos.

Transporte del producto de una estación a otra

La tarea de transferir el producto de una estación a otra no añade valor, pero es la clave de cualquier línea de fabricación.

Las estaciones pueden trabajar a producto quieto y por tanto, hay que dedicar un tiempo para que el producto salga de la estación antes de que entre el siguiente. Si el producto se sigue moviendo mientras el equipo de trabajo realiza su actividad, el producto entrará en la zona de actividad y se alejará de la misma, llevándose el producto del espacio natural de trabajo del equipo, aunque este no haya acabado. En este segundo caso el equipo de trabajo deberá volver a la posición original de algún modo.

El producto puede ir asociado a su soporte de manera constante, o puede ser que cambie de soporte entre estaciones consecutivas, o que el propio producto sea el soporte.

Y el soporte/producto se puede deslizar de una etapa a otra hasta tropezar con el producto anterior (o alcanzar la estación) como en una montaña rusa, o puede ir anclado a la cadena de montaje. El movimiento del soporte desde el final al origen (pasando por su limpieza) debe ser analizado también. Asimismo, es muy relevante establecer cuál es la capacidad del buffer que entre dos estaciones consecutivas se va a permitir, aunque esto se suele hacer tras haber asignado las tareas a estaciones. (García-Sabater, 2020, pp. 10-11)

Concepto de Eficiencia

La eficiencia es la acción, fuerza, producción y rendimiento de un proceso utilizando pocos recursos de forma adecuada para lograr un determinado objetivo, así también producir mayor cantidad en un tiempo menor al esperado. Esto es primordial en las empresas para lograr un efecto determinado y resultados deseados, optimizando de una forma adecuada los recursos. También es importante tener presente la economía que se segrega en lo que son costes, ingresos y beneficios, todos estos factores son indispensables para obtener una alta productividad sin malgastar tiempo ni costos asociados. (Niebel & Freivalds, 2009, p. 496)

Cálculo de la eficiencia

Una de las partes importantes para controlar y calcular de una forma adecuada, es la eficiencia de la línea o trabajadores en función de la producción y tiempo utilizado. A continuación se detalla un ejemplo sobre cómo se determina la eficiencia. (Niebel & Freivalds, 2009, p. 529)

Figura 6: Cálculo de tiempo estándar

El tiempo estándar para una operación es de 11.46 minutos por pieza. En un turno de 8 horas, se esperaría que el operario produjera

$$\frac{8 \text{ h} \times 60 \text{ min/h}}{11.46 \text{ min/pieza}} = 41.88 \text{ piezas}$$

Sin embargo, si el operario produjo 53 piezas en una jornada de trabajo dada, las horas estándar trabajadas (vea el capítulo 17) serían

$$H_e = \frac{53 \text{ piezas} \times 11.46 \text{ min/pieza}}{60 \text{ min/h}} = 10.123 \text{ h}$$

El estándar S_h expresado en horas por cada cien piezas C es

$$S_h = \frac{11.46 \text{ min/pieza} \times 100 \text{ piezas/C}}{60 \text{ min/h}} = 19.1 \text{ h/C}$$

Las horas estándar trabajadas serían:

$$H_e = \frac{19.1 \text{ h/C} \times 53 \text{ piezas}}{100 \text{ piezas/C}} = 10.123 \text{ h}$$

La eficiencia del operario sería

$$E = 100 \times 10.123/8 = 126.5\%$$

o de manera más simple

$$E = 100 \times 53/41.88 = 126.5\%$$

Nota: Niebel & Freivalds

Productividad

La productividad es una medida de qué tan eficientemente utilizamos nuestro trabajo y nuestro capital para producir valor económico. Una alta productividad implica que se logra producir mucho valor económico con poco trabajo, capital o recursos. Un aumento en productividad implica que se puede producir más con lo mismo, o bien con menos recursos. (Galindo & Ríos, 2015, p. 2)

Balanceo de líneas

El problema de determinar el número ideal de operadores que se deben asignar a una línea de producción es análogo al que se presenta cuando se desea calcular el número de operadores que se deben asignar a una estación de trabajo; el diagrama de procesos de grupo resuelve ambos problemas.

Quizá la situación de balanceo de línea más elemental, que se encuentra muy a menudo, es uno en el que varios operadores, cada uno de los cuales lleva a cabo operaciones consecutivas, trabajan como si fueran uno solo. En dicha situación, la velocidad de producción depende del operador más lento. Por ejemplo, una línea con cinco operadores que ensamblan montajes de hule enlazados antes de entrar al proceso de curado. Las tareas específicas del trabajo podrían ser las siguientes: Operador 1, 0.52 minutos; operador 2, 0.48 minutos; operador 3, 0.65 minutos; operador 4, 0.41 minutos; operador 5, 0.55 minutos. El operador 3 establece el paso, como lo evidencia la siguiente figura (Niebel & Freivalds, 2009, p. 46):

Figura 7: Balanceo de líneas

Operador	Minutos estándar para llevar a cabo la operación	Tiempo de espera con base en el operador más lento	Tiempo estándar (minutos)
1	0.52	0.13	0.65
2	0.48	0.17	0.65
3	0.65	—	0.65
4	0.41	0.24	0.65
5	0.55	0.10	0.65
Totales	2.61		3.25

Nota: Niebel & Freivalds

En la siguiente figura, se presenta la ecuación para el cálculo de la eficiencia de la línea, la cual puede calcularse como la relación entre la cantidad de minutos estándar reales y el total de minutos estándar permitidos, es decir:

Figura 8: Ecuación para el cálculo de eficiencia

$$E = \frac{\sum_1^5 SM}{\sum_1^5 AM} \times 100 = \frac{2.61}{3.25} \times 100 = 80\%$$

Nota: Niebel & Freivalds

Donde E = eficiencia

SM = minutos estándar por operación

AM = minutos estándar permitidos por operación

El número de operadores necesarios para fijar la velocidad de producción requerida puede calcularse mediante:

Figura 9: Ecuación para el cálculo de velocidad de la línea

$$N = R \times \sum AM = R \times \frac{\sum SM}{E}$$

Nota: Niebel & Freivalds

Dónde: N = número de operadores necesarios en la línea

R = velocidad de producción que se desea.

Por ejemplo, suponga que hay un nuevo diseño para el cual deseamos establecer una línea de ensamblado. Están involucradas ocho operaciones distintas. La línea debe producir 700 unidades diarias (o $700/480 = 1.458$ unidades/minuto), y debido a que queremos minimizar el almacenamiento, no deseamos producir más de 700 unidades/día. Las ocho operaciones involucran los minutos estándar siguientes con base en datos estándares existentes: Operación 1, 1.25 minutos; operación 2, 1.38 minutos; operación 3, 2.58 minutos; operación 4, 3.84 minutos; operación 5, 1.27 minutos; operación 6, 1.29 minutos; operación 7, 2.48 minutos; y operación 8, 1.28 minutos. Para planear esta línea de ensamblado con el fin de lograr la configuración más económica, calculamos el número de operadores que se requieren para un nivel de eficiencia determinado (idealmente, 100%), de la manera siguiente:

Figura 10: Cálculo del número de operadores

$$N = 1.458 \times (1.25 + 1.38 + 2.58 + 3.84 + 1.27 + 1.29 + 2.48 + \frac{1.28}{1.00}) = 22.4$$

Nota: Niebel & Freivalds

Para obtener una eficiencia más realista de 95%, el número de operadores debe ser de $22.4/0.95 = 23.6$.

Puesto que es imposible tener seis décimas de operador, es necesario configurar la línea utilizando 24 operadores. Un método alternativo sería utilizar operadores a tiempo parcial que trabajen por hora.

A continuación se calcula el número de operadores que se utilizarán en cada una de las ocho operaciones específicas. Puesto que se requieren de 700 unidades de trabajo al día, será necesario producir 1 unidad en aproximadamente 0.685 minutos (480/700). Calculamos el número de operadores necesarios para cada operación dividiendo el número de minutos permitidos para producir una pieza entre los minutos estándar para cada operación, de la manera siguiente:

Figura 11: Cálculo del tiempo estándar

Operación	Minutos estándar	Minutos estándar	
		Minutos/unidad	Número de operadores
Operación 1	1.25	1.83	2
Operación 2	1.38	2.02	2
Operación 3	2.58	3.77	4
Operación 4	3.84	5.62	6
Operación 5	1.27	1.86	2
Operación 6	1.29	1.88	2
Operación 7	2.48	3.62	4
Operación 8	1.28	1.87	2
Total	15.37		24

Nota: Niebel & Freivalds

Para identificar la operación más lenta, dividimos el número estimado de operadores entre los minutos estándar asignados a cada una de las ocho operaciones. Los resultados se muestran en la tabla siguiente.

Figura 12: Identificación de operación más lenta

Operación 1	$1.25/2 = 0.625$
Operación 2	$1.38/2 = 0.690$
Operación 3	$2.58/4 = 0.645$
Operación 4	$3.84/6 = 0.640$
Operación 5	$1.27/2 = 0.635$
Operación 6	$1.29/2 = 0.645$
Operación 7	$2.48/4 = 0.620$
Operación 8	$1.28/2 = 0.640$

Nota: Niebel & Freivalds

Por lo tanto la operación 2 termina la salida de la línea. En este caso esta es:

$$2 \text{ Trabajadores} \times 60 \frac{\text{min}}{1.38} \text{ min estandar} = 87 \text{ piezas o } 697 \text{ piezas por día.}$$

Dentro de las diferentes líneas se pueden identificar tres tipos de balanceo, los cuales se indicarán seguidamente. (Niebel & Freivalds, 2009, pp. 46-47)

Tradicional

Se balancea dependiendo del tiempo de la estación más tardada, la cual marcará el tiempo mayor de tiempo de ciclo por estación.

El método Tradicional consiste en balancear o crear estaciones de trabajo con base en la operación o actividad más tardada, sin que ninguna otra estación rebase el tiempo de dicha actividad.

Pasos:

1. Realizar el diagrama PERT.
2. Tomar la actividad más tarda.
3. Agrupar las actividades de acuerdo con el tiempo de ciclo (en este caso la actividad más tarda).

Peso posicional

Se saca el tiempo posicional de cada operación y se acomodan en orden descendiente de modo que las de mayor tiempo sean las estaciones que se atiendan primero en el reparto de operaciones.

Método de Peso Posicional, consiste en hacer una relación entre los tiempos de las actividades secuenciales de acuerdo con su tiempo y al diagrama PERT, el tiempo de ciclo de este método se determina mediante la siguiente relación: Tiempo de ciclo: (Tiempo disponible)/(Producción). En este método no se puede rebasar el tiempo de ciclo.

Heurístico

Se realiza dependiendo de la cantidad de operadores o de estaciones que se tengan para hacer el balance de esa línea.

Método Heurístico, este método consiste en trabajar con las condiciones con las que se cuentan, es decir, con el número de operadores disponibles. En este caso se determina el tiempo de ciclo de

productividad de un proceso, tales como: inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las entregas parciales de producción.

El objetivo fundamental de un balanceo de línea corresponde a igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso.

Pasos para la implementación del balance de líneas

Es importante para la implementación de un balance de líneas, tener conocimiento del proceso y todos los detalles relacionados a la línea. A continuación se mencionarán puntos principales que deben tenerse en consideración para trabajar un balance de líneas.

- Realizar paso a paso el proceso, también se puede hacer con un diagrama de flujo, con el fin de tener claridad de todo el proceso de principio a fin.
- Determinar el orden o la secuencia en las que se deben de llevar a cabo todas las tareas.
- Tomar datos de tiempos por subproceso en cada una de las estaciones de trabajo.
- Trabajar los datos para estimar los tiempos de producción.
- Calcular el tiempo ciclo.
- Calcular el tiempo mínimo de las estaciones de trabajo.
- Con base en los datos y tiempos tomados, trabajar en el balanceo de la línea haciendo los ajustes en cada una de las estaciones de trabajo. (Niebel & Freivalds, 2009, p. 45)

Holgura

Si se desea desarrollar estándares justos, la determinación de holguras o suplementos debe ser correcta. Antes de introducir el muestreo del trabajo, con frecuencia los analistas determinaban las holguras por razones personales y demoras inevitables, tomaban una serie de estudios durante todo el día de varias operaciones y después promediaban los resultados. De esta manera, registraban, tomaban tiempo y analizaban los viajes al baño, a la fuente de agua, las interrupciones, etc. Aunque este método proporcionaba una respuesta, era costoso y consumía mucho tiempo, y resultaba fatigoso tanto para el analista como para el operario. (Niebel & Freivalds, 2009, p. 343)

A través del estudio de muestreo del trabajo, los analistas toman un gran número de observaciones (usualmente más de 2000) en distintos momentos del día y de diferentes operarios. Pueden dividir el número total de ocurrencias de inactividad legítimas que involucran a operarios normales entre

el número total de observaciones del trabajo. El resultado es igual al porcentaje de holgura que debe asignarse al operario de la clase de trabajo que se estudia. Los diferentes elementos que entran en las demoras personales e inevitables pueden mantenerse separados y se puede determinar una holgura equitativa para cada clase o categoría. (Niebel & Freivalds, 2009, p. 343)

Tiempo estándar

El muestreo del trabajo puede ser muy útil para establecer los estándares de tiempo para las operaciones de mano de obra directa e indirecta. La técnica es la misma que la que se utiliza para determinar holguras. El analista debe tomar un gran número de observaciones aleatorias. El porcentaje del total de observaciones en las que el operario está trabajando se aproxima al porcentaje del tiempo total de ese estado.

En la tabla N.º 3, se enlista la información necesaria para los cálculos, las fuentes de información y los datos específicos que se consideran en este ejemplo del operario de un taladro de prensa.

Figura 13: Cálculo de tiempo estándar

$$T_O = \frac{T}{P} \times \frac{\sum n_i}{n} = \frac{480}{420} \times 0.85 = 9.071 \text{ min}$$

Nota: Niebel & Freivalds

El tiempo normal (TN) se encuentra escalando el tiempo observado de acuerdo con la tasa promedio R:

Figura 14: Cálculo tiempo estándar promedio

$$T_N = T_O \times \frac{\hat{R}}{100} = 9.071 \times \frac{110}{100} = 1.069 \text{ min}$$

Nota: Niebel & Freivalds

Tabla 3: Cálculo de muestreo

Información	Fuente	Datos
Día total de trabajo (activo + inactivo)	Tarjeta de tiempo	480 minutos
Número de unidades taladradas	Departamento de inspección	420 unidades
Fracción trabajada	Muestreo del trabajo	85%
Tasa promedio	Muestreo del trabajo	110%
Holguras	Muestreo del trabajo	12%

Nota: Daniel Martínez M.

Por último, el tiempo estándar se encuentra sumando las holguras (mediante el enfoque del multiplicador) al tiempo normal:

Figura 15: Tiempo estándar más holgura

$$TS = TNX (1 + holgura) = 1.069 \times (1.15) = 1.229 \text{ min}$$

Nota: Niebel & Freivalds

De manera más específica, el tiempo observado para un elemento dado se calcula a partir del tiempo de trabajo dividido entre el número de unidades producidas durante ese tiempo:

Figura 16: Cálculo de tiempo observado

$$TO = \frac{T}{P} X \frac{ni}{n}$$

Nota: Niebel & Freivalds

Dónde: T = tiempo total

n_i = número de ocurrencias para el elemento i

n = número total de observaciones

P = producción total por periodo estudiado

El tiempo normal (TN), se encuentra multiplicando el tiempo observado por la tasa promedio:

Figura 17: Cálculo de tiempo normal

$$TN = TO \times \frac{\hat{R}}{100}$$

Nota: Niebel & Freivalds

Dónde \hat{R} = tasa promedio de desempeño = $\Sigma R/n$. Por último, el tiempo estándar se encuentra sumando las holguras al tiempo normal. (Niebel & Freivalds, 2009, pp. 45-47)

Número de operadores

El número mínimo de operadores, n, necesaria para llevar a cabo la programación se calcula con la siguiente ecuación:

$$n = \Sigma$$

te. N/T

Tiempo del ciclo

El tiempo de ciclo, denotado como c, es una medida del tiempo entre dos unidades que salen al final de la línea. Esta medida se calcula como:

$$C = T/N$$

Donde T es el tiempo de desplazamiento y N es la secuencia de cambios.

Tiempo disponible

Es la cantidad de tiempo efectivo que se tiene para trabajar restándole el tiempo de descansos, refrigerios, preparaciones, mantenimiento, entre otros.

Takt time

Es el tiempo en el que se debe obtener una unidad de producto. Es un término muy conocido en la manufactura el cual se utiliza para establecer el tiempo que se debe tardar en completar una unidad para cumplir con la demanda.

TT=Tiempo disponible para la demanda

$\frac{\text{Número de unidades requerida para la demanda}}{\text{Número de unidades requerida para la demanda}}$

Takt time real (actual takt time)

Es el tiempo real que toma producir un vehículo o un componente del mismo. Depende de muchos factores tales como el tiempo de arranque, el estado del stock de unidades, la frecuencia de paros de línea, ineficiencias, entre otros.

ATT= TT x n

Diagrama de Flujo

Los diagramas de flujo son una manera de representar visualmente el flujo de datos a través de sistemas de tratamiento de información. Los diagramas de flujo describen qué operaciones y en qué secuencia se requieren para solucionar un problema dado.

Un diagrama de flujo u organigrama es una representación diagramática que ilustra la secuencia de las operaciones que se realizarán para conseguir la solución de un problema. Los diagramas de flujo se dibujan generalmente antes de comenzar a programar el código frente a la computadora. Los diagramas de flujo facilitan la comunicación entre los programadores y la gente del negocio. Estos diagramas de flujo desempeñan un papel vital en la programación de un problema y facilitan la comprensión de problemas complicados y sobre todo muy largos. Una vez que se dibuja el diagrama de flujo, llega a ser fácil escribir el programa en cualquier idioma de alto nivel. Vemos a menudo cómo los diagramas de flujo nos dan ventaja al momento de explicar el programa a otros. Por lo tanto, está correcto decir que un diagrama de flujo es una necesidad para la documentación mejor de un programa complejo.

Para la elaboración de un diagrama de flujo, se requiere cumplir con la utilización de diferentes símbolos que están asociados a cada tarea del proceso, en la siguiente tabla un ejemplo de esta.

Funcionalidad del Diagrama de Flujo

La funcionalidad del diagrama de flujo para el análisis de los procesos de una empresa es de mucha importancia, seguidamente se enlistan varias de las ventajas de un diagrama de flujo.

- ✓ Ayudar a comprender qué es un proceso y cuál es el objetivo del proceso que se está representando en la organización.
- ✓ Ahorro de tiempo en el análisis de los pasos que sigue un proceso.
- ✓ Facilitar un impacto visual que hace que los procesos sean más visibles facilitando su comprensión global.
- ✓ Contribuir a realizar un análisis profundo y exhaustivo del proceso, proporcionando información sobre posibles mejoras.
- ✓ Establecer un buen punto de partida para documentar tus procesos y elaborar los procedimientos.
- ✓ Identificar pasos clave de cada proceso donde pueda existir un riesgo o este paso pueda ser crítico para la consecución del objetivo del proceso.
- ✓ Ofrecer ayuda para analizar la efectividad y eficiencia de los procesos al poder visualizar qué valor aporta cada paso en la consecución del objetivo del proceso
- ✓ Animar a que los empleados puedan participar en el dibujo y representación gráficos de los procesos que ellos desarrollan.
- ✓ Ofrecer una herramienta básica para realizar un análisis de procesos dentro de tu organización. (Torres, 2018)

Árbol Crítico de la Calidad CTQ

El Árbol crítico de la calidad (CTQ, por sus siglas en inglés) es un diagrama en el que se muestran los indicadores de calidad que permiten medir y determinar la calidad de un producto y/o servicio de una forma cuantitativa y cualitativa. Para desarrollar el Árbol CTQ, la organización necesita identificar al cliente o usuario, las necesidades críticas que el producto y/o servicio debe satisfacer, los controladores de calidad y los requisitos de rendimiento. Su elaboración implica la jerarquización de prioridades en el resultado y la eliminación de aquellos rasgos que no son fundamentales para satisfacer las exigencias del cliente.

Uno de los atributos más importantes de un Árbol CTQ es que viene trasladado directamente de la voz del cliente (VOC, por sus siglas en inglés) y esto nos da un panorama completo de las necesidades reales del cliente. (Pacheco, 2018, p. 1)

Utilidad del Diagrama de Árbol

- Un diagrama de árbol es muy útil en la toma de decisiones en negocios, se utiliza en la planificación estratégica, al estudiar una investigación de mercado, y al abordar ciertas conclusiones.
- En el mundo de financiamiento, los bancos y prestamistas usan esta herramienta para calcular el riesgo y las oportunidades de inversión.
- Son muy útiles en las infografías.
- En general los árboles se usan para evaluar cualquier inquietud, pregunta y/o visualizar los posibles resultados.
- En el mundo de la ciencia, un diagrama de árbol es útil en la resolución de problemas de experimentos compuestos, es decir donde se llevan a cabo más de un experimento aleatorio.
- Resultan una buena herramienta para mantener el equipo de trabajo vinculado con las metas y submetas de una tarea, de modo tal que se comprenda en general las acciones llevadas a cabo.
- Permite destacar la importancia de establecer soluciones a los problemas detectados, además de identificar las consecuencias o posibles problemas que generarían las soluciones planteadas. A fin de detectar la mejor opción posible entre las diferentes que se presentan. (Pacheco, 2018, p. 1)

Distribución de Planta de producción

La distribución de planta consiste en la ordenación física de los factores y elementos industriales que participan en el proceso productivo de la empresa, en la distribución del área, en la determinación de las figuras, formas relativas y ubicación de los distintos departamentos.

El principal objetivo es que esta disposición de elementos sea eficiente, y se realice de forma tal, que construya satisfactoriamente de los fines fijados por la empresa.

Otra visión del problema lo proporciona aquella definición según la cual la distribución en planta es un compromiso entre los recursos que se poseen, y los bienes y/o servicios que se quieren proporcionar.

Sea cual sea la situación desencadenante por la cual se acomete el estudio sobre la implantación de una distribución en planta, necesariamente se englobará dentro de alguna de las categorías que se mencionan a continuación:

- Proyecto de una planta completamente nueva
- Por expansión o traslados
- Por reordenamiento de una distribución ya existente
- Por ajustes o reacomodos menores en una distribución ya existente. (De la Fuente & Fernández-Quesada, 2005, p. 6)

Importancia de una Distribución de Planta adecuada

La distribución de plantas en toda empresa o departamento cumple una función fundamental debido a que, de acuerdo con esta, así como se puede ver altamente beneficiada, también se puede ver muy afectada.

Una distribución de planta adecuada, va a ayudar a que haya fluidez en los procesos, y buena relación en los departamentos. (De la Fuente & Fernández-Quesada, 2005, p. 6)

Lluvia de ideas

Consiste en dar la posibilidad a grupos de personas para que expongan sus ideas, las cuales se van perfeccionando a medida que avanzan las intervenciones, esta herramienta se sostiene debido a cuatro reglas básicas, sin embargo, la informalidad del proceso genera una atmósfera de libertad.

Las reglas son las siguientes:

- ✓ Estimulación de ideas atrevidas
- ✓ Análisis de las ideas de otros
- ✓ Lograr la mayor cantidad de ideas (Stincer-Gómez, 2012, p. 117)

Diagrama Causa Efecto (Ishikawa)

Los diagramas de pescado, también conocidos como diagramas causa-efecto, fueron desarrollados por Ishikawa a principios de los años cincuenta mientras trabajaba en un proyecto de control de calidad para Kawasaki Steel Company. El método consiste en definir la ocurrencia de un evento o problema no deseable, esto es, el efecto, como la “cabeza del pescado” y después, identificar los factores que contribuyen a su conformación, esto es, las causas, como las “espinas del pescado” unidas a la columna vertebral y a la cabeza del pescado. Por lo general, las principales causas se subdividen en cinco o seis categorías principales humanas, de las máquinas, de los métodos, de los materiales, del medio ambiente, administrativas, cada una de las cuales se subdividen en subcausas. (Niebel & Freivalds, 2009, p. 19)

Los diagramas de pescado han tenido mucho éxito en los círculos de calidad japoneses, donde se espera la contribución de todos los niveles de trabajadores y gerentes. Se puede demostrar que dichos diagramas no han tenido tanto éxito en la industria de Estados Unidos, donde la cooperación entre el trabajo y la administración puede ser menos eficiente en la producción de las soluciones y resultados deseados (Cole, 1979).

Multivoto

Es una técnica grupal que tiene como objetivo reducir una lista de ideas a ideas principales o ideas raíz. Se buscan las ideas más convenientes, urgentes, y más accesibles.

En el cuadro siguiente se observa un ejemplo de cómo se puede desarrollar la votación según las causas identificadas en la lluvia de ideas, que una vez se tienen, se colocan en la tabla y se le asigna una puntuación para darle peso a las causas, finalmente se ordenan de mayor a menor para identificar cuáles tienen mayor peso con base en las votaciones. (Stincer-Gómez, 2012, p. 118)

Tabla 4: Votación ponderada

# Ítem	CAUSA	Puntaje Asignado
1	Métodos de armado	
2	Máquinas en mal estado	
3	Problemas de reabastecimiento	
4	Problemas de flujo en la línea de producción	
5	El horno no funciona correctamente	
6	No hay control adecuado de materia prima y suministros	
7	Falta de iluminación y ventilación en bodega	
8	No hay plan de higiene y seguridad	
9	Exceso de confianza en la ejecución de labores	
10	No hay procedimientos ni protocolos documentados	
11	No hay indicadores	
12	No hay seguimiento a problemas presentados	

Nota: Daniel Martínez M.

Beneficios del Diagrama Causa Efecto

Un buen diagrama tendrá varios niveles de espinas y proporcionará un buen panorama del problema y de los factores que contribuyen a su existencia. Después, los factores se analizan de manera crítica en términos de su probable contribución a todo el problema. Es posible que este proceso también tienda a identificar soluciones potenciales.

Implementación del Diagrama

La elaboración de un diagrama de Ishikawa gira en torno a una lluvia de ideas que tiene como enfoque un problema o situación. En este sentido, puede ser útil considerar técnicas de generación de ideas que permitan «exprimir» al máximo a los asistentes. A continuación los pasos para desarrollar un diagrama de pescado. (Betancourt, 2016)

- ✓ Definir y escribir el problema, situación o evento que se desea analizar.
- ✓ Haz una lluvia de ideas de causas probables de lo escrito en la cabeza del diagrama
- ✓ Analiza el problema desde cada una de las espinas mayores.
- ✓ Analiza el problema desde el segundo nivel de causas:
- ✓ Continúa profundizando en las causas según sea necesario:
- ✓ Completa las otras causas probables:
- ✓ Si el grupo se queda sin ideas, centra la atención en aquellas espinas donde las ideas son pocas.

- ✓ Finalizado el diagrama, analiza las causas obtenidas y determina en cuáles se va a actuar.

Matriz FODA

Estas siglas provienen del acrónimo en inglés SWOT (strengths, weaknesses, opportunities, threats); en español, aluden a fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. El análisis FODA consiste en realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles que, en su conjunto, diagnostican la situación interna de una organización, así como su evaluación externa, es decir, las oportunidades y amenazas. También es una herramienta que puede considerarse sencilla y que permite obtener una perspectiva general de la situación estratégica de una organización determinada. Thompson y Strickland (1998) establecen que el análisis FODA estima el efecto que una estrategia tiene para lograr un equilibrio o ajuste entre la capacidad interna de la organización y su situación externa, esto es, las oportunidades y amenazas.

Fortalezas

Son las capacidades especiales con que cuenta la empresa y que le permite tener una posición privilegiada frente a la competencia. Recursos controlados, capacidades y habilidades poseídas, actividades desarrolladas positivamente.

Oportunidades

Son aquellos factores que resultan positivos, favorables, explotables, que se deben descubrir en el entorno donde actúa la empresa y que permiten obtener ventajas competitivas.

Debilidades

Son aquellos factores que provocan una posición desfavorable frente a la competencia, recursos de los que se carece, habilidades que no se poseen, actividades que no se desarrollan positivamente, entre otros.

Amenazas

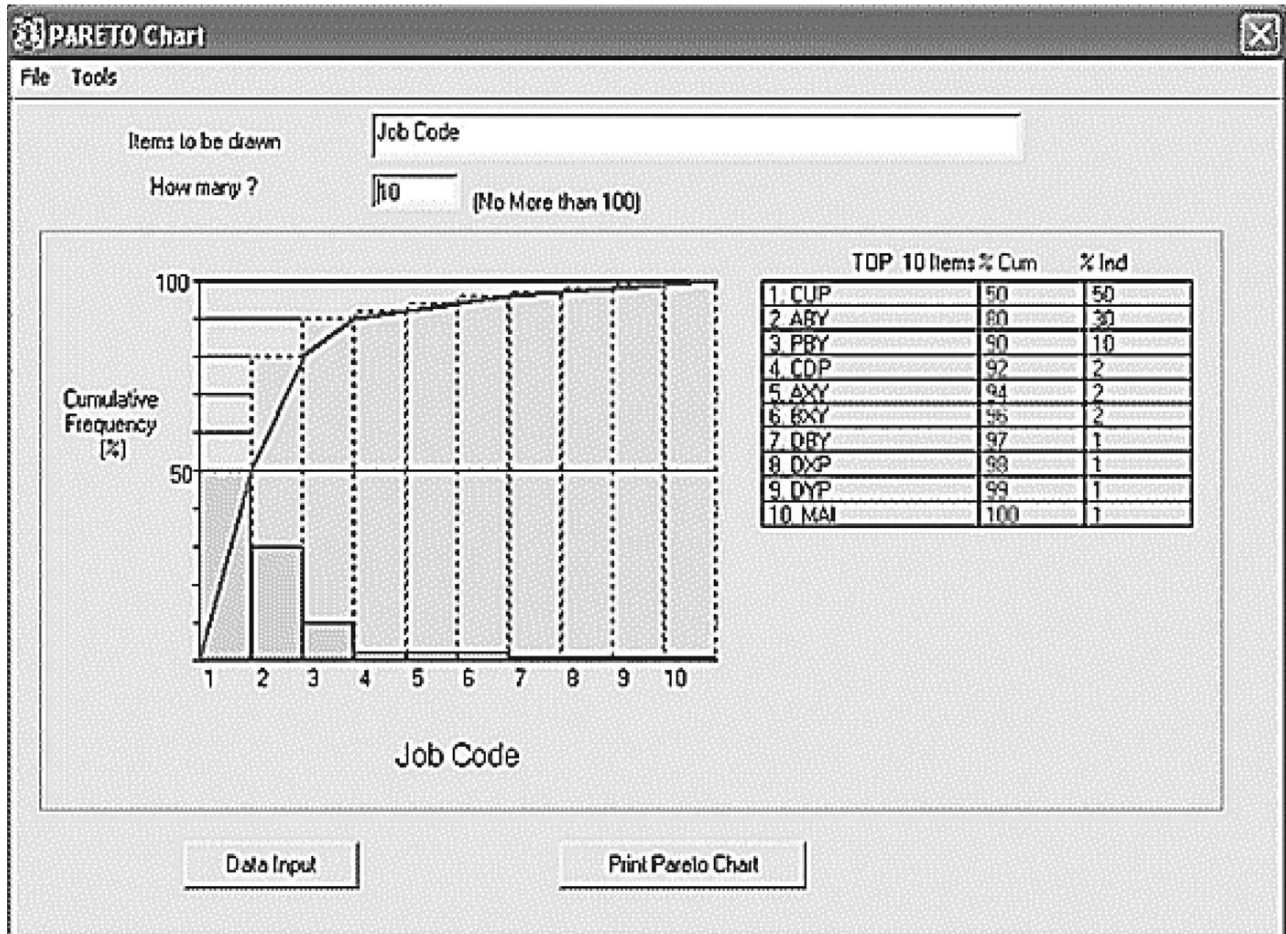
Son aquellas situaciones que provienen del entorno y pueden llegar a atentar incluso contra la permanencia de la organización. (Ponce-Talancón, 2007, pp. 114-115)

Diagrama de Pareto

Las áreas del problema pueden definirse mediante una técnica desarrollada por el economista Vilfredo Pareto para explicar la concentración de la riqueza. En el análisis de Pareto, los artículos de interés son identificados y medidos con una misma escala y luego se ordenan en orden descendente, como una distribución acumulativa. Por lo general, 20% de los artículos evaluados representan 80% o más de la actividad total; como consecuencia, esta técnica a menudo se conoce como la regla 80-20. Por ejemplo, 80% del inventario total se encuentra en sólo 20% de los artículos del inventario, o 20% de los trabajos provocan aproximadamente 80% de los accidentes, o 20% de los trabajos representan 80% de los costos de compensación de los empleados. Conceptualmente, el analista de métodos concentra el mayor esfuerzo sólo en algunos pocos trabajos que generan la mayor parte de los problemas. En muchos casos, la distribución de Pareto puede transformarse en una línea recta utilizando la transformación log normal, a partir de la cual se pueden hacer más análisis cuantitativos. (Niebel & Freivalds, 2009, p. 18)

En la N.º 17 se presenta un ejemplo de la aplicación del diagrama de Pareto, donde el veinte por ciento de los códigos de trabajo provocan alrededor de 80 por ciento de los accidentes.

Figura 18: Gráfica de Pareto



Nota: Niebel & Freivalds

Beneficios del Diagrama de Pareto

Los beneficios del diagrama de Pareto puesto en función como análisis de un proceso, son muy importantes amigables de entender por la forma de representar los resultados. A continuación se detallan varios de los beneficios.

- ✓ Es el primer paso para la realización de mejoras.
- ✓ Canaliza los esfuerzos hacia los “pocos vitales”.
- ✓ Ayuda a priorizar y a señalar la importancia de cada una de las áreas de oportunidad.
- ✓ Se aplica en todas las situaciones en donde se pretende efectuar una mejora, en cualquiera de los componentes de la calidad del producto o servicio.

- ✓ Permite la comparación entre antes y después, ayudando a cuantificar el impacto de las acciones tomadas para lograr mejoras.
- ✓ Promueve el trabajo en equipo ya que se requiere la participación de todos los individuos relacionados con el área para analizar el problema, obtener Información y llevar a cabo acciones para su solución. (González, 2012, p. 1)

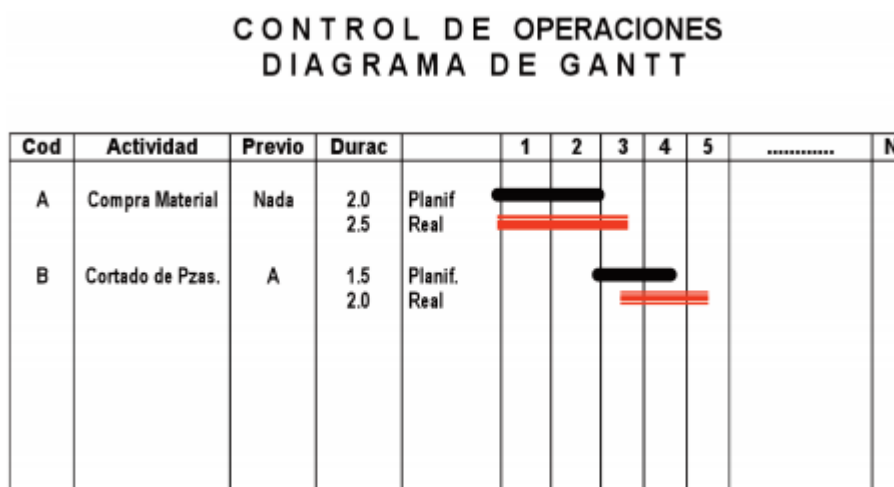
Implementación del Diagrama

- ✓ Seleccionar categorías lógicas para el tópico de análisis identificado (incluir el periodo de tiempo).
- ✓ Reunir datos. La utilización de un Check List puede ser de mucha ayuda en este paso.
- ✓ Ordenar los datos de la mayor categoría a la menor.
- ✓ Totalizar los datos para todas las categorías.
- ✓ Calcular el porcentaje del total que cada categoría representa.
- ✓ Trazar los ejes horizontales (x) y verticales (y primario - y secundario)
- ✓ Trazar la escala del eje vertical izquierdo para frecuencia (de 0 al total, según se calculó anteriormente).
- ✓ De izquierda a derecha trazar las barras para cada categoría en orden
- ✓ descendente. Si existe una categoría “otros”, debe ser colocada al final, sin importar su valor. Es decir, que no debe tenerse en cuenta al momento de ordenar de mayor a menor la frecuencia de las categorías.
- ✓ Trazar la escala del eje vertical derecho para el porcentaje acumulativo, comenzando por el 0 y hasta el 100%.
- ✓ Trazar el gráfico lineal para el porcentaje acumulado, comenzando en la parte superior de la barra de la primera categoría (la más alta).
- ✓ Dar un título al gráfico, agregar las fechas de cuando los datos fueron reunidos y citar la fuente de los datos.
- ✓ Analizar la gráfica para determinar los “pocos vitales”. (González, 2012)

Diagrama de Gantt

Los diagramas de Gantt, son un sistema gráfico que se ejecuta en dos dimensiones; en el eje de abscisas se coloca el tiempo y en el eje de ordenadas se colocan las actividades a desarrollar. Este diagrama es muy útil para mostrar la secuencia de ejecución de operaciones de todo un paquete de trabajo y tiene la virtud de que puede utilizarse tanto como una herramienta de planificación así como una herramienta de seguimiento y control, tal cual se muestra en la figura. (Terrazas-Pastor, 2011, p. 10)

Figura 19: Representación de Diagrama de Gantt



Nota: Planificación y programación Art. N.º 28, 2º

Funcionalidad del Diagrama de Gantt

Los diagramas de Gantt, pueden ser utilizados muy apropiadamente en la planificación de la ejecución de actividades previas para el desarrollo de proyectos. En este sentido, se debe hacer primero, una lista de todas las actividades a considerar para el proyecto; calcular los tiempos de ejecución y secuencia, luego estimar los costos asociados y los tiempos totales hasta la puesta en marcha. Todas estas actividades se plantean en un calendario o cronograma de ejecución usando los diagramas de barras. (Terrazas-Pastor, 2011, p. 11)

Beneficios del Diagrama de Gantt

Los diagramas de Gantt tienen la versatilidad de poderse usar en diferentes gestiones en la empresa.

Algunas de las partes donde se pueden usar son:

- La planificación y programación de actividades en resolución de problemas.
- La planificación y programación de tareas derivadas de procesos de mejora.
- La planificación y programación de proyectos.
- La planificación y programación de planes de acción.
- La planificación y programación de planes de acción
- Control de la programación de la producción.

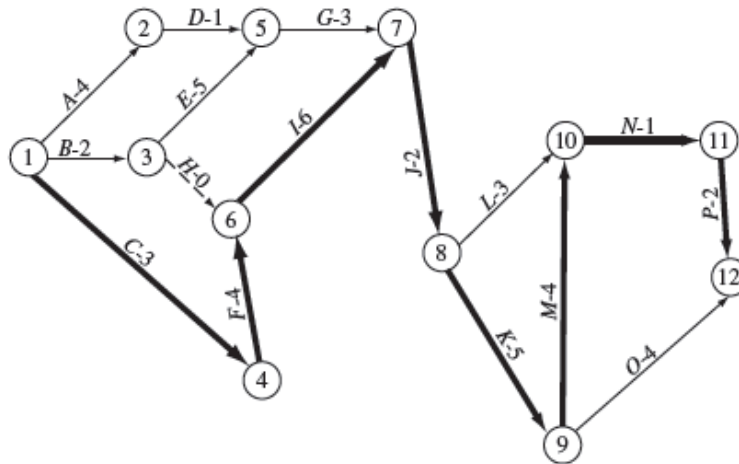
Dentro de los beneficios que nos puede proporcionar la herramienta del diagrama de Gantt tenemos:

- Organización de tareas
 - Permite controlar de una forma secuencial las tareas asignadas
 - Permite dar una visibilidad clara sobre la marcha de cada tarea en cuanto a los tiempos de inicio y fin.
 - Es de mucha utilidad para otras personas o departamentos no involucrados en el proyecto.
 - Habla bien de la persona que presenta, demuestra el conocimiento del director del proyecto.
- (Terrazas-Pastor, 2011, p. 11)

Diagrama PERT

PERT, Program Evaluation and Review Technique, que significa Técnica de Revisión y Evaluación de Programas. Un diagrama de PERT, también conocido como diagrama de red o método de la ruta crítica, es una herramienta de planeación y control que retrata de manera gráfica la forma óptima de obtener un objetivo predeterminado, generalmente en términos de tiempo. Esta técnica fue utilizada por las fuerzas armadas estadounidenses para diseñar procesos tales como el desarrollo del misil Polaris y la operación de sistemas de control de submarinos nucleares. Normalmente, los analistas de métodos utilizan los diagramas de PERT para mejorar la programación mediante la reducción de los costos y la satisfacción del cliente. (Niegel & Freivalds, 2009, pp. 20-22)

Figura 20: Representación de Gráfico Pert



Nota: Niebel & Freivalds

Los números dentro de círculos son nodos que representan el comienzo y el final de las actividades que están representadas como líneas. Los valores sobre cada línea representan la duración normal de esa actividad en semanas. Los números dentro de círculos son nodos que representan el comienzo y el final de las actividades que están representadas como líneas. Los valores sobre cada línea representan la duración normal de esa actividad en semanas.

Beneficios del Diagrama PERT

- Mejora la planificación del proyecto y la toma de decisiones.
- Mayor integración y presentación de datos.
- Optimiza la evaluación de los tiempos de ejecución.
- Da a cada actividad un tratamiento individual y otro integrado.
- Facilita la identificación de puntos críticos.

Toma Tiempos

Es el proceso de medición de tiempos que se realiza en una actividad o tarea, para obtener todos los datos requeridos para ser sometidos a análisis de acuerdo con lo que se requiera obtener. Para la toma de tiempos es importante que el evaluador tenga conocimientos de las variables de lo que va a medir, y un producto objetivo el cual es lo que desea medir. Dentro de los pasos requeridos para realizar el estudio se pueden mencionar 6 pasos:

- Preparación para ejecutar el estudio,
- Ejecución del estudio,
- Valoración del ritmo de trabajo,
- Suplementos del estudio de tiempos,
- Cálculo del tiempo tipo o estándar, y
- Asignación de trabajo compartiendo tareas. (López, Alarcón & Rocha, 2014, p. 187)

Instrumentos para la toma de datos

Los instrumentos para la toma de tiempos de operación son los cronómetros, tableros, tacómetros, entre otros. La toma de tiempos que se realiza es con un cronómetro. Estos son aparatos movidos regularmente por un mecanismo de relojería que puede ponerse en marcha para usarse a voluntad del operador.

Formato de hoja de tiempos

La hoja de tiempos es aquella donde se anotarán datos como el nombre del producto, nombre de la pieza, nombre del operario, nombre de la máquina, nombre del analista, fecha, hora de inicio, hora final.; estos datos van en la parte superior de la hoja.

En esta hoja se transcriben los datos obtenidos en el estudio de tiempos, como: los ciclos cronometrados, la calificación del operario, promedio de la calificación y número de ciclos tomados, también es necesario colocar los suplementos que tiene cada persona y los misceláneos que se da en cada proceso.

- El promedio ponderado se obtiene multiplicando el tiempo básico obtenido del estudio por la calificación realizada de los operarios, el número de observaciones del elemento realizadas del estudio se suma y se divide para el número de ciclos observados, obteniendo un tiempo normal, para realizar el estudio de tiempo estándar se multiplica el tiempo normal por los suplementos que tiene cada operario. (López *et al.*, 2014, p. 173)

A continuación el formato de Diagrama de Actividades, herramienta para el proceso de toma de tiempos de procesos.

Figura 21: Cálculo de tamaño de muestra

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

siendo:

n = tamaño de la muestra que deseamos determinar;

n' = número de observaciones del estudio preliminar;

Σ = suma de los valores;

x = valor de las observaciones.

Nota: López, Alarcón & Rocha

Hojas de Registros

La hoja de tiempos es aquella donde se anotarán datos como el nombre del producto, nombre de la pieza, nombre del operario, nombre de la máquina, nombre del analista, fecha, hora de inicio, hora final.; estos datos van en la parte superior de la hoja.

En esta hoja se transcriben los datos obtenidos en el estudio de tiempos, como: los ciclos cronometrados, la calificación del operario, promedio de la calificación y número de ciclos tomados, también es necesario colocar los suplementos que tiene cada persona y los misceláneos que se da en cada proceso. (Niebel & Freivalds, 2009, p. 450)

Gráficas de control

Las técnicas con gráficas de control que se utilizan en actividades de control estadístico de la calidad se pueden aplicar fácilmente en estudios de muestreo del trabajo. Como estos estudios tratan sólo con porcentajes o proporciones, los analistas usan con más frecuencia la gráfica p.

El primer problema cuando se desea establecer una gráfica de control es la elección de los límites. En general, debe encontrarse un balance entre el costo de buscar causas atribuibles cuando no existen y el costo de no buscarlas cuando sí existen. Como elección arbitraria, el analista debe usar $\pm 3\sigma$ como límites de control en la gráfica p. (también se pueden utilizar límites más extremos como el proceso seis sigma desarrollado por Motorola.) Al sustituir 3σ por 1.96σ en la ecuación (1) se obtiene:

Figura 22: Cálculo de Límites

$$l = 3\sigma = 3\sqrt{P(1-P)/n}$$

Nota: Gregori 2013

Suponga que p para una condición dada es 0.10 y que cada día se toman 180 observaciones.

Despejando se tiene:

Figura 23: Aplicación de la ecuación

$$l = 3 \times \left(0.1 \times \frac{0.9}{180} \right)^{1/2} \Rightarrow 0.067 \approx 0.07$$

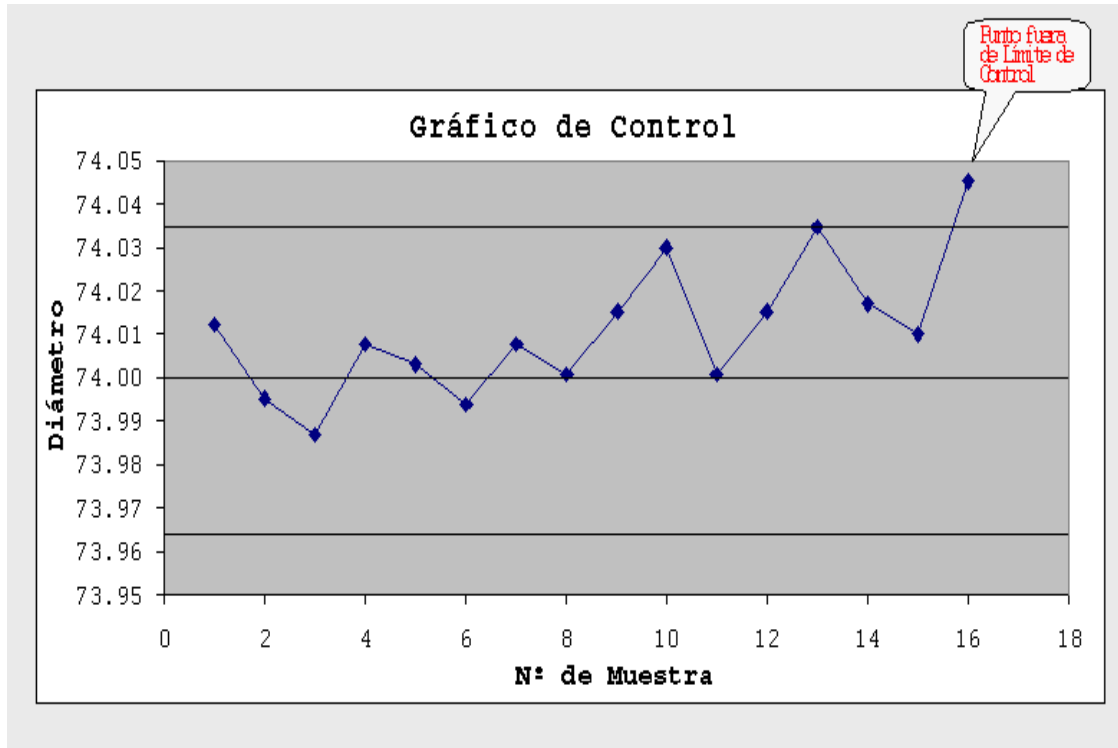
Nota: Gregori 2013

Entonces se puede construir una gráfica de control considerando todas las variables del proceso para buscar las mejoras en función del comportamiento de esta de acuerdo con sus límites.

En un proceso determinado, la gráfica de control indica si el proceso está bajo control. De manera similar, en el muestreo del trabajo, el analista considera los puntos fuera de los límites de $\pm 3\sigma$ de p como fuera de control. En consecuencia, se supone que una muestra que da un valor p' se obtuvo de una población con un valor esperado de p si p' se encuentra dentro de los límites $\pm 3\sigma$ de p. Para expresarlo de otra manera, si una muestra tiene un valor p' fuera de estos límites, se supone que proviene de alguna población diferente, o que la población original ha cambiado.

Como en el trabajo de control de calidad, los puntos distintos a los que están fuera de control pueden tener alguna significancia estadística. Por ejemplo, es más probable que un punto esté fuera de los límites $\pm 3\sigma$ que el hecho de que dos puntos sucesivos estén entre los límites $\pm 2\sigma$ y $\pm 3\sigma$. En la siguiente imagen un ejemplo de gráfico de control. (López & Huerta, 2013, p.81).

Figura 24: Gráfica de Control



Nota: Niebel & Freivalds

Importancia de las gráficas de control

Los gráficos de control, básicamente, nos informan sobre la estabilidad y variabilidad de un proceso, generalmente aplicado en procesos de fabricación, de ahí su importancia en la industria de automoción. Y su función es ayudar a identificar las causas especiales de dicha variabilidad, para poder controlarla y finalmente eliminarla.

Implementación de gráficas de control

Lo más frecuente es que en procesos continuos automatizados, las máquinas incluyan su propio software que nos dé ya hechos los diagramas de control a medida que se van realizando las tareas. No obstante, si no disponemos de esto, también podemos realizar nosotros, manualmente, un diagrama de control usando una Hoja de Cálculo, para así poder conocer mejor el funcionamiento del proceso en un momento dado.

Crear una gráfica de control requiere los siguientes pasos:

- Elegir la característica a estudio. Debe medir la variable que queremos controlar, la longitud de una pieza, la temperatura de la máquina, entre otros.
- Tomar los datos. Debemos recoger los valores durante un periodo de tiempo suficiente que nos permita obtener una visión representativa del desarrollo del proceso.
- Introducir los datos en la hoja de cálculo y calcular cuál es la línea central (valor medio de los datos) y los límites superior e inferior.
- Representar los datos en la gráfica, y estudiar si el funcionamiento es el correcto. Si no fuera por estar el proceso descentrado (la media de los datos no es la medida que nos pide las especificaciones) habría que recalibrar las máquinas. O bien, si la variabilidad es demasiado alta y los productos se salen de las tolerancias demasiado frecuentemente, habría que estudiar las causas para afinar los resultados.
- Volver a realizar el estudio cada cierto tiempo para comprobar que el funcionamiento sigue siendo el correcto. (González-González & Jimeno-Bernal, 2012)

Una vez se cuenta con toda la data, es importante tener total claridad del comportamiento de las gráficas y poder identificar cualquier dato atípico con el fin de poder evaluar a fondo el porqué del comportamiento.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

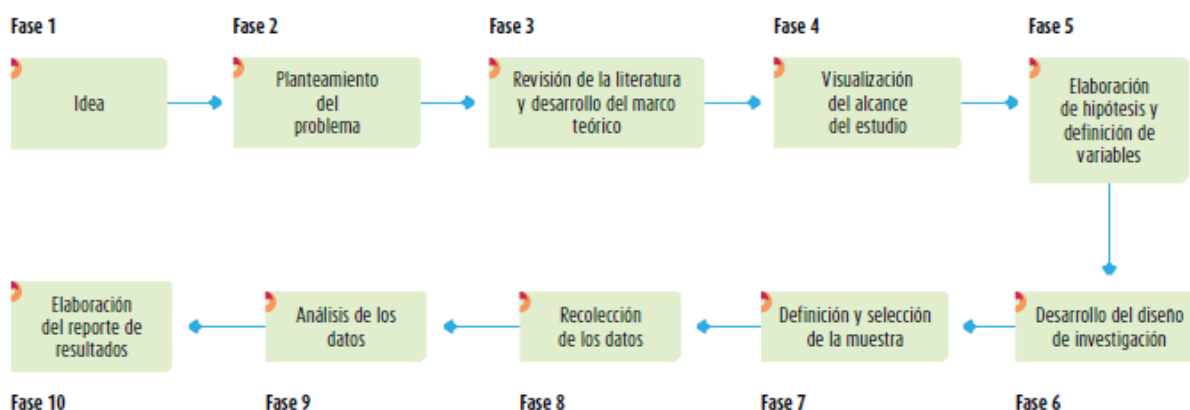
Enfoque

Es evidente que, cuanto mejor se conozca un tema, el proceso de afinar la idea será más eficiente y rápido. Desde luego, hay temas que han sido más investigados que otros y, en consecuencia, su campo de conocimiento se encuentra mejor estructurado. Por lo que, estos casos requieren planteamientos más específicos. A continuación, se estará haciendo una explicativa sobre los enfoques cuantitativos, cualitativos y mixtos.

Enfoque cuantitativo

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones. Este proceso se representa en la siguiente figura. (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado & Batista-Lucio, 2014, p. 4)

Figura 25: Proceso cuantitativo



Nota: Hernández-Sampieri et al.

El enfoque cuantitativo tiene las siguientes características:

1. Refleja la necesidad de medir y estimar magnitudes de los fenómenos o problemas de investigación: ¿Cada cuánto ocurren y con qué magnitud?
2. El investigador o investigadora plantea un problema de estudio delimitado y concreto sobre el fenómeno, aunque en evolución. Sus preguntas de investigación versan sobre cuestiones específicas.
3. Una vez planteado el problema de estudio, el investigador o investigadora considera lo que se ha investigado anteriormente (la revisión de la literatura) y construye un marco teórico (la teoría que habrá de guiar su estudio), del cual deriva una o varias hipótesis (cuestiones que va a examinar si son ciertas o no) y las somete a prueba mediante el empleo de los diseños de investigación apropiados. Si los resultados corroboran las hipótesis o son congruentes con estas, se aporta evidencia a su favor. Si se refutan, se descartan en busca de mejores explicaciones y nuevas hipótesis. Al apoyar las hipótesis se genera confianza en la teoría que las sustenta. Si no es así, se rechazan las hipótesis y, eventualmente, la teoría.
4. Así, las hipótesis (por ahora denominémoslas “creencias”) se generan antes de recolectar y analizar los datos.
5. La recolección de los datos se fundamenta en la medición (se miden las variables o conceptos contenidos en las hipótesis). Esta recolección se lleva a cabo al utilizar procedimientos estandarizados y aceptados por una comunidad científica. Para que una investigación sea creíble y aceptada por otros investigadores, debe demostrarse que se siguieron tales procedimientos. Como en este enfoque se pretende medir, los fenómenos estudiados deben poder observarse o referirse al “mundo real”.
6. Debido a que los datos son producto de mediciones, se representan mediante números (cantidades) y se deben analizar con métodos estadísticos.
7. En el proceso se trata de tener el mayor control para lograr que otras posibles explicaciones, distintas o “rivales” a la propuesta del estudio (hipótesis), se desechen y se excluya la incertidumbre y minimice el error. Es por esto se confía en la experimentación o en las pruebas de causalidad.

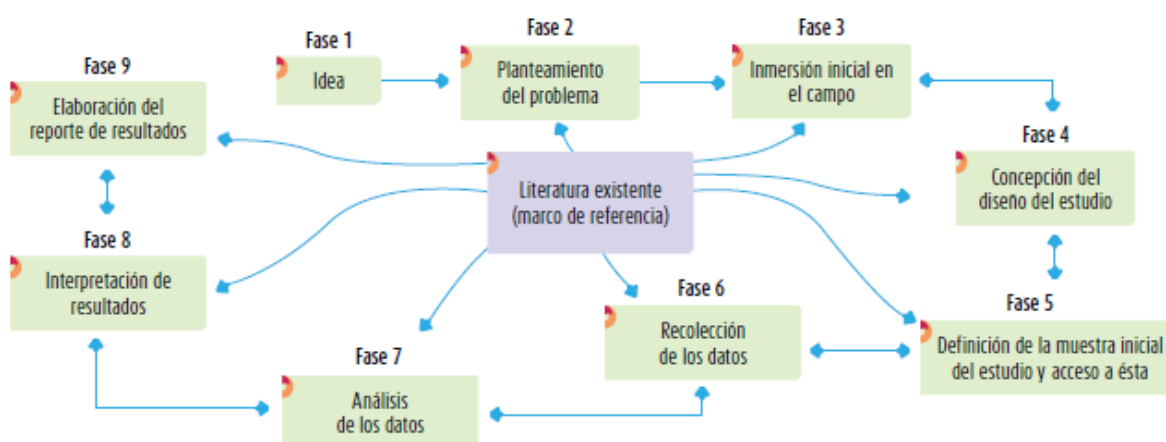
8. Los análisis cuantitativos se interpretan a la luz de las predicciones iniciales (hipótesis) y de estudios previos (teoría). La interpretación constituye una explicación de cómo los resultados encajan en el conocimiento existente. (Hernández-Sampieri *et al.* 2014)

Enfoque cualitativo

El enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes y, después, para perfeccionarlas y responderlas. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien “circular” en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio.

A continuación una representación en la siguiente figura, pero cabe señalar que es simplemente eso, un intento, porque su complejidad y flexibilidad son mayores. (Sampieri, Metodología de la Investigación, 2014, pág. 7)

Figura 26: Proceso cualitativo



Nota: Hernández-Sampieri *et al.*

Para comprender la figura 23 es necesario observar lo siguiente:

a) Aunque, ciertamente, hay una revisión inicial de la literatura, esta puede complementarse en cualquier etapa del estudio y apoyar desde el planteamiento del problema hasta la elaboración del reporte de resultados (la vinculación entre la teoría y las etapas del proceso se representa mediante flechas curvadas).

b) En la investigación cualitativa a veces es necesario regresar a etapas previas. Por ello, las flechas de las fases que van de la inmersión inicial en el campo hasta el reporte de resultados, se visualizan en dos sentidos. Por ejemplo, el primer diseño del estudio puede modificarse al definir la muestra inicial y pretender tener acceso a esta (podría ser el caso que se desee observar a ciertas personas en su ambiente natural, pero, por alguna razón, descubrimos que no es factible efectuar las observaciones deseadas; en consecuencia, la muestra y los ambientes de estudio tienen que variar, y el diseño debe ajustarse). Tal fue la situación de un estudiante que deseaba observar en un penal a criminales de alta peligrosidad con ciertas características, pero le fue negado el acceso y tuvo que acudir a otra cárcel, donde entrevistó a criminales menos peligrosos.

Asimismo, al analizar los datos, podemos advertir que necesitamos un número mayor de participantes u otras personas que al principio no estaban contempladas, lo cual modifica la muestra concebida originalmente. O bien, descubrimos que debemos analizar otra clase de datos no considerados al inicio del estudio (por ejemplo, habíamos planeado efectuar únicamente entrevistas y nos encontramos con documentos valiosos de los individuos que nos pueden ayudar a comprenderlos mejor, como sería el caso de sus “diarios personales”).

c) La inmersión inicial en el campo significa sensibilizarse con el ambiente o entorno en el cual se llevará a cabo el estudio, identificar informantes que aporten datos y guíen al investigador por el lugar, adentrarse y compenetrarse con la situación de investigación, además de verificar la factibilidad del estudio.

d) En el caso del proceso cualitativo, la muestra, la recolección y el análisis son fases que se realizan prácticamente de manera simultánea.

Además de lo anterior, el enfoque o aproximación cualitativa posee las siguientes características:

1. El investigador o investigadora plantea un problema, pero no sigue un proceso definido claramente.

Sus planteamientos iniciales no son tan específicos como en el enfoque cuantitativo y las preguntas de investigación no siempre se han conceptualizado ni definido por completo.

2. En la búsqueda cualitativa, en lugar de iniciar con una teoría y luego “voltear” al mundo empírico para confirmar si esta es apoyada por los datos y resultados, el investigador comienza examinando los hechos en sí y en el proceso desarrolla una teoría coherente para representar lo que observa (Esterberg, 2002). Dicho de otra forma, las investigaciones cualitativas se basan más en una lógica y proceso inductivo (explorar y describir, y luego generar perspectivas teóricas). Van de lo particular a lo general. Por ejemplo, en un estudio cualitativo típico, el investigador entrevista a una persona, analiza los datos que obtuvo y saca conclusiones; posteriormente, entrevista a otra persona, analiza esta nueva información y revisa sus resultados y conclusiones; del mismo modo, efectúa y analiza más entrevistas para comprender el fenómeno que estudia. Es decir, procede caso por caso, dato por dato, hasta llegar a una perspectiva más general.

3. En la mayoría de los estudios cualitativos no se prueban hipótesis, sino que se generan durante el proceso y se perfeccionan conforme se recaban más datos; son un resultado del estudio.

4. El enfoque se basa en métodos de recolección de datos no estandarizados ni predeterminados completamente. Tal recolección consiste en obtener las perspectivas y puntos de vista de los participantes (sus emociones, prioridades, experiencias, significados y otros aspectos más bien subjetivos). También resultan de interés las interacciones entre individuos, grupos y colectividades. El investigador hace preguntas más abiertas, recaba datos expresados a través del lenguaje escrito, verbal y no verbal, así como visual, los cuales describe, analiza y convierte en temas que vincula, y reconoce sus tendencias personales. Debido a ello, la preocupación directa del investigador se concentra en las vivencias de los participantes tal como fueron (o son) sentidas y experimentadas (Sherman & Webb, 1988). Patton (2011), define los datos cualitativos como descripciones detalladas de situaciones, eventos, personas, interacciones, conductas observadas y sus manifestaciones.

5. Así, el investigador cualitativo utiliza técnicas para recolectar datos, como la observación no estructurada, entrevistas abiertas, revisión de documentos, discusión en grupo, evaluación de

experiencias personales, registro de historias de vida, e interacción e introspección con grupos o comunidades.

6. El proceso de indagación es más flexible y se mueve entre las respuestas y el desarrollo de la teoría. Su propósito consiste en “reconstruir” la realidad, tal como la observan los actores de un sistema social definido previamente. Es holístico, porque se precia de considerar el “todo”⁶ sin reducirlo al estudio de sus partes.

7. La aproximación cualitativa evalúa el desarrollo natural de los sucesos, es decir, no hay manipulación ni estimulación de la realidad.

8. La investigación cualitativa se fundamenta en una perspectiva interpretativa centrada en el entendimiento del significado de las acciones de seres vivos, sobre todo de los humanos y sus instituciones (busca interpretar lo que va captando activamente).

9. Postula que la “realidad” se define a través de las interpretaciones de los participantes en la investigación respecto de sus propias realidades. De este modo, convergen varias “realidades”, por lo menos la de los participantes, la del investigador y la que se produce en la interacción de todos los actores. Además, son realidades que van modificándose conforme transcurre el estudio y son las fuentes de datos.

10. Por lo anterior, el investigador se introduce en las experiencias de los participantes y construye el conocimiento, siempre consciente de que es parte del fenómeno estudiado. Así, en el centro de la investigación está situada la diversidad de ideologías y cualidades únicas de los individuos.

11. Las indagaciones cualitativas no pretenden generalizar de manera probabilística los resultados a poblaciones más amplias ni obtener necesariamente muestras representativas; incluso, regularmente, no pretenden que sus estudios lleguen a repetirse.

12. El enfoque cualitativo puede concebirse como un conjunto de prácticas interpretativas que hacen al mundo “visible”, lo transforman y convierten en una serie de representaciones en forma de observaciones, anotaciones, grabaciones y documentos. Es naturalista (porque estudia los fenómenos y seres vivos en sus contextos o ambientes naturales y en su cotidianidad) e interpretativo (pues intenta encontrar sentido a los fenómenos en función de los significados que las personas les otorgan).

En la aproximación cualitativa hay una variedad de concepciones o marcos de interpretación, que guardan un común denominador: todo individuo, grupo o sistema social tiene una manera única de ver el mundo y entender situaciones y eventos, la cual se construye por el inconsciente, lo transmitido por otros y por la experiencia, y mediante la investigación, debemos tratar de comprenderla en su contexto. Creswell (2013b) y Neuman (1994) sintetizan las actividades principales del investigador o investigadora cualitativa con los siguientes comentarios:

- Adquiere un punto de vista “interno” (desde dentro del fenómeno), aunque mantiene una perspectiva analítica o cierta distancia como observador externo.
- Utiliza diversas técnicas de investigación y habilidades sociales de una manera flexible, de acuerdo con los requerimientos de la situación.
- No define las variables con el propósito de manipularlas experimentalmente.
- Produce datos en forma de notas extensas, diagramas, mapas o “cuadros humanos” para generar descripciones bastante detalladas.

Enfoque Mixto

La investigación mixta es un enfoque relativamente nuevo que implica combinar los métodos cuantitativo y cualitativo en un mismo estudio. Por ahora, simplemente enunciaremos una idea de un ejemplo de esta clase de investigación. (Hernández-Sampieri *et al.* 2014)

Es importante indicar, que para el desarrollo de proyecto se va a utilizar el enfoque cuantitativo, siendo el que se adapta a las variables que se deben trabajar.

Alcance

Los alcances resultan de la revisión de la literatura y de la perspectiva del estudio dependiendo de los objetivos del investigador para combinar los elementos en el estudio.

Siempre hay temas en el camino que pueden complicar la obtención de alguna información vital para el proyecto, sin embargo, conforme se avance, se espera poder contar con toda la data para poder lograr cumplir con los objetivos planteados. A continuación, se estará detallando los tipos de alcances estudiados, donde al final se indicará con el que se desarrolla el proyecto.

Exploratorio

Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas.

Tal sería el caso de investigadores que pretendieran analizar fenómenos desconocidos o novedosos: una enfermedad de reciente aparición, una catástrofe ocurrida en un lugar donde nunca había sucedido algún desastre, inquietudes planteadas a partir del desciframiento del código genético humano y la clonación de seres vivos, una nueva propiedad observada en los hoyos negros del universo, el surgimiento de un medio de comunicación completamente innovador o la visión de un hecho histórico transformada por el descubrimiento de evidencia que estaba oculta.

Los estudios exploratorios son como realizar un viaje a un sitio desconocido, del cual no hemos visto ningún documental ni leído ningún libro, sino que simplemente alguien nos hizo un breve comentario. Al llegar no sabemos qué atracciones visitar, a qué museos ir, en qué lugares se come bien, cómo es la gente; en otras palabras, ignoramos mucho del sitio. Lo primero que hacemos es explorar:

Preguntar sobre qué hacer y a dónde ir al taxista o al chofer del autobús que nos llevará al hotel donde nos hospedaremos; además, debemos pedir información a quien nos atienda en la recepción, al camarero, al cantinero del bar del hotel y, en fin, a cuanta persona veamos amigable. Desde luego, si ya había información del lugar y no la buscamos, perdimos dinero y mucho tiempo. De esta forma, quizá veamos un espectáculo no tan agradable y caro, al tiempo que nos perdemos de uno fascinante y más económico; por supuesto que, en el caso de la investigación científica, la inadecuada revisión de la literatura trae consecuencias más negativas que la simple frustración de gastar en algo que a fin de cuentas no nos gustó.

Los estudios exploratorios sirven para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto de un contexto particular, indagar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados. (Sampieri, Metodologías de la Investigación, 2014, pág. 91)

Descriptivo

Con frecuencia, la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Hernández-Sampieri *et al.* 2014, p. 92)

Correlacional

Los estudios correlacionales pretenden responder a preguntas de investigación como las siguientes: ¿aumenta la autoestima de los pacientes conforme reciben una psicoterapia gestáltica? ¿A mayor variedad y autonomía en el trabajo corresponde mayor motivación intrínseca respecto de las tareas laborales? ¿Hay diferencias entre el rendimiento que otorgan las acciones de empresas de alta tecnología computacional y el rendimiento de las acciones de empresas pertenecientes a otros giros con menor grado tecnológico en la Bolsa de Comercio de Buenos Aires? ¿Los campesinos que adoptan más rápidamente una innovación son más cosmopolitas que los campesinos que la adoptan después? ¿La lejanía física entre las parejas de novios tiene una influencia negativa en la satisfacción en la relación? (Todas en un contexto específico).

Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables. (Hernández-Sampieri *et al.* 2014, p. 93)

Para evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, en los estudios correlacionales primero se mide cada una de éstas, y después se cuantifican, analizan y establecen las vinculaciones. (Hernández-Sampieri *et al.* 2014, p. 93)

Explicativo

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables.

Por ejemplo, dar a conocer las intenciones del electorado es una actividad descriptiva (indicar, según una encuesta de opinión antes de que se lleve a cabo la elección, cuántas personas “van” a votar por los candidatos contendientes constituye un estudio descriptivo) y relacionar dichas intenciones con conceptos como edad y género de los votantes o magnitud del esfuerzo propagandístico que realizan los partidos a los que pertenecen los candidatos (estudio correlacional), es diferente de señalar por qué alguien habría de votar por determinado candidato y otras personas por los demás (estudio explicativo). (Hernández-Sampieri *et al.* 2014, p. 95)

De acuerdo con los tipos de alcances, para el proyecto, se utiliza el explicativo, debido a que es el que se ajusta a los análisis para el desarrollo del proyecto, el cual busca resolver temas o eventos que se dan en los procesos, tareas asociadas a los colaboradores, y variables que están dentro del estudio.

Diseño Experimental

El término experimento tiene al menos dos acepciones, una general y otra particular. La general se refiere a “elegir o realizar una acción” y después observar las consecuencias (Babbie, 2014). Este uso del término es bastante coloquial; así, hablamos de “experimentar” cuando mezclamos sustancias químicas y vemos la reacción provocada, o cuando nos cambiamos de peinado y observamos el efecto que causa en nuestras amistades. La esencia de esta concepción de experimento es que requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados. (Hernández-Sampieri *et al.* 2014, p. 129)

Diseño no Experimental

Los diseños no experimentales son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos.

Podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos y sean trabados. (Hernández-Sampieri *et al.* 2014, p. 152)

Método

De acuerdo con lo que se ha ido planteando, el método para desarrollar la investigación y obtener los datos requeridos, estará enfocado en la toma y recolección de datos principalmente, con las herramientas e instrumentos necesarios. Pero también, se hará por medio de sesiones con los involucrados tanto en las líneas de producción como a nivel de jefaturas y gerencia, debido a que parte de la información que se requiere son datos promedios que se deben manejar a nivel de jefaturas para en conjunto tomar decisiones sobre la veracidad de la información.

Muestra de la Investigación

Para la muestra de la investigación, se utiliza un tipo de muestreo no probabilístico, por razón que lo que se busca no son resultados basados en probabilidades o estadística, dado al tipo de proyecto los datos que se logran recopilar son los promedios para estimar la demanda de producción mensual, basados en estos datos se analiza cual debe ser la capacidad de cada línea y en función de estos datos plantear los cambios y mejoras.

Para la selección de líneas a trabajar se estará utilizando un 80/20 para determinar cuáles son las de mayor importancia para la planta, y asimismo, los clientes.

En el proceso de análisis se estarán utilizando fórmulas ingenieriles para la obtención de resultados con base en los datos tomados como que se indican en el marco teórico.

Variabes o Unidades de Análisis

En la siguiente tabla N.º 6, se detallan las variables del proyecto en función de cada uno de los adjetivos específicos, con el fin de relacionar cada una de acuerdo con lo que se busca lograr en el proceso.

Tabla 6: Variables

VARIABLES				
Objetivos Específicos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
1- Determinar los factores actuales que afectan la productividad en la planta, proponiendo la metodología de balance y distribución de líneas como herramienta para resolver los problemas.	1-Producción y costos de producción	La ingeniería de métodos incluye el diseño, la creación y la selección de los mejores métodos de fabricación, procesos, herramientas, equipos y habilidades para la manufactura. (Niegel & Freivalds, 2014, p. 2)	Indicador para el control de producción y costos asociados al proceso	FODA, Diagrama de flujo, Árbol CTQ

Objetivos Específicos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
<p>2-Medir la productividad de las líneas, para lo cual se propondrá el balance y distribución, con el fin de obtener los datos que permitan identificar los problemas de control y productividad que tienen las líneas.</p>	<p>Establecer controles en las líneas de producción que permitan alertar sobre problemas de baja productividad en el proceso</p>	<p>El método de medición de tiempo MTM, proporciona valores de tiempo de los movimientos fundamentales de alcanzar, mover, girar, agarrar, posicionar, desenganchar y soltar. Los autores definen MTM como un procedimiento que analiza cualquier operación manual o método basado en los movimientos básicos que se requieren y asigna un tiempo estándar a cada movimiento. (López, Alarcón & Rocha, 2014, p. 179)</p>	<p>Establecer un indicador de productividad para cada línea de producción o producto.</p>	<p>Hoja de recolección de datos, cronómetros para toma de tiempos.</p>

Objetivos Específicos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
3-Determinar las causas de baja productividad, mediante los análisis de datos obtenidos que están afectando las líneas de producción.	Causas Críticas que afectan el flujo de los procesos.	Importancia de la productividad, la única forma de que un negocio o empresas pueden aumentar sus ganancias, es mediante el aumento de su productividad, la cual se refiere al aumento de la cantidad de producción por hora de trabajo invertida. (Niebel & Freivalds, 2009, p. 1)	Determinar un método de control o indicador que permita alertar sobre temas puntuales que afecten la productividad	Lluvia de ideas, Ishikawa, Pareto, Multi-voto
4-Definir las propuestas para el control y aumento de productividad en las líneas de producción, con base en los resultados de los análisis.	Balance de la línea para controlar la producción.	Las herramientas fundamentales que generan una mejora en la productividad incluyen métodos, estudio de tiempos estándares (a menudo conocidos como medición del trabajo) y el diseño del trabajo. (Niebel & Freivalds, 2009, p. 1)	Establecer indicadores alineados a las propuestas para el seguimiento de las mejoras implementadas	Distribución de Planta, diagrama de Gantt, cuantificación de beneficios.

Objetivos Específicos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
<p>5-Formular una herramienta, que permita a la operación poder controlar la productividad en las líneas de producción por hora y turno, esta será alimentada por medio de pizarras y hojas de control que llevarán los responsables de las líneas en tiempo real, según los datos obtenidos en el Balance de líneas.</p>	<p>Sistemas de control que se adapten a los procesos para facilitar la obtención de los datos.</p>	<p>Las herramientas de control que se puedan manejar en la operación son esenciales para tener garantía de que todas las actividades se están llevando a cabo bajo el método correcto. (Niebel & Freivalds, 2014)</p>	<p>Indicador de control para el cumplimiento de metas en la línea de producción.</p>	<p>Hoja de recolección de datos, pizarras informativas de control.</p>

Nota: Daniel Martínez M.

Instrumentos

En la siguiente tabla, se mencionan los instrumentos utilizados, recursos requeridos, y beneficios esperados en función de cada indicador propuesto.

Tabla 7: Instrumentos de análisis

Indicador	Instrumento	Recursos Requeridos	Beneficios Esperados
Indicadores de producción.	Hojas de recolección de datos, cronómetros para toma de tiempos	Utilización de datos recolectados por el encargado de línea, pc para trabajar la información recolectada	Control de la efectividad de la línea para garantizar la utilizad negociada.
Indicadores de calidad	Tablas militares para la estimación de datos	Mano de obra del departamento de calidad para el manejo de la información	Garantizar la ejecución del proceso, disminución de fallas, control en la calidad de los productos.
Indicadores de rentabilidad	Herramienta de Balance para utilizar los recursos óptimos de mano de obra y cumplimiento de metas	Jefatura de operaciones para el manejo y validación de información.	Tener control del proceso, garantizar la rentabilidad negociada con los clientes
Indicadores de eficiencia	Herramienta de Balance para controlar el % de eficiencia de la línea.	Jefatura de operaciones para el manejo y validación de información.	Utilización de recursos óptimos para la ejecución del proceso.

Indicador	Instrumento	Recursos Requeridos	Beneficios Esperados
Indicadores de capacidad	Herramienta de Balance para estimar las capacidades humanas asociadas al proceso.	Jefatura de operaciones para el estudio de capacidad de la línea y métodos empleados por los operarios.	Tener control de la operación de acuerdo con la capacidad de las líneas de producción.

Nota: Daniel Martínez M.

Proceso para la Recolección de Datos

El instrumento principal para la recolección de datos es el cronómetro, con el cual se hacen las corridas de tiempos en la línea de producción en cada estación. Dentro de los métodos empleados como tecinas para acceder a la información se puede mencionar algunas como:

Sesiones con encargados de área: El objetivo de las sesiones es obtener datos relacionados al proceso sobre capacidades de la línea, históricos de producción, problemas actuales entre otros temas de importancia.

Sesiones con los operarios de la línea: Se necesitaba tener las versiones de los operarios que están en el día a día, para que ellos aporten sus observaciones sobre los problemas o dificultades que se presentan en todo el proceso. Ambas informaciones son fundamentales para ir teniendo el conocimiento de cuáles son los factores relevantes que se deben tener en consideración en los análisis y en los que se debe trabajar.

Método de Análisis

Dentro de los métodos empleados como técnicas para acceder a la información se pueden mencionar algunas como:

Haciendo uso de herramientas ingenieriles como flujos, Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto, lluvia de ideas, Multivoto, entre otros.

Sesiones con encargados de área: El objetivo de las sesiones es obtener datos relacionados al proceso sobre capacidades de la línea, históricos de producción, problemas actuales entre otros temas de importancia que se consideren vitales para las propuestas de mejora.

Sesiones con los operarios de la línea: con el fin de obtener las versiones de los operarios que están en el día a día, para que ellos aporten sus observaciones sobre los problemas o dificultades que se presentan en todo el proceso. Ambas informaciones son fundamentales para ir teniendo claridad y el conocimiento de cuáles son los factores relevantes que se deben tener en consideración en los análisis.

Cronograma

En el siguiente diagrama, se especifican en detalle cada una de las actividades que se han ido desarrollando desde el inicio del proyecto, con el fin de poder visualizar y programar las tareas de una forma efectiva para garantizar el cumplimiento de cada una.

Tabla 8: Gantt de actividades

DHL-ALAJUELA OPERACIÓN DE MAQUILA 2020		PROYECTO DE BALANCE Y DISTRIBUCIÓN DE LINEAS EN LA EMPRESA DHL																														
		GANTT DE ACTIVIDADES																														
		CONTROL DE TIEMPO		MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				Sept				OCTUBRE				NOVIEMBRE				
#	ACTIVIDADES	DURACIÓN	INICIO	FIN	Sm1	Sm2	Sm3	Sm4	Sm5	Sm6	Sm7	Sm8	Sm9	Sm10	Sm11	Sm12	Sm13	Sm14	Sm15	Sm16	Sm17	Sm18	Sm19	Sm20	Sm21	Sm22	Sm23	Sm24	Sm25	Sm26	Sm27	Sm28
1	Preparación de formato	1 Sem	12-May	17-May	█																											
2	Fichas para antecedentes	1 Sem	18-May	24-May		█																										
3	Estructura de Marco Teórico	1 Sem	25-May	31-May			█																									
4	Objetivos	1 Sem	1-Jun	7-Jun				█																								
5	Cuadro de Variables	1 Sem	8-Jun	14-Jun					█																							
6	Capítulo 1. Introducción	1 Sem	15-Jun	21-Jun						█																						
7	Capítulo III. Marco Metodológico	1 Sem	22-Jun	28-Jun							█																					
8	Capítulo II. Marco Teórico	1 Sem	29-Jun	5-Jul								█																				
9	Correcciones	1 Sem	5-Jul	12-Jul									█																			
10	Capítulo IV	7 Sem	13-Jul	6-Sep										█																		
11	Correcciones	1 Sem	7-Sep	13-Sep																		█										
12	Capítulo VI	7 Sem	7-Sep	24-Oct																			█									
13	Correcciones	1 Sem	25-Oct	31-Oct																								█				
14	Apéndices	1 Sem	1-Nov	7-Nov																												
15	Bibliografía		1-Nov	7-Nov																												
16	Entrega del proyecto terminado	1 Sem	8-Nov	10-Nov																										█		

Nota: Daniel Martínez M.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN (DIAGNÓSTICO)

Con la finalidad de realizar una descripción de los principales aspectos relacionados con el problema actual que se presenta en la operación de Valor Agregado, en el siguiente capítulo se detallará la situación actual de las líneas de producción que se estarán sometiendo a estudios con el fin de buscar las mejoras necesarias, haciendo uso de herramientas ingenieriles que nos proporcionen los datos requeridos para la implementación de propuestas.

Los siguientes datos se irán desarrollando en el orden que se fueron utilizando las herramientas ingenieriles para obtener los datos basados en la metodología de investigación.

Layout de la planta de producción (VAO).

El área destinada donde se realizan las maquilas, está dentro de las mismas instalaciones que los clientes usan para almacenar sus productos, únicamente es un área delimitada para este tipo de procesos la cual cumple con todos los requisitos para esta actividad, tanto en temas de estructura como a nivel de leyes estipuladas por el Ministerio de Salud para el funcionamiento. El área es totalmente modular, no hay líneas implantadas en un lugar específico debido a que, por el tipo de productos que se trabajan, se requiere estar ordenando las mesas según lo requiera el proceso a realizar.

Es importante mencionar que ninguno de los productos a los que se les realiza algún tipo de reacondicionamiento en esta área son de la empresa. VAO fue creado con el objetivo principal de brindar el servicio a los clientes con los que ya se tiene algún tipo de contrato por servicios logísticos si estos lo necesitan, pero, sí se vende el servicio a nivel comercial a todo tipo de clientes, aunque no trabajen con la empresa, si estos requieren el servicio se les hace la cotización y se procede de acuerdo con las condiciones y aprobaciones.

En la siguiente imagen se muestra el área de maquila que es donde se realizan todos estos trabajos.

Figura 27: Layout de la planta de producción



Nota: Daniel Martínez M.

Definir

¿Porque se identificó esta área como importante para realizar el proyecto? Se conversó con el gerente de la planta sobre mejoras que considera necesario tomando en cuenta los diferentes clientes a los que se les da el servicio de maquila, como también situaciones específicas de producción que pudieran estar afectando para que los procesos se lleven a cabo de una forma

eficiente. Por lo tanto, se hace un análisis a nivel de facturación por cliente, para determinar las líneas de mayor peso y que manejan volúmenes más altos, tomando en cuenta que serían las que más recursos necesitan, y de esta forma determinar los procesos que se estarían trabajando para la propuesta de balanceo de línea. Preliminarmente, se hace énfasis en los temas de manejo de recursos adecuados, orden, distribución y flujo correcto para ejecutar los procesos operativos.

Para definir el problema una de las primeras herramientas que se utilizaron fue el FODA, con el objetivo de evaluar fortalezas con las que cuenta la empresa desde lo macro hasta lo micro finalizando en los análisis de las líneas de producción, oportunidades que se tengan para mejorar el negocio, y las debilidades y amenazas que también se deben tener bien definidas y claras para saber cómo afrontarlas de acuerdo con las situaciones.

Herramienta FODA

Tabla 9: Matriz FODA de la planta de producción

HERRAMIENTA FODA APLICADO A LA PLANTA		
DHL C.R. VAO	FORTALEZAS	DEBILIDADES
	1. Clientes fijos	1. Falta de control
	2. Facilidad de cambios en productos para mejorar ingresos.	2. Falta de datos
	3. Personal capacitado	3. Desconocimiento para el uso correcto del recurso óptimo
OPORTUNIDADES	Estrategia FO	Estrategia DO
1. Variedad de productos	Optimizar fortalezas. Aprovechar la garantía que dan los clientes fijos, y la variedad de productos. Objetivo mejorar la facturación diaria.	Contrarrestar debilidades. Innovar con nuevos métodos. Objetivo mejorar la productividad.
2. Utilización de nuevos métodos		
3. Estandarización de procesos		
AMENAZAS	Estrategia FA	Estrategia DA
1. Atención de bodega para proporcionar materia prima	Optimizar fortalezas. Identificar clientes y productos clase "A", con el fin de mejorar el tiempo ocioso por falta de materia prima. Objetivo, establecer líneas de entrega para garantizar la productividad del personal.	Contrarrestar debilidades. Trabajar en mejorar los controles con datos, para sustentar resultados originados por temas de personal o servicio.
2. Personal nuevo no capacitado		
3. Malas cotizaciones de servicios		

Nota: Daniel Martínez M.

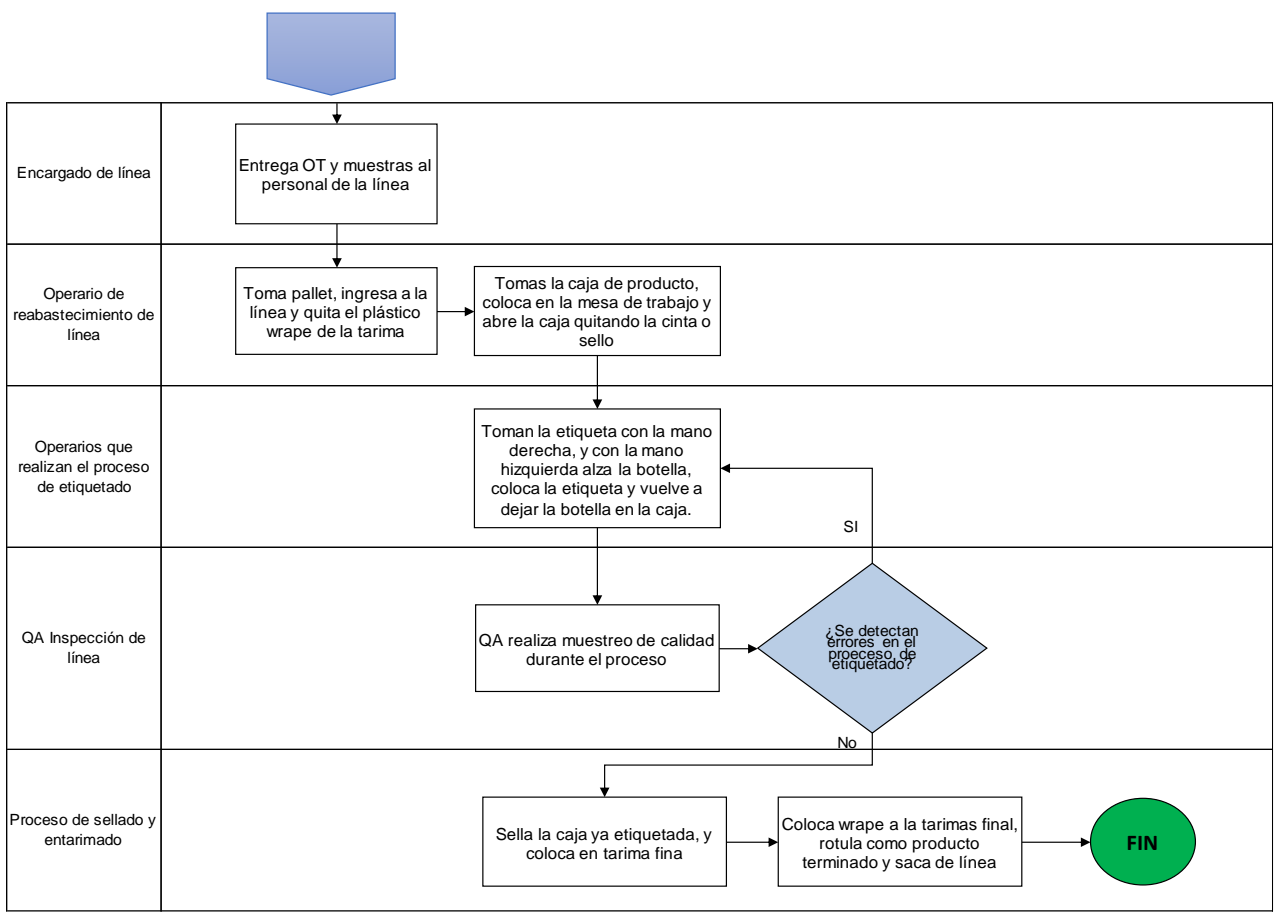
Diagrama de flujo

El objetivo de realizar un diagrama de flujo general de todo el proceso productivo, es tener claridad desde el inicio sobre cómo funciona la operación y cómo se maneja toda la coordinación de materiales o productos que ingresan a la planta.

En este proceso, se toman en cuenta varias líneas, a nivel de requerimiento de acuerdo con el servicio que brinda la bodega de consumo masivo, que es donde se almacenan los productos, se maneja el mismo proceso para todos los productos, debido a que es donde ingresan en un principio. Por lo tanto, el objetivo es validar todo el proceso desde la solicitud que hace la planta a bodega, finalizando en el proceso de reacondicionamiento que cada producto necesita.

Finalmente, es importante mencionar que se detectan irregularidades en las estaciones de etiquetado de producto que, básicamente, se deben a métodos realizados, estandarización, flujo y distribución de la línea como tal.

A continuación se detalla el diagrama de flujo de forma general del proceso, este diagrama abarca todo el proceso productivo que inicia en la bodega donde es almacenado el producto, y finalmente termina con los cierres de maquila.

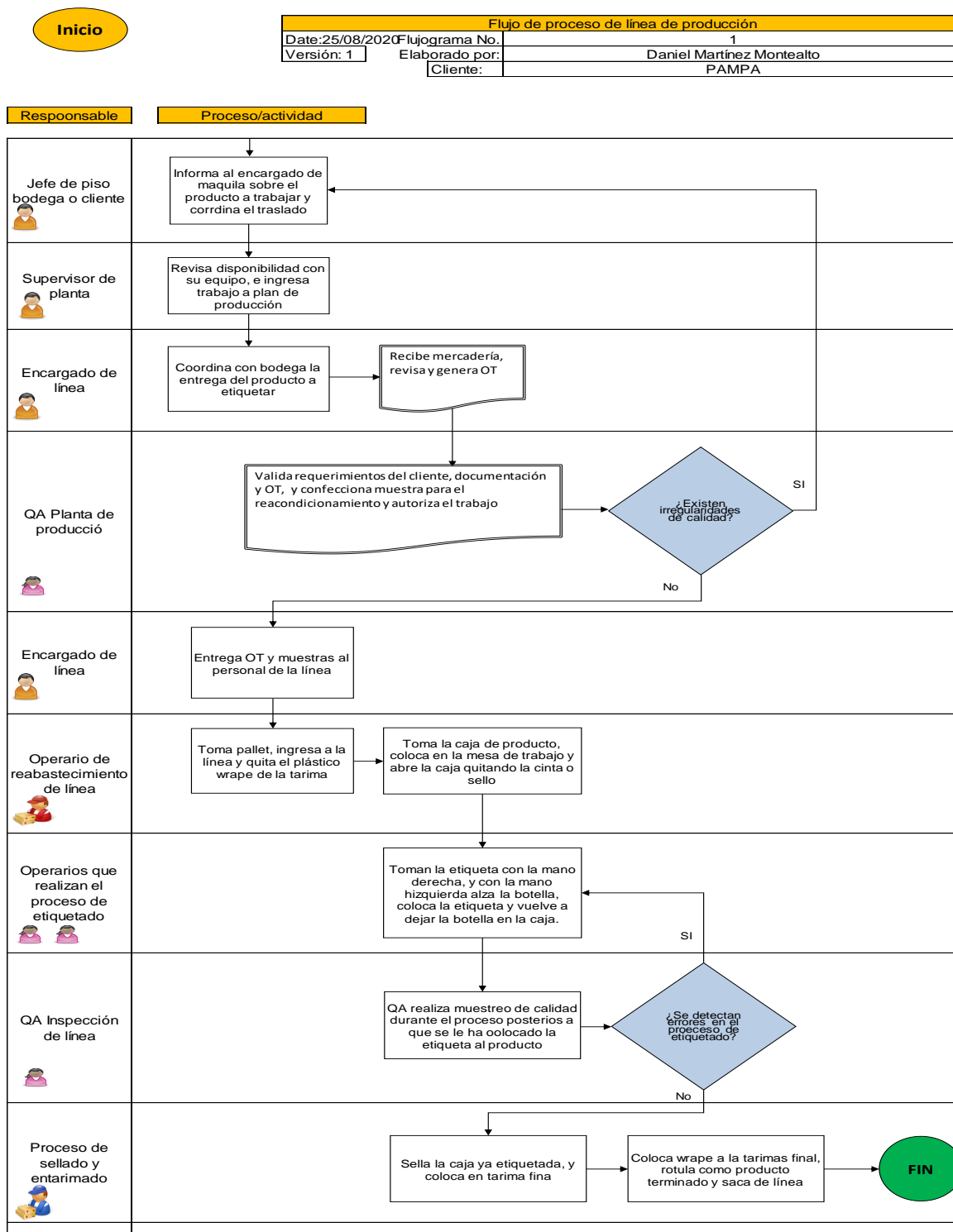


Nota: Daniel Martínez M.

Como se puede observar en el diagrama, el control que debe haber en el proceso es muy importante para que el flujo no se vea afectado por situaciones que, en algunos casos no va a estar al alcance de la planta poder resolverlos, sino por parte de la bodega donde se almacenan los productos, por la tanto es importante tener visibilidad de todo el proceso para poder resolver cualquier tema con la parte a la que corresponda.

Separando el flujo a los procesos de maquila que son los que están bajo el control de la planta, y donde se generan los problemas de distribución y productividad, se detalla a continuación.

Figura 29: Flujo del proceso de reacondicionamiento



Nota: Daniel Martínez M.

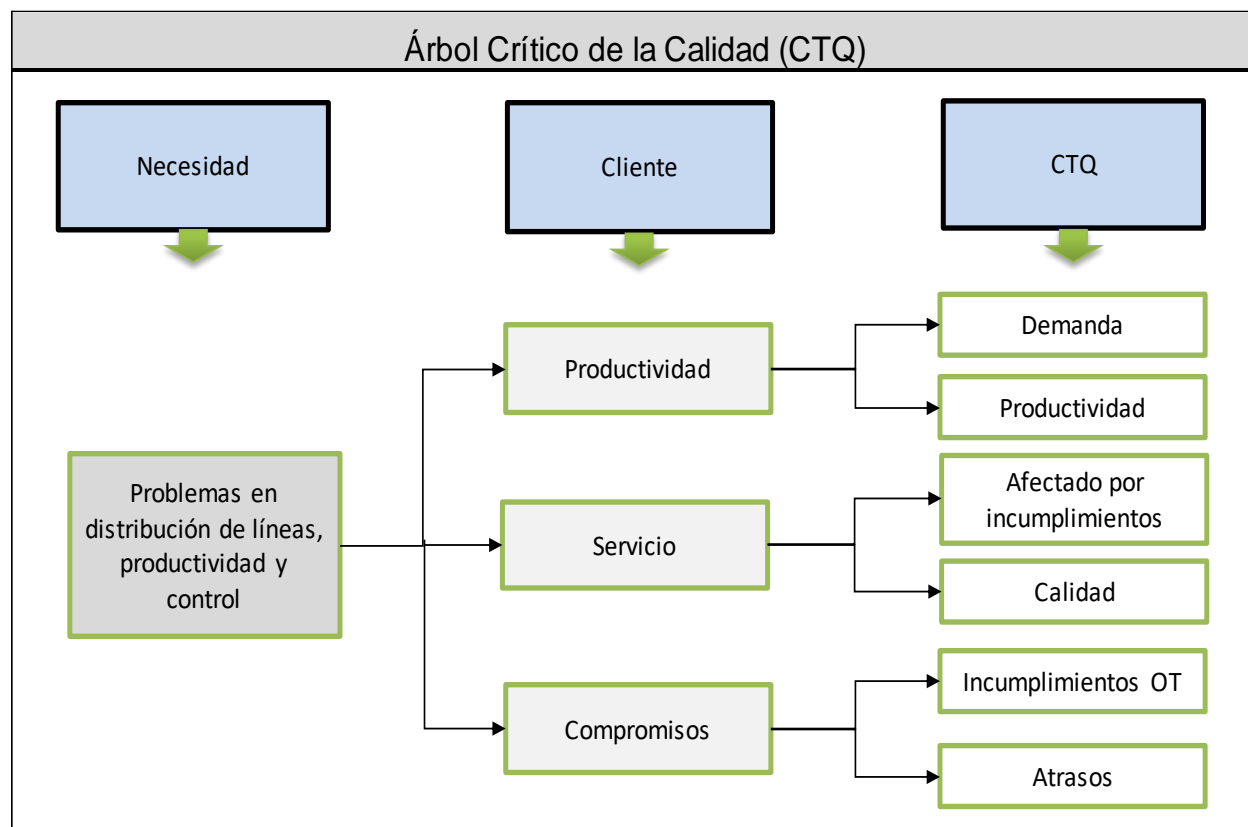
El flujo de la línea de producción, permitió poder puntualizar en subprocesos con mayor complejidad de realizarlos, temas que se toman en consideración para los siguientes pasos de análisis, gracias a la herramienta de flujo que nos permite poder conocer los detalles del proceso como tal.

Árbol Crítico de la calidad

Para realizar el Árbol Crítico de la Calidad se utilizó como insumo el análisis realizado en el FODA, se detallaron las características de calidad desde la perspectiva del usuario al que se debe satisfacer y se identificaron los indicadores que deben tenerse en el proceso desde los requerimientos del Cliente.

El objetivo principal de incluir esta herramienta en el análisis, es porque se busca garantizar la calidad en la ejecución de todos los procesos, lo cual siempre debe ir de la mano con cualquier mejora o cambio que se realice.

Tabla 10: Diagrama de CTQ de la calidad



Nota: Daniel Martínez M.

Como se observa en la figura anterior, como características más importantes según criterios evaluados con base en los resultados de la operación, en la parte de productividad, que notablemente se vio en los análisis del proceso, es una de las partes críticas, ya que esto impacta en el incumplimiento de la demanda que se tiene que producir de acuerdo con los recursos destinados para el proceso en el tiempo pactado con el cliente; que al final termina afectando también la operación al incurrir en costos extras para poder solventar los problemas de productividad, ya sea por un tema de mal uso de los recursos, o bien horarios más extendidos.

En la parte de servicio, podríamos decir que es una de las más crítica para la empresa debido a que afecta directamente la calidad de servicio que se le da al cliente. Anualmente la empresa realiza evaluaciones en donde los clientes califican los diferentes servicios que se brindan, y en estas los temas de incumplimientos dentro de otros contratiempos en el proceso: han afectado la nota quedando por debajo del mínimo requerido para asegurar la satisfacción del cliente, de que se le está dando un buen servicio.

Finalmente el compromiso, la seguridad de que hay garantía de contar con el producto cuando se requiere, es una de las partes que el cliente reitera cada vez que hay un tema relacionado, ya que una de las cosas importantes para ellos es no quedarle mal al cliente final, y de ninguna manera estos pueden salir del almacén sin el proceso de reacondicionamiento requerido; ya que, cuando son temas de codificación, leyendas de información y registros sanitarios mandatorios por el Ministerio de Salud, se exponen a multas y hasta el cierre del negocio según el problema que se detecte en una eventual auditoría realizada por autoridades de salud.

Servicios evaluados

La empresa maneja una cantidad de productos extensa de diferentes clientes a los que se les realizan el proceso de reacondicionamiento, para el diagnóstico se toma el cliente llamado PAMPA, este es un cliente que distribuye vinos y licores, entre otras bebidas de consumo pasivo. Para trabajar los productos, se hace un análisis a nivel de ingresos (Facturación), y también flujo de movimiento seleccionando productos clase A, que son los que generan más beneficios a la planta.

De acuerdo con estas dos variables se determinan los productos y servicios para el diagnóstico, a continuación se muestran las líneas evaluadas en los análisis.

Tabla 11: Productos evaluados en diagnóstico

Productos para replicar Balance	Sku Cliente	Nombre Producto	Cajas promedio	Unidades promd	Factor de empaque	Precio Unit
3	15006	Cerveza Tecate botella Light Twist 355ml	6964.93	167 158.31	24	₡ 21.02
2	27001	Cerveza Estrella Galicia Especial 330 ml	6806.75	163 362.07	24	₡ 21.02

Nota: Daniel Martínez M.

En la tabla anterior, se pueden apreciar datos importantes como el alcance que puede tener un balance aplicado a un producto específico, el cual se puede replicar en varios productos siempre y cuando estos lleven el mismo proceso de reacondicionamiento. Para estos casos en el Sku 15006, hay 3 productos más a los que se puede aplicar los mismos datos del balance, y de la misma forma en el código 27001.

Adicional, también se adjunta la tabla de análisis para sacar los promedios de ingreso mensual de la cuenta.

Tabla 12: Reporte de facturación mensual por servicio

FACTURACIÓN CLIENTE PAMPA						
Cliente	Servicio	Junio	Julio	Agosto	Promedio Mensual Maquila	Promedio Anual Maquila
PAMPA	Etiquetado Varios Pampa	₡4 863 287.20	₡3 825 392.15	₡1 852 323.72	₡3 513 667.69	₡42 164 012.28
PAMPA	Etiquetado FISCAL	₡2 451 779.88	₡2 420 780.92	₡5 429 051.20	₡3 433 870.67	₡41 206 448.00
PAMPA	Pedidos Varios Pampa	₡264 469.42	₡325 830.18	₡109 072.99	₡233 124.20	₡2 797 490.36
PAMPA	Hora Hombre Pampa	₡188 892.33	₡7678.55	₡7 678.55	₡68 083.14	₡816 997.72
PAMPA	Ofertas Pampa	₡852 865.70	₡550 325.80	₡561 165.99	₡654 785.83	₡7 857 429.96
TOTALES		₡8 621 294.53	₡7 130 007.60	₡7 959 292.45	₡7 903 531.53	₡94 842 378.32
					¢ 13 086.83	¢ 157 042.01







Nota: Daniel Martínez M.

El cuadro anterior, hace referencia a los tipos de etiquetados que se manejan, son servicios consolidados que al tener un mismo costo de etiquetado se agrupan con el fin de un mejor control de la información, de la misma forma los demás servicios, hacen referencia al área de donde fueron trabajados o el tipo de servicio brindado.

Medición de procesos

En este proceso, se realiza un análisis de las líneas de producción, con el objetivo de identificar problemas específicos para poderlos medir durante su ejecución, en el siguiente cuadro se puede observar en detalle las actividades de cada operario, así también el método para la toma de tiempos en cada uno de los procesos.

Tabla 13: Descripción del proceso de reacondicionamiento

Descripción del proceso de reacondicionamiento				
Subproceso	Descripción del subproceso/actividad	Detalles del proceso para la toma de tiempos	Operarios	Funciones
1	Ingreso de la tarima de producto a la línea	En esta parte los tiempos que se asignan son diluidos, debido a que la manipulación es a nivel macro, se toma toda la tarima y se ingresa a la línea, se le quita el plástico wrap hasta dejar lista para colocar el producto en mesas de trabajo. Todo este tiempo se divide en el total de unidades que traiga la tarima.		Más de una función
2	Reabastecimiento	Desde que el operario toma la caja de la tarima, la coloca en la mesa de trabajo, la abre y coloca las unidades en posición para el siguiente proceso		Más de una función
3	Colocar etiquetas	Desde que el operario toma la unidad con una mano, y con la otra coloca la etiqueta que corresponde o sticker según muestra aprobada por QA.		Una sola función
4	Empacar unidades en caja	El tiempo asignado a la unidad es diluido, inicia desde que el operario toma la primera unidad, y finaliza hasta que completa la caja según sea el factor de empaque, y seguidamente realiza el sellado de la caja máster.		Más de una función
5	Pegar Dum 14 a caja máster	El operario toma la etiqueta DUM 14 (3x5) con la información del producto, y la coloca según la muestra aprobada por calidad en la caja máster, finalmente toma la caja y la coloca en la tarima final según el orden de la estiva		Más de una función
6	Colocar wrape a la tarima, y sacar de línea	Desde que el operario se desplaza para tomar la perra hidráulica para mover la tarima, luego le coloca plástico wrap, y finalmente la saca de línea y la deja en área de producto terminado, este tiempo es diluido según la cantidad de unidades que contenga la tarima.		Más de una función

Nota: Daniel Martínez M.

Una vez que se obtienen todos estos datos del proceso, se procede con la toma de tiempos de cada subproceso tomando como referencia 30 datos de cada uno que estadísticamente sean confiables, para establecer el tiempo promedio de cada parte como se mostrará a continuación.

Medición del proceso de ingreso

El siguiente cuadro, son datos de ingresos de tarimas a la línea de producción. Estos datos son macros, ya que la manipulación se hace a la tarima completa, por lo tanto se debe hacer la conversión del tiempo entre la cantidad de unidades que salgan de la tarima. La corrida de tiempos consiste en medir desde que el operario se desplaza a tomar las tarimas con una perra hidráulica, valida que sea el producto que se debe ingresar mediante la OT, la lleva a la línea, le quita el plástico y la deja lista para que el operario solo tome las cajas y las coloque en la mesa de trabajo.

En promedio toda esta actividad le toma 15 minutos al operario, este tiempo se diluye entre el total de unidades de la tarima, al final el tiempo que se asigna por unidad producida es de 0.64 s; es importante mencionar que este tiempo incluye un 15% de suplementos del operario. Para determinar este tiempo se toman 17 datos por temas de flujo y variabilidad de productos en programación, debido a que son movimientos de tarimas completas que ingresan al área y quedan en espera para revisión, y en otros casos ingresan directamente de bodega a producción de una vez.

Tabla 14: Cálculo de tiempo por ingreso de tarimas a línea

Datos de Ingreso de productos para arranques de líneas	Min	Segundos (S)	Total Segundos (S)	Cajas por Tarima	U.E	Unidades por Tarima	Tiempo por unidad (S)
Tiempo diluidos	15	60	900	60	24	1440	0.63
Tiempo diluidos	13	60	780	60	24	1440	0.54
Tiempo diluidos	8	60	480	60	24	1440	0.33
Tiempo diluidos	16	60	960	60	24	1440	0.67
Tiempo diluidos	14	60	840	60	24	1440	0.58
Tiempo diluidos	10	60	600	60	24	1440	0.42
Tiempo diluidos	17	60	1020	60	24	1440	0.71
Tiempo diluidos	15	60	900	60	24	1440	0.63
Tiempo diluidos	13	60	780	60	24	1440	0.54
Tiempo diluidos	16	60	960	60	24	1440	0.67
Tiempo diluidos	9	60	540	60	24	1440	0.38
Tiempo diluidos	14	60	840	60	24	1440	0.58
Tiempo diluidos	18	60	1080	60	24	1440	0.75
Tiempo diluidos	13	60	780	60	24	1440	0.54
Tiempo diluidos	10	60	600	60	24	1440	0.42
Tiempo diluidos	10	60	600	60	24	1440	0.42
Tiempo diluidos	15	60	900	60	24	1440	0.63
Promedio	13.29						0.55
Suplementos	1.60						0.07
Total tiempo + Sup	14.89						0.62

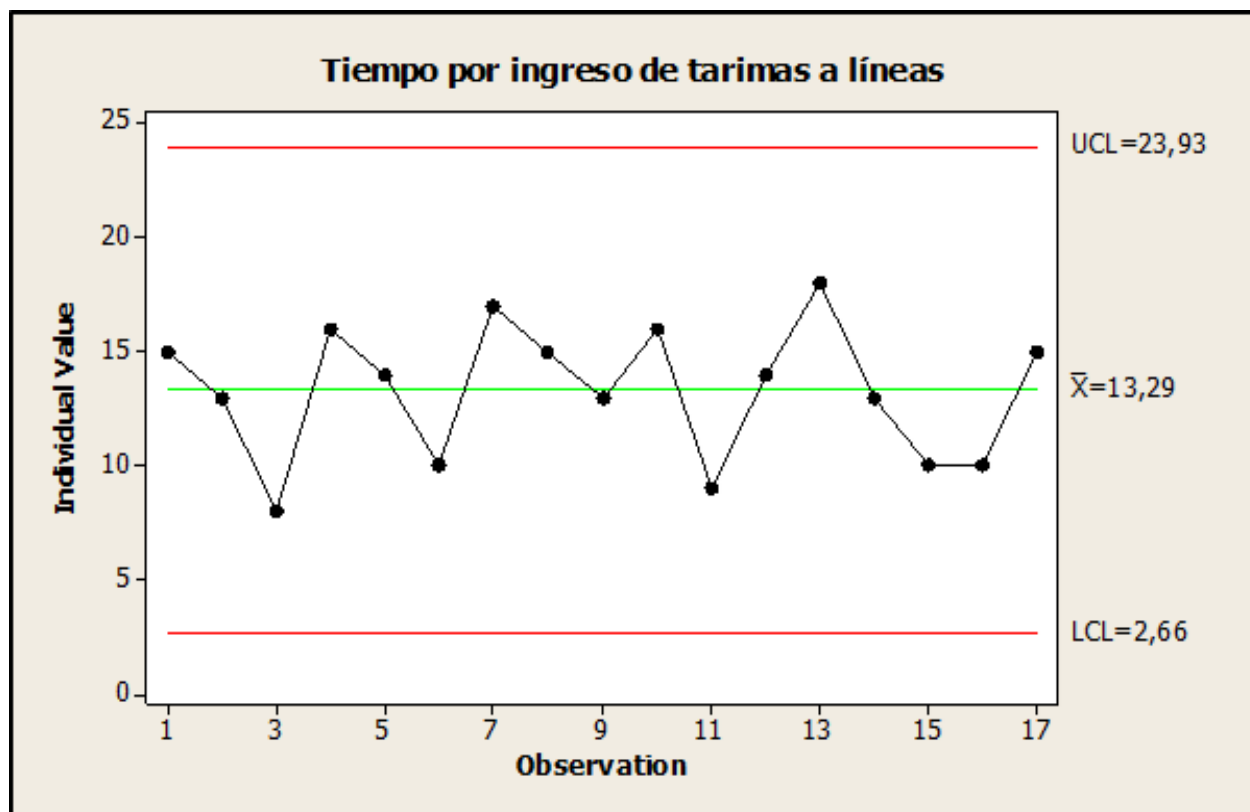
Nota: Daniel Martínez M.

Promedio: Es el resultado de los 17 datos tomados, que van en un rango entre los 8 a 18 minutos por tarima, con un promedio de 13.29.

Suplementos: Para el proceso se toma un 12% sobre el proceso de tiempo empleado por tarima, lo cual da como resultado 1.60 segundos por tarima y 0.07 por unidad sobre el tiempo total del subproceso.

Las siguientes dos gráficas, representa el promedio de tiempo, tanto en minutos como el tiempo en segundos, que el operario dura realizando la actividad. Es importante aclarar que el tiempo asignado a cada unidad, es un tiempo diluido, esto quiere decir, que se toma el total de cajas que trae la tarima, se multiplica por el factor de empaque para sacar el total de unidades, y estas se dividen entre el tiempo transcurrido para sacar lo que corresponde a cada unidad.

Figura 30: Gráfica para cálculos de tiempo por ingreso de tarima

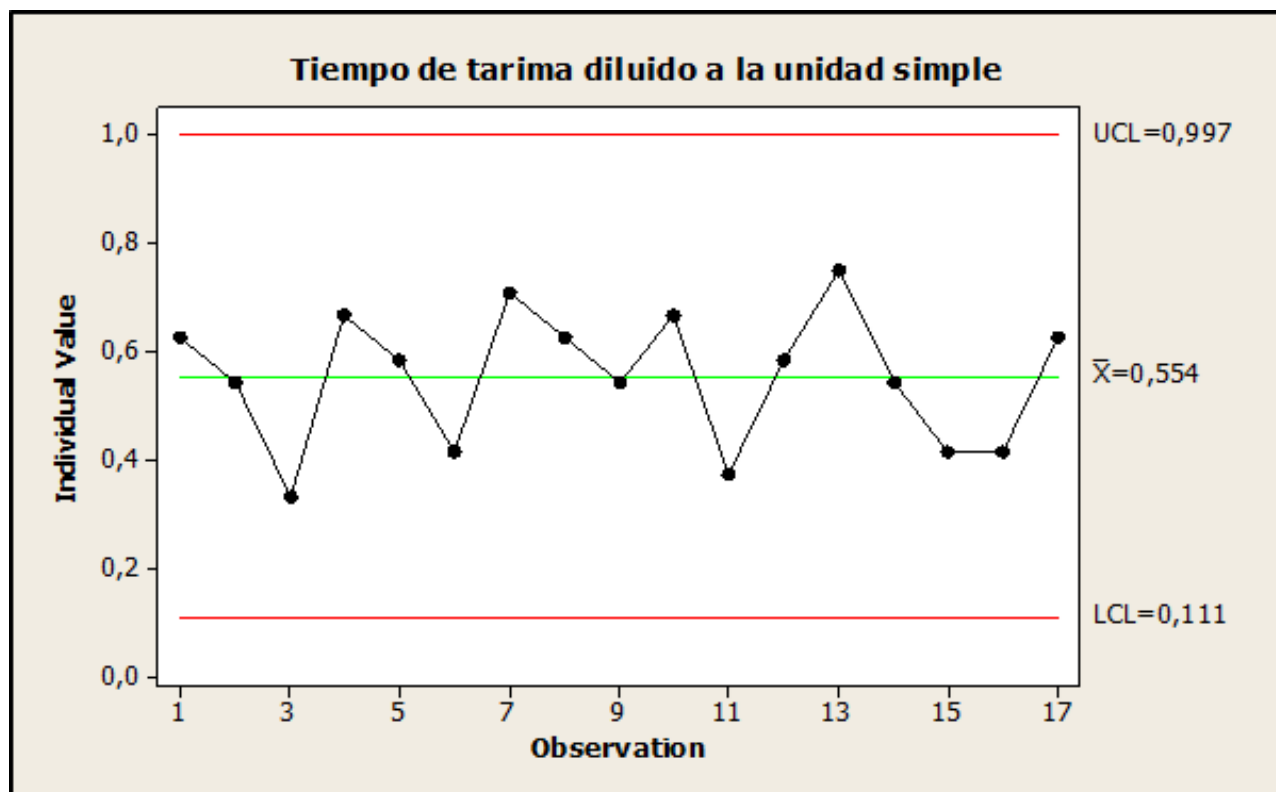


Nota: Daniel Martínez M. (Software Minitab)

La gráfica anterior, indica el promedio de tiempo en minutos que el operario tarda en ingresar una tarima a la planta o línea de producción.

De la misma forma, en la gráfica siguiente se muestran los datos ya trabajados, por unidad de producto que es el tiempo que necesitamos, dado a que el costo negociado con el cliente es por unidad producida.

Figura 31: Gráfica para el cálculo de tiempo asignado a la unidad



Nota: Daniel Martínez M. (Software Minitab)

Como se mencionó anteriormente, el tiempo asignado a la unidad es un tiempo diluido, la gráfica muestra que para este caso corresponde a cada unidad producida un 0.554 segundos, más el tiempo por suplementos asignado, este tiempo debe ser considerado en el proceso, por haber designado un recurso a realizar esta actividad.

Por lo tanto, según indica el cuadro si el proceso dura 15 min promedio incluyendo suplementos, que es = a 900 segundos en la tarima, se deben hacer las conversiones tomando en consideración las características del producto.

- Unidades por caja (U.E).
- Embalaje; cajas por tarima
- Total de unidades por tarima

Una vez que se tienen estos datos se hace la conversión del tiempo entre las unidades totales. Cabe mencionar que este proceso se debe realizar también cuando se trabajan tiempos en caja máster ya en el proceso como tal, por escogencia del recolector de datos, se determina este método cuando se ha identificado cuál es el objetivo a medir, unidad de producto, caja máster, tarima, entre otros, según el proceso. En la siguiente tabla los detalles de conversión, que se aplican de la misma forma, tanto para una tarima como para una caja máster.

Tabla 15: Ejemplo de conversión de tiempo a unidad

Datos de Ingreso de Productos para Arranques de Líneas	Min/Tarima	Seg	Total Seg	Cajas por Tarima	U.E	Unidades por Tarima	Tiempo por unidad (Seg)
Datos tiempos diluidos	15	60	900	60	24	1440	0.63

Variable	Resultado	
15 min x 60 Seg =	900	Seg x Tarima
60 cajas x 24 U.E =	1440	Unidades x Tarima
900 Seg / 1440 =	0.63	Seg x unidad

Nota: Daniel Martínez M.

Reabastecimiento de línea

El proceso de reabastecimiento incluye desde que el operario se desplaza a tomar la caja de producto, la pone en la mesa o lugar de trabajo, la abre y coloca las unidades ordenadas en la mesa, o de la forma que se haya definido por el ingeniero de línea como mejor método para realizar el proceso que continúa.

Tabla 16: Subproceso de reabastecimiento de línea

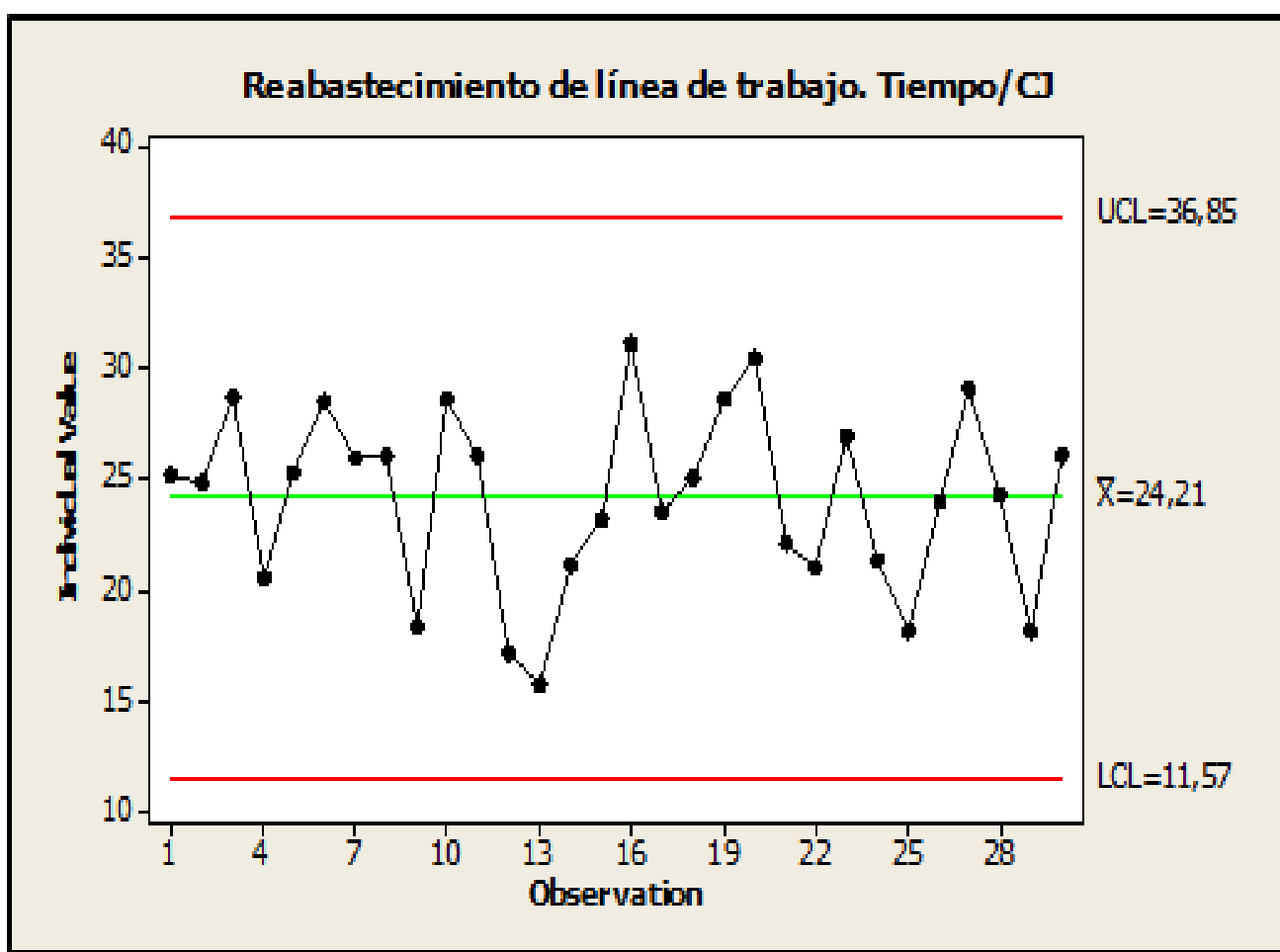
Tomas/Tiempo	Reabastecimiento de Mesa	U.E	Tiempo unidad
1	25.2	24	1.05
2	24.94	24	1.04
3	28.75	24	1.20
4	20.59	24	0.86
5	25.31	24	1.05
6	28.53	24	1.19
7	25.94	24	1.08
8	26.12	24	1.09
9	18.4	24	0.77
10	28.59	24	1.19
11	26.09	24	1.09
12	17.21	24	0.72
13	15.72	24	0.66
14	21.12	24	0.88
15	23.19	24	0.97
16	31.15	24	1.30
17	23.52	24	0.98
18	25.16	24	1.05
19	28.62	24	1.19
20	30.5	24	1.27
21	22.16	24	0.92
22	21.01	24	0.88
23	27.03	24	1.13
24	21.42	24	0.89
25	18.19	24	0.76
26	24.05	24	1.00
27	29.06	24	1.21
28	24.3	24	1.01
29	18.19	24	0.76
30	26.15	24	1.09
Promedio	25.44	24	1.01
15% Suplementos	3.816	24	0.15
Total	29.256		(2 S)

Nota: Daniel Martínez M.

Según los datos de la tabla anterior, el promedio de tiempo de reabastecimiento por unidad asignado es de 1.01 segundos, El tiempo en este subproceso es diluido como ya se explicó anteriormente, ya que el dato se toma a la caja máster que en este caso contiene 24 unidades, este tiempo finaliza una vez el operario deja las unidades en la mesa o área de trabajo. Este tiempo se divide entre la cantidad de unidades que trae la caja, para obtener el tiempo por unidad. Finalmente, a este tiempo se le suman un 15% de suplementos que viene siendo un 0.15 segundos, más el tiempo obtenido por ingreso de la tarima de producto a la línea, que para este proceso es de 0.64 segundos para un total de 2 segundos por unidad redondeados.

En las siguientes gráficas se expresan los datos basados en los tiempos de la tabla anterior, tanto en cajas como unidades.

Figura 32: Gráfica de control para calcular reabastecimiento de línea por caja.



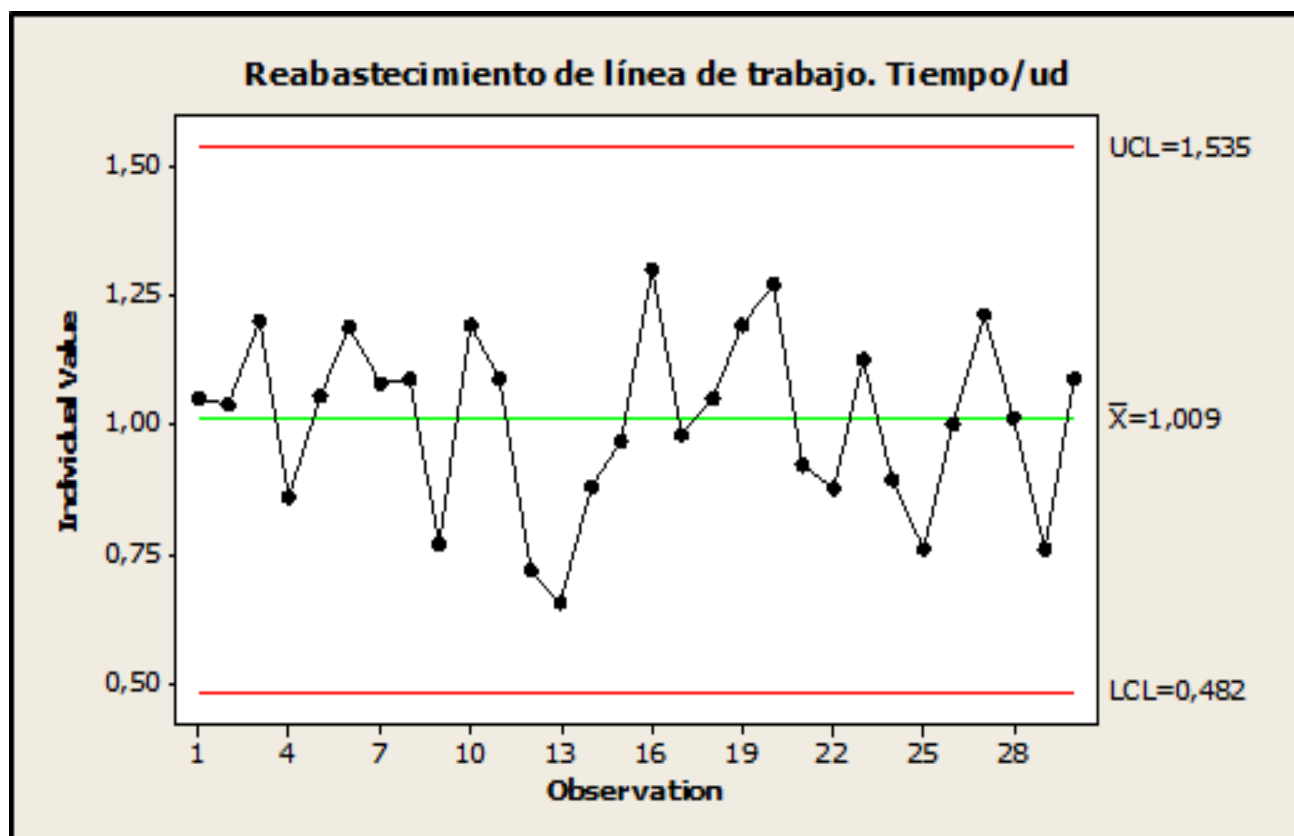
Nota: Daniel Martínez M. (Software Minitab)

La escogencia del tiempo requerido para la medición del proceso, debe ser evaluado por el ingeniero de línea de acuerdo con lo que se desee medir, pueden ser la tarima como un bulto, la caja máster como una unidad, o bien la unidad. La decisión se toma con base en el tipo de servicio negociado, para este proyecto el objetivo de tiempo es la unidad.

En la gráfica anterior se muestra el tiempo por unidad, el cual representa un 24.21, todos los datos están dentro de los límites establecidos inferior y superior.

Asimismo, en la siguiente gráfica se muestran los datos por unidad, los cuales tienen origen de la gráfica anterior por lo que están totalmente relacionados.

Figura 33: Gráfica de control para calcular reabastecimiento por unidad



Nota: Daniel Martínez M. (Software Minitab)

En este proceso el dato final es el tiempo asignado a la unidad, de acuerdo con la gráfica anterior, el promedio asignado por unidad es de 1.009 segundos, a los que se les debe de agregar el tiempo de suplementos e ingreso de la tarima.

Etiquetado de productos

El subproceso de etiquetado es uno de los que marca la velocidad en la línea de producción, por lo tanto, es importante que los operarios de la línea estén en estaciones de acuerdo con el tipo de actividad que van a realizar, tomando en consideración si es mujer o es hombre. Esto porque, con referencia a la función que cada uno realiza, se comprobó que las mujeres tienen mayor habilidad para realizar procesos de etiquetado, confección de ofertas, entre otras actividades, los hombres por tener manos más ordinarias, o ser menos habilidosos para realizar ciertas funciones, son más lentos que las mujeres, lo que afecta la velocidad de la línea dependiente en que esté la estación.

En la siguiente tabla se desglosan los tiempos por unidad procesada, los datos son tomados directamente a la unidad.

Tabla 17: Tiempos de colocación de etiquetas a la unidad de producto

Tomas/Tiempo	Colocación de Etiquetas/unidad	Tomas/Tiempo	Colocación de Etiquetas/unidad
1	3.51	16	3.69
2	4.63	17	4.28
3	3.82	18	3.86
4	6.01	19	4.33
5	5.68	20	4.92
6	4.41	21	5.31
7	4.55	22	5.91
8	4.26	23	4.13
9	6.02	24	5.36
10	6.03	25	5.49
11	4.32	26	6.09
12	5.02	27	4.12
13	4.29	28	6.01
14	4.21	29	4.32
15	5.06	30	3.03
Promedio	4.79		4.72
15% Suplementos	0.71335		4.76
Total	5.501		Por unidad

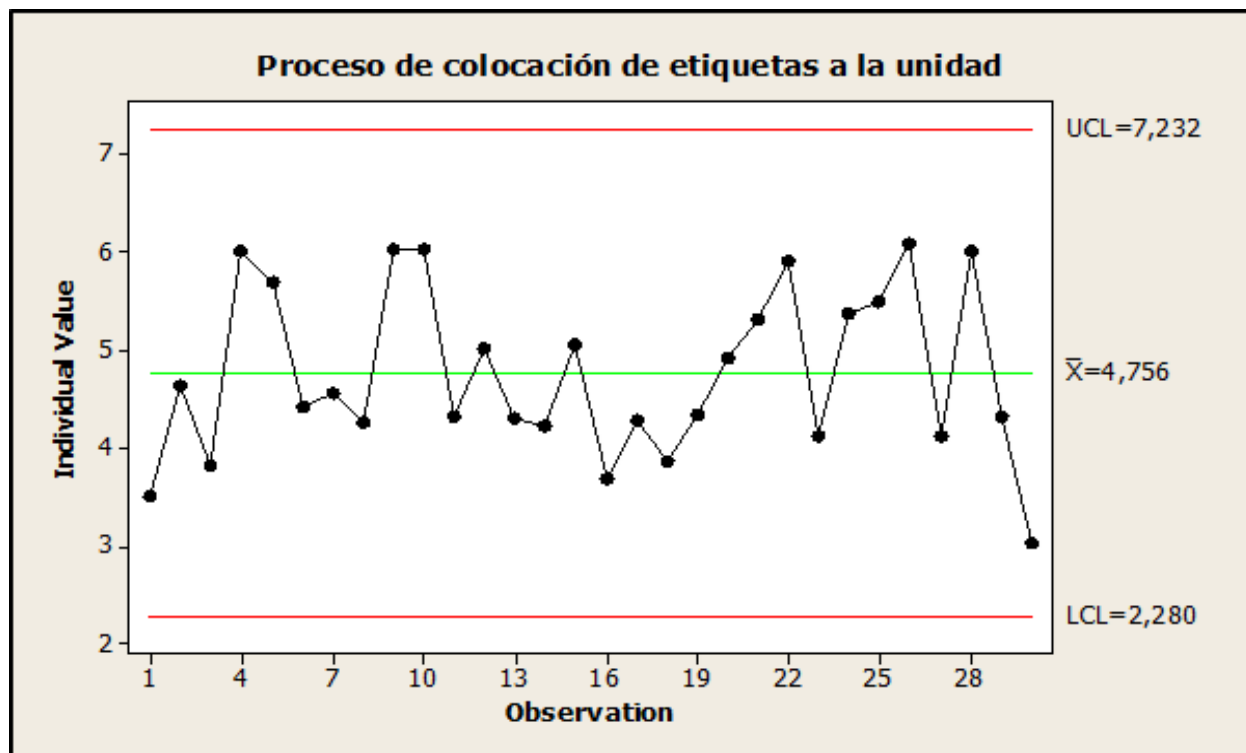
Nota: Daniel Martínez M.

La tabla anterior presenta los tiempos tomados a cada unidad que fue etiquetada, para el proceso se colocan generalmente dos tipos de etiquetas, de 1x1", y la otra de ½", estas etiquetas se usan

para fechas de caducidad, codificaciones para EAN 13, y en algunos casos leyendas cortas requeridas por el cliente o el Ministerio de Salud. Para ambas presentaciones el tiempo de proceso es el mismo. Para el proceso evaluado se trabaja una etiqueta de 1x1”, y el tiempo promedio de pegado es de 5.5 segundos por unidad.

A continuación se grafican los datos para el proceso de etiquetado 1 a 1.

Figura 34: Gráfica de control para el tiempo promedio de etiquetado



Nota: Daniel Martínez M. (Software Minitab)

De acuerdo con el resultado de la gráfica, el promedio del proceso de etiquetado es de 4.75 segundos por unidad, a este tiempo se le debe agregar el tiempo por suplementos con el que se obtendría un tiempo de 5 segundos por unidad etiquetada en promedio.

Empaque de unidades

El proceso de empaque consiste en tomar las unidades y colocar en las cajas correspondientes, generalmente es la misma caja que se desocupa en el proceso de reabastecimiento, pero en otros casos, cuando es requerido por el cliente, se empaican en cajas con alguna presentación o de manera diversa. En la siguiente tabla se desglosan los tiempos del subproceso como tal, es importante

mencionar que el tiempo que se toma en esta parte del proceso es por caja máster y se hace la conversión al final para obtener el dato por unidad empacada.

Tabla 18: Cálculo de tiempo para empaque de unidades

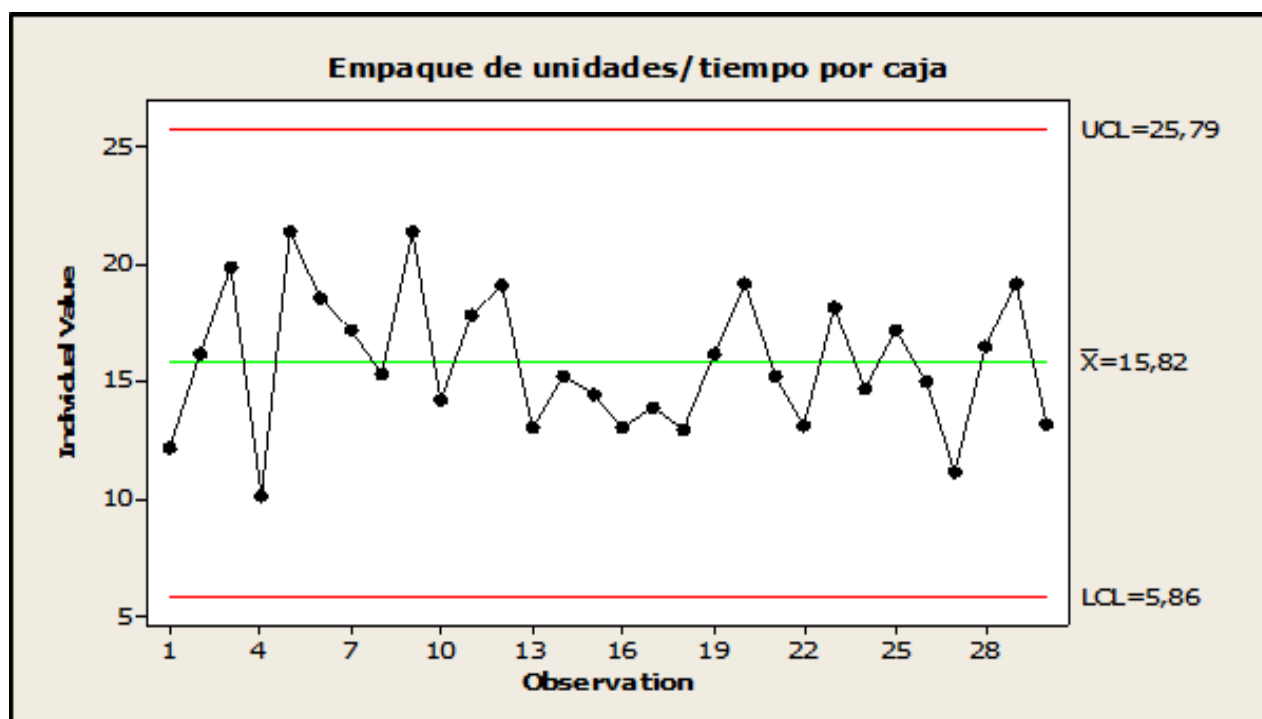
Tomas/Tiempo	Empaque de unidades /caja	U.E	Tiempo unidad
1	12.19	24	0.51
2	16.19	24	0.67
3	19.9	24	0.83
4	10.09	24	0.42
5	21.41	24	0.89
6	18.55	24	0.77
7	17.21	24	0.72
8	15.33	24	0.64
9	21.42	24	0.89
10	14.22	24	0.59
11	17.82	24	0.74
12	19.13	24	0.80
13	13.02	24	0.54
14	15.21	24	0.63
15	14.44	24	0.60
16	13.01	24	0.54
17	13.91	24	0.58
18	12.96	24	0.54
19	16.17	24	0.67
20	19.15	24	0.80
21	15.21	24	0.63
22	13.15	24	0.55
23	18.12	24	0.76
24	14.69	24	0.61
25	17.24	24	0.72
26	15.03	24	0.63
27	11.18	24	0.47
28	16.49	24	0.69
29	19.15	24	0.80
30	13.16	24	0.55
Promedio	15.83	24	0.66
15% Suplementos	2.374	24	0.10
Total	18.199		0.76

Nota: Daniel Martínez M.

La información descrita en la tabla anterior, son datos tanto de cajas con un factor equivalente a 24 unidades por caja, con de la unidad que es dato objetivo con el que deseamos trabajar.

Seguidamente, se representan las gráficas de cada una de las partes, para visualizar el comportamiento de los datos obtenidos en la toma de tiempo.

Figura 35: Gráfica para el cálculo de tiempo de empaque por caja

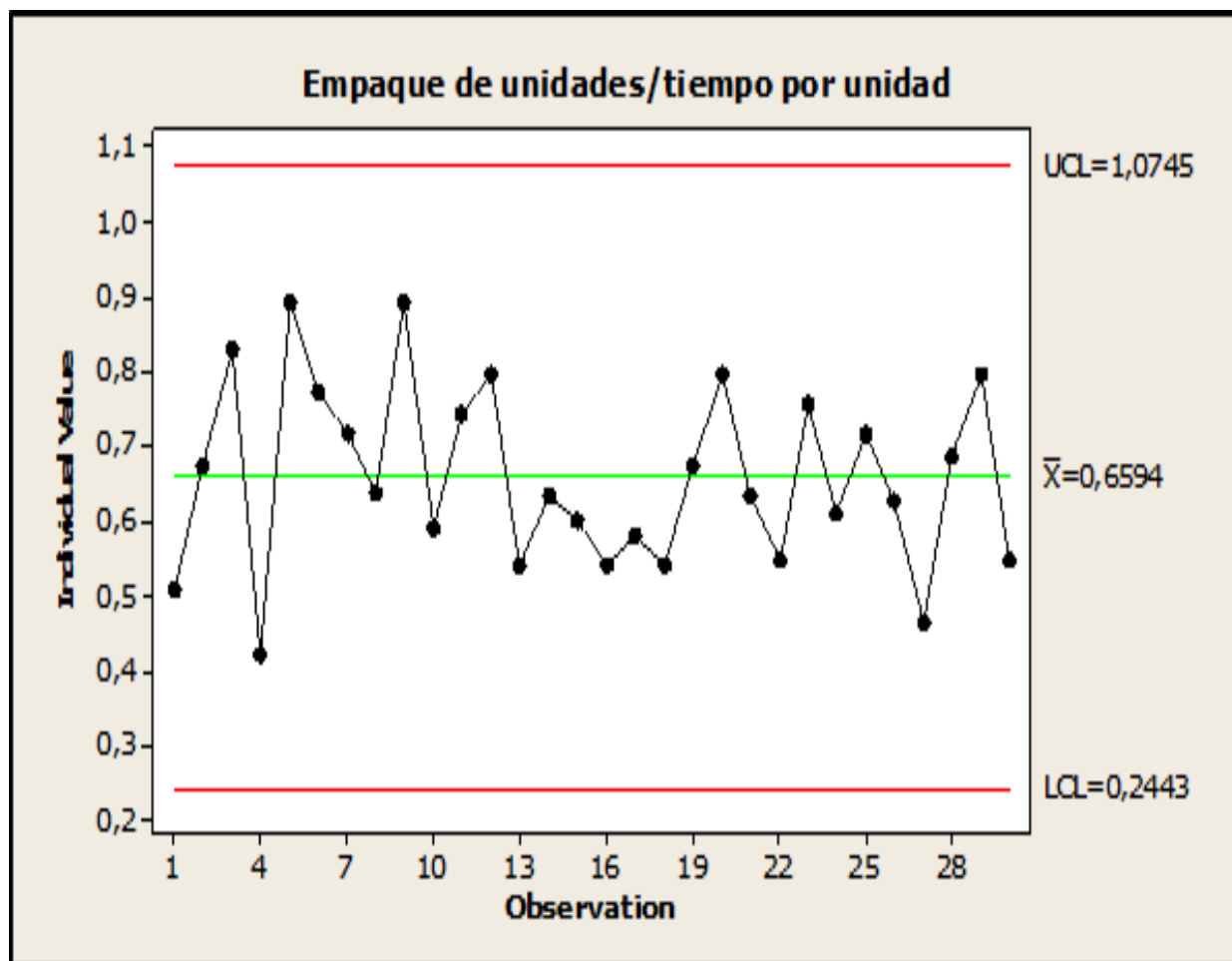


Nota: Daniel Martínez M. (Software Minitab)

Esta primera gráfica toma los datos por caja de producto, la cual indica que el operario dura 15,82 segundos en promedio por cada caja empacada, es un proceso bastante rápido debido a que el operario puede manipular hasta 4 unidades en cada movimiento que realiza para colocar las unidades dentro de la caja.

El otro dato importante requerido es el que corresponde a la unidad, este se representa en la siguiente gráfica.

Figura 36: Gráfica para el cálculo de tiempo por unidad



Nota: Daniel Martínez M. (Software Minitab)

Después de hacer la conversión del tiempo tomado por caja a unidades, de acuerdo con la gráfica, el resultado es de 0.65 segundos por unidad, a este tiempo se le debe sumar el porcentaje de suplementos estimado, para trabajar con un dato de 1 segundo por unidad.

Sellado y embalaje final

Este subproceso consta de tres pasos que realiza el operario de forma seguida sin detenerse para hacer ninguna otra actividad, es sellar la caja una vez contiene todas las unidades, colocar una etiqueta DUM-14 por requerimiento de los puntos de venta, y finalmente colocar la caja en la tarima final para luego sacar de línea.

En la siguiente tabla, se presentan los datos asociados al proceso indicado tanto en caja como en unidades.

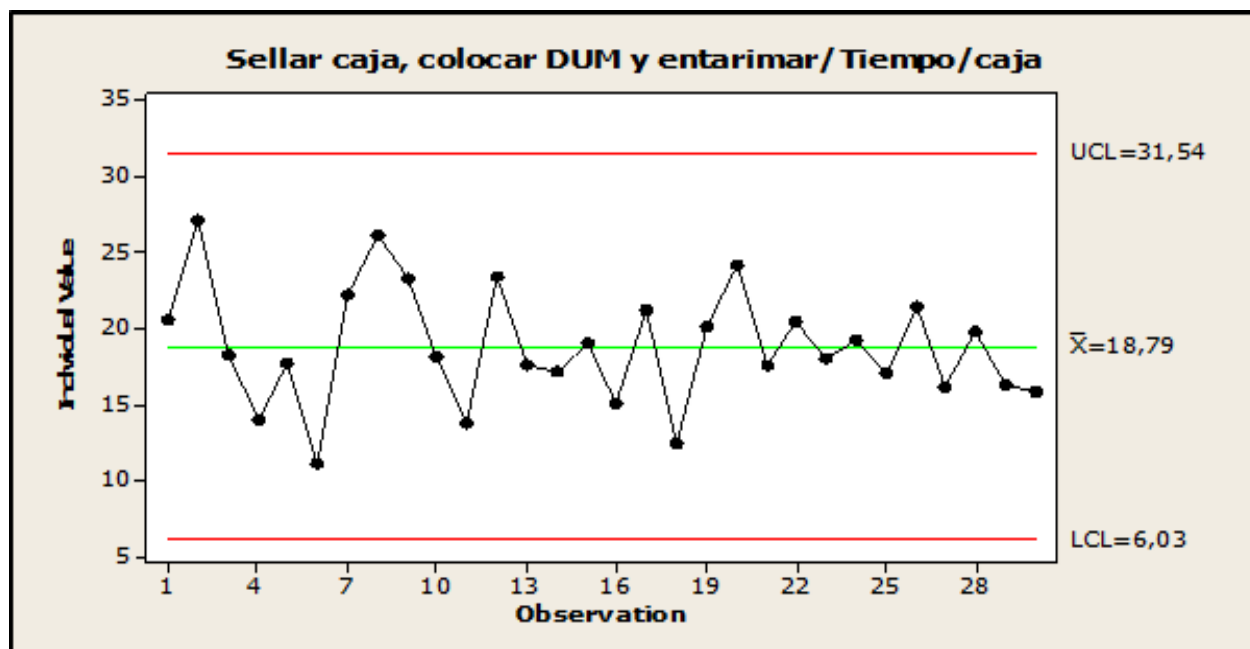
Tabla 19: Subproceso de sellado + DUM y Entarimado

Tomas/Tiempo	Sellado caja, pegar DUM y entarimar	U.E	Tiempo unidad
1	20.5	24	0.85
2	27.12	24	1.13
3	18.21	24	0.76
4	13.91	24	0.58
5	17.67	24	0.74
6	11.08	24	0.46
7	22.15	24	0.92
8	26.19	24	1.09
9	23.3	24	0.97
10	18.14	24	0.76
11	13.71	24	0.57
12	23.42	24	0.98
13	17.57	24	0.73
14	17.09	24	0.71
15	19.01	24	0.79
16	15.03	24	0.63
17	21.16	24	0.88
18	12.41	24	0.52
19	20.14	24	0.84
20	24.19	24	1.01
21	17.56	24	0.73
22	20.41	24	0.85
23	18.02	24	0.75
24	19.25	24	0.80
25	17.01	24	0.71
26	21.46	24	0.89
27	16.13	24	0.67
28	19.78	24	0.82
29	16.21	24	0.68
30	15.83	24	0.66
Promedio	18.79	24	0.78
15% Suplementos	2.818	24	0.12
Total	21.607		0.90

Nota: Daniel Martínez M.

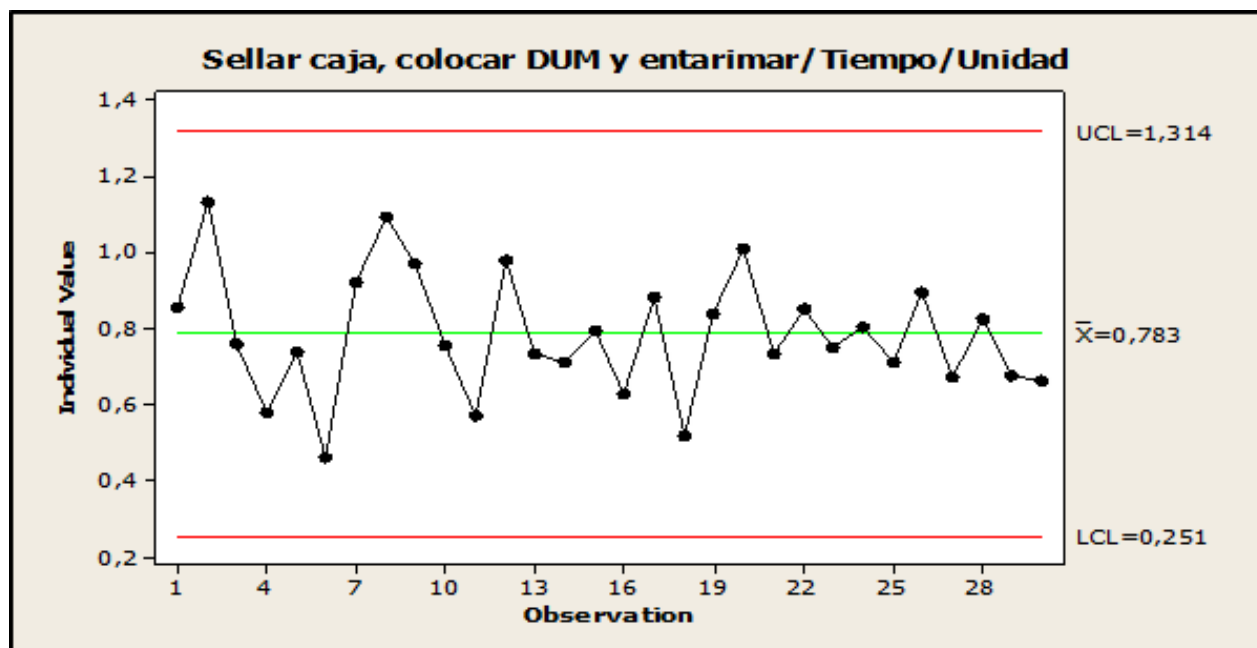
De acuerdo con los datos de la tabla, este proceso tiene un tiempo promedio por caja de 21.6 segundos, y haciendo la conversión a unidades corresponde un tiempo de 0.90 segundos por unidad, y en la siguiente gráfica se presenta el promedio de tiempo por caja trabajada.

Figura 37: Gráfica para el cálculo de sellado por caja



Nota: Daniel Martínez M. (Software Minitab)

Figura 38: Gráfica para el cálculo de unidades



Nota: Daniel Martínez M. (Software Minitab)

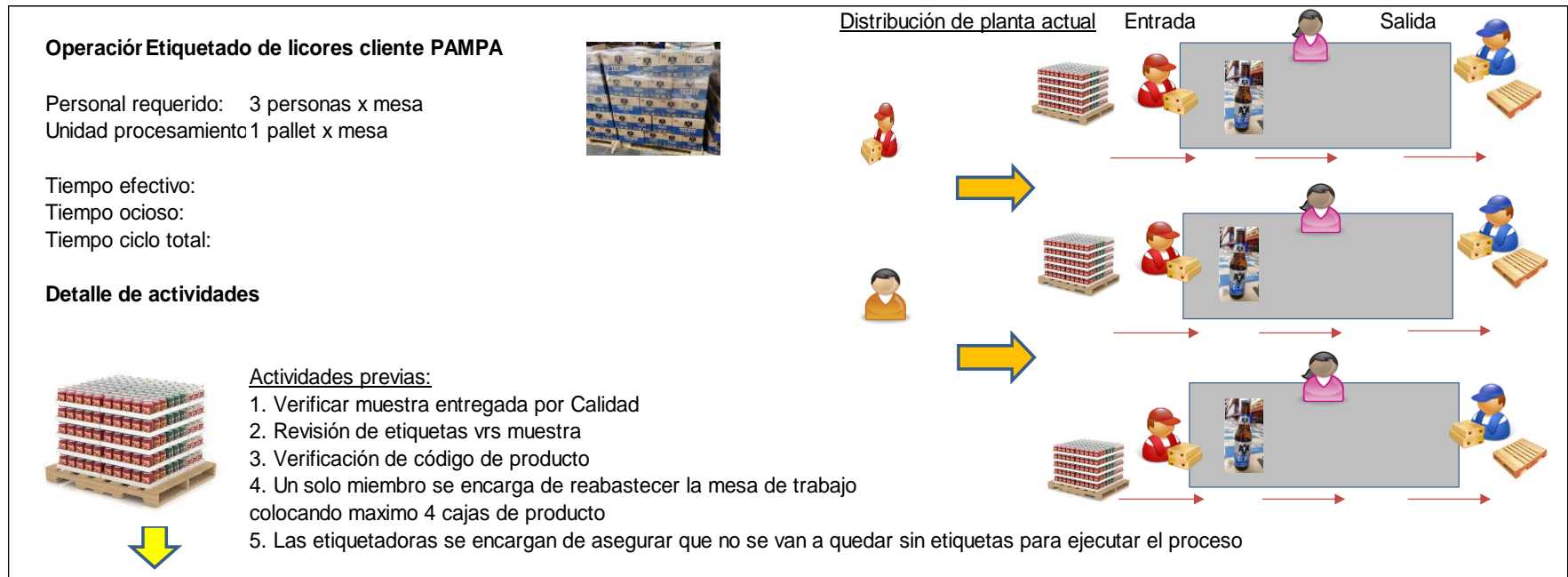
Análisis de datos del proceso actual

Para tabular los datos de tiempos tomados del diagnóstico, se genera una plantilla en Excel en donde se puede visualizar el estado real de la línea de acuerdo con los tiempos de producción; además, permite evaluar todos los detalles del proceso realizado y problemas que se presentan en la ejecución de las actividades.

En esta primera parte, se presentarán los detalles de las actividades a realizar, la distribución de la línea y como se desarrolla cada actividad de forma gráfica. Para el diagnóstico se hace una segregación de las partes o subprocesos, los cuales se detallan a continuación.

Datos preliminares y características del producto:

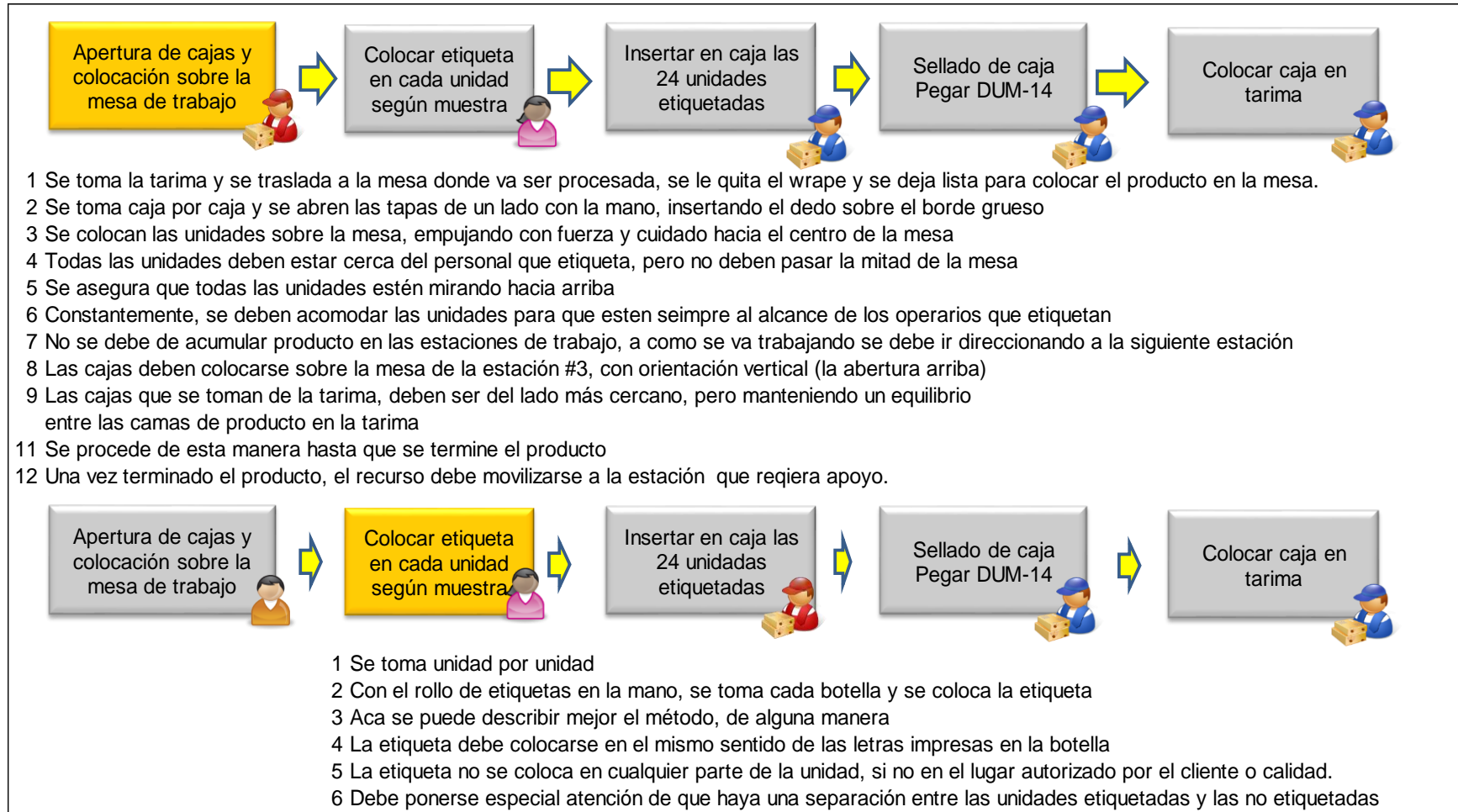
Figura 39: Distribución de líneas



Nota: Daniel Martínez M.

Como se mencionó anteriormente, estos son los datos preliminares que el encargado de línea realiza antes de meter el producto a línea, es importante mencionar que el tiempo que se pierde en este proceso en ocasiones puede ser hasta de media hora según la coordinación que se haya tenido previamente con los personeros de bodega, en casos de que el producto no se encuentre en el área de VAO, por lo que se detecta una oportunidad de mejorar importante para reducir el tiempo ocioso de los operarios en espera del producto por una mala planificación. En la siguiente imagen, se presentan el subproceso uno y dos, en donde se detallan las actividades realizadas.

Figura 40: Subprocesos 1 y 2 de la línea

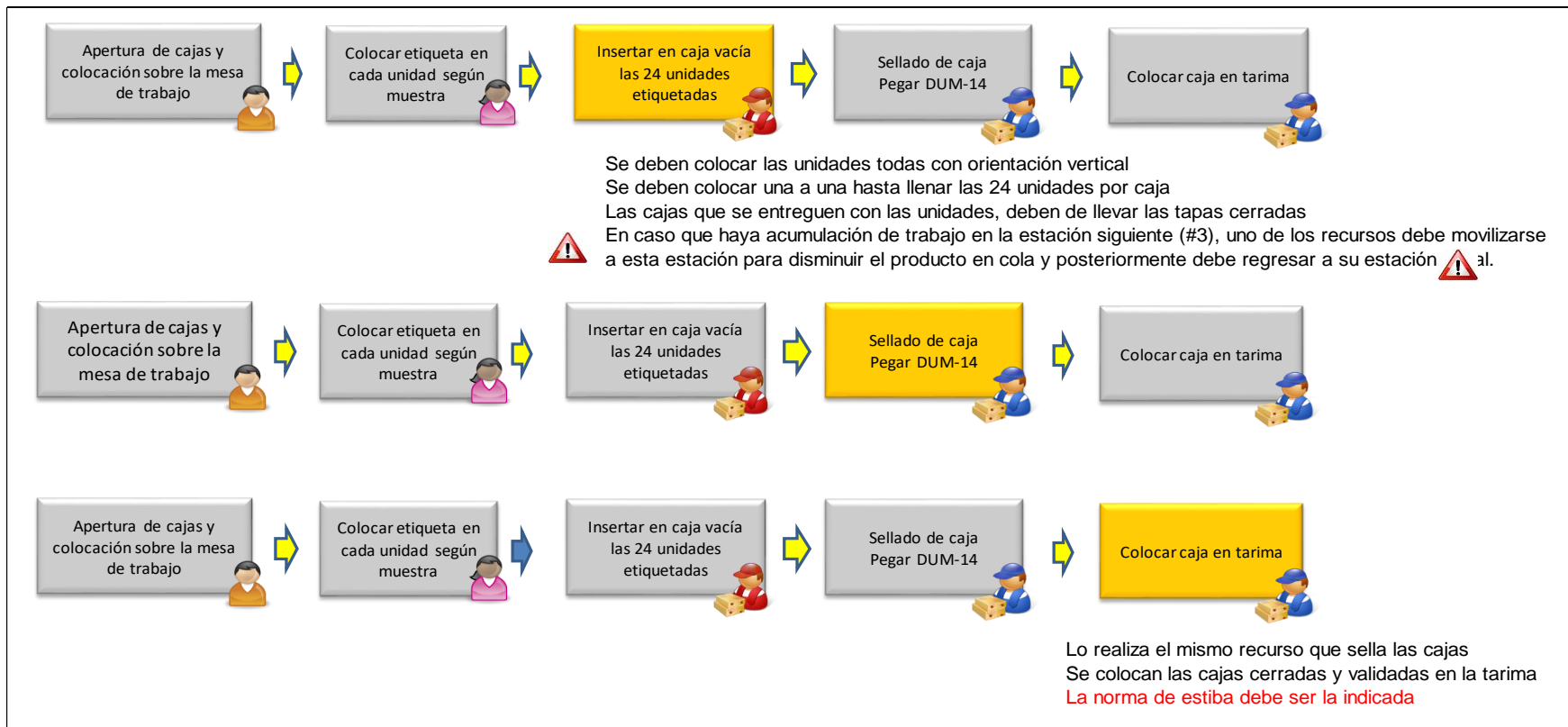


Nota: Daniel Martínez M.

En los subprocesos 1 y 2, se detectan problemas en distribución de líneas y asignación de funciones para cada operario, esto porque hay operarios que tienen una función específica que realizar y otros que tienen más de una función; sin embargo, los tiempos de cada

actividad son distintos y entre ellos no hacen sinergias de acuerdo con los tiempos de proceso, que es lo que deberían de hacer para apoyar a la operación más lenta, que en este caso es el pegado de etiquetas donde se hace el cuello de botella; la diferencia de tiempo es de 4.29 segundos por unidad, mayor con respecto al operario de la estación 1 que la antecede, tiempo ocioso de operario por no tener las tareas a realizar bien definidas según los tiempos de cada actividad. En la siguiente figura, se presentan los últimos 3 subprocesos de la línea, que incluyen empaque, sellado de cajas, colocación de DUM 14 y entarimado.

Figura 41: Subprocesos 3, 4 y 5 de la línea



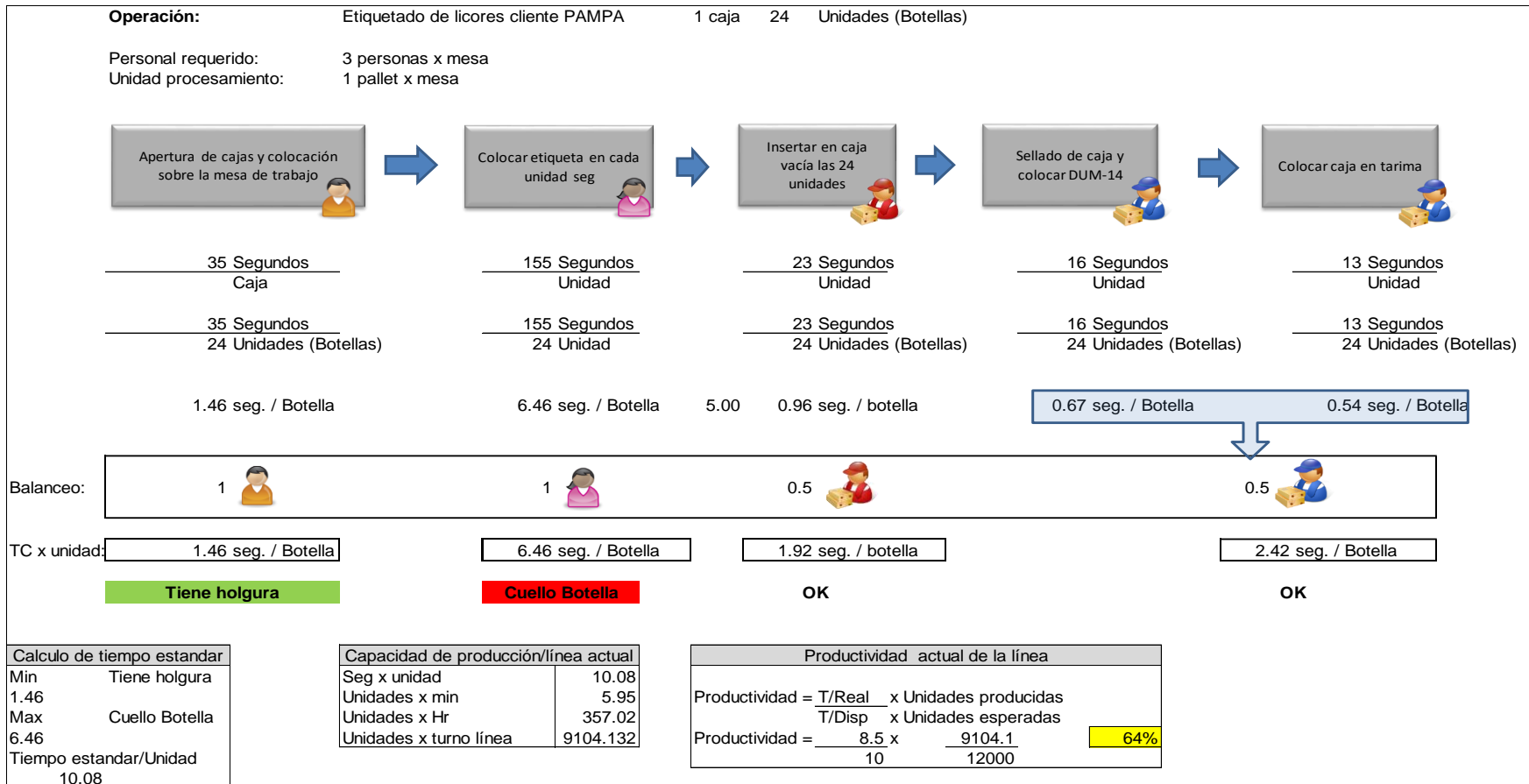
Nota: Daniel Martínez M.

Como se indica en la imagen anterior representa los últimos 3 subprocesos, en donde de la misma forma que los anteriores evidencia problemas en la ejecución de las actividades que realiza cada operario.

Balance de proceso actual

Para los siguientes datos, se hace todo el análisis del proceso y se procede a realizar los cálculos para determinar la productividad actual en función de los tiempos y recursos con los que se realiza el proceso.

Figura 42: Balance actual del diagnóstico



Nota: Daniel Martínez M.

Análisis

De acuerdo con los datos que se presentan en el balance anterior, se identifica que el cuello de botella se encuentra en el proceso de colocación de etiquetas, donde el tiempo del operario es de 5.5 segundos por unidad, y el operario con tiempo ocioso es el número 1.

La línea como tal, realmente presenta problemas de diferente índole, especialmente en la parte de asignación de funciones y distribución, por lo que se considera importante un ordenamiento y validación de funciones asignadas a los operarios para que cada uno trabaje alineado a estas y pueda apoyar las demás estaciones cuando sea requerido.

Lluvia de ideas

Con el fin de apoyar los análisis y tener una visión más amplia de los temas que pueden estar perjudicando el proceso, se realiza una sesión de lluvia de ideas con los personeros del departamento y la línea en específico, que intervienen en el proceso de etiquetado en la línea de producción, de manera que se pueda lograr obtener una lista de causas de los mismos operarios como dueños del proceso, sobre que provocan los atrasos, problemas, entre otros temas relacionados. En la siguiente tabla se presentan los datos obtenidos en la lluvia de ideas.

Tabla 20: Lluvia de ideas

Lluvia de ideas para conocer las opiniones de los operarios de la línea cliente PAMPA					
Mesas de Trabajo	Máquinas-equipos	Mano de obra	Iluminación	Instalaciones	Materiales
Altura	Selladoras manuales para cajas	Cantidad óptima de personas	Niveles de iluminación adecuada	Espacio adecuado	Inventario óptimo en proceso
Descansa pies	Etiquetadoras manuales	Capacitación	-	Fatiga por calor	Calidad de las etiquetas
Distribución correcta	Equipo para transporte de materiales	Cantidad de estaciones correctas	-	Ruido	Calidad de la cinta de empaque
Problemas para deslizar el producto	-	Funciones por operario	Tipo de iluminación, blanca-amarilla	Ventilación	-
Espacio	-	Métodos actuales		Orden	-

Nota: Daniel Martínez M.

Tabla 21: Subcausas de lluvia de ideas

Subcausa N.1	Subcausa N.2	Subcausa N.3	Subcausa N.4	Subcausa N.5	Subcausa N.6
Problemas para deslizar el producto	Selladoras manuales para cajas	Cantidad óptima de operarios	Niveles de Iluminación adecuada	Espacio adecuado	Inventario óptimo
Espacio	Etiquetadoras manuales	Capacitación		Orden	Flujo de materiales
		Métodos actuales			Faltante de Producto

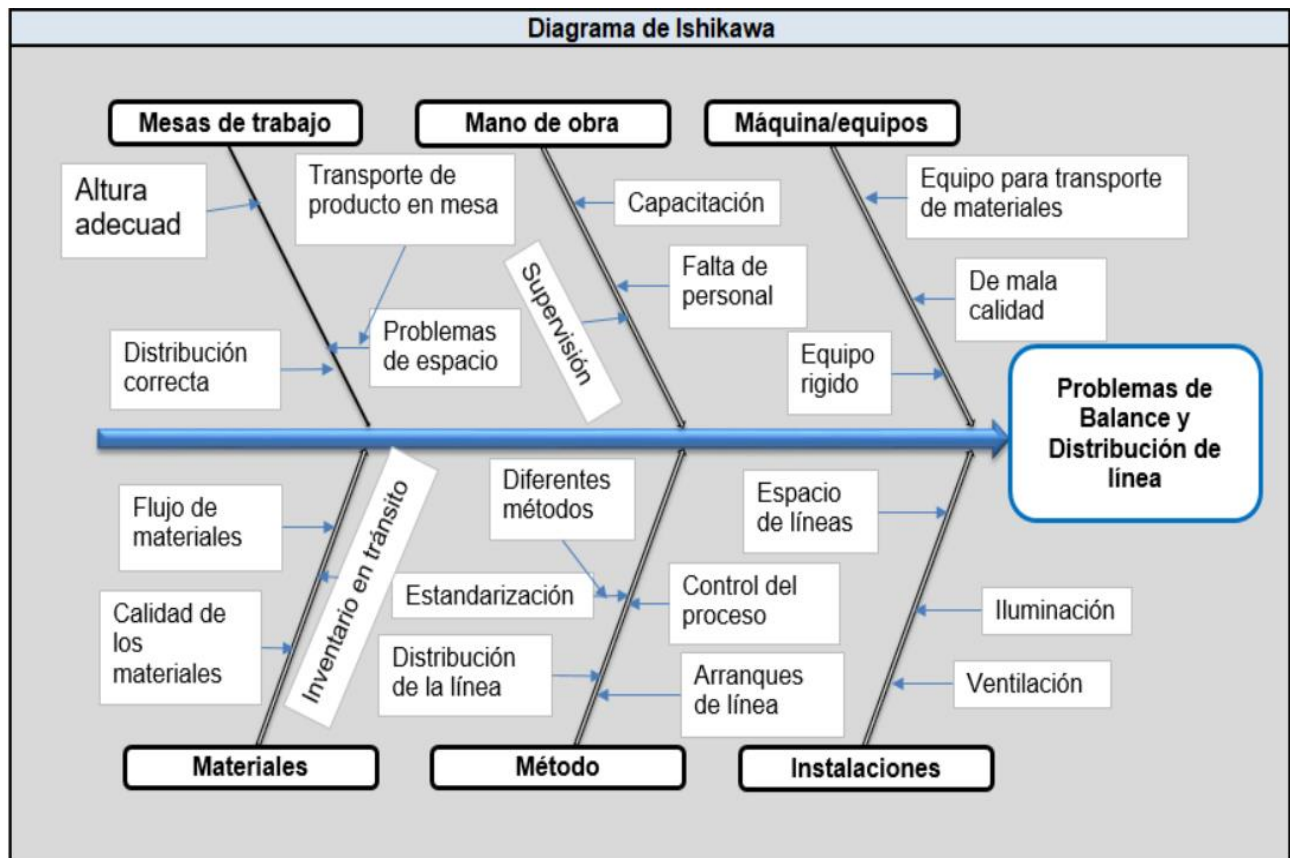
Nota: Daniel Martínez M.

Con las opiniones expuestas por el personal en la sección lluvia de ideas realizada, se procede a clasificar las causas resultantes subdividiendo los temas por: mesas de trabajo, máquina, mano de obra, método, instalación y materiales.

Diagrama de Ishikawa

Se utilizó esta herramienta para profundizar en los temas de la línea, con el objetivo de tener mayor claridad de los problemas que se dan durante el proceso, considerando todos los aspectos relacionados que nos proporcionen mayor información para las mejoras que se deben realizar. A continuación se presenta el Diagrama de Ishikawa para el análisis con temas específicos de la línea de producción.

Figura 43: Diagrama de Ishikawa



Nota: Daniel Martínez M.

Dentro de los encabezados importantes como causas principales del diagrama para él se pueden detallar:

Mesas de Trabajo

Las mesas de trabajo son las herramientas que se usan para conformar la línea de producción físicamente, estas tienen una medida de 1 metro de ancho por 2.20 metros de largo, y se alinean de acuerdo con la necesidad de la línea, ya que estas no están fijadas en una sola parte del área. Dentro de los aspectos que se evaluaron en las mesas como factores que pueden ser influyentes en el desempeño de los operarios como subcausas se pueden mencionar:

- **Altura adecuada:** debe ser no más de la cintura, y tampoco más baja, también se debe considerar la estatura de los operarios ya que esto puede afectar según la actividad que

realice; la mesa debe ser lo más adecuada posible ergonómicamente para que el operario realice bien su labor.

- Acomodo y distribución: de forma que no interfiera en el flujo de producto y de la línea como tal.
- Transporte: del producto sobre la mesa, que no haya irregularidades que afecte la movilidad del producto de una estación a otra.
- Espacio: se requiere que la mesa tenga las dimensiones correctas para que tanto el flujo de producto como el espacio que necesita cada operario para realizar su actividad sea el adecuado.

Máquina-Equipos

Se refiere a todos los equipos que se usan en la línea, es importante mencionar que para la realización del proceso no se requiere máquinas, esto debido a que la actividad es relativamente simple, aunque esté compuesta por varios subprocesos, que consiste en colocar una etiqueta en cada unidad.

Se han hecho análisis para la automatización del proceso con el fin de mejorar la productividad y disminuir los recursos en mano de obra, sin embargo, hay temas contractuales con los clientes por tiempos determinados, lo cual una vez este cumpla el contrato de vigencia, el cliente no está obligado a una nueva negociación, o continuar con la empresa como su proveedor logístico, por esta razón no hay garantía de la inversión en una línea de tiempo que justifique la compra de un equipo costoso, por lo que no es la mejor opción para los trabajos de reacondicionado por el momento.

Mano de Obra

El exceso de personal en una línea no significa que esta va a ser más productiva; de acá lo importante de tener una línea debidamente balanceada, como puntos subcausas asociados a la mano de obra que se deben estudiar se tiene.

- Conductor: temas relacionados a factores que impacten la asistencia de la línea en materiales u otros requerimientos que se necesiten.

- Capacitación: Personal debidamente entrenado para desarrollar el proceso, un personal que no está entrenado en las actividades influye significativamente en la calidad y productividad de la línea.
- Falta de personal o exceso en la línea: Análisis de balance para estimar el número de operarios correctos con que la línea debe trabajar. Actualmente no cuentan con una herramienta o dato que les pueda facilitar esta información, recursos óptimos para el funcionamiento correcto de la línea.

Método utilizado

El método o forma es la manera en que se ejecutan las actividades para crear un producto determinado. Para la línea se analizan factores importantes como los siguientes.

- Estandarización: Para la ejecución de los procesos es importante que todos los operarios tengan un método definido para realizar una actividad, este es uno de los problemas que se presenta en la línea, ya que cada operario tiene su forma de hacer las cosas y en algunos casos el método no es el más adecuado para la productividad de la línea.
- Control del proceso: El control del proceso es fundamental para saber si la operación realmente está cumpliendo con la producción requerida de acuerdo con los tiempos y recursos designados, por lo tanto, es importante tener claridad de estar trabajando con los recursos óptimos y la línea balanceada.
- Arranques de líneas: Para este proceso es fundamental la planificación de los recursos y materiales requeridos para el proceso, de lo contrario se puede incurrir en retrasos por falta de materiales, materia prima, recursos o cualquier otro factor relacionado que sea fundamental para poder iniciar el proceso. Por lo tanto, es importante que el encargado de línea prevea todo lo requerido para los despejes y de esta manera puedan iniciar o hacer cambios de un batch a otro nuevo, o bien cambios de productos.

Instalaciones

Es necesario que la línea cuente con el espacio adecuado en donde se pueda colocar la distribución correcta de todas las mesas y equipos, dentro de las subcausas a evaluar se pueden mencionar.

- Espacio: Factores que afecten la distribución adecuada de la línea, y movilidad de los operarios.

- **Movilización:** Todo lo relacionado al desplazamiento de los operarios o de productos en función de la línea.
- **Conexiones para los equipos:** Las conexiones deben estar en ubicaciones adecuadas y en buen estado.

Materiales

Se requiere que todos los materiales que se necesitan para alimentar la línea estén al alcance del operario responsable del proceso, sin que haya obstrucciones que afecte el tiempo de reabastecimiento y otras actividades de la línea.

- **Manipulación:** Buscar la mejor forma de manipular el producto en el proceso, esto se debe realizar bajo un análisis de métodos con el objetivo de buscar la mejor opción que permita al operario la ejecución de la actividad en el menor tiempo posible.
- **Flujo:** Es importante que el flujo en la línea sea adecuado para que esta no se vea afectada por factores relacionados al flujo correcto.
- **Accesibilidad:** Todos los operarios deben tener facilidad y accesibilidad para realizar la actividad asignada sin nada que los obstruya, tomar el producto, materiales al alcance sin tener que desplazarse de la estación de trabajo.
- **Abastecimiento:** El abastecimiento es uno de los subprocesos más importantes de la línea, ya que de la capacidad de este operario va a continuar el proceso. Se debe asegurar que el abastecimiento de la línea es fluido y suficiente para que el proceso no pare en ningún momento, pero al mismo tiempo se debe controlar el exceso de producto en tránsito porque esto también puede afectar el flujo adecuado de la línea.

Una vez los datos fueron analizados, se determina factores importantes que están directamente relacionados con el balance y distribución de línea, entre otros en los que también se debe trabajar como lo son métodos utilizados y asignación de funciones por operario. Para trabajar en el análisis de los datos, se hace uso de la herramienta Multivoto para finalmente poder generar un Pareto.

Multivoto

Una vez son seleccionadas y revisadas las causas en el Diagrama de Ishikawa, se les pide a todos los involucrados en el proceso, que identifiquen cuáles son los temas de mayor peso, que afectan de forma directa la línea en el día a día, y que son factores relevantes para lograr la producción grupal y productividad requerida.

Procedimiento para realizar el Multivoto: Construir una tabla con un listado de todas las causas o limitaciones numeradas en forma consecutiva, los pasos para realizar son los siguientes.

- Repartir la tabla a cada miembro del grupo, quienes colocan una X en la columna que corresponde su voto en función del enunciado.
- Generar una tabla de referencia en donde se anote el número de veces que se votó por cada columna.
- Sumar los puntos para cada idea y seleccionar las ideas que presenten mayor puntaje como los factores de análisis de mayor importancia.

Para realizar las votaciones, se seleccionaron los encargados del área, además de varias personas de la línea de producción que día a día realizan el proceso.

A continuación los resultados del Multivoto realizado de los procesos en líneas de producción.

Tabla 22: Multivoto

Causas	V-1	V-2	V-3	V-4	V-5	V-6	V-7	V-8	V-9	V-10	Total	% Participación	% Acumulado
Falta de personal para la línea	x		x	X	x		x		x	x	7	11%	11%
Exceso de personal en la línea	x	x		x		x	x	x			6	10%	21%
Conductor y control		x	x		X	x		x		x	6	10%	30%
Estandarización del proceso	x		x	x			x	x			5	8%	38%
Método utilizado en el proceso	x		x		X	x		x			5	8%	46%
Asignación de funciones	x	x		x	X			x			5	8%	54%
Arranques de línea	x			x			x			x	4	6%	60%
Reabastecimiento de línea				x		x	x		x		4	6%	67%
Planificación de productos	x				X		x		x		4	6%	73%
Distribución de las mesas de trabajo		x			X			x			3	5%	78%
Transporte de producto en la mesa		x				x				x	3	5%	83%
Espacio en las mesas para realizar la actividad		x	x					x			3	5%	87%
Exceso de inventario en tránsito		x			X			x			3	5%	92%
Equipos de sellado de cajas y etiquetado	X						x				2	3%	95%
La altura de las mesas no es la adecuada	X										1	2%	97%
Flujo de producto en la línea		x									1	2%	98%
Calidad de los materiales		x									1	2%	100%

Nota: Daniel Martínez M.

Una vez realizadas las votaciones, se ordenan todos los datos para extraer las que tuvieron mayor puntaje y poder ir definiendo cuáles son las áreas de mejora y que se deben de trabajar para aumentar la productividad de las líneas. Dentro de los puntos analizados con mayor votación se pueden mencionar los siguientes.

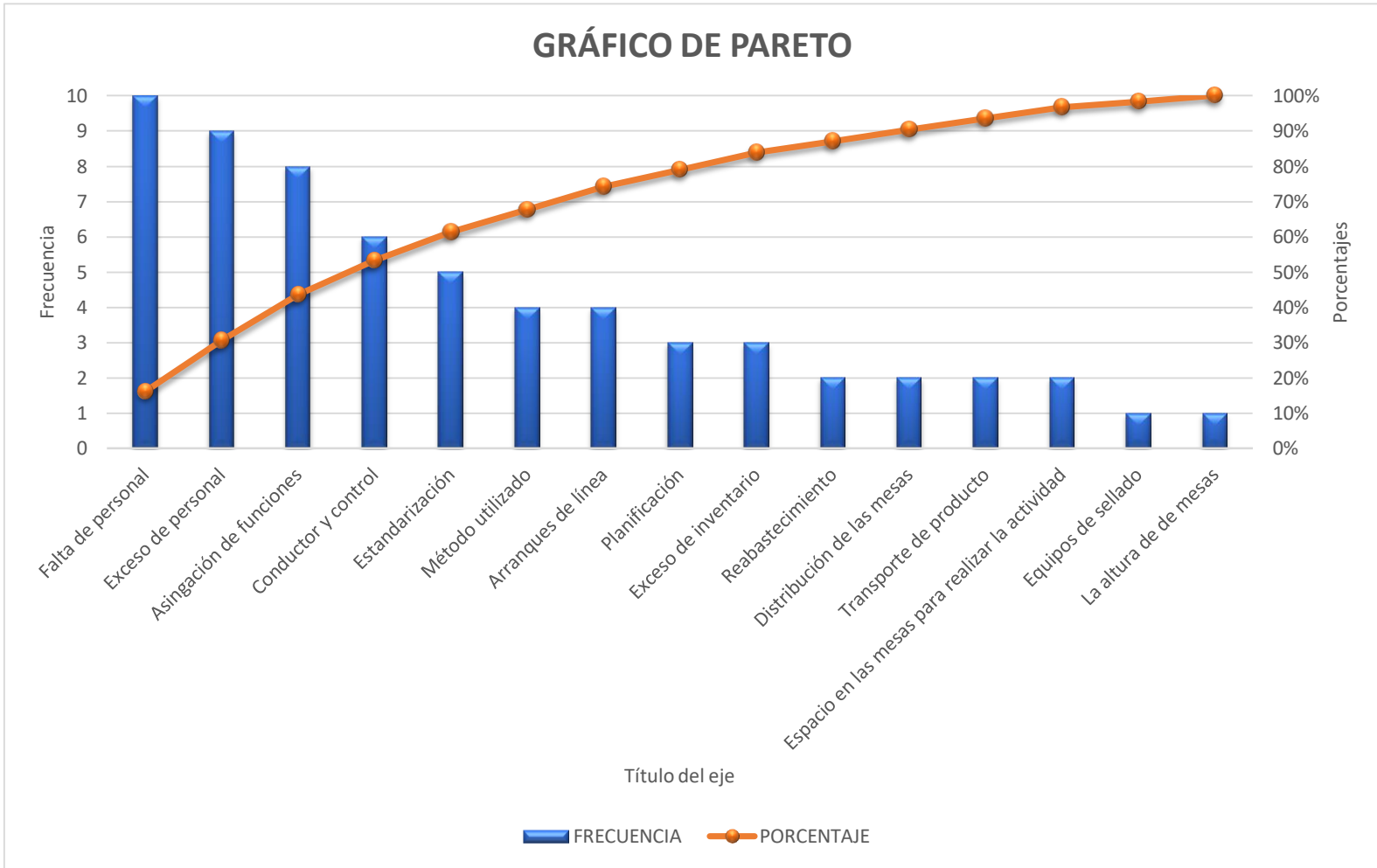
- Personal óptimo en las líneas representa incluyendo cuando falta o hay más personal un 21%
- La parte de asistencia y control de la línea representa un 10%
- Estandarización del proceso un 8%
- Métodos utilizados en el proceso un 8%
- Asignación de funciones un 8%

Si se observan los datos, en los cinco puntos que presentan mayor impacto están asociados a la falta de control del proceso, los operarios de las líneas no trabajan bajo un estándar establecido en el que se puede decir que es el correcto en cuanto a distribución de líneas, métodos utilizados y estandarización del proceso como tal.

Diagrama de Pareto

Basados en los resultados que se obtuvieron en el análisis Multivoto, se procede a realizar un Diagrama de Pareto para tener mejor visibilidad desde la representación gráfica. Como se observa en los datos, se muestran las principales causas que afectan la línea de producción, por ejemplo los primeros cinco temas con mayor peso están totalmente relacionados entre sí y son fundamentales para el buen funcionamiento de la línea. En la siguiente imagen la gráfica de los datos recolectados mediante la herramienta de Multivoto.

Figura 44: Diagrama de Pareto



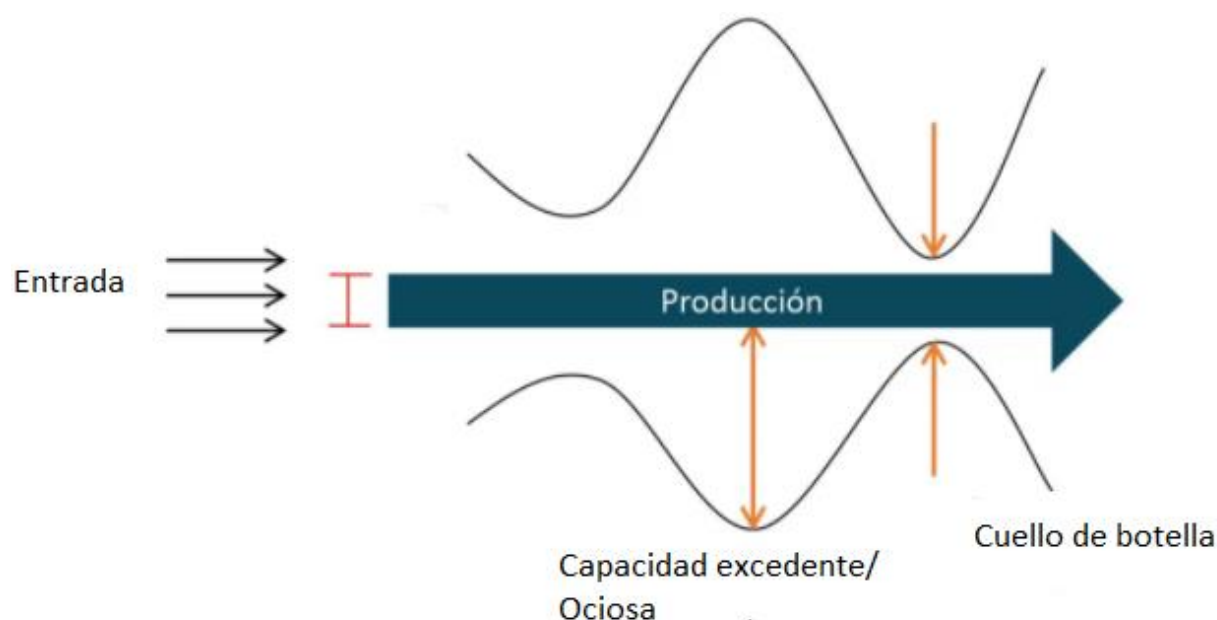
Nota: Daniel Martínez M.

Cuello de botella

El cuello de botella se puede conceptualizar como cualquier recurso cuya capacidad es menor que la demanda requerida. Es el punto en que el proceso de producción tiende a ser más lento, estos pueden ser máquinas, operarios no capacitados, u otras herramientas especializadas para el proceso.

En la siguiente imagen, se presenta un ejemplo de cómo se visualiza un cuello de botella que está causando una restricción en un proceso, y por ende afectando la productividad de este.

Figura 45: Presentación Gráfica de cuello de botella



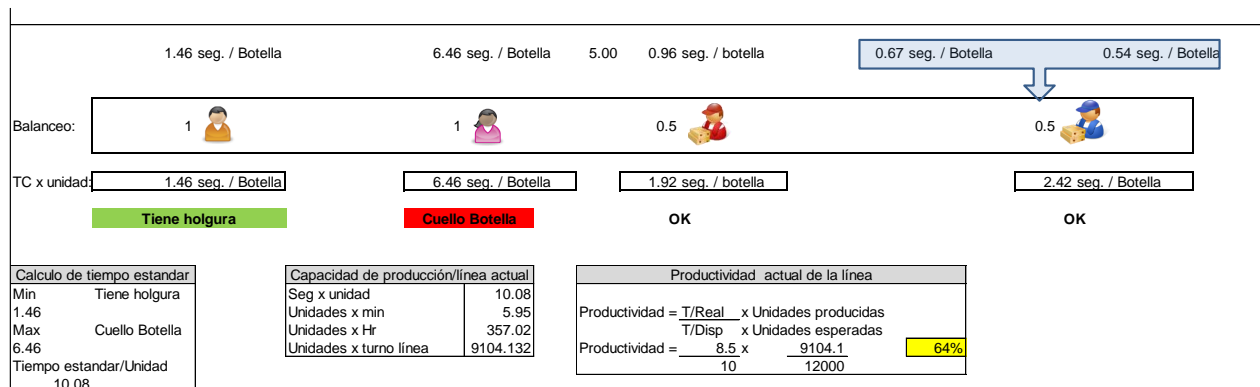
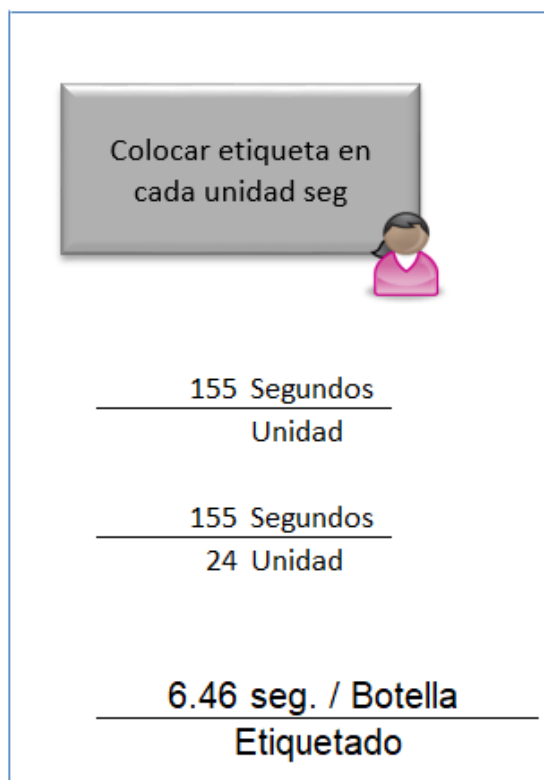
Daniel Martínez M.

De acuerdo con los análisis realizados en el proceso de etiquetado del cliente PAMPA, la afectación es variable de acuerdo con los datos recolectados en el Multivoto, ya que al no tener datos sobre capacidades de producción, las líneas en ocasiones trabajan con más o menos personas sin conocer el impacto que esto puede ocasionar en una línea debidamente balanceada.

Sin embargo, hablando específicamente del cuello de botella, en la línea es evidente en el proceso de etiquetado, siendo este el que requiere mayores recursos por el proceso uno a uno.

Como se observa en la siguiente imagen, el proceso de etiquetado lo realiza un solo operario de acuerdo con la distribución de estaciones establecidas en la línea.

Figura 46: Cuello de botella en la línea



Nota: Daniel Martínez M.

En los datos de la imagen anterior, se puede observar claramente el problema de cuello de botella. Evidentemente esta es una línea que no está balanceada, por lo que se hace urgente resolver el problema tomando en cuenta que la diferencia de tiempo entre los demás operarios de la línea es alta, y quien va a marcar la velocidad del proceso es el tiempo del cuello de botella.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El control de un proceso es fundamental para tener claridad en donde se pueden estar generando los problemas que afectan la productividad de la línea, en el diagnóstico realizado se evidencian problemas por desconocimiento de no saber con cuantos operarios debe trabajar la línea para ser eficiente. En conclusión, el recurso de mano de obra se debe considerar como uno de los temas de mayor importancia, tomando en consideración que siempre es uno de los más costosos en cualquier proceso.
2. Considerando que el cuello de botella que se detecta en el proceso se encuentra en la estación de etiquetado de producto, aunque no haya un balance realizado con tiempos reales, se da porque los operarios no tienen claro las instrucciones sobre las actividades que deben realizar, como por ejemplo apoyar las estaciones en que se hace una acumulación de producto, como es el caso del subproceso de etiquetado, donde principalmente el operario que reabastece la línea es quien debe apoyar tomando en cuenta que hay una diferencia de -3.29 segundos por unidad producida, y -1.31 min por caja.
3. Se realizó un análisis FODA, en donde se determinaron factores importantes relacionados directamente con el personal de la línea, como las habilidades de los operarios según la actividad que realicen, por lo que, en conclusión, es importante considerar que de acuerdo con las funciones que ejecuten si es hombre o mujer, impactará la productividad de la línea directamente.
4. Analizando diferentes casos en los procesos diagnosticados, se concluye que hace falta mucho acompañamiento en las líneas para que los operarios entiendan que para trabajar de esta forma, todas las estaciones deben estar totalmente conectadas y que lo que un operario deje de hacer o haga de más, puede perjudicar a la siguiente estación, tema que refuerza, aún más, la necesidad de la implementación de balances de línea, lo cual va a permitir controlar el proceso de inicio a fin.

Recomendaciones

1. Basados en los resultados del diagnóstico realizado, se recomienda que la planta realice un análisis de todos los procesos que tienen para reacondicionamiento de productos, con el fin de identificar aquellos que realmente generan un impacto importante en los números de la operación a nivel de ingresos mensualmente, con el fin de implementar la herramienta de balance de líneas en todos los procesos relevantes que, desde la aplicación de un 80-20, puedan garantizar el margen de ingreso negociado y mantengan la operación a flote.
2. En el análisis realizado para el flujo de proceso, se pudo observar que los operarios en ocasiones tienen que hacer un recorrido de hasta 50 metros con una tarima para llevarla hasta la línea de producción donde se va a ejecutar el proceso. Para este tema se recomienda mejorar el proceso tanto de entrega de productos entre la operación de bodega y la planta, como también asignar un área de mejor acceso y más cercana, de modo que los operarios eviten al máximo perder tiempo por tener que trasladar el producto en trayectos tan largos.
3. En los análisis realizados al proceso, se evidencian diversos problemas que perjudican el rendimiento de la línea, uno de los más relevantes se da por realizar los trabajos fuera de la planta, y en ocasiones por días o semanas. Esto, evidentemente, genera grandes tiempos muertos porque para hacer sus necesidades o tomar agua etc., tienen que desplazarse hasta otras áreas, lo que en promedio las 3 líneas generan 120 minutos diarios en tiempos muertos que semanalmente se convierten en 12 horas. Se recomienda, por esta razón, centralizar los trabajos en áreas donde a los operarios se les facilite moverse en casos de no estar dentro de la planta, con el fin de disminuir al máximo los tiempos muertos.
4. Se recomienda que la planta pueda realizar un proyecto de estandarización de métodos y procesos, ya que, en los análisis desarrollados se detectaron diversos temas relacionados a estandarización y que afectan la operación en el día a día.
5. En toda línea de producción se debe llevar un control de lo producido basado en una meta en función de los recursos que esta tenga, se recomienda que cada línea tenga una pizarra informativa en donde los operarios puedan visualizar cuánto es lo que deben producir por

hora y turno, y de esta forma puedan medir y controlar cual es la meta que deben ir sacando cada hora.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

Según el diagnóstico y todos los análisis realizados en la fase de medición, en este capítulo se plantearán las propuestas de mejora con base en los resultados para dar solución a las partes críticas del proceso que están afectando la productividad de las líneas de la planta.

Análisis económico

El costo de los cambios que se deben realizar como quitar la malla que incluyen la nueva entrada de productos, modificación de rack, y algunas mesas de trabajo en caso de ser necesario para la formación de las líneas en modo celdas, son costos mínimos que están dentro del presupuesto de la planta. Razón por la cual la empresa no requiere de una inversión grande en donde se tenga que solicitar otras autorizaciones por cambios en las instalaciones.

Al final del documento, se adjunta las tablas de costo beneficio relacionadas a los tres cambios principales en los que se trabajó en el proyecto: cambio en la distribución de plata por la modificación en el flujo; propuesta de pasar a trabajar de forma lineal a celdas de trabajo; y por último la herramienta de balance de líneas para el control.

Plan de Implementación

El plan de implementación se hará por etapas en función de la relevancia o peso que tengan los clientes para la empresa a nivel de ingreso. Con esta metodología el objetivo será, en primer lugar, garantizar la rentabilidad y efectividad de los procesos a nivel interno; y en segundo lugar, buscar mejoras que puedan generar una mejor relación con los clientes, con el fin de tener mayores posibilidades de que se casen con la empresa y que al renovar contrato seguir siendo la opción número uno, sin que ellos tengan que buscar un nuevo proveedor logístico. Esto se plantea mediante el aumento de la productividad de las líneas, donde se buscará dar parte de los beneficios a los clientes, garantizando el margen requerido primeramente y, después, analizar la opción de hacer partícipe al cliente de estos beneficios.

Mejoras

En este punto se pondrán en desarrollo las mejoras que se desean implementar para darle la mejor solución a los problemas de la línea del cliente PAMPA. Dentro de las partes del proceso que van a ser trabajadas para la propuesta están las siguientes.

Flujo del proceso

Considerando que el flujo de un proceso es una parte fundamental para que funcione correctamente, se detecta una mejora importante que beneficia significativamente a la operación en el flujo general para el ingreso y salida de productos a la planta. En la figura número 27, donde se muestra el Layout general de la planta, se observa que hay una sola entrada para el ingreso de productos, misma parte por donde deben salir los productos maquilados. Este flujo, dependiendo de la demanda de trabajo y el servicio que la planta reciba por parte de la bodega, genera un cuello de botella y una cantidad importante de problemas más, y así lo afirman operarios y encargados de la planta, debido a que si bodega no recoge las tarimas terminadas en el tiempo pactado se acumulan tanto productos maquilados, como no acondicionados en la misma área de almacenamiento designada.

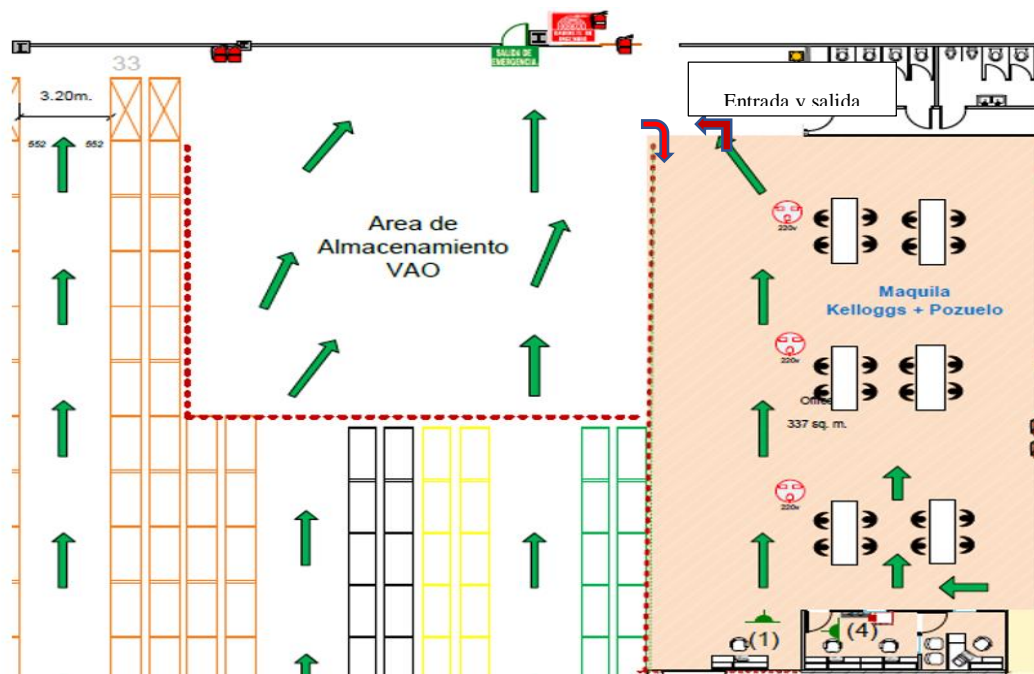
Dentro de los problemas que este flujo ocasiona a la planta se pueden mencionar los siguientes:

- Cuello de botella como se mencionó anteriormente.
- Confusión entre los productos trabajados, y los que están pendientes por maquilar. Al haber una sola área para estacionar los productos que bodega entrega para ingresar a la planta, y para los que salen ya maquilados, provoca confusión por no estar segregados, lo que puede provocar que se lleven a bodega y se despachen sin haber pasado por el proceso de maquila o etiquetado.
- Atrasos para sacar o mover los productos que necesitan ingresar a línea.
- Mezcla de productos, hay familias que tienen mucha similitud, esto puede ocasionar que el personal de bodega se lleve un producto no reacondicionado, lo manden a algún punto de venta y que sea rechazado por no estar maquilado, lo cual provocaría una fuerte queja del cliente hacia la empresa por una venta no efectuada.
- Desorden en el área. Cada tarima que se trabaja, según se finaliza el reacondicionamiento, debe ser sacada y llevada al área de producto terminado, al igual que las pallet que se desocupan, al no aplicarse estas medidas esto hace que el área se vea desordenada, afectando el flujo de los productos en las líneas de producción.
- Pérdida de tiempo por mayores recorridos para ingresar los productos.

Dado esto, la propuesta en la modificación del flujo se enfoca en asignar una entrada específica para los productos que van a ser maquilados, y una salida aparte para el producto que va saliendo

terminado. En la siguiente imagen se observa el flujo actual que maneja la planta, donde se visualiza que los productos entran y salen por una sola área.

Figura 47: Flujo Layout actual



Nota: Daniel Martínez M.

Para realizar este cambio, la empresa no tiene que hacer ninguna inversión más que un reacomodo en la distribución de la planta actual, que tampoco tiene mayor impacto, tomando en cuenta que las mesas de trabajo y otros equipos no están en áreas fijas, sino que, por ser la operación dinámica, constantemente las están moviendo de lugar de acuerdo con las actividades que realizan. Sobre la nueva entrada para el ingreso de productos, únicamente requiere quitar una malla que divide el área de maquila con la bodega, con los cambios; esta entrada será solo para el ingreso de productos, y la que ha estado siempre quedará solo para la salida de producto terminado. Este reacomodo también tiene como objetivo ordenar de forma lógica los recorridos dentro de la planta, tanto para el personal, como para el flujo adecuado del producto.

El flujo actual en el Layout, se visualiza por medio de las flechas verdes, área de maquila en donde se trabajó un reacomodo con las mesas con la entrada de productos, el área de producto estacionario que entrega bodega y sale de la planta y, finalmente, el área de pasillos indicada también por flechas.

Distribución de Planta y nuevo flujo

La distribución de la planta actual está diseñada para el flujo no en cantidades de tarimas altas por día, esto porque, en su momento, la cantidad de los clientes no era la misma de la que actualmente tiene la empresa. Con el tiempo ha habido nuevas negociaciones con nuevos clientes, y un crecimiento importante que ha limitado las áreas que se estimaron en un inicio. El cambio en el flujo que se plantea, obliga a modificar la distribución para sacar el mayor beneficio y provecho al poner en funcionamiento los cambios. Como anteriormente se mencionó, estos cambios, afortunadamente, no requieren ninguna inversión en la que tengan que incurrir, debido a que las mesas de trabajo no están fijas, sino que son modulares, lo que permite que las puedan mover sin problema dentro del área.

En la siguiente imagen, se presentan los detalles y cambios realizados donde se puede apreciar tanto el nuevo flujo de producto a nivel de ingreso y salida, como los cambios en la distribución de la planta.

Adicional a los cambios dentro de la planta, también incluye un reacomodo afuera en el área de almacenamiento para VAO, con el fin de segregarse los productos que están en espera de reacondicionamiento, de los que ya están terminados listos para entregar a bodega.

Los cambios que genera el simple hecho de habilitar una nueva entrada para los productos a la planta son importantes a nivel de distribución con respecto a la que se maneja, pero necesarios debido a los problemas observados en el diagnóstico en temas de flujo. Anteriormente, en la descripción del flujo del proceso, se enlista una cantidad de puntos importantes que interrumpen el flujo correcto de los productos y desplazamiento del personal, por lo tanto, con el cambio en el ingreso de los productos, se busca la mejor opción para alimentar a todas las líneas y que el paso no sea por un lado de las mesas, sino por el centro, con el fin de facilitar el reabastecimiento de productos en cada una.

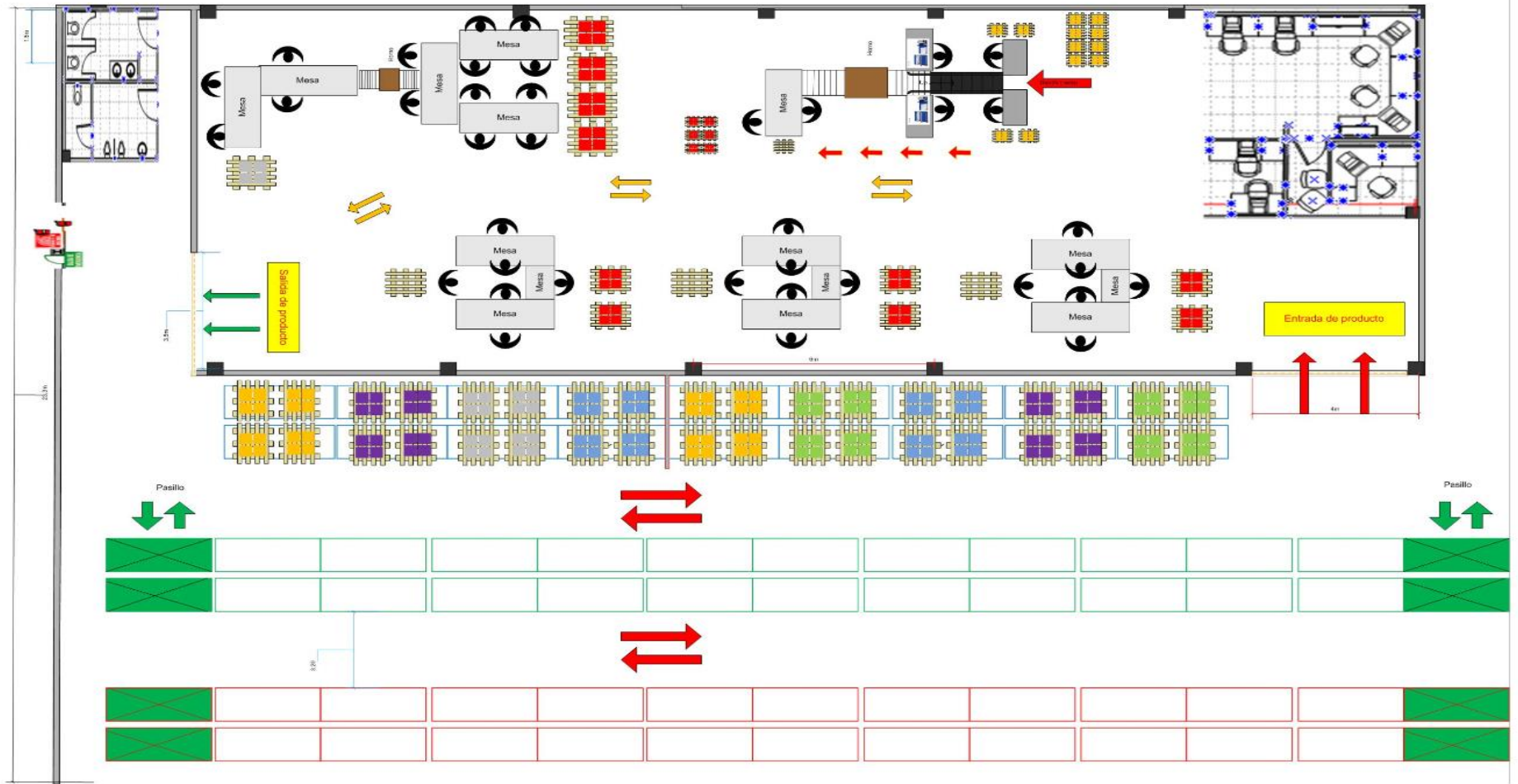
Las mejoras que se obtienen con el cambio en reducción de tiempos de traslado, eliminación de cuellos por ingreso y salida de productos por una misma entrada, segregación de productos terminados con los que aún no están trabajados, desplazamientos del personal dentro del área, realmente justifican el cambio y, además, también le da un aspecto diferente al área en temas visuales de flujo y orden.

En la siguiente imagen, se presenta el Layout propuesto donde se visualizan los cambios de flujo y distribución de planta realizada. Por la parte izquierda la misma salida que siempre ha estado, la cual en adelante va a funcionar únicamente para salida de productos terminados, y por el lado derecho la nueva entrada que solo será para el ingreso de productos o materia prima. Como se observa, el pasillo principal por el centro, lo cual permite mucha facilidad para abastecer las líneas de productos.

Finalmente, el reacomodo de las líneas en donde, a un lado se hace la simulación de la propuesta que es una distribución en estilo de celda, y al otro lado, la forma en cómo pueden trabajar líneas grandes que requieran de varias partes para la formación y ejecución del proceso.

Figura 48: Flujo Layout propuesto

Layout Valor Agregado TDA



Nota: Daniel Martínez M.

Dentro de los beneficios principales que este cambio le proporciona a la planta podemos mencionar los siguientes:

- Se elimina el cuello de botella al ingresar el producto por un lado y salir por otro.
- Seguridad al ir a tomar una tarima para ingresar a línea por la segregación realizada.
- Disminución del tiempo en un 50% para el operario al no tener que mover tarimas o buscar cuál es la que debe ingresar.
- Se elimina el riesgo de mezclar productos maquilados con productos sin maquilar, por estar debidamente separados y rotulados.
- Se nota un orden total en el área, mejor estética ante los clientes.
- Pérdida de tiempo por mayores recorridos para ingresar los productos.

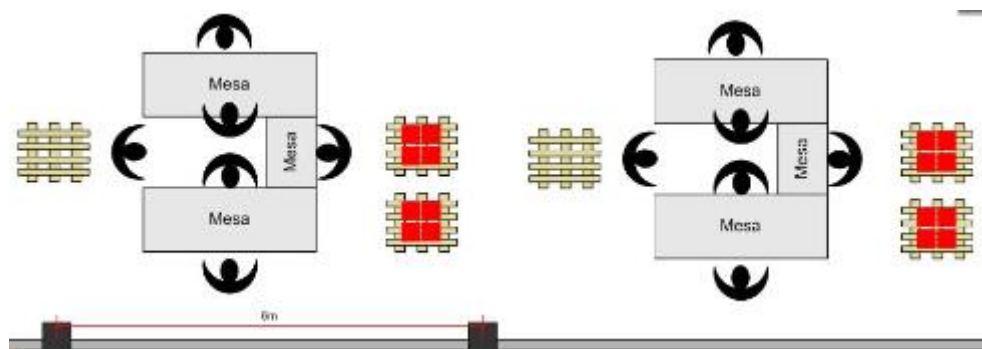
Cambio de proceso lineal a celdas

La producción celular, consiste en agrupar los componentes y máquinas en células, haciendo una combinación de la producción por proceso con la producción en línea, con el fin de obtener las ventajas que ofrecen ambos métodos, como son la variedad de productos y los bajos costos.

Como se ha visto en el diagnóstico, el proceso actual se lleva a cabo de una forma lineal en donde trabajan 4 operarios por mesa. Este método por el tipo de proceso que se desarrolla no está siendo el mejor debido a que permite que operarios de la línea manejen el tiempo ocioso a su conveniencia mientras que otros pasan en el proceso a un alto ritmo el 100% del tiempo.

Debido a esto, se hacen análisis para pasar del método lineal a trabajar por celdas, con lo que se busca sacarles provecho a ambos métodos, con el fin de obtener las mejoras deseadas y que permita tener un mayor control de todo el proceso. Actualmente para el proceso analizado trabajan con 3 líneas, estas en ocasiones las hacen de 3 personas y en otras de 4 personas, con el cambio se busca pasar de 3 líneas individuales a una sola línea bajo el método de celdas, como se presentan a continuación.

Figura 49: Nueva distribución en celdas



Nota: Daniel Martínez M.

En la imagen anterior se observa la nueva distribución de las líneas para los productos que requieren el mismo proceso de etiquetado. Algunas de las ventajas que este cambio proporcionara a la operación se pueden mencionar los siguientes.

- Maximización de los beneficios inherentes al enfoque de trabajo en equipo
- Todos los trabajadores son responsables de manera absoluta, tanto de la terminación de cada trabajo, como de asegurar que las estaciones que dependen de la misma no se queden sin producto.
- Estimula la comunicación y constitución de los equipos de trabajo, generando conciencia que todas las estaciones de trabajo son importantes para lograr el objetivo final que es la elaboración de un producto determinado.
- Costo mínimo requerido para la adaptación al cambio, debido a que este método también se beneficia de la forma lineal para el desarrollo del proceso.
- No es necesario invertir capital adicional para adoptar la forma de celdas, ya que solamente requiere un reordenamiento de las áreas de trabajo, mano de obra y equipos que se necesiten utilizar en el proceso.

Estudio de cargas de Trabajo

Debido a los problemas detectados en los análisis del proceso, se propone trabajar en un estudio de cargas de trabajo el cual consiste en el conjunto de requerimientos psicofísicos a los que se ve sometido el trabajador a lo largo de su jornada laboral.

En la siguiente tabla se mencionan los temas que se proponen para estudio, los cuales están relacionados tanto a las características del producto, como a la capacidad de los operarios para llevar a cabo la actividad en la línea.

Tabla 23: Variables de análisis para cargas de trabajo

Nivel de Actividad	Variable relacionada a la actividad
Trabajo Ligero	Asignación de recursos acorde a la actividad
Trabajo Medio	Hombre/Mujer
Trabajo Pesado	Hombre

Nota: Daniel Martínez

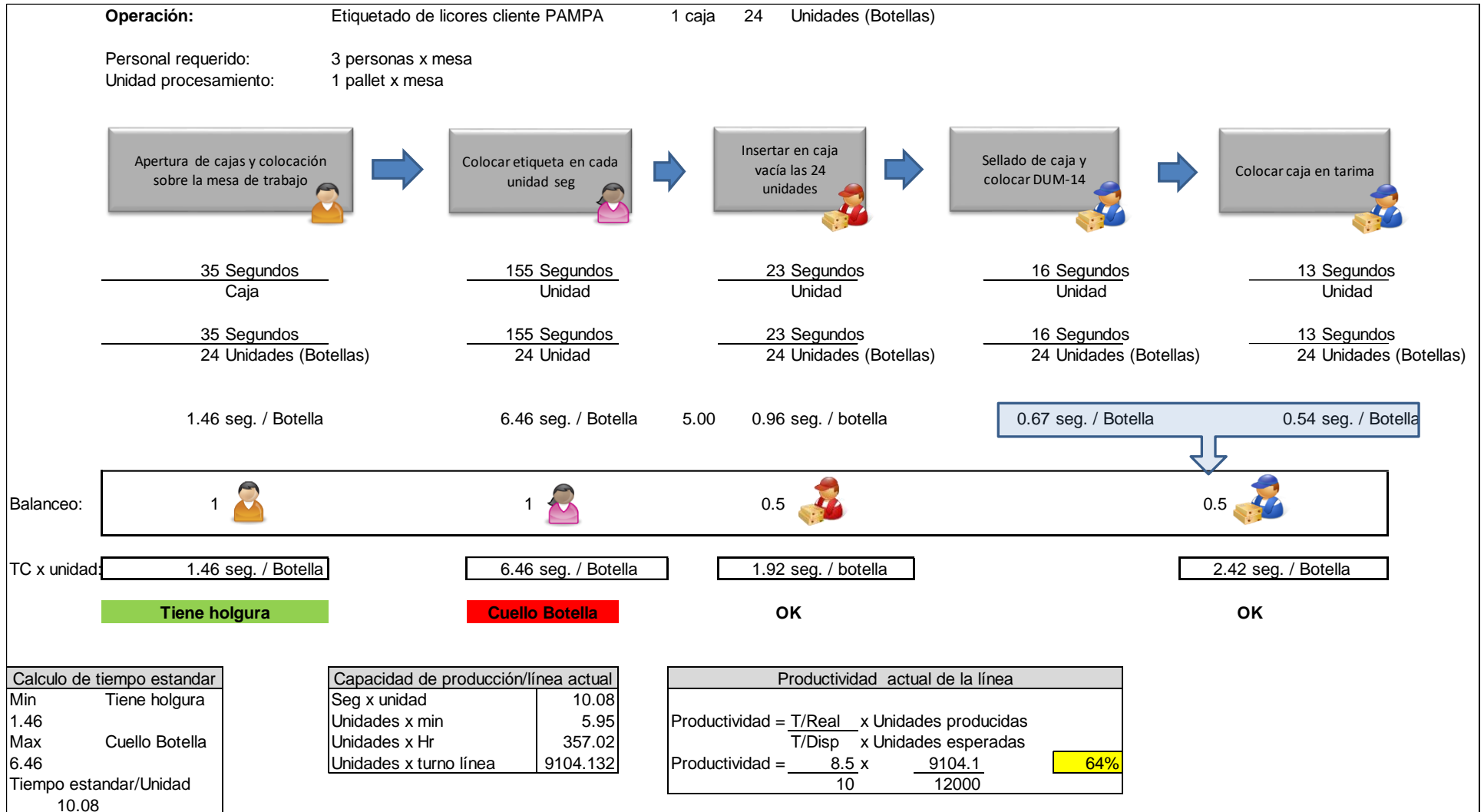
El tipo de actividad realizada marca la diferencia en la ejecución del proceso, por lo tanto la propuesta de trabajar en los análisis que corresponden al estudio de las cargas de trabajo para sacarle mayor provecho a las propuestas de distribución y balance de línea como tal.

En la siguiente tabla se presentan los cálculos de productividad de la línea actual, en donde en un escenario de 3 a 4 operarios, que es con lo que trabajan, tiene una productividad del 64%, y un balance alrededor del 67.66%.

El porcentaje de productividad se saca con base en la producción actual y los recursos de mano de obra asignados en cada línea, y el porcentaje de balance que se saca con base en el tiempo total por unidad sobre el tiempo total de la línea sobre el cuello de botella y recursos asignados.

En la siguiente tabla, se expresan los cálculos totales de toda la línea, así también el tiempo estándar, capacidad de producción por operario y por turno, como también la productividad de generar de la línea con base en el tiempo real trabajado sobre el disponible.

Figura 50: Productividad actual de la línea



Nota: Daniel Martínez M.

Como se observa en la imagen anterior, una de las cosas que afecta la productividad de la línea es el cuello de botella en la estación de etiquetado, y al mismo tiempo, la distribución que tienen los operarios en las mesas de trabajo. Una productividad de línea de un 64% se debe considerar como malo y es urgente un cambio para mejorar este número.

Herramienta de Balance Propuesta

Uno de los factores más importantes en una planta de producción, es el control que los supervisores o ingenieros pueda tener en la ejecución de todos los procesos, especialmente en las líneas de producción.

Como se detalló al principio, uno de los problemas que más afecta la operación es la falta de datos para proyectar la producción, y al mismo tiempo controlar de forma eficiente la capacidad de cada línea de acuerdo con los recursos que esta tenga.

Dado a esto, se propone el uso de una herramienta que facilite a la planta proporcionar todos los datos esenciales para un buen control de las líneas de producción o procesos requeridos. A continuación se presenta la tabla en Excel, herramienta que facilitará toda la información requerida que la operación necesita para establecer las metas de producción, de acuerdo con los recursos de cada línea. Es importante mencionar que la herramienta cuenta con varias funcionalidades que serán aprovechadas en cada línea de la mejor manera.

Tabla 24: Balance primera parte

DESCRIPCION DE LA TAREA	ITERACION 1 (BASE)			ITERACION 2		ITERACION 3		ITERACION 4	
	TIEMPO PARA PRODUCIR UNA UNIDAD POR UN TRABAJADOR	Nº DE TRABAJADORES EN LA OPERACIÓN	TASA DE PRODUCCIÓN POR UNIDAD	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP
1 Reabastecimiento de línea (Incluye tiempo por ingreso de tarima)	0:00:35	0.8	0:00:44	0:00:44	1	0:00:44	0.8	0:00:44	1
2 Etiquetado de producto (CB)	0:02:35	1.3	0:01:59	0:01:07	2	0:01:07	2.3	0:00:47	3
3 Empaque de unidades	0:00:23	0.3	0:01:17	0:01:17	0	0:00:18	1.3	0:00:18	1
4 Sellar caja, colocar DUM y entarimar	0:00:29	0.6	0:00:48	0:00:48	1	0:00:48	0.6	0:00:48	1
5	0:00:00	0	0:00:00	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
6	0:00:00	0	0:00:00	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
7	0:00:00	0	0:00:00	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
8	0:00:00	0	0:00:00	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
9	0:00:00	0	0:00:00	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
#	0:00:00	0	0:00:00	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
#	0:00:00	0	0:00:00	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0

Nota: Daniel Martínez M.

La herramienta está dividida en dos partes, a continuación se explicarán cada una de las secciones de la primera parte con el fin de describir la funcionalidad de cada una.

Descripción de la tarea: Se refiere específicamente a los subprocesos que conforman el proceso general, toda línea de producción está compuesta por varios subprocesos que van desde que inicia, en este caso comienza cuando el operario se desplaza a tomar la tarima para ingresarla a la línea, y finaliza cuando se ha llevado a cabo todo el proceso, y el operario tiene la tarima al final de la línea con el producto terminado para ser sacado de la línea y llevado a el área que corresponde.

- **Tiempo para producir una unidad por operario:** Es el tiempo que tarda cada operario por subproceso en la actividad que le fue asignada, acá es importante tener claro el objetivo tiempo, que es lo que se va a medir, la unidad, un display que requiere actividades previas para ser confeccionado, la caja máster en donde intervienen otros factores en el momento de tomar los tiempos por el peso y movilidad del producto, hasta una pallet completa, y por otra parte conocer cuando un operario tiene que estar dedicado a una sola actividad, o puede realizar más de una función porque el tiempo, con respecto a los demás operarios de la línea, se lo permite.
- **Número de trabajadores en la operación:** Hace referencia a la cantidad de operarios que requiere un subproceso para ser ejecutado de acuerdo con sus características, hay casos en los que un operario trabaja bien solo en una actividad, pero cuando el proceso es complejo en ocasiones se requiere más de un operario.
- **Tasa de producción por unidad:** Este dato es el resultado del tiempo entre la participación del operario asignado a ese subproceso, que va a ser la tasa de producción asignado a la unidad.
- **Interacciones:** Finalmente están las interacciones, estas cumplen una parte muy importante para el funcionamiento de la herramienta, como también para el supervisor o ingeniero de planta. De acuerdo con el tipo de línea la herramienta le va a permitir simular la cantidad de interacciones que desee hasta encontrar la que le proporcione los datos óptimos del balance, las interacciones funcionan simulando la cantidad de operarios o recursos con que debe trabajar la línea, entran en funcionamiento al quitar o sumar recursos en la columna que corresponde, los cambios se verán reflejados en el % de balance, y costos por unidad producida que se verá en la parte dos de la herramienta.

La parte dos de la herramienta, es donde se visualizan todos los resultados trabajados en la parte en que se explicaron anteriormente. En la siguiente tabla se reflejan los resultados del balance.

Tabla 25: Balance segunda parte

A	TIEMPO TOTAL POR UNIDAD POR TRABAJO	0:04:02	0:04:02	0:04:02	0:04:02
B	CICLO DE CONTROL (RITMO DEL CUELLO)	0:01:59	0:01:17	0:01:07	0:00:48
C	No. DE OPERARIOS EN LA LÍNEA	3	4	5	6
D	TIEMPO TOTAL DE LA LÍNEA	0:05:58	0:05:07	0:05:37	0:04:50
E	% BALANCE DE LÍNEA	67.66%	78.91%	71.82%	83.45%
F	CICLO DE TRABAJO AJUSTADO	0:01:51	0:01:11	0:01:03	0:00:45
G	UNIDADES / HORA	32.54	50.60	57.57	80.27
H	UNIDADES / TURNO	260	404	460	642
I	UNIDADES / OPERARIOS	86.67	101.00	92.00	107.00
J	COSTO DE MANO DE OBRA POR UNIDAD	₡ 199.04	₡ 170.79	₡ 187.50	₡ 161.21

Nota: Daniel Martínez M.

En la tabla anterior, se pueden visualizar todos los resultados del balance en función de los datos ingresados en la primera parte. Para esta sección los datos importantes son los que se marcan en la parte izquierda y se mencionan a continuación.

- **Tiempo total por unidad producida:** Esto es la sumatoria de todos los subprocesos de la línea de producción, que al final nos dará como resultado el tiempo total por unidad producida de toda la línea.
- **Ciclo de control (Ritmo de cuello):** Muy importante en una línea de producción, la actividad con el tiempo mayor con respecto a las demás estaciones de la línea. Como se visualiza en la figura 45 del diagnóstico, es el punto en que el proceso de producción tiende a ser más lento, estos pueden ser máquinas, operarios no capacitados, mala asignación de funciones en los operarios de la línea u otras herramientas o recursos especializados para el proceso, y se puede presentar en cualquiera de las estaciones de la línea.
- **Número de operarios en la línea:** Conocer cuál es la cantidad de recursos en mano de obra es una de las partes más importantes, partiendo que es uno de los recursos más costoso. La herramienta va a permitir con el tiempo que se haya tomado, hacer interacciones con la cantidad de operarios que requiera, y poder ver cuál es la opción óptima para ejecutar el proceso.

- **Tiempo total de la línea:** Es el tiempo total transcurrido en la línea, se calcula tomando el tiempo del cuello de botella, y multiplicándolo por la cantidad de operarios.
- **% de balance de la línea:** Es uno de los datos más importantes de la herramienta para tomar decisiones en el momento de hacer las interacciones, ya que, en función del número de operarios que se simulen, el porcentaje de balance cambiará hacia arriba o hacia abajo.
- **Ciclo de trabajo ajustado:** Es el ritmo total de la línea, este dato considera el factor de incertidumbre que interviene en la productividad. Se calcula tomando el cuello de la línea y dividiendo por la productividad.
- **Unidades por hora:** En la herramienta hace referencia a la cantidad de unidades producidas por hora de toda la línea.
- **Unidades por turno:** Esta parte hace referencia a las unidades producidas por turno 8.5 horas de toda la línea de producción.
- **Unidades por operarios:** Hace referencia a las unidades producidas por operario por turno de 8.5 horas.
- **Costo de mano de obra por unidad producida:** Es un dato importante para la toma de decisiones al hacer cambios en la línea una vez que se han hecho los análisis. Para obtener este dato es requerido indicar el costo de los operarios de la línea, debido a que la fórmula se basa en este dato para hacer el cálculo del costo por unidad producida.

Según los datos trabajados desde el diagnóstico y poder generar la propuesta con datos del proceso, se observa una mejoría importante con el uso de la herramienta que será vital para un mejor control y distribución de las líneas de producción.

Para el plan propuesto, la herramienta facilita el control en cada una de las partes del proceso, se logra pasar de un 54% de productividad a un 87% aplicando los cambios ya mencionados.

A continuación, se presenta la tabla del balance de líneas con los datos del proceso, esta es la herramienta que se utilizará para el control de todos los aspectos de la línea según esta lo requiera.

Figura 51: Balance del proceso actual y propuesto

DESCRIPCION DE LA TAREA	ITERACION 1 (BASE)			ITERACION 2		ITERACION 3		ITERACION 4	
	TIEMPO PARA PRODUCIR UNA UNIDAD POR UN TRABAJADOR	Nº DE TRABAJADORES EN LA OPERACIÓN	TASA DE PRODUCCIÓN POR UNIDAD	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP	TIEMPO	OP
1 Reabastecimiento de línea (Incluye tiempo por ingreso de tarima)	0:00:35	0.8	0:00:44	0:00:44	1	0:00:44	0.8	0:00:44	1
2 Etiquetado de producto (CB)	0:02:35	1.3	0:01:59	0:01:07	2	0:01:07	2.3	0:00:47	3
3 Empaque de unidades	0:00:23	0.3	0:01:17	0:01:17	0	0:00:18	1.3	0:00:18	1
4 Sellar caja, colocar DUM y entarimar	0:00:29	0.6	0:00:48	0:00:48	1	0:00:48	0.6	0:00:48	1
5	0:00:00	0	0:00:00	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
6	0:00:00	0	0:00:00	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
7	0:00:00	0	0:00:00	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
8	0:00:00	0	0:00:00	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
9	0:00:00	0	0:00:00	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
#	0:00:00	0	0:00:00	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
#	0:00:00	0	0:00:00	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
A TIEMPO TOTAL POR UNIDAD POR TRABA.		0:04:02		0:04:02		0:04:02		0:04:02	
B CICLO DE CONTROL (RITMO DEL CUELLO)		0:01:59		0:01:17		0:01:07		0:00:48	
C No. DE OPERARIOS EN LA LÍNEA		3		4		5		6	
D TIEMPO TOTAL DE LA LÍNEA		0:05:58		0:05:07		0:05:37		0:04:50	
E % BALANCE DE LÍNEA		67.66%		78.91%		71.82%		83.45%	
F CICLO DE TRABAJO AJUSTADO		0:02:14		0:01:26		0:01:16		0:00:54	
G UNIDADES / HORA		26.85		41.75		47.50		66.22	
H UNIDADES / TURNO		228		354		403		562	
I UNIDADES / OPERARIOS		76.00		88.50		80.60		93.67	
J COSTO DE MANO DE OBRA POR UNIDAD			226.97	194.92		214.02		184.16	

PRODUCTIVIDAD DE LINEA	88.9%
HORAS POR TURNO	8:30:00
SALARIO / DÍA / OPERARIO	₡ 17,250.00

SUPLEMENTOS/PERSONAL	12%
SUPLEMENTOS/MAQUINARIA	N/A
TOTAL DE TIEMPO LABORADO	8:30:00

Nota: Daniel Martínez M.

El comportamiento de los datos también se reflejará en la siguiente gráfica, la cual toma las unidades producidas en función de las interacciones que se hagan en la herramienta.

Figura 52: Unidades producidas por turno vs Iteración

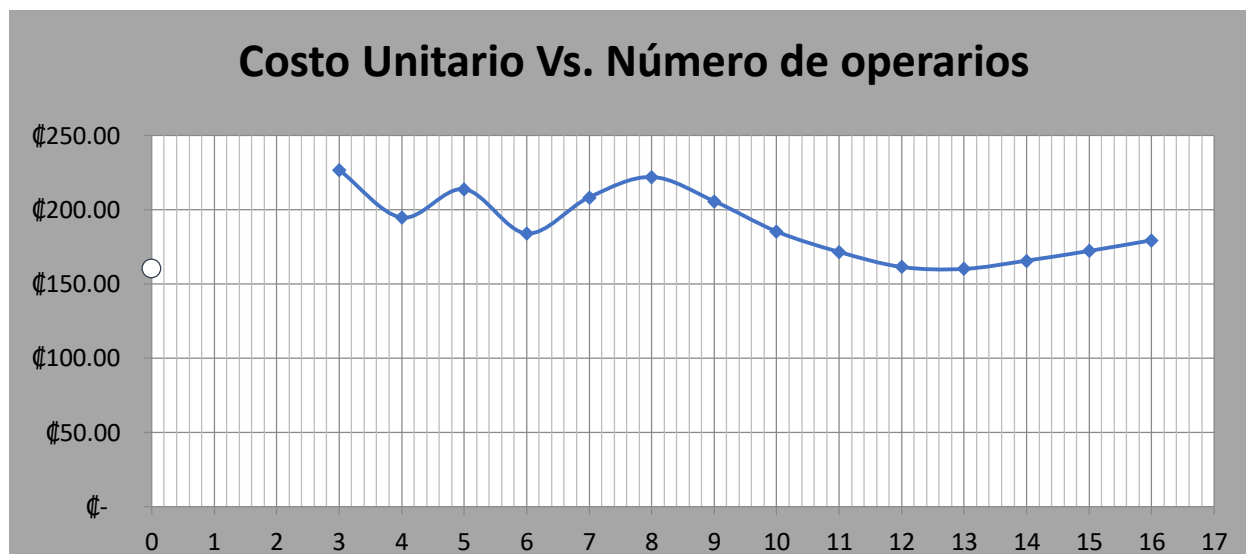


Nota: Daniel Martínez M.

Se está evaluando una interacción de 6 operarios, porque se está pasando de 3 líneas individuales de 3 operarios a una línea de 6 operarios. Sí vemos la gráfica continua en forma ascendente para este caso, pero no precisamente se va a comportar de esta forma sino que va a depender de la asignación de tiempos en cada subproceso y el balance que se busque. Al mismo tiempo hay otros temas que evaluar en caso de escoger una línea con más operarios, que aunque sea la mejor opción, pueden hacer factores que impidan montarla como espacio, equipos, controles entre otros.

También la herramienta permite generar otros datos como la gráfica que se presentará a continuación, esta grafica el costo unitario por unidad producida que se toma del costo por operario por turno, y lo compara con el número de operarios según las interacciones, de acuerdo con el dato que está en análisis se ve que con 6 operarios presenta el costo más bajo por unidad producidas, dato que ayuda a tomar decisiones para definir la mejor opción de balance.

Figura 53: Costo Unitario Vs Número de operarios



Nota: Daniel Martínez M.

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior de balance y las gráficas, una de las partes más importantes es contar con toda la información para el control de la línea, en primer lugar y, en segundo lugar, poder usar la herramienta para estimar mediante las interacciones cuál es la cantidad de recurso óptimo que se necesitan para trabajar una línea y obtener la productividad deseada.

Si se hace una comparativa de la productividad antes, con el cambio en la línea pasando a un modelo tipo celda y haciendo uso de esta herramienta para el control de la línea, se obtiene un beneficio importante en la productividad. A continuación datos de la propuesta.

- En cuanto a % de balance, se pasa de 67.66% a un 88.9%, es importante mencionar que los procesos de la línea son todos manuales, esto es un factor importante para considerar debido al cansancio y desgaste que sufren los operarios conforme transcurren las horas. Debido a esto, y de acuerdo con los cálculos realizados, se toma como base buscar un % de balance mínimo de 80%, de acuerdo con los análisis este balance ya es muy bueno para la operación.
- El cambio de 3 a 6 operarios por línea, genera un aumento en la productividad por operario de un 19% mayor que la que tiene trabajando en una mesa individual de 3.

- El cambio de 4 a 6 operarios por línea, la productividad por operario sube un 6% con respecto al método lineal.
- La opción que se adapta y que se llevará a cabo es la interacción 4, con una cantidad de recursos de 6 operarios. Este cambio permite unificar 3 líneas o mesas de trabajo en una sola, con la que se proyecta dar abasto al acondicionamiento de esta línea en específico.

Productividad de línea propuesta

La productividad de la línea propuesta, mejora significativamente al controlar las funciones de cada operario, cambiar la distribución de la línea a un método celda, en donde se eliminan el cuello de botella y se logra balancear las cargas de trabajo adecuadamente.

Figura 54: Cálculo de Productividad propuesta

Productividad de la línea propuesta				
Productividad =	$\frac{T/Real}{T/Disp}$	x	$\frac{Uds\ producidas}{Uds\ producidas}$	
Productividad =	$\frac{8.5}{10}$	x	$\frac{12552}{12800} =$	83%

Nota: Daniel Martínez.

Con los problemas que ha tenido la planta por mucho tiempo, la herramienta de balance llega a resolver muchos de estos, ya que les va a facilitar la información esencial para poder controlar los procesos desde las cotizaciones previas a ser adquiridos en la planta para reacondicionamientos, hasta finalizar el proceso proporcionándoles todo lo necesario para saber las condiciones de cada línea.

Acompañado a la herramienta también se trabajará con pizarras informativas para el control de la producción, en donde se coloquen las metas y capacidades de producción que la línea debe cumplir, toda esta información se tomará de la herramienta con el fin de controlar que cada línea produzca de acuerdo con los tiempos de producción reales.

Costo Beneficio

Para el proyecto, el concepto de costo beneficio se enfoca en los procesos de producción de la planta, en donde se busca obtener las mejoras que necesita la planta para el control de sus procesos.

En la siguiente tabla, se presentan los datos relacionados a los cambios en distribución de planta, estos cambios fueron originados por la nueva entrada de productos para mejorar el flujo.

Tabla 26: Análisis costo beneficio de reacomodo de la planta

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE CAMBIO DE FLUJO INGRESO Y SALIDA DE PRODUCTO				
Detalle de actividad	Afectación	Costo	Observaciones	Beneficios
Creación de nueva entrada para el ingreso de productos	Disminución del presupuesto	₺ 150,000.00	Costo de ₺150 000, los cuales están dentro del presupuesto mensual que la operación maneja para temas de mantenimiento	Mejoramiento del flujo y segregación de productos terminados y no maquilados
Modificación en la distribución de planta	Aumento del gasto por pago de horas extraordinarias	₺ 78,500.00	Costos asociados mínimos dentro del presupuesto	Mejoramiento del flujo de productos
				Reducción de costos por recorridos innecesarios
				Utilización efectiva del Espacio
				Mejora de supervisión y control
				Aumento de satisfacción del personal
Modificación de rack para almacenar producto	Disminución del presupuesto	₺ 125,000.00	Costos asociados mínimos dentro del presupuesto	Mejora de la productividad
				Disminución de errores por producto revuelto
				Mejoramiento del área y estética visual
				Mejor aprovechamiento del espacio
Total por Trabajo realizados		₺ 353,500.00	Costos por reorganización de áreas	Mayor efectividad en el flujo del proceso

Nota: Daniel Martínez M.

Como se puede observar, la empresa no tiene mayores temas que le impidan realizar los cambios, ya que estos están acompañados de beneficios que le va a proporcionar mejoras en los procesos.

Seguidamente, se presentan datos relacionados al cambio en las líneas de producción, donde, para estos, tampoco se requiere ninguna inversión, debido a las modificaciones se puede trabajar con los mismos equipos que la empresa tiene.

Tabla 27: Costo Beneficio en Modelo de líneas

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE CAMBIO EN EL MODELO DE LÍNEAS Y DISTRIBUCIÓN				
Detalle de actividad	Afectación	Costo	Observaciones	Beneficios
Cambio en modelo de líneas y distribución	Acondicionamiento de mesas	₡ 75,000.00	Se pasa de trabajar de un modelo lineal a tipo Celdas, con el mismo equipo y mesas de trabajo actual, para el cambio únicamente se requiere modificar unas mesas para adaptar al cambio, el cual tiene un costo de ₡75.000.	Aprovechamiento de los dos modelos, lineal y en celdas
				Estandarización de procesos y reducción de costos
				Mejor adaptación a las demandas del cliente
				Mayor coordinación del proceso productivo
				Mejora de supervisión y control
				Menor inventario en proceso

Nota: Daniel Martínez M.

Uno de los temas importantes a considerar en el cambio, es la adaptación que tienen para dar mayor soporte a las demandas de producción de los clientes, siendo una línea de producción con mayor capacidad.

Finalmente, en la tabla siguiente se presenta algunos de los beneficios de la herramienta de balance de líneas para mejorar el control que es una parte vital en los procesos de producción.

Tabla 28: Costo beneficio herramienta de balance de líneas

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO EN PROPUESTA PARA EL USO DE HERRAMIENTA PARA BALANCE DE LÍNEAS				
Detalle de actividad	Afectación	Costo	Observaciones	Beneficios
Propuesta de herramienta para el balanceo de líneas	No hay	₺ -	Herramienta en Excel para el control de la producción y balanceo de líneas, razón por la que no tiene ningún costo asociado	Manejo de recursos adecuados de acuerdo con los tiempos
				Herramienta polifuncional
				Fácil de utilizar
				Mejora el control de la producción general de las líneas
				Facilita el control de producción por hora y turno
				Permite la simplificación de subprocesos en la línea
				Reducción de costos
				Mejor eficiencia y utilización del espacio

Nota: Daniel Martínez M.

Dentro de los temas más importantes que se pueden mencionar como beneficios de la herramienta, está el poder asociar la parte de recursos requeridos para la línea con el porcentaje de balance. Este dato les permite poder simular las interacciones y escoger la mejor opción del balance y de esta forma garantizar la productividad de la línea según su capacidad de producción.

En la siguiente tabla, se presentan los beneficios obtenidos de la propuesta hecha por los cambios en la distribución de planta para mejorar el flujo de los procesos. Para calcular los beneficios se hace en base al tiempo que el operario duraba antes para movilizar una tarima del área de almacenamiento a la línea de producción, contra el nuevo tiempo con los cambios realizados.

Tabla 29: Beneficios obtenidos en el traslado de tarimas

Beneficios por traslado de tarimas											
Sku Cliente	Proceso	Costo del operario/turno	Promedio de tarimas movidas	Costo por tarima movida	Costo por unidad movida	Ahorro por unidad	Unidades/Diarias/Linea	Ahorro diario	Ahorro semanal	Ahorro mensual	Ahorro Anual
15006	Proceso de ingreso de tarimas a línea de producción	₡ 17,250.00	116.08	₡ 148.60	₡ 0.10	₡ 0.05	6744.00	₡ 347.98	₡ 1,739.91	₡ 7,481.61	₡ 89,779.35

Nota: Daniel Martínez M

Para las propuestas de distribución y balance de líneas, en la siguiente tabla se presentan los beneficios obtenidos en la facturación por el aumento en la producción de unidades.

Tabla 30: Beneficios de propuesta de balance de líneas

Beneficios por propuesta de distribución y Balance de líneas									
Productos para replicar Balance	Sku Cliente	Nombre Producto	Unidades producidas actual/linea	% de Aumento en producción de unidades	Precio Unit	Beneficio/Uds Producidas	Beneficio Facturación diaria	Beneficio Facturación Mensual	Beneficio Facturación Anual
3	15006	Cerveza Tecate botella Light Twist 355ml	5472	19%	₡ 21.02	1039.68	₡ 21,854.07	₡ 524,497.77	₡ 6,293,973.20
2	27001	Cerveza Estrella Galicia Especial 330 ml	5472	19%	₡ 21.02	1039.68	₡ 21,854.07	₡ 524,497.77	₡ 6,293,973.20
Total Beneficio							₡ 1,048,995.53	₡ 12,587,946.39	

Cuantificando los beneficios obtenidos, en la siguiente tabla se muestran en forma mensual que se realiza la facturación, y anual. Es importante mencionar que este ahorro es únicamente de dos productos, lo que al ir replicando la propuesta con las demás líneas de producción mejoraran significativamente los números de la planta.

Tabla 31: Beneficio total de las propuestas

Variable	Ahorro mensual	Ahorro Anual
TOTAL BENEFICIO	₡ 1,056,477.15	₡ 12,677,725.75

Nota: Daniel Martínez M

Beneficios generales

1. Control de proceso: como parte esencial en todo proceso, la herramienta facilitará el control general de la línea y proporciona todos los datos necesarios para ver el estado y comportamiento.
2. Metas de producción por hora y turno: para toda planta de producción es fundamental que los operarios sepan las metas de producción, y que se deben cumplir según sean establecidas por la operación. La herramienta les facilita esta información y les va a permitir garantizar monitorear el margen de utilidad negociado con los clientes.
3. Manejo de recursos de mano de obras: es uno de los problemas más grandes que se detectan en la planta, trabajar las líneas sin saber si la cantidad de personas es la óptima para obtener la productividad deseada. La herramienta del balance de líneas les va a permitir de una forma muy simple, saber cuál es el personal óptimo con el que debe funcionar la línea debidamente balanceada.
4. Simplificación de procesos: La nueva distribución de líneas facilita el control y mejora la eficiencia de los operarios, y con el balance se corrigen los tiempos muertos en el proceso.
5. Mejora la relación con los clientes: La distribución en celdas permite una mayor capacidad de producción, esto genera mayores beneficios para los clientes cuando ellos así lo requieran. Por otra parte hace que mejore la confianza al saber que tiene el servicio que necesita para movilizar todos sus productos.

6. Pizarras de control: La herramienta de balance facilita el control de la línea, esta proporciona los datos necesarios para que se lleven en una pizarra de producción, puedan ir controlando en tiempo real y el cumplimiento de acuerdo con la meta establecida.
7. Aumento de la productividad: La concentración de los operarios en sus estaciones, permite que mejoren significativamente su rendimiento, debido a que cada uno deberá estar enfocado en una parte del proceso la cual debe tener fluidez para que de la misma forma funcione las demás estacione.

Referencias Bibliográficas

- Auccapure-Lume, V. (2016). *Balanceo de Líneas o balance de líneas*. Disponible en: https://www.academia.edu/16415254/BALANCEO_DE_L%C3%8DNEAS_O_BALANCEO_DE_L%C3%8DNEAS_Victor_Auccapure_Lume_Academia
- Betancourt, D. F. (16 de agosto de 2016). *Diagrama de Causa y efecto como herramienta de calidad*. Recuperado de Ingenio Empresa: www.ingenioempresa.com/diagrama-causa-efecto
- Chimborazo Rocha, Galo Fernando & Ríos Ríos, Henry Anibal. (2017). *Balance de líneas en procesos productivos*. (Tesis de Ingeniería Comercial). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunca, Ecuador.
- Fontalvo-Herrera, T.J. & de la Hoz-Granadillo, E. & Morelos-Gómez, J. (2017). La productividad y sus factores. *Dimensión Empresarial*, 15(2), 46-60. doi:<http://dx.doi.org/10.15665/dem.v16i1.1375>.
- Fontalvo-Herrera, T.J. & de la Hoz-Granadillo, E. & Morelos-Gómez, J. (2018). La productividad y sus factores. Incidencia en el mejoramiento organizacional. *Dimensión Empresarial*, 16(1), 47-60. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.15665/dem.v16i1.1375>.
- Fucci, T. (2014). Líneas de montaje-balanceo. *Revista del Departamento de Ciencias Sociales*, 6: 74-75. Universidad Nacional de Luján.

- Fuente de la, D., García & Fernández-Quesada, I. (2005). *Distribución en Planta*. España: Ediuno. Universidad de Oviedo.
- Galindo, M. & Ríos, V. (2015) “Productividad” en *Serie de Estudios Económicos*, Vol. 1, Agosto 2015. México DF: México *¿Cómo vamos?*
- García-Criollo, R. (2014). *Estudio del Trabajo*. México D.F: McGRAW-HILL.
- García-Sabater, JP. (2020). Líneas de Producción. Nota Técnica. pp. 10-11. Universitat Politècnica de València. Grupo de Investigación en Reingeniería, Organización, trabajo en Grupo y Logística Empresarial (ROGLE). Obtenido de: <http://hdl.handle.net/10251/138801>,.
- González, H. (2012). Mejora Continua. Disponible: *Calidad y Gestión. Consultoría para empresas*.
- González-González, R. & Jimeno-Bernal, J. (2012). Diagramas de control: Gráficos para controlar procesos. Disponible en PDCA Home: <https://www.pdcahome.com/diagramas-de-control/>
- Gregori, I. E. (2013). Ampliación de Estadística. *Col·lecció Sapientia*, 13, 81.
- Guamán-Lozano, A. G. (2016). Optimización del sistema de producción de la planta de pintura del CIAUTO AMBATO con base en un método de balance de líneas para los modelos M4. (*Tesis Magister en Gestión Industrial y Sistemas productivos*). Escuela Superior Pilitécnica de Chimbirazo,, Riobamba Ecuador.
- Hernández, G., Martínez, Á., Jiménez, R. & Jiménez, F. (2019). Métricas de Productividad para equipo de trabajo de desarrollo ágil de software. *TecnoLógicas*, 22, 63-81. Edición especial. doi:<https://doi.org/10.22430/22565337.1510>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. & Batista-Lucio. P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ª ed.). México: McGraw Hill.
- Jaramillo Garzón, A. & Correa Restrepo, J. H. (2010). Aplicación de la programación dinámica para resolver el problema simple de balanceo delínea de emsamble. *Scientia et Technica* (46), 62-67. doi:ISSN 0122-1701
- López-Acosta, M., Martínez-Solano, G.M., Quirós-Morales, A.F. & Sosa-Ochoa, J.A. (2011, octubre). Balanceo de Líneas Utilizando Herramientas de Manufactura Esbelta. *Revista El*

- Buzón de Pacioli, Número Especial 74(74), 1-22. Obtenido de:*
<https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no74/21>
- López-Contreras, A. (2019). Balanceo de Línea. Unidad 4. Disponible en:
https://www.academia.edu/12426401/Unidad_4_Balanceo_de_linea.
- López-Peralta, J., Alarcón-Jiménez, E. & Rocha-Pérez M.A. (2014). *Estudio del trabajo. Una nueva visión*. México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco.
- Minella, G. G. (2014). Optimización multi-objetivo para la Programación de la Producción. (*Tesis Grado Doctoral*). Universidad Politecnica de Valencia, Valencia.
- Negera, J. L. (2019). Metodología de Mejora de Producción y Cadena de Suministro en Industria Alimentaria Basada en SMED. (*Tesis Doctoral*). Universidad de la Rioja, España.
- Niebel, B.W. & Freivalds, A. (2009). *Métodos, Estandares y Diseño del trabajo*. (12ª ed.). México D.F: McGRAW-HILL.
- Niebel, B.W. & Freivalds, A. (2014). *Métodos, Estandares y Diseño del trabajo*. (13ª ed.). México D.F: McGRAW-HILL.
- Pacheco, J. (2018). Árbol Crítico de la Calidad. Disponible en *Global Trust Association*:
<https://blog.globaltrustassociation.org/es/el-arbol-ctq-critical-to-quality/>
- Peña Orozco, D. L., & Neira García, R. G. (2016). Aplicación de técnicas de balanceo de líneas 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/articulo.oa?id=84950585006>
- Ponce-Talancón, H. (2007). La matriz foda: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones, en *Enseñanza e Investigación en Psicología*, vol. 12, núm. 1, enero-junio, 2007, pp. 113-130. México: Consejo Nacional para la Enseñanza en Investigación en Psicología A.C.
- Stincer-Gómez, J. R. (2012). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. México D.F: Eduardo Durán Valdivieso. ISBN 978-607-733-077-6.
- Terrazas-Pastor, R. (2011). Planificación y Programación de Operaciones. *Perspectivas* [online]. 2011, n.28, pp. 7-32. ISSN 1994-3733. Cochabamba.

Torres, I. (2018). *Como implantar ISO 9001 Paso a Paso*. Las Palmas de Gran Canaria: IRCA.
Certified ISO 9001 Lead Auditor con nº ENR-00555531.

Apéndices

Apéndice 1

Parámetros de cotizaciones

INICIO 175 (CR-IWS) V 006 Matriz de Costos de Valor Agregado

ELABORACIÓN CANASTA NAVIDENA BASICA

Tipo de Cambio Dólares

Tarimas	
Cajas	
Ofertas	

2.1 Disponibilidad de Tiempo

Días Disponibles	
Horas por Día	
Tiempo Efectivo	
Minutos Mensuales	#VALUE!

1. MATERIALES

1.1 Etiquetas

	cm	\$/cm
RIBBON PARA IMPRESORA ZEBRA TLP2844, 74 MT	cm / Etiqueta	
	ETIQUETA #1, BLANCA LISA, 1 1/4" X 3/4", TRANSFERENCIA TERMICA	00,00
	ETIQUETA #2, BLANCA LISA, 1 1/4" X 1 3/4", TRANSFERENCIA TERMICA	00,00
	ETIQUETA #3, BLANCA LISA, 3,92CM X 5,69CM, TRANSFERENCIA TERMICA	00,00
	ETIQUETA #4, BLANCA LISA, 3,64CM X 10,16CM, TRANSFERENCIA TERMICA	00,00
	ETIQUETA 1/2, BLANCA LISA, 1 1/4" X 3/8", TRANSFERENCIA TERMICA	00,00
	ETIQUETA 6 X 2,5 CMS, BLANCA LISA, TRANSFERENCIA TERMICA	00,00
	ETIQUETA #7, BLANCA LISA, 8,57CM X 29,36CM, TRANSFERENCIA TERMICA	00,00
	ETIQUETA 3X5 BLANCA, PARA IMPRESORA TLP2844	00,00
	ETIQUETA 3X5 VERDE, PARA IMPRESORA TLP2844	00,00
	ETIQUETA 3X5 BLANCA, PARA IMPRESORA ZM400	00,00
	ETIQUETA 3X5 VERDE, PARA IMPRESORA ZM400	00,00
	ETIQUETA #1 ACETATO BLANCO	00,00
	Otra Etiqueta	00,00
	Otra Etiqueta	00,00
	Otra Etiqueta	00,00
	Otra Etiqueta	00,00
	Otra Etiqueta	00,00

Se deben tener dos escenarios, u

Apéndice 2

Análisis de materiales

175 (CR-IWS) V 006 Matriz de Costos de Valor Agregado

1. Material

1.1 Etiquetas e Impresiones

COMENTARIOS

Cantidad	RIBBON PARA IMPRESORA ZEBRA TLP2844, 74 MTS	Costo	Total	DHL Paga Ribbon?
	ETIQUETA #1, BLANCA LISA, 1 1/4" X 3/4", TRANSFERENCIA TERMICA	€0,68	€0,00	No
	ETIQUETA #2, BLANCA LISA, 1 1/4" X 1 3/4", TRANSFERENCIA TERMICA	€1,68	€0,00	No
	ETIQUETA #3, BLANCA LISA, 3,92CM X 5,69CM, TRANSFERENCIA TERMICA	€4,73	€0,00	No
	ETIQUETA #4, BLANCA LISA, 3,64CM X 10,16CM, TRANSFERENCIA TERMICA	€3,77	€0,00	No
	ETIQUETA 1/2, BLANCA LISA, 1 1/4" X 3/8", TRANSFERENCIA TERMICA	€0,48	€0,00	No
	ETIQUETA 6 X 2,5 CMS, BLANCA LISA, TRANSFERENCIA TERMICA	€1,72	€0,00	No
	ETIQUETA #7, BLANCA LISA, 8,57CM X 29,36CM, TRANSFERENCIA TERMICA	€41,81	€0,00	No
	ETIQUETA 3X5 BLANCA, PARA IMPRESORA TLP2844	€11,19	€0,00	No
	ETIQUETA 3X5 VERDE, PARA IMPRESORA TLP2844	€11,19	€0,00	No
	ETIQUETA 3X5 BLANCA, PARA IMPRESORA ZM400	€8,93	€0,00	No
	ETIQUETA 3X5 VERDE, PARA IMPRESORA ZM400	€8,93	€0,00	No
	ETIQUETA #1 ACETATO BLANCO	€1,58	€0,00	No
	ETIQUETA 5 X 2,5	€1,71	€0,00	No
	Etiqueta Baratisimo 2 pack	€5,40	€0,00	No
	Acetato tipo sello 17mm transparente	€0,56	€0,00	No
	Otra Etiqueta	€0,00	€0,00	No
			€0,00	

COMENTARIOS

Cantidad	RIBBON PARA IMPRESORA ZEBRA ZM400, 450 MTS.	Costo	Total	DHL Paga Ribbon?
	ETIQUETA #1, BLANCA LISA, 1 1/4" X 3/4", TRANSFERENCIA TERMICA	€0,68	€0,00	No
	ETIQUETA #2, BLANCA LISA, 1 1/4" X 1 3/4", TRANSFERENCIA TERMICA	€1,68	€0,00	No
	ETIQUETA #3, BLANCA LISA, 3,92CM X 5,69CM, TRANSFERENCIA TERMICA	€4,73	€0,00	No
	ETIQUETA #4, BLANCA LISA, 3,64CM X 10,16CM, TRANSFERENCIA TERMICA	€3,77	€0,00	No
	ETIQUETA 1/2, BLANCA LISA, 1 1/4" X 3/8", TRANSFERENCIA TERMICA	€0,48	€0,00	No
	ETIQUETA 6 X 2,5 CMS, BLANCA LISA, TRANSFERENCIA TERMICA	€1,72	€0,00	No
	ETIQUETA #7, BLANCA LISA, 8,57CM X 29,36CM, TRANSFERENCIA TERMICA	€41,81	€0,00	No
	ETIQUETA 3X5 BLANCA, PARA IMPRESORA TLP2844	€11,19	€0,00	No
	ETIQUETA 3X5 VERDE, PARA IMPRESORA TLP2844	€11,19	€0,00	No
	ETIQUETA 3X5 BLANCA, PARA IMPRESORA ZM400	€8,93	€0,00	No
	ETIQUETA 3X5 VERDE, PARA IMPRESORA ZM400	€8,93	€0,00	No
	ETIQUETA #1 ACETATO BLANCO	€1,58	€0,00	No
	ETIQUETA 5 X 2,5	€1,71	€0,00	No
	Etiqueta Baratisimo 2 pack	€5,40	€0,00	No
	Acetato tipo sello 17mm transparente	€0,56	€0,00	No
	Otra Etiqueta	€0,00	€0,00	No

Apéndice 3

Estimación de recursos para cotizaciones

175 (CR-IWS) V 006 **Matriz de Costos de Valor Agregado**
 1. Personal

Oferta 1

COMENTARIOS	Actividad	Tiempos (min)	Cantidad	Unidad	
	1 Prueba	0	1	Por Prueba	1
	2 Cotización	0	1	Por Cotización	
	3 Acarreo	6		Por Tarima	
	4 Verificación Producto / Insumos	2		Por Tarima	
	5 Generación OT	2	1	Por OT	2
	6 Muestra OT e Impresión Etiquetas	0,166666667	1	Por Evento	
	7 Planea Producción	1	1	Por evento	
	8 Realiza Muestra en la Mesa	2	1	Por evento	
	9 Abren Caja	0,333333333		Por Caja	
	10 Hacen Bolsa	0		Por Oferta	
	11 Etiquetan	0,25		Por Oferta	
	12 Embolsan	0		Por Oferta	
	13 Inspección Calidad	0		Por Día	
	14 Guardan Caja	0		Por Caja	
	15 Demora Termoencojido	0		Espera Promedio	3
	16 Sacan Caja	0		Por Caja	
	17 Sellan Bolsa	0		Por Oferta	
	18 Termoencoje	0		Por Oferta	
	19 Guarda en Caja	0,333333333		Por Caja	
	20 Inspección Calidad (Muestreo)	0,083333333	50	Por Caja	
	21 Sellan Caja	0,333333333		Por Caja	
	22 Entarima	2,5		Por Tarima	
	23 Emplastica tarima	2,5		Por Tarima	
	24 Trasladan Producto	6		Por Tarima	4
	25 Facturación	0	1		
	26 Revisión Facturación	0	1	Por Evento	1

1	Tiempo No Operativo (Días)	#VALUE!
2,1	Tiempo Pre Operativo Ingreso OT (Días)	#VALUE!
2,2	Tiempo Pre Operativo Impresión (Días)	0,00
2,3	Tiempo Pre Operativo Set Up (Días)	#VALUE!
3	Tiempo Operativo (Días)	#VALUE!
4	Entrega Producto Final (Días)	#VALUE!
	Demoras	#VALUE!

	Días Oferta	Tiempo Unidad (min)	Horas Extra
Tiempo Pesimista	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
Tiempo Normal	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
Tiempo Optimista	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!

Apéndice 4

Estimación de equipos

175 (CR-IWS) v 006 Matriz de Costos de Valor Agregado

3. Maquinaria y Equipo

ELEMENTO	CANTIDAD DE EQUIPO	COSTO EQUIPO / MES	AÑOS DEPRE / AÑO CONTRATO	COSTO ASIGNADO
----------	--------------------	--------------------	---------------------------	----------------

1.1 Operación

Mesas Trabajo	#VALUE!	¢221 000,00	3	#VALUE!
Horno	0	¢1 771 000,00	3	#VALUE!
Selladora 18"	0	¢227 700,00	3	#VALUE!
Selladora 23"	0	¢346 610,00	3	#VALUE!
Banda Transportadora	0	¢1 793 160,00	3	#VALUE!
Ink Jeckt	0	¢6 108 780,00	5	#VALUE!
Mantenimiento		\$ 19,57		#VALUE!
Carretillas Hidráulicas		¢240 000,00	3	#VALUE!
Mantenimiento Preventivo Carretillas Hidráulicas	0,021428571	¢13 500,00		#VALUE!
Matenimiento Correctivo Carretillas Hidráulicas		¢5 000,00		#VALUE!
Carretillas Eléctricas		¢240 000,00	5	#VALUE!
Mantenimiento Preventivo Carretillas Eléctricas	0	¢13 500,00		#VALUE!
Matenimiento Correctivo Carretillas Eléctricas		¢5 000,00		#VALUE!

Apéndice 5

Estimaciones de edificio para cotizaciones nuevas

175 (CR-IWS) V 006

Matriz de Costos de Valor Agregado

4. Edificio y Servicios Públicos

ELEMENTO DEL COSTO	DRIVER	COSTO ESTIMADO
Metros Cuadrados	4,6	
Minutos Utilización	60	
LOCALIZACIÓN	VAS	
Alquiler (\$/m2)	#VALUE!	#VALUE!
Mantenimientos	0,00	#VALUE!
Electricidad	0,00	#VALUE!
Agua	0,00	#VALUE!
Control de Plagas	0,00	#VALUE!
Personal con Teléfono Fijo	0,0005	
Teléfono Fijo	0,00	#VALUE!
Personal Teléfono Celular	0	
Teléfono Celular	0,00	#VALUE!

LOCALIZACIÓN	Costo m2 US\$
TLC bodega 1	\$ 3,37
TLC bodega 2	\$ 3,37
TLC bodega 3	\$ 3,37
TLC bodega 4	\$ 3,37
TLC Bodega 5	\$ 3,37
CAIL	\$ 2,52
Cormar Bodega Vieja	\$ 3,09
Cormar Bodega Nueva	\$ 4,37
San Pablo	\$ 4,50
CCSS	\$ 5,18
Bodega Tibas	\$ 5,80
Bodega Pozuelo Valencia	\$ 4,96
Terminales Santamaría	\$ 4,50
Valencia	\$ 5,80
VAS	\$ 3,37
Otro	
Otro	
Otro	

Apéndice 6

Muestreo de control de Calidad

Muestreo de control de calidad en procesos de impresión de etiquetas 154 (CR-IWS) V 006		
Fecha: _____	Descripción: _____	
Cliente: _____	Lote producto: _____	
Código producto: _____	Lote de etiquetas: _____	
Tipo de muestreo:		
Inicio de proceso de impresión: <input type="checkbox"/>	Final del proceso de impresión: <input type="checkbox"/>	
Número de muestra: _____		
Muestra de etiquetas: Colocar en este espacio las etiquetas utilizadas como muestra del proceso de impresión		
Cantidad de etiquetas aceptadas: _____		Cantidad de etiquetas rechazadas: _____
Decisión final:		Rechaza: <input type="checkbox"/>
Acepta: <input type="checkbox"/>		
<p>Nota 1. Los muestreos son realizados empleando la Norma INTE-ISO 2859-1 Procedimientos para la inspección por atributos.</p> <p>Nota 2. Los planes de muestreo están definidos mediante un plan de muestreo simple en inspección normal, en un nivel de inspección especial S2.</p> <p>Nota 3. El NCA utilizado es de 0,25 por lo que el criterio de decisión final, en todos los casos, será rechazar el lote si se identifica al menos una etiqueta</p> <p>Nota 4. Cada etiqueta de muestra debe ser enumerada, firmada y fechada. En caso de no contar con espacio suficiente, se podrá utilizar el reverso de este formulario, u hojas blancas adicionales adjuntas.</p>		
Realizado por: _____		_____ Firma y fecha
Nombre		
Verificado por: _____		_____ Firma y fecha
Nombre		

Apéndice 8

Hoja para el Control de acondicionamiento

Control de Acondicionamiento J&J

145 (CR-IWS)

V 001



Fecha de Acondicionamiento	Inicio		Final	
Tipo de Acondicionamiento:	Comercial (Despacho)		Regulatorio (Ingreso)	
Responsable de entrega de producto por bodega:				
Responsable de recepción de producto por VAO:				
Personal que participó en el acondicionamiento:				
Hora	Inicio		Final	

Despeje Inicial

Actividades	Cumple	No cumple	N/A
Área limpia y sin polvo			
Superficie de mesa sin restos de papel o etiquetas			
Todos los operarios están vestidos apropiadamente (cofia, mascarilla, bata) los uniformes se encuentran limpios			
El personal está entrenado en la función que desempeña			
No hay otro producto diferente al lote por acondicionar en la mesa de trabajo.			

Codigo	Cantidad	Descripcion	Lote	Texto Etiquetado Adhesivo *	Inner Pack	Fecha Vencimiento	Muestreo QA realizado por	Verificado por

* Se colocara un check V verificando que la información es correcta.


Despeje final

Actividades	Cumple	No cumple	N/A
Todos los materiales, productos y documentación de etiquetado del lote anterior han sido retirados del área de acondicionado.			
El área de acondicionado ha sido limpiada y ordenada (mesas, tarimas, piso)			
Todos los materiales y productos han sido almacenados e identificados eliminando la posibilidad de mezclas con otros materiales y productos.			

Encargado Calidad:	
Regente Farmacéutico:	
Recibido Bodega:	


Apéndice 9

Formulario para traslados entre bodega y maquila

					
Formulario para traslado de producto entre Bodega y Área Acondicionamiento medicamentos					
203 (CR-IWS)					
V 006					
Cliente					
Producto					
Código					
Lote (s)					
Solicitado a Bodega por					
Parte A					
Solicitud y recepción de producto por parte Área Acondicionamiento medicamentos					
Cantidades parciales o totales entregadas por bodega	Lote	Etiqueta ORUM	Fecha	Hora	Recibido por VAO
Total unidades recibidas por Área acondicionamiento medicamentos					
Parte B					
Entrega de producto acondicionado a Bodega					
Cantidades parciales o totales entregadas por bodega	Lote	Etiqueta ORUM	Fecha	Hora	Recibido por Bodega
Total unidades acondicionadas recibidas por bodega					
Observaciones (Detalle si hay cambio de código del producto acondicionado al retornar a Bodega)					

Apéndice 12

Hoja para despeje de línea

<u>CHECK LIST DE DESPEJE DE LINEA / ARRANQUE</u>							
DGF-CR-IWSL-01_FORM-19_V_5.00							
PRODUCTO A MAQUILAR							
Nombre del producto : _____		Presentación : _____ No. Orden: _____					
Cantidad : _____	Código : _____	No. de Lote de Producto : _____					
No de Lote etiquetas a usar: _____		Fecha: _____ turno: _____					
Etiquetas							
Código: _____	Descripción: _____	Cantidad: _____ Lote: _____					
Corrugado (si se usa el mismo corrugado, llenar los siguientes espacios con NA)							
Código: _____	Descripción: _____	Cantidad: _____ Lote: _____					
INSTRUCCIONES DE ARRANQUE		CUMPLE					
		NO CUMPLE					
1.- Verifique que la limpieza del área y equipo se hayan realizado y este registrada de acuerdo al SOP correspondiente		<input type="checkbox"/>					
2.-La línea se encuentra libre de materiales ajenos a la orden como herramienta , utensilios , materiales. Documentos de otros lotes		<input type="checkbox"/>					
3.-Los uniformes de los trabajadores se encuentran limpios son usados correctamente y portan la indumentaria adecuada (Cofia, cubrebocas, mangas, etc.)		<input type="checkbox"/>					
4.-Se tiene Norma de envase vigente y autorizadas para iniciar el etiquetado del producto		<input type="checkbox"/>					
5.-Revise que los materiales de empaque estén aprobados por QA y los códigos correspondan a la norma de envase anexa y que coincida con la maquila a realizar		<input type="checkbox"/>					
6.-Verifique que el número de lote y la fecha de caducidad sea la misma en etiqueta y corrugado		<input type="checkbox"/>					
7.-El personal esta entrenado en la función que desempeña		<input type="checkbox"/>					
8.-El personal que estiba los corrugados conoce el tipo de acomodo que debe de utilizarse de acuerdo a la norma de envase.		<input type="checkbox"/>					
REALIZO : Nombre: _____		VERIFICO: Nombre: _____					
Firma: _____		Firma: _____					
Acciones tomadas en caso de que alguno de los puntos anteriores no se cumpla y /o comentarios:							
OBSERVACIONES:							
<table border="1" style="width: 100%; height: 100px;"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>						<table border="1" style="width: 100%; height: 100px;"> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;"> Muestra de la Etiqueta a usar </td> </tr> </table>	Muestra de la Etiqueta a usar
Muestra de la Etiqueta a usar							

