



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**DISEÑO DE UNA NUEVA LÍNEA DE FLEJADO Y FORRADO PARA
AUMENTAR LA CAPACIDAD MÁXIMA DE EMPAQUE DE LA EMPRESA
VENEZOLANA DEL VIDRIO.**

Tutor:
Ing. Silvia Sira

Autores:
Primera, David. C.I: 20296253
Venniro, Carola. C.I: 18035969

Bárbula, Noviembre de 2012



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**DISEÑO DE UNA NUEVA LÍNEA DE FLEJADO Y FORRADO PARA
AUMENTAR LA CAPACIDAD MÁXIMA DE EMPAQUE DE LA EMPRESA
VENEZOLANA DEL VIDRIO.**

Trabajo Especial de Grado presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo, para optar al
Título de Ingeniero Industrial

Tutor:
Ing. Silvia Sira

Autores:
Primera, David. C.I: 20296253
Venniro, Carola. C.I: 18035969

Bárbula, Noviembre de 2012



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, Miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, para examinar el Trabajo Especial de Grado titulado **“Diseño de una nueva línea de flejado y forrado para aumentar la capacidad máxima de empaque de la empresa Venezolana del Vidrio”**, el cual está adscrito a la línea de Investigación “Innovación Tecnológica” del Departamento de Ingeniería de Métodos, presentado por los Bachilleres Primera, David C.I:20.296.253 y Venniro, Carola C.I: 18035969 , a los fines de cumplir con el requisito académico exigido para optar al Título de Ingeniero Industrial, dejan constancia de lo siguiente:

1. Leído como fue dicho Trabajo Especial de Grado, por cada uno de los Miembros del Jurado, éste fijó el día Jueves 22 de Noviembre del 2012, a las 12:10 m, para que el autor lo defendiera en forma pública, lo que éste hizo, en el Salón SDC, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el Jurado, todo ello conforme a lo dispuesto en el Reglamento del Trabajo Especial de Grado de la Universidad de Carabobo y a las Normas de elaboración de Trabajo Especial de Grado de la Facultad de Ingeniería de la misma Universidad.
2. Finalizada la defensa pública del Trabajo Especial de Grado, el Jurado decidió aprobarlo por considerar que se ajusta a lo dispuesto y exigido por el Reglamento de Estudios de Pregrado.

En fe de lo cual se levanta la presente acta, el 22 de Noviembre del 2012, dejándose también constancia de que actuó como Coordinador del Jurado el Tutor, Prof. Silvia Sira

Prof. Silvia Sira
Presidente del Jurado

Prof. Roselin Santamaría
Miembro del Jurado

Prof. Jadlyn González
Miembro del Jurado

AGRADECIMIENTOS

Agradezco ante todo a Dios, por haberme dado la fortaleza suficiente para lograr esta meta.

A mis padres, hermanos y amigos, quienes han sido mi apoyo en todo momento y han hecho su mayor esfuerzo en busca de mi bienestar.

A la Ilustre Universidad de Carabobo, por su valioso aporte al formarme como Profesional de la República, para enfrentar con éxito los retos que se presenten en el mañana.

A mi compañero de tesis, David por su grandioso apoyo y dedicación a lo largo de este Trabajo Especial de Grado.

A la profesora Silvia Sira, nuestro asesor académico, por su valiosa orientación profesional en el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado.

A todas y cada una de las personas que laboran en la empresa Venezolana del Vidrio, por darnos la oportunidad de complementar nuestra formación académica, al realizar este Trabajo Especial de Grado en sus instalaciones.

Carola Venniro Sánchez.

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso, por guiarme en el camino correcto y darme la fuerza necesaria para alcanzar cada una de mis metas.

A mis padres, por estar siempre a mi lado y por ser ejemplo y modelo a seguir, gracias por el apoyo incondicional en todo momento.

A mis hermanos y familiares quienes con su presencia han contribuido en mi desarrollo personal y me han enseñado excelentes valores de formación.

A todos los amigos y personas que a lo largo de este camino, de una u otra manera hicieron posible el logro de esta meta.

Carola Venniro Sánchez

AGRADECIMIENTOS

Una nueva meta alcanzada, la satisfacción por haber cumplido con lo que me he trazado, todo esto ha sido posible porque tu mi Dios siempre has estado a mi lado dándome fortaleza, sabiduría, salud y los inmensos deseos de seguir adelante. Por este motivo primero mi agradecimiento a Ti, por estar siempre en mi camino guiándome.

A mis Padres David y Yoly, por haber infundido en mí principios, valores y la educación, que me ayudaron a ser la persona que soy. Por brindarme todo el amor y apoyo para lograr esta meta tan importante y ser cada día un ejemplo para mí.

A mis hermanos Luis y Roberto, por ser mis amigos y apoyarme a lo largo de mis estudios en los momentos más difíciles.

A mi novia Leidy, quien me ha dado su amor y compañía en tantos momentos importantes. Al igual que a sus Padres Esther y Roberto quienes también me ayudaron en mi carrera.

A mi compañera de tesis y amiga Carola, por su enorme entrega y dedicación en la elaboración de este Trabajo Especial de Grado.

A mis familiares quienes siempre estuvieron pendientes de mí, por sus palabras de aliento y ser ejemplo en mi vida.

A la Universidad de Carabobo, por abrirme sus puertas y formarme como profesional. A sus profesores, a mi Tutora Silvia Sira por su importante asesoría a lo largo de este Trabajo Especial de Grado.

A todos mis amigos y compañeros de la escuela de Ingeniería Industrial, gracias a ustedes por ser mi apoyo y acompañarme en esta carrera.

Por último y no menos importante a la empresa Venezolana del Vidrio quien nos dio la oportunidad de implementar los conocimientos obtenidos en la carrera de Ingeniería Industrial, en la elaboración de nuestra tesis.

David Gerardo Primera Ollarves

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen, por acompañarme en el transcurso de toda mi formación académica, personal y espiritual.

A mis Padres, por estar siempre conmigo, a ustedes en especial les dedico este Trabajo Especial de Grado.

A mis hermanos y familiares por estar siempre a mi lado acompañándome.

A mi novia por todo su apoyo prestado a lo largo de mi carrera de Ingeniería.

A mis amigos y compañeros que formaron parte de mi formación personal y académica, a todos ustedes les dedico este trabajo.

David Gerardo Primera Ollarves

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁG
Resumen	i
Introducción	1
Capítulo I. Planteamiento del Problema	
1.1 Breve descripción de la empresa	3
1.2 Planteamiento del problema	4
1.3 Formulación del problema	7
1.4 Objetivo general	7
1.5 Objetivos específicos	7
1.6 Justificación de la investigación	8
1.7 Alcance	9
1.8 Limitaciones	9
Capítulo II. Marco de Referencia	
2.1 Antecedentes de la investigación	11
2.2 Bases teóricas	12
2.2.1 Manejo de materiales	12
2.2.2 Distribución de planta	14
2.2.3 Medición del trabajo	16
2.2.4 Cronometrado	16
2.2.5 Análisis de modo efecto y fallas (AMEF)	18
2.2.6 Mantenimiento productivo total (TPM)	23
Capítulo III. Marco Metodológico	
3.1 Diseño y tipo de la investigación	26
3.2 Técnicas de recolección de datos	26
3.3 Instrumentos de recolección de datos	27
3.4 Fases de la investigación	28

CONTENIDO	PÁG
Capítulo IV. Descripción y Análisis de la Situación Actual	
4.1 Descripción del producto	30
4.1.1 Producto nacional	30
4.2.2 Producto de exportación	31
4.2 Descripción de equipos y materiales	32
4.2.1 Flejadora automática vertical	32
4.2.1.1 Flejadora automática vertical nueva	32
4.2.2.2 Flejadora automática vertical actual	34
4.2.2 Mesa giratoria	35
4.2.3 Forradora automática	35
4.2.3.1 Forradora automática nueva	35
4.2.3.2 Forradora automática actual	37
4.2.4 Transportadores motorizados	38
4.2.4.1 Transportadores de 5 secciones de cadena simple	38
4.2.4.2 Transportadores de rodillo	39
4.2.5 Paletas	40
4.2.6 Flejes	41
4.2.7 Película estirable stretch	41
4.2.8 Funda termoretráctil	42
4.2.9 Descripción del área y condiciones de trabajo	43
4.2.10 Descripción del proceso	46
4.2.10.1 Descripción del proceso de flejado y forrado actual	46
4.2.11 Análisis de la situación actual	51
4.2.12 Análisis de los factores y variables que afectan los procesos	51

CONTENIDO	PÁG
Capítulo V. Propuestas de Mejora	
5.1 Propuesta N°1. Redistribución de las líneas de flejado y forrado	57
5.2 Propuesta N°2. Logística de trabajo para la redistribución de la línea de empaque	66
5.3 Propuesta N°3. Diseño d la nueva línea de flejado y forrado	73
5.4 Propuesta N°4. Oportunidades de mejora en el área de empaquetado	81
Capítulo VI. Evaluación Económica	
6.1 Estimación económica	94
6.1.1 Costos asociados a la redistribución de las líneas	94
6.1.2 Costos asociados al diseño de la nueva línea de flejado y forrado	95
6.1.3 Valor residual	98
6.1.4 Valor actual	99
Conclusiones	100
Recomendaciones	101
Referencias bibliográficas	102
Anexos	104

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁG
Figura 4.1 Producto nacional	31
Figura 4.2 Envases para exportación	31
Figura 4.3 Flejadora automática vertical nueva	33
Figura 4.4 Máquina flejadora	34
Figura 4.5 Mesa giratoria	35
Figura 4.6 Forradora automática nueva	37
Figura 4.7 Transportador de cadena	39
Figura 4.8 Transportador de rodillo	40
Figura 4.9 Paleta 4 vías	40
Figura 4.10 Fleje polyester	41
Figura 4.11 Strecht	42
Figura 4.12 Funda termoretráctil	42
Figura 4.13 Inicio de líneas	43
Figura 4.14 Layout del área actual	44
Figura 4.15 Paletizadores	47
Figura 4.16 Inicio de las líneas de fleje y forrado	48
Figura 4.17 Máquina de las líneas de fleje y forrado	49
Figura 5.1 Mesa elevadora de rodillos	60
Figura 5.2 Layout actual	63
Figura 5.3 Layout después de la redistribución	64
Figura 5.4 Alineamiento de la línea 13	69
Figura 5.5 Líneas completamente rectas	71
Figura 5.6 Diagrama de las actividades de la redistribución de las líneas	73
Figura 5.7 Diseño de la nueva línea de flejado y forrado	75
Figura 5.8 Diagrama de las actividades para la instalación de la nueva línea	78

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁG
Tabla 4.1 Características técnicas de la flejadora nueva	33
Tabla 4.2 Características técnicas de la flejadora actual	34
Tabla 4.3 Características técnicas de la forradora nueva	37
Tabla 4.4 Características técnicas de la forradora actual	38
Tabla 4.5 Características del ambiente térmico	46
Tabla 4.6 Tiempo promedio de las fallas	54
Tabla 4.7 Paradas de máquina flejadora y forradora por día	55
Tabla 5.1 Rutas de los montacarguistas desde área de descarga hacia los almacenes	65
Tabla 5.2 Tiempo requerido para la redistribución de la línea B	72
Tabla 5.3 Tiempo requerido para la redistribución de la línea A	72
Tabla 5.4 Tiempo requerido para la instalación de la nueva línea	78
Tabla 5.5 Resultados del estudio de muestreo	82
Tabla 5.6 Tiempo promedio y frecuencia de ocurrencia de las fallas en las líneas de empaque	83
Tabla 5.7 AMEF al proceso de flejado y forrado	85
Tabla 6.1 Gastos asociados a la redistribución de las líneas	95
Tabla 6.2 Gastos de equipos de la nueva línea de flejado y forrado	95
Tabla 6.3 Otros gastos de la nueva línea	96



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



DISEÑO DE UNA NUEVA LÍNEA DE FLEJADO Y FORRADO PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD MÁXIMA DE EMPAQUE DE LA EMPRESA VENEZOLANA DEL VIDRIO

Tutor:

Ing. Silvia Sira

Realizado por:

Primera David

Venniro Carola

RESUMEN

El presente Trabajo Especial de Grado se ha desarrollado en la empresa Venezolana del Vidrio, teniendo como objetivo el diseño de una línea de flejado y forrado que permita adaptarse a las exigencias de los clientes debido a que está incursionando en un nuevo mercado internacional, requiriendo así mayor protección de las paletas al momento del traslado por vía marítima, pues esta empresa se encarga de fabricar envases destinados al llenado de bebidas y alimentos para el almacenamiento de productos de consumo humano. Por lo antes descrito, se estará incrementando el número de paletas forradas por día de 960 a 1710 y se cumple con las aspiraciones de la empresa que es llegar a 1400 paletas/día. Además se analiza la situación actual que se tiene en las líneas de empaque instaladas en la planta con el propósito de mejorar el proceso que se lleva a cabo en la misma e incrementar el volumen de empaque diario ya que se dejan de flejar y forrar 160 paletas diarias debido a fallas que ocurren constantemente en las dos líneas. Para el diseño de la nueva línea se realizó una redistribución del área permitiendo así adaptar el espacio que requiere la misma y se procedió a plantear una logística de actividades tratando de afectar lo menos posible el proceso de producción que se lleva en la planta dado que el mismo es continuo. Finalmente se estimó el retorno de la inversión para el proyecto la cual se recuperará en el tercer año de producción y se determinó a través del Valor Actual que el mismo es rentable.

Palabras claves: Diseño de línea de flejado y forrado, Redistribución de Líneas, Incremento de capacidad de Empaque.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas se ven en la obligación de mejorar sus procesos de producción constantemente para poder desempeñarse mejor en el mercado que ocupen. Tal es el caso de Venezolana del Vidrio una empresa que se dedica a la fabricación de envases de vidrio destinados para el envasado de productos para el consumo de la nación. Por lo que la empresa tiene la obligación de adaptar un nuevo sistema de empaque para cumplir las exigencias de un mercado internacional completamente nuevo para ellos, lo que conlleva al diseño de una nueva línea de flejado y forrado de sus paletas que permita cumplir con dichos requerimientos, además se hace necesario el mismo ya que por parte de la Gerencia de la empresa se requiere aumentar la capacidad de empaque para poder responder ante un aumento de sus niveles de producción.

Esto amerita una nueva distribución del área ya que no se cuenta con el espacio necesario para instalar la nueva línea de flejado y forrado en el área actual de empaque y plantear una logística de trabajo que no interfiera del todo con las actividades que se llevan a cabo en Venezolana del Vidrio dado que es una empresa con un proceso de producción continuo. Adicionalmente debe realizarse un análisis sobre el funcionamiento de las máquinas instaladas para determinar su capacidad real y a través de un estudio de cronometrado y muestreo y aplicando la técnica del A.M.E.F plantear posibles mejoras sobre los planes de mantenimiento preventivo actuales que permitan incrementar el número de paletas flejadas y forradas por día.

Posteriormente es indispensable realizar una evaluación económica para establecer el retorno de la inversión que se tendrá por incurrir en los gastos del proyecto y además determinar la rentabilidad del mismo a través de herramientas económicas como lo es el Valor Actual.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Venezolana del Vidrio es una empresa nacionalizada en el año 2011 por el estado venezolano. VenVidrio se dedica a la fabricación de envases de vidrio para el almacenamiento de productos de consumo nacional con una participación del 68% de la demanda del país. En términos generales se puede decir que el vidrio base se compone de los siguientes elementos: Arena Sílice en un 72%, Carbonato de sodio o soda Ash 13%, Piedra Caliza 12%, otros materiales 3%.

Cuenta con dos plantas manufactureras, las cuales se encuentran ubicadas en el Municipio Los Guayos del Estado Carabobo y en Valera del Estado Trujillo.

- **Los Guayos** (Edo. Carabobo): Es la planta más grande del país en el rubro manufactura de envases de vidrio. Con 6 hornos y 11 líneas de producción. La planta Los Guayos fabrica más de 4 millones de botellas y frascos por día, logrando responder a la demanda del mercado. La planta tiene capacidad para elaborar envases de hasta 2 litros y realizar el decorado a gran parte de su producción total.
- **Valera** (Edo. Trujillo): Esta planta cuenta con máquinas de 10 secciones y una cuádruple gota, lo que le permite fabricar más de 2 y medio millones de envases por día.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años las industrias se han visto en la necesidad de conquistar nuevos mercados, bien sean nacionales o internacionales, que les permitan crecer a nivel productivo y financiero, convirtiéndose así en una empresa con mayor competitividad. Por ello el diseño e implantación de nuevas líneas de producción son importantes para alcanzar los objetivos deseados por la empresa.

Para la realización de estos diseños es necesario estudiar los posibles métodos de trabajo que se utilizarán para desarrollar las diferentes actividades en las líneas, de manera que se busque adaptar equipos y herramientas que puedan ser manejadas con facilidad por los trabajadores una vez que hayan sido entrenados.

VenVidrio se dedica a la fabricación de envases de vidrio cubriendo el 68% de la demanda del país. La organización ha decidido aceptar una nueva propuesta de negocio de exportación, por lo que se ven en la obligación de diseñar e implantar una nueva línea en el área de empaque que cumpla con las especificaciones finales del producto. Esta decisión es tomada además porque la empresa presenta dificultades para cubrir la demanda actual en el área de empaque, resaltando que no se encuentra produciendo al 100% de su capacidad por problemas en sus hornos y/o líneas. Una vez que ésta produzca a su nivel máximo se prevé mayores colapsos en las líneas de empaque, incluyendo la nueva producción de exportación la cual aumentará el volumen de paletas para flejar y forrar.

El sistema de forrado implementado en las líneas de VenVidrio no es el requerido por la empresa demandante; el cual consiste en un embalado

simple que es realizado por una máquina giratoria utilizando un material stretch para cubrir la paleta por sus costados. Dado que las paletas serán transportadas en barcos hasta Argentina, Bolivia, Brasil, Cuba y República Dominicana, se quiere garantizar el cumplimiento de las normas higiénicas y la prevención de las cargas desplazadas, por lo que se plantea implementar un forrado con una bolsa que posteriormente se ajuste por completo con una máquina termo-encogible.

El área destinada al empaquetado de producto terminado es de 814 m², donde se encuentran operando dos líneas (A y B) de flejado y forrado, cada una con dos máquinas flejadoras y una de forrado, pero desde hace siete meses en la línea A solo funciona una flejadora. Se cuenta actualmente con una capacidad teórica de 1220 paletas/día en las dos líneas y realmente se produce un estimado de 700 paletas/día. En estos procesos se generan algunas fallas concurrentes de tipo mecánico en las guías, motores, cabezales, ballestas, entre otros, y de tipo electrónico en los sensores, cableado, así como la reprogramación de equipos, también afecta la dificultad en el operario para poder atender todas las fallas y necesidades de las máquinas especialmente cuando ocurren simultáneamente en algunos de los equipos. Todo esto obstaculiza el alcance de la cantidad máxima de paletas que se pueden flejar y forrar por día. Adicionalmente el área cuenta con un transfer-car capaz de movilizar 1400 paletas/día desde los paletizadores al inicio de las líneas, lo que quiere decir que si podrá trabajar con la producción deseada por los gerentes de la empresa.

Debe resaltarse una problemática existente en el área de flejado y forrado, que surge cuando en el programa de producción coinciden combinaciones de moldes que según las especificaciones de los clientes, requieren ser paletizadas en pocas camadas (el número de filas o divisiones que tiene una paleta de producto terminado en forma vertical), haciendo que

el tiempo de paletizado sea menor, sacando así hasta 10 paletas más por hora que las que tienen mayor número de camada. Todo esto ocasiona acumulamiento masivo a lo largo de las líneas de producción que llegan a los paletizadores y también se colapsa su salida ya que solo hay espacio para almacenar cuatro paletas. De igual manera en las líneas A y B se originan colapsos debido a que se llenan con mucha facilidad en vista de lo rápido que es el proceso de paletizado para pocas camadas. Como medida de desahogo para los andenes tanto de los paletizadores como de las líneas de flejado y forrado debe solicitarse la ayuda de un montacarguista del área para bajar las paletas en cualquier espacio disponible y cercano a las líneas A y B para esperar por el proceso de empaquetado en el momento que se despejen las líneas.

Lo anterior ha llevado a que la gerencia de la empresa quiera aumentar el volumen de paletas empacadas por día a 1400. Debe tenerse en cuenta que aplicando mejoras en los procesos de las líneas la capacidad real se acercará a la teórica pero no a la deseada por la compañía, por eso se debe implantar una nueva línea para los artículos internacionales y apoyar como línea paralela algunas operaciones de las líneas nacionales, para poder soportar la capacidad máxima de producción de la planta.

Para la instalación de la línea de flejado y forrado es necesario hacer una redistribución de las líneas existentes debido a que no hay espacio disponible en el área de trabajo. Por ello es preciso realizar una logística de trabajo que evite que se detengan por completo las actividades de esta área, debido que VenVidrio es una fábrica de operación continua lo que hace que su proceso de producción no se puede detener efectivamente, porque se incurriría en costos y pérdidas monetarias y también se verían afectados los hornos y máquinas de la misma y el mercado nacional.

Con el diseño e implantación de la nueva línea de empaquetado se quiere satisfacer la necesidad de expansión que tiene la empresa, con el fin de captar la atención de nuevos mercados tanto en el país como a nivel internacional permitiéndoles incrementar sus ventas y ganancias. Asimismo brindar la opción a sus clientes nacionales de un nuevo forrado que proporcione mayor seguridad y limpieza en el producto que se está por recibir.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué estructura debe contener la nueva línea de exportación de manera que se cumpla con el forrado exigido por el cliente y las necesidades de crecimiento manifestadas por los gerentes, tomando en consideración los cambios que deben hacerse en el área y la logística a seguirse para la instalación de la misma?.

1.4 OBJETIVO GENERAL

Proponer una nueva línea de flejado y forrado para envases de vidrio, destinada a la venta en el mercado internacional, de modo que se satisfaga la demanda expuesta por él mismo y sus especificaciones.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la situación actual que se tiene en las líneas de empaquetado.
- Estudiar los equipos, herramientas y materiales utilizados y necesarios en la línea actual y de exportación.
- Analizar los factores y variables que afectan el desarrollo de los procesos involucrados.

- Plantear mejoras desde el punto de vista técnico considerando la redistribución de las líneas y la logística de trabajo para la instalación requerida.
- Justificar económicamente el diseño determinando así su rentabilidad y retorno de la inversión.

1.6 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Del permanente crecimiento de la población mundial se deriva el acrecentamiento de la demanda haciendo que las industrias deban mejorar sus procesos y elevar su capacidad de producción para atender los diferentes mercados que cada vez se hacen más exigentes y cambiantes, tal es el caso que se presenta en este Trabajo Especial de Grado en el que VenVidrio aprovecha la oportunidad de incursionar en un nuevo mercado internacional con el fin de darse a conocer en otros países por sus productos ofrecidos, aumentar sus niveles de producción, conquistar nuevos mercados buscando obtener mayores beneficios económicos y poder atender todo tipo de exigencias en lo que a demanda se refiere, a nivel nacional e internacional.

Este trabajo de grado permite aplicar muchos de los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera de Ingeniería Industrial y a su vez aprender con mayor profundidad todo lo relacionado al diseño de líneas.

Este estudio será un aporte para la Universidad de Carabobo, el cual brindará conocimientos a todas aquellas personas que necesiten entender como debe ser el estudio al momento de diseñar líneas con características similares a la que en este trabajo se expone.

La realización de este trabajo permitirá que VenVidrio pueda ofrecer mayor cantidad de productos al mercado en Venezuela en vista de que aumentará la capacidad de producción de su planta y podrá responder a sus pedidos con más holgura. Asimismo Venezuela se dará a conocer internacionalmente como un país de exportación de botellas de vidrio brindando méritos a sus profesionales en sus diferentes especialidades.

1.7 ALCANCE

El presente trabajo de grado se refiere al diseño de una nueva línea de flejado y forrado para los envases de exportación, que servirá además para apoyar como línea paralela las operaciones de las líneas existentes con la finalidad de aumentar el volumen de paletas empaquetadas por día. Para la realización de este diseño será necesaria la redistribución de las líneas actuales de modo que se optimice las dimensiones del área.

Por esto es importante hacer un estudio de la secuencia de trabajo que se debe llevar a cabo de manera que no se detenga por completo las operaciones que se realizan en esta área para que no se vea afectada la planta ni el mercado nacional. La implantación de esta línea queda a juicio de la empresa.

1.8 LIMITACIONES

Al momento de realizar este trabajo de grado se encontraran las siguientes limitaciones:

- En la empresa no se tienen registro de tiempo de las fallas ni de los tiempos operativos de las máquinas, por lo que se procedió a la recolección de datos por la observación directa.

- Una de las limitaciones más importantes en la realización de este trabajo de grado es el tiempo para la culminación de éste, por el motivo de que debe cumplirse con una serie de fechas de entregas que son muy próximas, y necesarias para poder optar por el título de Ingeniero Industrial.

CAPÍTULO II

MARCO DE REFERENCIA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Olivares y Rattia (2009), plantearon como propósito principal el diseño de una nueva línea de ensamble de equipos para los vehículos Aveo/Spark para ajustarse a las políticas de calidad de la empresa Audiovox Venezuela y a las exigencias del gobierno. Se utilizaron las metodologías de los 7 desperdicios y 5'S para reducir los procesos que no le agregan valor al producto. Para determinar propuestas de mejora en las líneas y en su distribución así como el diseño específico de las nuevas estaciones de trabajo y sus materiales, para el ensamble del Aveo/Spark; para luego justificar la evaluación económica del proyecto. Por lo mencionado se toma de guía este trabajo, el cual aportó información sobre el modo en que se llevó a cabo el diseño de las estaciones de trabajo para el ensamble de vehículos Aveo/Spark, con la mayor efectividad posible y el mínimo desperdicio presente.

Castillo y Villanueva (2008), elaboraron un plan de negocio para la línea de envasado de Alcohol Isopropílico y Biocida en la empresa Biscay C.A. El desarrollo de este trabajo puede separarse en tres (3) etapas, un Estudio de Mercado en el cual se comprobó la demanda insatisfecha de los productos mencionados anteriormente, el Estudio Técnico donde se definieron los aspectos operacionales como el Plan de Producción, Capacidad de línea, secuencia de proceso de producción, ubicación de equipos y la localización en Planta, y por último en el estudio Financiero calcularon los flujos monetarios asociados al proyecto determinando así por medio del indicador Equivalente Anual la rentabilidad y el tiempo de recuperación de la inversión.

Del trabajo antes mencionado se toma como referencia las consideraciones de Capacidad, secuencia del proceso y ubicación que debe tener una línea al momento de implementarla y el estudio económico respectivo del mismo.

Rodríguez (2006), realizó un estudio que tenía como objetivo el diseño de una línea para el ensamble de pisos delanteros y traseros de la camioneta Grand Cherokee 2006. El autor utilizó la metodología S.H.A. (Systematic Handling Analysis) para el estudio de manejo de materiales en la línea, un Balance de Línea para el ensamble de los pisos delanteros y traseros de manera de determinar el número de operarios necesarios para realizar el ensamble de las piezas, además se emplearon otras técnicas y metodologías de Ingeniería Industrial como diagrama de operaciones del proceso, de flujo, de precedencia, AMEF, valor actual. Se toma como referencia esta información para el actual Trabajo Especial de Grado para aumentar la capacidad de empaque de la planta mediante el estudio de las fallas y el diseño e implantación de la nueva línea.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 MANEJO DE MATERIALES

Burgos (2005) establece que el Manejo de Materiales se puede definir como el arte y la ciencia que involucra los movimientos, el empaque y almacenamiento por las cuales se somete cualquier sustancia.

Este es de gran importancia en cualquier actividad, debido a que en muchas ocasiones consume la mayor porción del tiempo. Por esta razón el manejo de materiales solo añade costos al producto y es esencial tratar de reducir estos tiempos para que dichos costos disminuyan y el producto pueda ser más competitivo en el mercado.

El Movimiento, el Tiempo; el Lugar, la Cantidad y Espacio son variables relacionadas al Manejo de Materiales. El movimiento debe hacerse de la manera más simplificada y al mínimo costo; los materiales deben estar disponibles en el sitio exacto y en la cantidad necesaria. Además los requerimientos de espacio depender en gran parte del manejo de materiales que se plantee.

En relación con la mejora y diseño de los sistemas de manejo de materiales, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- A) Planificar actividades de manejo y almacenamiento de materiales de manera que se obtenga la mayor eficiencia en la operación.
- B) Optimizar el flujo de materiales disponiendo de la secuencia de operaciones y Distribución en Planta.
- C) Reducir o eliminar los movimientos innecesarios para simplificar el trabajo.
- D) Utilizar la Gravedad.
- E) Utilizar al máximo todos los materiales y equipos disponibles.
- F) Mecanizar el trabajo cuando sea posible.
- G) Seleccionar el equipo a usar considerando todos los aspectos relacionados con el material, el tipo de movimiento y métodos a utilizar.
- H) Estandarizar los métodos de manejo.
- I) Utilizar los métodos o equipos que proporcionen la mayor versatilidad.

- J) Equipos que permitan el manejo eficiente de materiales y la seguridad de los mismos.

2.2.2 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Según Gómez y Núñez (2006) la distribución de una planta consiste en el arreglo y la localización de equipos de producción, maquinarias, centros de trabajos y actividades que son necesarios para lograr la máxima eficiencia en la producción de bienes o servicios.

Unas de las razones por las cuales se originan problemas en la distribución en Planta son:

- Cambios en el diseño del producto
- Adición de un nuevo producto
- Cambios en el volumen de la demanda
- Los recursos físicos se hacen obsoletos
- Frecuentes Accidentes en Planta
- Ambiente de Trabajo Inadecuado
- Cambios en la Localización o Concentración de los mercados
- Programas de reducción de Costos o de incremento de productividad

Burgos (2005) hace referencia a que se debe tener en cuenta la asignación de algunos espacios de la siguiente manera:

- 1) El sitio para los operarios y de las maquinas.

- 2) Márgenes para las partes sobresalientes de las maquinas o los recorridos extremos.
- 3) Márgenes para las prolongaciones de las piezas trabajadas.
- 4) Sitios para manipulación de materiales
- 5) Espacios para los transportadores fijos en el piso o rampas.
- 6) Sitios para cargar o descargar piezas grandes en las maquinas.
- 7) Lugar para el banco de trabajo.
- 8) Lugar para actuar en cualquier parte de la maquina al momento de hacer una inspección, mantenimiento o ajuste.
- 9) Fácil acceso a los dispositivos de paro que protegen a los operarios.
- 10) Aumentos en los espacios necesarios que pueden hacer requerir superficies mayores.

Métodos para la Distribución de equipos en Planta

A. Distribución por proceso

Las máquinas o procesos iguales se agrupan. El producto se traslada de un departamento a otro desde que es materia prima hasta que es producto terminado.

B. Distribución por producto

Se agrupan en un departamento los equipos que son necesarios para procesar un producto dado, colocándolos en un orden conveniente.

C. Distribución Mixta

Esta metodología consiste en combinar los dos métodos anteriores, dependiendo de la necesidad que se tenga.

2.2.3 MEDICIÓN DEL TRABAJO

Burgos (2005) define que la búsqueda de nuevos métodos de trabajo origina la formulación de alternativas que constituyen posibles soluciones a un problema planteado. De estas soluciones cabe resaltar que habrá una que de acuerdo a criterios ya establecidos es más ventajosa que las demás y se convertirá en el Método Propuesto, la cual deberá ser normalizada para finalmente proceder a medir su tiempo de ejecución.

Los grupos de medición de trabajo son los siguientes:

- De observación directa.
- Basadas en registros históricos

Observación Directa: Estimación de Tiempos, el Cronometrado y el muestreo de Trabajo.

Registros Históricos: Tiempos de Movimientos Básicos sintéticos, Datos estandarizados de Tiempos y Formulas de Tiempos.

La Medición de trabajo tiene como finalidad determinar el Tiempo Estándar de Ejecución de la actividad bajo estudio.

2.2.4 CRONOMETRADO

Según Burgos (2005), una de las mejores formas de establecer estándares de producción, considerando los detalles de trabajo mediante la observación directa. Esta técnica de medición es utilizada preferiblemente cuando el estudio de tiempo es corto; los cronómetros pueden ser analógicos

o digitales; es necesario cumplir con ciertas tareas antes de iniciar la actividad.

1. Normalizar la tarea, consiste en conseguir un patrón. El Tiempo Estándar, de acuerdo con su definición, debe corresponder a un método y equipo dados, bajo condiciones de trabajo específicas.
2. Seleccionar al operario a observar, debe ser representativo del promedio, no debe ser muy rápido o muy lento.
3. Recolección de información, es necesario conocer los procesos que se estudian a fondo, incluyendo las máquinas, herramientas y dispositivos empleados, igualmente deben obtenerse un Registro Normalizado del trabajo que se medirá, si es que lo hay.
4. Posición del analista, esta debe ser cómoda y en un lugar donde pueda observar todo lo que sucede en la actividad en estudio, sin interferir en ella y sin perder ningún detalle de la misma.
5. División de la operación en elementos, la mayoría de los trabajos constan de uno o más elementos los cuales probablemente varían en sus requerimientos de habilidad, energía, concentración, entre otros, necesarios para ejecutarlos, en vista de esas variaciones, la necesidad de asignar Tolerancias por lo que esos elementos deben identificarse.

Las siguientes herramientas son esenciales para que el analista realice el cronometrado:

1. Reloj para el estudio de tiempo, éste puede ser digital analógico.
2. Lápiz y Tablero de apoyo con sujetador.

3. Formato para el estudio de tiempos, para anotar los detalles del estudio.
4. Calculadora o computadora personal, para procesar los datos recolectados al final del estudio.

El cronometrado puede ser continuo o intermitente, el primero consiste en dejar correr el cronómetro hasta que se concluya la actividad, mientras que el intermitente devuelve la lectura a cero cada vez que finaliza un elemento.

En vista que no se contaba con registros de tiempos de las diferentes operaciones elaboradas en el área de empaque, fue necesario utilizar el cronometraje como técnica principal para la recolección de información.

2.2.5 ANÁLISIS DE MODO EFECTO Y FALLA (AMEF)

Acuña (2005), establece que el Análisis de Modo Efecto y Falla es una técnica muy utilizada para identificar y listar las formas o modos potenciales en los que pueden fallar los sistemas y hacerle seguimiento para conocer las características y efectos de cada falla en el sistema en general, estas fallas pueden haber ocurrido o potencialmente podrían suceder.

Esta técnica consiste en colocar en forma de matriz, todas las formas de fallas o error y los efectos que traen consigo, con el propósito de evaluar su impacto y proponer mejoras por parte de una persona o departamento como responsable, él cual debe evaluar periódicamente cada una de las mejoras para evaluar su eficacia luego de haber sido implantadas.

- **AMEF DE DISEÑO:**

Un AMEF de Diseño deberá comenzar con el análisis de un Diagrama de Bloque para el sistema, subsistema y/o componente.

El objeto es entender las entradas al bloque, las funciones desempeñadas por el bloque y sus salidas. El diagrama de bloque ilustra las relaciones primarias entre las partes cubiertas y establece un orden lógico para el análisis. Los diagramas usados para el desarrollo del AMEF de Diseño deberán ser incluidos en la documentación.

A continuación se describe la aplicación de la forma; los puntos están señalados de acuerdo a los números que están dentro del formato:

1. **Número de AMEF:** Número del documento, el cual puede ser utilizado para su control.
2. **Sistema, Subsistema o Componente:** Nombre y número del sistema subsistema o componente.
3. **Responsabilidad del Diseño:** Nombre del área responsable del diseño.
4. **Preparado por:** Nombre del responsable de preparar el AMEF.
5. **Fecha Clave:** La fecha clave más lejana corresponde a la fecha de liberación del diseño.
6. **Fecha del AMEF:** Fecha de la emisión inicial y fecha de la última revisión del AMEF.
7. **Miembros del Equipo:** Nombre y departamento del personal involucrado en el desarrollo del AMEF.
8. **Parte / Función:** Nombre y número de la parte que se está analizando. Indique brevemente la función. Si tiene numerosas funciones con diversos modos potenciales de falla, sería conveniente listar las funciones por separado.

- 9. Modo de Falla Potencial:** Describa la manera como una parte puede fallar en cumplir con la finalidad del diseño, requisitos de comportamiento y/o expectativas del cliente. El modo de falla potencial puede también ser la causa de un modo de falla potencial en un ensamble de mayor nivel, o ser el efecto en un componente de nivel inferior.

Liste cada modo de falla por cada parte en particular y función de la parte. Se asume que la falla puede ocurrir, pero no necesariamente ocurrirá. Deberán considerarse los modos de falla potencial que únicamente ocurrirán bajo ciertas condiciones de operación y bajo ciertas condiciones de uso.

- 10. Efecto de Falla Potencial:** Los efectos de falla potencial se definen como los efectos del modo de falla en el cliente. Describa los efectos de falla en términos de lo que el cliente podría notar o experimentar.

- 11. Severidad (S):** Para asignar el grado de severidad, el criterio usado está asociado con el efecto más serio para un modo de falla dado.

Use la tabla apropiada para la evaluación del grado de severidad. Una reducción del grado de severidad puede efectuarse mediante un cambio de diseño al sistema, subsistema o componente.

- 12. Clasificación:** Identificar las Características Especiales basados en los planos de partes, las normas aplicables y los requerimientos especiales de los clientes.

- 13. Causa Potencia / Mecanismo de Falla:** La causa de falla potencial se define como una indicación de un punto débil del diseño, cuya consecuencia es el modo de falla.

- 14. Ocurrencia:** La ocurrencia es la probabilidad de que una causa específica resultará en el modo de falla. El grado de ocurrencia, más

que un valor, tiene un significado. La única manera de que se pueda efectuar una reducción en el grado de ocurrencia es removiendo o controlando una o más de las causas del modo de falla mediante un cambio de diseño.

Estime la probabilidad de ocurrencia del modo de falla, como resultado de una causa específica. Use la tabla apropiada para la evaluación del grado de ocurrencia. El grado de ocurrencia estará afectado por los controles de prevención.

- 15. Controles Actuales del Diseño:** Liste todos los controles que estén dirigidos a prevenir que ocurran las causas de una falla potencial de diseño o que pretendan detectar las causas de falla potencial de diseño o el modo de falla resultante.

Los controles actuales del diseño, son aquellas que han sido o están siendo empleadas con los mismos diseños o similares. Los grados iniciales de ocurrencia y detección estarán basados en estos controles, considerando que son representativos de los prototipos y modelo que se están usando. Los controles de diseño en listados deberán estar relacionados directamente a la prevención o detección de causas específicas de falla. Si se necesitan otros controles de diseño específicos, tales como aquellos para un diseño radicalmente nuevo, deberán anotarse en la columna de Acciones Recomendadas.

Prevención: Previenen la ocurrencia de la causa / mecanismo o el modo de falla; o reducen su grado de ocurrencia.

Detección: Detectan la causa / mecanismo o el modo de falla, ya sea por métodos analíticos o físicos, antes de que la parte sea liberada para producción.

Si se usa éste formato, coloque una (P) ó (D) antes de cada tipo de control actual del diseño para su identificación.

16. Detección (D): La detección es una evaluación de la habilidad del programa de Verificación de Diseño propuesto para identificar una debilidad potencial del diseño antes de que la parte o ensamble sean liberados para producción. Para disminuir el grado de detección; se deberá mejorar el programa de Verificación de Diseño.

17. Número de Prioridad de Riesgo (NPR): Es el producto de los grados de Severidad, Ocurrencia y Detección. Este valor deberá utilizarse para dar prioridad a los problemas en el diseño.

18. Acciones Recomendadas: Enfocarse primero en los casos de alta Severidad y luego en los altos NPR'S. La intención de las acciones recomendadas es reducir primero la Severidad, luego la Ocurrencia y por último la Detección.

- Únicamente una revisión del diseño puede resultar en una revisión del grado de severidad.
- El grado de ocurrencia se puede reducir solamente removiendo una o más de las causas del modo de falla mediante una revisión del diseño.
- Un aumento en las acciones de verificación de diseño resultará en una reducción en el grado de detección únicamente.

20. Responsabilidad para las Acciones Recomendadas: Anote el área y la persona responsable de la acción recomendada; así como la fecha programada para su culminación.

21 Acciones tomadas: Después que se ha tomado una acción, haga una breve descripción de la misma y registre la fecha efectiva o de terminación.

22. Resultados: Estime y registre los grados de Severidad, Ocurrencia y Detección finales. Calcule y registre el NPR resultante.

ACCIONES DE SEGUIMIENTO:

El ingeniero de diseño es responsable de asegurarse que todas las acciones recomendadas sean implementadas y monitoreadas adecuadamente. El AMEF es un documento viviente y deberá reflejar siempre el último nivel de diseño, así como las últimas acciones relevantes, incluyendo aquellas que suceden después del inicio de la producción.

El ingeniero de diseño tiene varios medios para asegurar que las inquietudes han sido identificadas y las acciones recomendadas han sido implementadas, entre los cuales se incluyen los siguientes:

- Aseguramiento que se satisfacen los requisitos del diseño.
- Revisando los Planos y Especificaciones de Ingeniería
- Confirmando su incorporación en la documentación de manufactura.

2.2.6 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

Según Santos (2010), el TPM es una estrategia formada por una serie de actividades que una vez finalizadas ayudan a mejorar la competitividad de una Industria. Se considera estrategia debido a que ayuda a elaborar capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de sistemas operativos en procesos.

Es un Sistema Japonés de mantenimiento Industrial desarrollado a partir del concepto de “mantenimiento preventivo” creado en la industria de los Estados Unidos.

La Organización Japonesa conocida como JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance) es el Instituto que ha desarrollado las metodologías y conceptos del TPM. El cual define que es un sistema orientado a:

- Cero accidentes.
- Cero defectos.
- Cero averías.
- Cero pérdidas.

Las Características más significativas del TPM son:

- Acciones de Mantenimiento en todas las etapas del equipo
- Participación de toda las personas de la empresa
- Es una estrategia global de empresa, en vez de un sistema para mantener equipos
- Está orientado a la mejora de la efectividad de las operaciones, en lugar de tratar de mantener los equipos funcionando.
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción, en el cuidado y conservación de los equipos y los recursos físicos. La Aplicación del TPM en una empresa trae consigo beneficios Organizativos, de Seguridad y de Productividad. Dichos beneficios son:
 - Mejoras en la Calidad del Ambiente de Trabajo.
 - Mejor control de las Operaciones.
 - Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad.
 - Mejorar Condiciones ambientales.

- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes.
- Cultura de prevención de eventos negativos para la salud.
- Eliminar perdidas que afectan la productividad de las Plantas.
- Reducción de Costos de Mantenimiento.
- Mejora de la Calidad del producto final, entre otras.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 DISEÑO Y TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se denomina como modalidad de proyecto factible, en vista a la definición dada por la UPEL (2006) como “La investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos y necesidades de organizaciones o grupos sociales, puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos” (pág. 13) Como es en este caso el diseño de la nueva línea de empaquetado.

El diseño de investigación de este trabajo es de Campo, ya que Arias (1999) define esta investigación como “La recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna” (pág. 21) con el fin de proponer mejoras a los procesos, como es en esta ocasión, las necesidades de aumento de capacidad de producción de empaque por parte de la empresa incluyendo la incorporación de la nueva línea de flejado y forrado para los productos internacionales.

3.2 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Todo proyecto debe tener una información que lo respalde, y que debe ser recolectada mediante tipos de fuente primaria y secundaria. La primaria suministra información por medio de la observación y encuestas a las personas que se encuentran relacionadas directamente con el proceso, para posteriormente hacer un análisis de los datos obtenidos. Las fuentes secundarias son aquellos estudios que han sido registrados previamente, y se encuentran plasmados en libros, trabajos, internet, entre otros.

En este proyecto se implementó la fuente primaria, como medida de observación directa de los procesos involucrados en el área de empaque y también mediante entrevistas realizadas a trabajadores que conocen directa e indirectamente dichos procesos para comprender las características de los mismos, equipos y materiales, entre otros. Como fuente de recolección de información secundaria se utilizó la registrada en los reportes de producción, diagramas de procesos, textos, manuales, archivos, entre otros.

3.3 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de la información necesaria para el estudio presente se utilizaron los siguientes instrumentos:

- El cronómetro se utilizó para tomar los tiempos de operación de los procesos con el objetivo de estandarizarlos luego de implementar las mejoras al área de empaque.
- Los formatos de tiempos para registrar las lecturas tomadas en el cronómetro y llevar un registro de la duración de cada proceso.
- Cámara fotográfica para captar con más detalle las situaciones, equipos, herramientas, materiales, entre otros.
- Listado de los envases elaborados en VenVidrio con el propósito de conocer mejor sus especificaciones.
- Reporte de producción de los últimos años para conocer el volumen de producción de estos periodos con el fin de tener información para el diseño de la nueva línea.
- Libreta de apuntes.
-

3.4 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el diseño de la nueva línea de exportación de flejado y forrado es necesario el desarrollo de las siguientes fases:

FASE I: Diagnóstico de la situación actual de VenVidrio

1. Se observaron las diferentes actividades que se llevan a cabo en el área de empaquetado, además de entrevistar a los operarios y encargados de la zona para tener una mejor comprensión de la situación en que se está trabajando.
2. Se conocieron las necesidades del producto en vista de que el proceso de forrado actual no es el adecuado según las especificaciones de los clientes.

FASE II: Estudio de los equipos, herramientas, materiales, entre otros, necesarios para el diseño de la nueva línea

1. Luego de haber determinado los factores que afectan los procesos, fue necesario conocer las características y especificaciones que tienen los equipos y materiales para cumplir con las exigencias del producto y las cantidades demandadas por los clientes.

FASE III: Análisis de los factores y variables que afectan el desarrollo de los procesos involucrados

1. Se determinaron las variables que afectan el proceso de producción, para esto se procedió a la recolección de datos mediante la observación directa y toma de tiempos del mismo, información suministrada por los trabajadores directos del área y los gerentes de la planta.

2. Se definieron las causas potenciales que originan las fallas con la metodología AMEF para especificar los aspectos relacionados con el manejo de materiales, seguido de una redistribución del área, recorrido de los productos, entre otros.

FASE IV: Propuesta de mejoras

1. Se realizó el diseño de una nueva línea de exportación que brinda apoyo en paralelo a las operaciones de las líneas nacionales, aumentando a su vez la capacidad de paletas forradas y flejadas por día para soportar aumentos en la producción.
2. Se mejoraron los planes de mantenimiento preventivo mediante el uso de las estrategias del TPM (Plan de Mantenimiento Total) de manera de que permita aumentar el número de paletas empaquetadas diarias.

FASE V: Justificación económica

1. Para finalizar, se llevó a cabo un estudio económico relacionando los costos de mejoras en el área e instalación de la nueva línea de flejado y forrado para productos internacionales versus los ingresos obtenidos para determinar el tiempo de recuperación de la inversión.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el siguiente capítulo se tiene como fin describir y diagnosticar cada elemento resaltante en el proceso de empaquetado de la empresa VenVidrio. Se evaluarán cinco criterios fundamentales como lo son el producto, materiales, equipos, las condiciones y metodología de trabajo, analizando los factores y variables más críticas

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

4.1.1 PRODUCTO NACIONAL

El producto final que se obtiene en la empresa en estudio son envases de vidrio destinados para el almacenamiento de alimentos, bebidas alcohólicas y no alcohólicas, cosméticos para las uñas, entre otros, para el uso y consumo de la nación. Estos envases se producen en un 77.19% en vidrio 30 flint o transparente, y son utilizados por ejemplo: para las salsas, compotas, acetona, esmalte para uñas, entre otros. Un 4.31%, 8.99% y 9.52%, en color ámbar, verde y azul respectivamente, estos son usados para el llenado de cervezas, bebidas gaseosas, vinos, entre otros. Existe una variación en su tamaño, con un rango de altura entre 58,83 y 263,52 milímetros, de ancho entre 30 y 160,45 milímetros y peso entre 26 y 1105 gramos. (Ver Anexos A).

VenVidrio actualmente cuenta con 6 líneas de decoración, en la cual se realiza el etiquetado y el decorado de botellas según sea el pedido de la empresa que lo demande. Del total de las botellas y envases producidos actualmente el 5 % son decorados y etiquetados.

Figura 4.1. Producto Nacional

Figura 4.1.A



Figura 4.1.B



4.1.2 PRODUCTO DE EXPORTACIÓN

El producto que se va a exportar son botellas destinadas a bebidas alcohólicas (cervezas) en su mayoría y una presentación para el llenado de Gatorade. Estos envases serán enviados a países como Argentina, Bolivia, Brasil, Cuba y República Dominicana, se fabrican en ocho diferentes presentaciones variando en altura entre 326,49 y 177,40 milímetros, al igual poseen diferencia en su ancho que va desde 89,51 y 54,30 mm y peso desde 705 hasta 190 gramos, de dichos envases cinco de ellos serán fabricados en vidrio color ámbar, dos en 31lint o transparente y uno en verde. (Ver Anexos B)

Figura 4.2. Envases para exportación



4.2 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES

4.2.1 FLEJADORA AUTOMÁTICA VERTICAL

Es una máquina automática que permite flejar paquetes de diferentes dimensiones, tiene capacidad de realizar uno o más flejados verticales con un fleje de polipropileno o poliéster con el sistema de termo-soldadura.

La maquina está compuesta por una robusta estructura de perfiles de acero electro-soldados que soportan la flejadora.

4.2.1.1 FLEJADORA AUTOMÁTICA VERTICAL NUEVA

La siguiente máquina flejadora fue escogida por la empresa para ser instalada en la nueva línea de exportación, luego de una amplia búsqueda de opciones en el mercado nacional e internacional, donde se evaluaron aspectos de capacidad, tecnología, velocidades, entre otros, escogiendo finalmente este tipo de flejadora por realizar el proceso similar al que se tiene actualmente pero en este caso con doble ballesta siendo así más rápido y contando con velocidades de tensión, lanzamiento y recuperación de fleje superiores a las actuales. En la siguiente tabla se pueden observar las características técnicas que contiene la nueva máquina.

Esta flejadora contará con una plataforma rotante en su interior, para que así la paleta pueda girar dentro de la misma máquina y permita realizar el flejado por todas sus caras. La flejadora es capaz de manejar paletas de dimensiones inferiores a los 2700 mm de altura, 1420 mm de ancho y 1120 mm de largo.

Tabla 4.1. Características técnicas de la flejadora nueva

Tensión del Fleje	Hasta 400 kg
Tipo de Fleje de poliéster	Ancho: 8-16 mm; espesor: 0.65 a 1mm
Medio de Conexión de Fleje	Soldadura
Tiempo de Ciclo de Soldadura	1,2 o 3 segundos en función de la tensión
Velocidad de Lanzamiento de Fleje	2.5 a 5.5 m/s
Velocidad de Tensión	0.25 m/s
Potencia eléctrica Instalada	3 KW
Tensión Eléctrica de alimentación	400 V Trifásico
Lleva-rodillos	Diámetro interno 390 mm y ancho de 150/160 mm

Fuente: All Glass Company

Figura 4.3. Flejadora Automática Vertical nueva



Fuente: All Glass Company

4.2.1.2 FLEJADORA AUTOMÁTICA VERTICAL ACTUAL

Tabla 4.2. Características técnicas de la flejadora actual

Tensión del fleje(kg)	Entre 0 y 700
Material de fleje	Polyester
Ancho de fleje (mm)	de 12 a 19
Espesor de fleje (mm)	de 0,7 a 1,3
Temperatura de foldadura	400 °C
Velocidad de lanzamiento	2,7 m/s
Tensión eléctrica de alimentación	400 V Trifásico

Fuente: All Glass Company

A diferencia de la flejadora propuesta, la actual no posee mesa giratoria en su interior, por lo que esta máquina no realiza el flejado por todas las caras de la paleta si no que, debe seguir hasta una mesa giratoria ubicada más adelante que la gira 90° y posteriormente va hacia otra flejadora para realizar el flejado en la cara faltante.

Figura 4.4. Máquina Flejadora

Figura 4.4.A



Figura 4.4.B



4.2.2 MESA GIRATORIA

Las mesas giratorias son utilizadas para cambiar la dirección de las paletas en el transportador en 2, 3 o 4 puntos de giro para ofrecer la máxima versatilidad. La mesa actual de las líneas A y B mide 3 x 2,91 m y puede soportar hasta 1500 kg, además contiene una barra empujadora para facilitar el traslado de la paleta una vez girada al inicio de la segunda flejadora.

Figura 4.5. Mesa Giratoria



4.2.3 FORRADORA AUTOMÁTICA

Es una máquina combinada que utiliza una sola estación de trabajo para operaciones de enfundado y termo-retracción del producto a tratar brindándole mayor seguridad a la paleta formada y evitando que haya desplazamiento de carga al momento del traslado.

4.2.3.1 FORRADORA AUTOMÁTICA NUEVA

La máquina que se empleará para el forrado de las paletas de exportación será una embolsadora automática que utilizará una película termoretráctil la cual permitirá cubrir por completo la paleta y su carga, este tipo de forrado es exigido por las empresas demandantes, por lo que VenVidrio se ve en la obligación de solicitar una máquina forradora que se adapte a las necesidades de sus clientes.

La máquina está compuesta por:

- **Base:** estructura en placa plegada y pintada que soporta todas las partes de la máquina.
- **Arca de termo-retracción:** es un móvil que se mueve de manera vertical controlado por un motor, soportado por 4 cadenas robustas. Al borde del arca se encuentran los mecanismos de abertura y embocadura del saco sobre el paquete.
- **Quemadores de aire caliente:** es un sistema encargado del proceso de termo-retracción de la bolsa una vez colocada sobre el paquete.
- **Grupo lleva bobina:** es un sistema que provee la posibilidad de la carga a tierra, favoreciendo la extracción de la guía-film de cada máquina. Esto permite una fácil y rápida carga de la bobina de film para mayor seguridad del operario.

En la tabla que se muestra a continuación se pueden apreciar algunas características fundamentales de la nueva forradora.

Tabla 4.3. Características técnicas de la Forradora nueva

Tipo de film utilizado	Polietileno termoretraible
Espesor del film	80/200 micrones
Diámetro de la bobina	700mm
Peso máximo de la bobina	300kg
Gas utilizable	Propano o Metano
Presión de alimentación de gas	170 a 200 mbar
Diámetro de tubo de conexión de aire	min: 1,5 "
Presión de utilización de aire	6 bar
Diámetro de tubo de conexión a aire	min 3/4"
Consumo de aire por ciclo	500 NL/Ciclo

Fuente: All Glass Company

Figura 4.6. Forradora automática nueva



Fuente: All Glass Company

4.2.3.2 FORRADORA AUTOMÁTICA ACTUAL

La máquina forradora tiene un brazo giratorio que permite envolver con una película o stretch todas las caras de la paleta formada. Cuenta con

una bobina que hace que este brazo giratorio se desplace de abajo hacia arriba cubriendo por completo la altura de la paleta, además posee unas barras en su parte inferior con una resistencia que permite cortar el stretch una vez que se ha terminado el proceso.

Tabla N° 4.4. Características técnicas de la forradora actual

Dimensiones mínimas de la paleta	Mm	600x800
Dimensiones máximas de la paleta	Mm	1200x1200
Altura máxima de la paleta	Mm	2000
Velocidad del brazo giratorio	RPM	22
Capacidad máxima	Paleta/hr	50
Fuente de alimentación	V/Hz	400/50
Potencia instalada	Kw	1
Presión de aire	Bar	6±1
Consumo de aire	NI/Min	150

Fuente: VenVidrio

4.2.4 TRANSPORTADORES MOTORIZADOS

4.2.4.1 TRANSPORTADORES DE 5 SECCIONES DE CADENA SIMPLE DE 1”

Es un dispositivo cuya estructura es de perfiles de acero moldeados y conectados. Tiene como fin transportar las paletas (ya cargadas) hacia las máquinas de flejado, por medio de 3 cadenas activadas por un motor permitiendo así el traslado de la paleta sobre un plano horizontal.

Es importante resaltar que este tipo de transportador es uno de los más utilizados por la empresa debido a que ofrece mayor resistencia y fuerza al momento de transportar las paletas.

Cada transportador mide 1710x1130x600 mm por lo que cada unidad es ocupada por completo por una paleta. Los transportadores de la nueva línea de exportación se diferencian de los actuales por su tamaño, midiendo estos 3500 mm de largo cada uno.

Figura 4.7. Transportador de cadena

Figura 4.7.A



Figura 4.7.B



4.2.4.2 TRANSPORTADORES DE RODILLOS

Estos transportadores son utilizados para trasladar las paletas flejadas hasta la forradora y, una vez que se ha completado el proceso de forrado, son movidas por el mismo sistema hasta el final de las líneas para ser almacenadas por los montacarguistas. Entre la segunda flejadora y la forradora de cada línea se encuentran dos transportadores de rodillos y posterior a esta última máquina tres adicionales, con una capacidad unitaria de 1500kg. El accionamiento de los rodillos es realizado mediante una cadena de rodillos de precisión que se engrana tangencialmente con las ruedas de las cadenas de los rodillos transportadores y es guiado y

transportado por medio de deslizadores de fulcro de plástico. El bastidor consta de perfiles de acero laminado que se atornillan junto con los rodillos a un bastidor rígido de torsión. Cada transportador mide aproximadamente 1,65x1,7 m.

Figura 4.8. Transportador de rodillos



4.2.5 PALETAS

Para el paletizado de envases nacionales como de exportación se utilizan paletas fabricadas en madera con dimensiones de 1,41 x 1,12 m y 1,2 x 1 m, éstas son de cuatro vías o entradas, las cuales pueden ser tomadas por cualquier de sus cuatro lados. En este tipo de paletas los listones continuos son sustituidos por bloques o montantes cortos con lo cual es posible introducir los brazos en cuatro direcciones.

Figura 4.9. Paleta 4 vías



4.2.6 FLEJE

Para realizar el proceso de flejado se utiliza un fleje de material de poliéster, el cual no es corrosivo, es resistente a rayos UV y a la humedad, además es diseñado para uso rudo extremo en la industria por lo que se adapta al producto y a la carga con la que trabaja VenVidrio.

Figura 4.10. Fleje Polyester

Figura 4.10.A



Figura 4.10.B



4.2.7 PELÍCULA ESTIRABLE (STRETCH)

Se utiliza una película estirable de alta transparencia fabricada a base de polietileno de muy baja densidad, espesor de 30 micrones y ancho de 500 mm. Cabe destacar que tiene un alto rendimiento y es económico, al igual que no es contaminante, tiene elongación elevada y es apto para diferentes ambientes.

Figura 4.11. Stretch

Figura 4.11.A



Figura 4.11.B



4.2.8 FUNDA TERMORETRÁCTIL

Es una funda de Polietileno utilizada para el recubrimiento de paletas cuya colocación garantiza una perfecta cohesión y estabilidad de cargas pesadas. Protege al producto de cualquier agente externo que perjudique al material en su interior. Dicha funda posee un espesor de 120 micrones.

Figura 4.12. Funda Termoretráctil



4.2.9 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA Y CONDICIONES DE TRABAJO

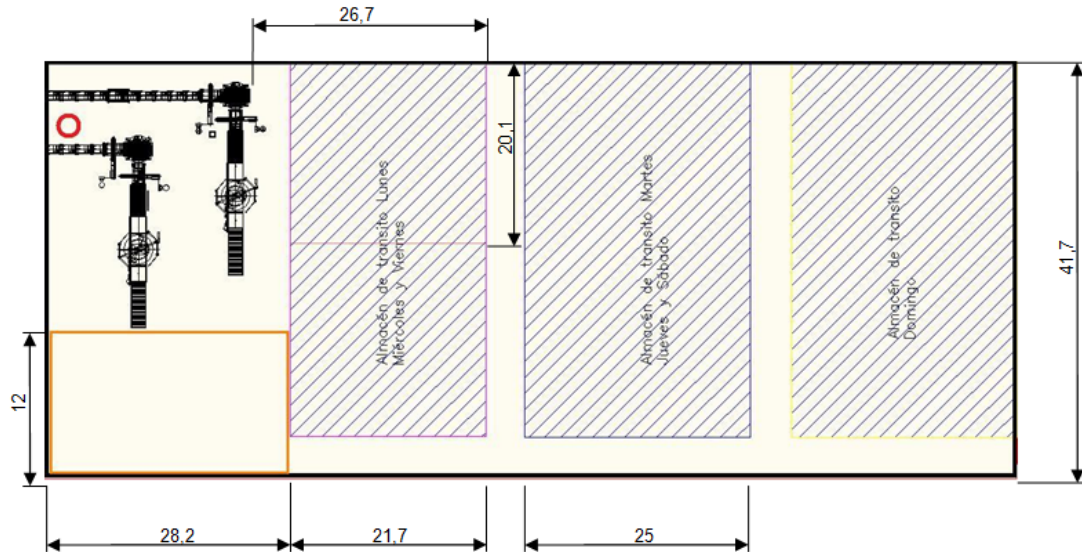
En el área de empaque las dos líneas de flejado y forrado tienen forma de L y ocupan un total de 814m^2 , en ellas los equipos utilizados para el manejo de materiales son los montacargas, un transfer-car, mesas giratorias y los transportadores de cadenas y rodillos.

La mayor parte de las líneas están conformadas por transportadores de cadenas y rodillos, posicionándose en el círculo rojo de la figura 4.14, se puede observar la línea B ubicada hacia la izquierda contando con 10 transportadores de cadenas desde su inicio hasta la primera flejadora, ocupando estos un total de $19,4\text{ m}^2$, la línea A ubicada a 5 m hacia la derecha del inicio de B está conformada por 4 transportadores de cadena que ocupan un área de 6 m^2 . Esto se puede observar mejor en el Anexo C.

Figura 4.13. Inicio de líneas



Figura 4.14 Layout del área actual.



Luego se encuentran las máquinas flejadoras, en total son cuatro, dos para cada línea, debido a que una sola de estas máquinas es capaz de flejar únicamente un lado de la paleta, cada flejadora ocupa un área de 12m^2 y cuenta con dos porta-bobinas que son las que alimentan las mismas con el fleje de polyester para el proceso. Dichos porta-bobinas se encuentran a dos metros de separación de cada flejadora.

Seguido de la primera flejadora se encuentra la mesa giratoria, una para cada línea, que se encargan de rotar 90° a cada paleta antes de llevarlas hacia el segundo proceso de flejado. Se encuentran ubicadas exactamente entre las dos flejadoras de cada línea, y tienen un área de 7m^2 .

Se dispone de 5 transportadores de rodillos para cada línea que abarcan un área de $14,81\text{ m}^2$ en cada una, y se encuentran desde la segunda flejadora hasta el área de descarga del montacargas, la cual tiene un espacio de $338,4\text{ m}^2$ y se señala en el cuadro de color naranja de la figura 4.14.

Las forradoras cuentan con una capacidad mayor de manejo de paletas que las flejadoras por lo que en cada línea solo es necesaria una de estas máquinas. Cada forradora ocupa un área de $34,5\text{m}^2$ en toda la zona de empaque. Todas estas máquinas e incluyendo los transportadores cuentan con sus respectivos tableros para el control electrónico de cada uno de ellos.

Posterior a la línea B se halla el Almacén de Tránsito de Producto Terminado para los días lunes, miércoles y viernes en un recuadro de color morado, el mismo está separado por 5 m de la línea B y tiene una superficie de $904,89\text{ m}^2$. Seguido se encuentra la zona de almacén para los días martes, jueves y sábado y finalmente la destinada para los días domingos midiendo cada una $1042,5\text{ m}^2$, estos tres almacenes están separados por dos pasillos con un ancho de 4,6 m cada uno.

El riesgo de lesión auditiva en VenVidrio se evalúa utilizando dos parámetros descritos en la norma COVENIN 1565-95 “Ruido Ocupacional. Programa de Conservación Auditiva. Niveles Permisibles y Criterios de Evaluación”, uno de ellos es el Nivel Equivalente Continuo (L_{eq}) y el otro empleado es el de la dosis de exposición por jornada, ambos criterios son solidarios uno al otro y están relacionados uno a uno. Los niveles de presión sonora en el área de estudio son de 78 dB(A), esta información fue suministrada por el departamento de Seguridad de la empresa en estudio.

Los valores de iluminación en el área de trabajo en estudio se encuentran dentro de un rango de 75 a 83 LUX y ésta es una combinación natural artificial. La evaluación térmica se describe de la siguiente manera:

Tabla 4.5. Características del ambiente térmico

Temperatura Efectiva (°C)	28
Velocidad del aire (m/s)	0,0
Temperatura del aire (°C)	33,4
Humedad Relativa (%)	48

Fuente: VenVidrio

4.2.10 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

4.2.10.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FLEJADO Y FORRADO ACTUAL

El proceso de empaquetado (flejado y forrado) comienza cuando un transfer-car lleva las paletas hacia el inicio de las líneas que realizan estas operaciones. Estas paletas provienen de paletizadores que se encargan de llenarlas con envases de vidrio por camadas, y que de acuerdo con las especificaciones del cliente cargan con un número determinado de camadas a cada paleta. VenVidrio cuenta hoy en día con 15 paletizadores (desde el paletizador 0 hasta el 14) que surte de paletas a las dos líneas de flejado y forrado.

Figura 4.15. Paletizadores.



Una vez que cada línea de paletizador saca dos paletas cargadas con un determinado envase, el transfer-car las busca en el final de ésta y las transporta hacia las líneas de flejado y forrado (A o B). En el momento en que el transfer-car las deja en el inicio de las mismas, se activa un sistema de transporte por cadenas que se encargan de llevar las paletas hasta la primera flejadora.

La línea A cuenta con 4 transportadores de cadenas hasta la primera flejadora mientras que la línea B tiene 10 transportadores, permitiendo así que esta última tenga mayor capacidad para almacenar paletas en espera por ser flejadas.

Figura 4.16. Inicios de las líneas de flejado y forrado



En el instante en que llega la paleta a la flejadora, la máquina la posiciona, en el centro de la misma, mediante una fotocelda de posición o ajuste, la cual le indica en qué lugar debe pararse exactamente para comenzar con el proceso de flejado. La máquina cuenta con dos fotoceldas adicionales, una identifica cuál debe ser la altura a disminuir por la plancha de manera de que baje lo necesario y pueda ejercer la suficiente presión para flejar ese lado de la paleta, y la otra identifica la presencia de la carga (envases de vidrio) sobre la paleta.

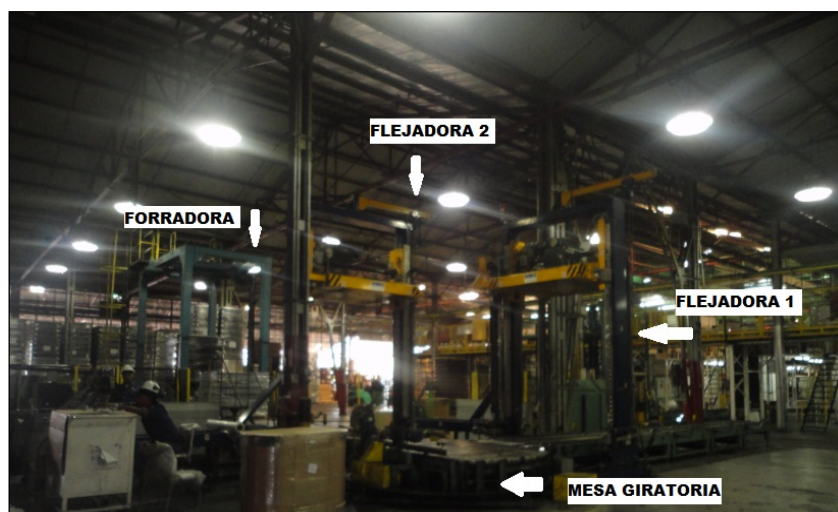
Luego que la paleta está posicionada, baja una plancha donde se encuentran dos cabezales que se encargan de sellar, cortar y tensar dos flejes simultáneamente. Dichos flejes vienen de dos porta bobinas ubicados a un lado de la máquina y pasan por los cabezales de la plancha, unas guías que recorren los laterales de la paleta y dos ballestas que pasan por debajo de ésta para realizar el flejado en toda la superficie o caras de la paleta.

Al haber recorrido los dos flejes toda la paleta, los cabezales tensan el fleje, lo sellan y luego lo cortan, finalizando así el primer ciclo de la máquina.

Inmediatamente sube la plancha y se desplaza a lo largo de la paleta para repetir este ciclo y colocar dos flejes más, para tener un total de cuatro flejes en un sólo lado de la paleta. La realización de estos dos ciclos de la máquina tiene un tiempo promedio de 45 segundos. Es importante destacar que la primera flejadora fleja la paleta por el lado largo, y por la manera en que están separadas las ranuras de la plancha por donde pasan los flejes, se pueden realizar los dos ciclos con dos lanzamientos de flejes cada uno (en un ciclo la flejadora puede lanzar uno o dos flejes).

Seguidamente al finalizar el proceso de flejado, la paleta sigue hasta una mesa giratoria que posee una barra empujadora, cuya función es cambiar la dirección que lleva la paleta hacia una trayectoria perpendicular a la que tenía anteriormente. Esto hace que la paleta vaya a la próxima flejadora y se mueva por la parte ancha, no por la larga y la máquina pueda flejarla por el lado que falta. Las dos líneas de flejado y forrado forman una recta quebrada (forma de L), por esto es necesaria una mesa giratoria que pueda cambiar a una dirección perpendicular a la paleta.

Figura 4.17. Máquinas de las líneas flejado y forrado



La flejadora número dos realiza el mismo proceso que la flejadora 1, con la diferencia de que en vez de realizar dos ciclos realiza tres, haciendo que en el primer ciclo lance dos flejes y en los otros dos uno solo. Esto ocurre porque la dimensión de la paleta a lo ancho es menor que a lo largo, lo que hace que la máquina tenga que realizar un ciclo de más debido a la separación que tienen las ranuras de la plancha no coinciden con la separación requerida por el lado de esta paleta y deba hacerse el lanzamiento de un solo fleje en los dos últimos ciclos. A diferencia de la flejadora 1, esta tiene un tiempo promedio de flejado de 1 minuto por paleta.

Terminado todo el proceso de flejado la paleta se traslada por medio de un transportador de rodillos a la forradora. Esta máquina al igual que la flejadora cuenta con una fotocelda que permite posicionar a la paleta en el centro de ésta, indicando cuándo detenerse para empezar el proceso de forrado. Adicionalmente a esa, cuenta con una fotocelda de presencia la cual indica hasta donde debe subir la bobina con el stretch para forrar toda la paleta.

Al momento de pararse la paleta en la forradora, comienza el proceso mediante un brazo que gira alrededor de toda la paleta permitiendo envolverla con un stretch o película. Aunado a esto, la bobina, a medida que va girando el brazo sobre la paleta va subiendo para alcanzar forrar la parte superior de la paleta y al llegar hasta la parte más alta la máquina le da tres vueltas adicionales antes de empezar a bajar nuevamente. De igual manera al llegar al punto más bajo de la paleta se repite el ciclo de vueltas para concluir con el forrado de la paleta.

Para cortar el stretch que va desde la bobina a la paleta, se usan dos barras que presionan dicho material y mediante una resistencia que se

encuentra en una de las barras se procede a calentar por tres segundos este material hasta romperlo. Al finalizar el proceso de forrado la paleta se traslada nuevamente por unos transportadores de rodillos hasta el final de la línea donde un montacarguista procede a llevarla a un almacén.

4.2.11 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.2.12 ANÁLISIS DE LOS FACTORES Y VARIABLES QUE AFECTAN LOS PROCESOS

Una vez descrito todo el proceso en esta área, se procede a realizar el Análisis de la Situación Actual y los factores que afectan los diferentes procesos. Uno de los aspectos a considerar para la elaboración de este proyecto es la redistribución de las líneas A y B, debido a que actualmente en el área no hay espacio disponible para la colocación de la nueva línea de exportación.

Es importante destacar que la nueva línea debe estar ubicada en esta área, ya que allí se encuentran los paletizadores y el transfer-car que surtirían de paletas a esta línea. Lo que conlleva a realizar una nueva distribución de las líneas A y B, que permita ubicar a la línea de exportación dentro de esta zona.

Adicionalmente a eso, en este Trabajo Especial de Grado se desarrolló un estudio continuo de producción en las máquinas de flejado y forrado durante 23 días evaluando los diferentes turnos en que opera la empresa en estudio, determinando de este modo su frecuencia y los tiempos no operativos de cada una de ellas por fallas al día, arrojando así 167,9 minutos de tiempo perdido promedio para la línea A y un 158,8 para la B. Si a estos tiempos improductivos se le adicionan otros como los de puesta a

punto y cambio de turno, se observa que se pierde un tiempo 187.9 minutos para la A y 181 minutos para la B en el empaquetado de paletas, el cual podría ser útil para que la máquina trabaje de forma holgada y no se generen colapsos por acumulamiento de paletas sin flejar y forrar.

Estos acumulamientos se originan a los inicios de las líneas de empaque, en diferentes volúmenes ya que la línea A cuenta con 4 transportadores de cadena antes de la ubicación de la primera flejadora y la línea B con 10. El hecho de que se produzca esta situación genera además que la salida de los paletizadores se llene en vista de que cada uno dispone de una capacidad de almacenamiento de dos paletas, lo que conlleva a que se tengan que tomar medidas de desahogos no apropiadas en los inicios de las líneas o en los paletizadores de modo que se pueda continuar con el proceso en los mismos.

Las diferentes fallas que se presentan en estas máquinas son las siguientes:

Flejadora:

- **Tiempo máximo de lanzamiento de cabezal (A01):** esta falla se produce cuando en el proceso, el fleje pasa por las ballestas ubicadas debajo de las paletas y no puede seguir por las guías hasta el cabezal porque no llega hasta ellas. Esto es debido a alguna desviación de la ballesta que sufre en el proceso. **Tiempo promedio: 1.57 min.**
- **Tiempo máximo de movimiento de ballesta (A11):** ocurre cuando las ballestas no pueden pasar por debajo de la paleta puesto que se encuentran obstruidas por algún listón (espesor de la madera) o

porque el recorrido de la ballesta coincide con uno de los tacos de la paleta y no pueden seguir. **Tiempo promedio: 1.84 min.**

- **Fotocélula de ballesta obstruida en fase de salida (A24):** Tiene lugar cuando la ballesta no pasa por debajo de la paleta debido a trozos de madera (astillas) que obstruyen la fotocelda de la ballesta, partículas de vidrio por botellas que se caen o por residuos (Viruta) de fleje que quedan en los cabezales luego de cada termosoldadura, el cual por seguridad no permite la salida de ésta. El desprendimiento de madera se origina por no trabajar con una paleta estándar, es decir, ocasionalmente por haber diferencias de dimensiones en las paletas (espesor de la madera) origina que la ballesta roce constantemente cuando pasa por debajo de la paleta. **Tiempo promedio: 2.17 min.**
- **Final de fleje de la Bobina (A33):** esta falla ocurre cuando se termina el fleje de la bobina y el operario debe cambiarla, teniendo que parar la máquina y pasar el fleje nuevo por los tensores del portabobina, para luego insertarla por debajo de los cabezales de la flejadora teniendo que bajar la plancha de la maquina en su totalidad para poder efectuar esta operación. Se considera falla porque se podría evitar, y se logra cuando la bobina con el fleje viejo esté a punto de acabarse y el operario busque una nueva, de esta manera podría unir los extremos del fleje viejo con el del nuevo y no tendría que parar la máquina y bajar la plancha. **Tiempo promedio: 6 min.**

Forradora:

- **Ruptura Stretch:** Consiste básicamente en el rompimiento del stretch en el proceso de forrado. Hay varias razones por las cuales ocurre

esta falla. La primera razón es por la tensión que la máquina ejerce al stretch para que forre la paleta, si la tensión no es la adecuada se romperá constantemente. La segunda ocurre cuando la máquina está forrando la parte superior de la paleta y el material fractura debido a una de las esquinas con algún filo del marco de metal (marco que va por encima de la última camada que le proporciona un contrapeso a la paleta para que se mantenga estable) o de igual manera por el filo de los separadores de las camadas de las paletas. Por último es por el material, si el material es de mala calidad el stretch se romperá continuamente. **Tiempo promedio: 1.7 min.**

- **Paleta en el radio de giro fotocelda de entrada:** Sucede cuando la paleta está por entrar a la forradora por medio de los transportadores de rodillos y por condiciones de los listones de la base de la paleta (lisos) se quedan deslizándose en los rodillos y no avanza la paleta. **Tiempo promedio: 2.83 min.**

Luego de haber realizado los estudios de tiempo en las diferentes flejadoras y forradoras se pudo obtener una duración promedio para cada una de las fallas descritas, las cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.6. Tiempo promedio de las fallas

Tipo de Falla	Tiempo promedio
A01-Tiempo máximo de lanzamiento cabezal	1.57
A11- Tiempo máximo movimiento ballesta	1.84
A24-Fotocélula ballesta obstruida en fase de salida	2.17
A33-Final fleje de bobina	6
Ruptura stretch	1.7
Paleta en el radio de giro fotocelda de entrada	2.83

Una vez que se llevó a cabo el estudio de muestreo durante los 23 días se totalizó el número de paradas no planificadas en cada una de las máquinas, esto se aprecia en la tabla 4.7

Tabla 4.7. Paradas de Máquinas flejadoras y forradoras por día

		Día																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Línea A	Flejadora 1	27	38	20	29	31	43	34	43	32	36	57	30	52	36	49	25	35	17	17	36	27	29	17
	Flejadora 2	27	23	21	35	20	16	28	28	19	21	19	29	36	36	24	32	22	22	37	37	24	22	23
	Forradora 1	13	15	4	12	5	10	12	27	16	25	17	15	19	18	19	16	27	11	11	15	21	15	22
Línea B	Flejadora 3	21	29	14	38	22	19	45	34	24	28	23	26	43	18	23	32	36	19	19	26	37	32	22
	Flejadora 4	24	20	20	33	22	22	31	33	25	22	44	23	40	18	47	22	24	13	13	19	34	21	22
	Forradora 2	11	8	8	9	13	8	21	17	23	21	11	16	10	17	17	15	21	13	13	8	16	13	25

Otra problemática existente radica en las condiciones de trabajo, específicamente en la iluminación de las máquinas flejadoras. Los valores recomendados por la norma COVENIN 2249 en Tareas y Área de Trabajo e ISO-8995 Principio de Ergonomía Visual. Iluminación de los Sistemas de Trabajo en Interiores son de 150 LUX. Para la determinación de estos valores la empresa realizó el estudio durante el día por lo que de noche podría ser más deficiente la iluminación, ya que ésta es una combinación natural artificial. Las condiciones de iluminación en el área objeto de estudio son deficientes aún bajo la consideración de que allí los compromisos visuales son muy pocos ya que en la misma se desarrollan en su mayoría actividades automatizadas, excepto las actividades que realizan los operarios, como reposición de material a las máquinas, reprogramación de alguno de los procesos, solventar fallas, entre otras operaciones necesarias para que las máquinas funcionen eficientemente.

Debido a los todos los problemas antes mencionados se procede a estudiar y formular una serie de propuestas que permitan brindarle a esta empresa mayor eficiencia y productividad a lo que en Área de empaque se refiere.

CAPÍTULO V

PROPUESTAS DE MEJORA

1.1 PROPUESTA N°1: REDISTRIBUCIÓN DE LAS LÍNEAS DE FLEJADO Y FORRADO

La idea principal para esta actividad es colocar las líneas A y B de forma lineal, ya que como se describió en el capítulo anterior estas tienen forma de L, para que así haya espacio disponible en el área para la instalación de la nueva línea, de igual forma redimensionar la línea B, de manera que tenga las mismas dimensiones que la A. Esta disposición de las líneas traerá mayores beneficios al área de empaque en cuanto a reducción de tiempos de espera (demoras) y manejo de materiales (recorrido de los montacarguistas desde la zona de descarga hacia los Almacenes de Tránsito de Producto Terminado).

La redistribución de las líneas no sólo contemplará el movimiento de ellas, sino también mejoras asociadas a capacidad y manejo de materiales. Existe la necesidad de tomar parte del área utilizada para el almacenamiento de paletas (Almacén de Tránsito de Producto Terminado) para la ubicación de equipos pertenecientes a estas líneas luego de ser redistribuidas.

En VenVidrio se utiliza el Almacén de Tránsito de Producto Terminado por lo siguiente: a lo largo de sus líneas de producción cada una de las botellas fabricadas pasan por diferentes tipos de inspecciones automáticas y manuales, para así determinar defectos en las mismas, adicional a esto, se toman algunas muestras las cuales son llevadas a los laboratorios para determinar algún defecto que las máquinas de inspección o los operarios no puedan detectar, bien sea por fallas en las mismas o porque éstos no estén

al alcance del ojo humano, dichos estudios pueden llevar horas, mientras tanto las líneas siguen corriendo y el producto va pasando a la zona de flejado y forrado.

Una vez que el producto se encuentra forrado, es llevado a la zona de Almacén de Tránsito de Producto Terminado, la cual se encuentra dividida en tres partes, una donde se colocan las paletas de los días Lunes, Miércoles y Viernes, en otras las de Martes, Jueves y Sábado y finalmente una parte destinada al día Domingo. En dichos bloques se almacenan las paletas por 24 horas, dando chance a realizar los estudios en los laboratorios, luego si se determina un defecto de acuerdo a su magnitud los analistas deberán decidir si las paletas ya forradas deben llevarse a reelección (lo que significa que se escogen solamente las botellas defectuosas) o si es necesario desechar por completo la paleta, para ambos casos, posteriormente los envases serán llevados a reproceso. Todo esto permite que se garantice la calidad del producto que se está vendiendo. En caso de que no se detecte alguna imperfección en las botellas las paletas son llevadas al día siguiente a su almacén final donde permanecerán de acuerdo a las políticas que tengan para cada artículo.

Para justificar esta nueva distribución de área se analizaron los siguientes criterios fundamentales:

- ✓ **Inicio de las líneas:** las líneas A y B deben mantener sus inicio donde están dado que ellas son alimentadas por el Transfocar, el cual tiene sus rieles instalados entre dichos inicios y a lo largo de los paletizadores (incluyendo los del área de Decoración) y no sería factible la reubicación de ninguno de éstos, puesto que llevaría a una nueva distribución de toda la planta. Quedando los inicios como están

fijados y colocando las líneas en forma recta se abriría el espacio necesario para instalar la nueva línea de exportación.

- ✓ **Alineamiento de la línea B:** en vista que la línea A y B están instaladas en forma de L y se quiere que ambas estén ubicadas completamente rectas de manera que puedan trabajar en paralelo, es necesario que se redistribuya esta línea inicialmente ya que obstaculiza el espacio para que se pueda alinear la A.
- ✓ **Alargamiento de la línea A:** con el alargamiento de esta línea, en su inicio se podrán almacenar mayor número de paletas para ser flejadas y forradas, evitando así el hecho de tener que desahogar las líneas al momento de un colapso bajando paletas con los montacargas, adicionalmente le brinda a los mecánicos mayor holgura al momento de realizar reparaciones o los mantenimientos respectivos. Para alargar la línea A se colocarán nuevos transportadores de rodillos a su inicio, en total serían seis, para que de esta forma quede igualada a la línea B y puedan trabajar en paralelo. Para ejecutar este alargamiento es indispensable que se disponga de forma recta primero la línea B puesto que ésta obstruye su espacio.
- ✓ **Dirección de las líneas:** las zonas que delimitan el área de empaque son la de Decoración (espacio dedicado al decorado y etiquetado de los envases de vidrio), Despacho (área de carga de camiones de paletas flejadas y forradas) y el Almacén Tránsito de Producto Terminado, por lo que se dispondrá del área de almacén, puesto que es la única zona que puede estar sujeta a modificaciones y dado que son llevadas allí una vez que termina el proceso de forrado por los montacarguistas, se mantendría un recorrido relativamente corto de

las paletas. Tanto el área de Despacho como la de Decoración cuentan con estructuras y equipos difíciles de movilizar, y que si se llegase a disponer de estas áreas para esta actividad requeriría de una nueva Distribución de Planta, por ello se realizará el movimiento de paletas necesarias del almacén para la redistribución de las líneas.

- ✓ **Líneas en paralelo:** se propone unir las líneas existentes por medio de un sistema de traslado de cadenas reversibles, este es un dispositivo de transferencia de paletas en ángulo recto entre los transportadores de rodillos o cadenas, el cual a través de una mesa elevadora permite que la carga suba y baje. Contiene unos topes de posición montados especialmente para que se pueda asegurar una colocación y alineación precisa durante la transferencia, ya que se está manipulando carga sensible, su mecanismo de elevación es electromecánico lo cual se adapta al utilizado en VenVidrio de modo que su mantenimiento sea de fácil acceso por los mecánicos y electrónicos de la planta. Esta mesa elevadora de rodillos puede transferir hasta 300 paletas/hora y tiene una capacidad de soporte de hasta 1500 kg.

Figura 5.1. Mesa elevadora de rodillos.



Dicho sistema de traslado de paletas es propuesto para instalarse entre las líneas A y B, ubicado específicamente después de la segunda flejadora de cada línea, para que con esto las mismas puedan trabajar en paralelo. Colocado en este lugar permitirá que en el momento que la forradora de alguna de las líneas presente una eventualidad o deban recibir mantenimiento preventivo por parte de los mecánicos o electrónicos, las mismas puedan responder y las paletas se puedan trasladar a través de este sistema a la línea vecina tal que se puedan realizar las operaciones de forrado respectivas, sin necesidad de tener que recurrir a un montacarguista para bajar las paletas y colocarlas en el suelo para terminar posteriormente su empaquetado.

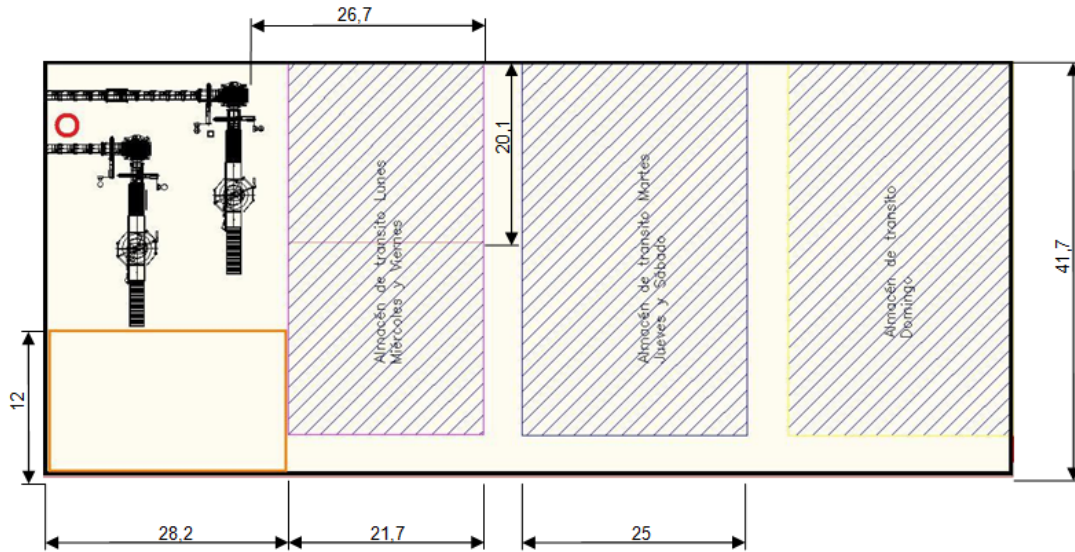
Lo anterior se aplica igualmente para el caso de las flejadoras, y para que las líneas puedan solventar se necesitará programar el Transfercar para que dirija todas las paletas provenientes de los paletizadores a la línea que tenga sus máquinas flejadoras completamente operativas, ya que éstas realizan el flejado únicamente por un lado de la paleta, necesitándose así pasar por las dos flejadoras para completar su proceso de flejado. Esta es una de las razones por lo que se propone el alargamiento de la línea A, de manera que pueda tener una mayor capacidad de acumulamiento en sus transportadores y ayude a soportar la producción paletizada. Una vez que la carga haya sido completamente flejada se dispondrá a trasladarse por medio de la mesa elevadora de rodillo a la línea vecina (A o B, bien sea el caso) para culminar con las operaciones de forrado.

Luego de analizar los criterios que conllevan a realizar la redistribución del área es necesario estudiar el espacio del Almacén de Tránsito de Producto Terminado que será tomado para poder ejecutar esta actividad en vista de que no se cuenta con un espacio libre para colocar las líneas completamente recta.

El área necesaria que se dispondrá del Almacén de Tránsito de los días lunes, miércoles y viernes será de $21,7 \times 20,1 \text{ m} = 436,17 \text{ m}^2$; debe recordarse que la línea B se encuentra separada del inicio de este almacén por 5 m, por lo que éstos se sumarán a los 21,7 m para obtener el largo que estará disponible una vez que se hayan movilizado las paletas que se encuentran allí. Posteriormente se contará con 26,7 m de profundidad para colocar las líneas completamente rectas, lo descrito se puede observar en la figura 5.2

Además se puede apreciar el área que actualmente queda libre (recuadro de color naranja) para descargar las paletas desde las líneas para ser llevadas al Almacén de Tránsito, ésta tiene una superficie de $338,4 \text{ m}^2$. Los 20,1m incluyen el ancho de los transportadores de las líneas A y B, los 5 m por los que se encuentran separadas las mismas en sus inicios, el alargamiento de A y de una vez se prevé el espacio que se requiere para la instalación de la nueva línea de exportación, debe acotarse que las zonas de almacén de martes-jueves-sábado y domingo no se modificará.

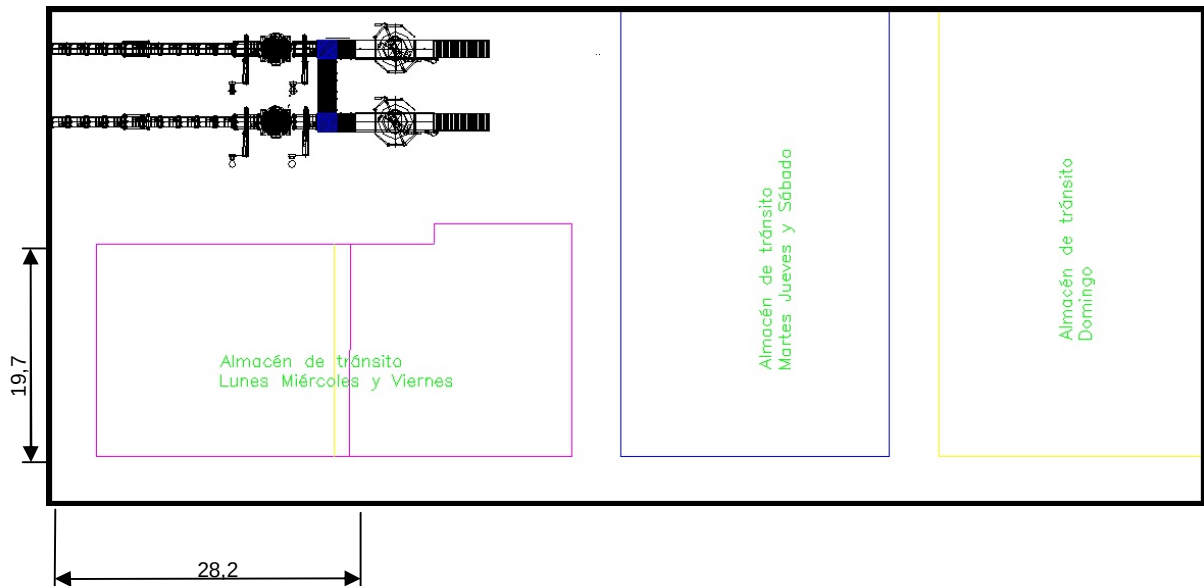
Figura 5.2. Layout actual



Cada una de las líneas mide 19,4 m desde el comienzo de la segunda flejadora hasta el final de las mismas, quedando así 7,3 m libres de profundidad por lo tanto un área de 146,73 m² destinada para zona de descarga luego de la redistribución, ésta se señala en un cuadro de color verde oliva en la figura 5.3

En vista que el área que se tendrá libre después de la redistribución será de 19,7x28,2 m = 555,54 m² (incluyendo la línea de exportación) para almacenar las paletas es mayor al área que se dispone actualmente para las mismas (21,7x20,1 m = 436,17 m²) , se propone dejar un ancho de 4,6 m para que se use como pasillo para el traslado de los montacargas y personal del área, quedando restante 23,6x19,7 m = 464,92 m²

Figura 5.3. Layout después de la redistribución



Con lo mostrado anteriormente se evidencia la organización que tendrá la nueva redistribución del Almacén de Tránsito de los días Lunes-Miércoles-Viernes, demostrando así que las actividades de almacenaje realizadas por los montacarguistas no se afectarán, al contrario, el hecho de que el área de descarga de las líneas A, B y exportación estén dirigidas hacia las zonas de los días Martes, Jueves, Sábado y Domingo. En la figura 5.3 se puede observar parte de alguna de las rutas, éstas comienzan a partir del último transportador de rodillo de las líneas y se dirigen hacia un punto medio (línea color negro) de las diferentes zonas de almacén. A continuación se realiza la comparación de las rutas actuales vs las que recorrerán los montacarguistas luego de la redistribución.

Tabla 5.1. Rutas de los montacarguistas desde área de descarga hacia los almacenes

Ruta	Actual (m)	Propuesto (m)
1. Línea A – (Lun-Mie-Vie)	78,65	70,15
2. Línea A – (Mar-Jue-Sáb)	78,65	22,05
3. Línea A – Domingo	108,25	97,95
4. Línea B – (Lun-Mie-Vie)	73,15	76,05
5. Línea B – (Mar-Jue-Sáb)	73,15	28,75
6. Línea B – Domingo	102,75	104,65

Como resultado se obtiene que un montacarguista que realice a diario cada una de estas rutas recorra 514,6 m y con lo propuesto se reduce a 400,4 m

Dado que VenVidrio tiene actualmente un ancho de pasillos de 4,6 m dentro de los almacenes se realizarán los siguientes cálculos para determinar si es posible la reducción de los mismos y ahorrar espacio, para esto se utilizó como referencia lo planteado por Gómez y Rachadell (2005) y un montacargas Yale.

Donde:

- R_2 : Radio de cruce de la esquina de la carga
- D: Distancia de la cara de la carga al centro de giro (440 mm).
- L: Largo de la carga (1120mm).
- W: Ancho de la carga (1410).
- B: Distancia desde el centro de gravedad de máquina al centro de giro (730mm).
-

Se tiene que:

$$R_2 = \sqrt{(400 + 1120)^2 + \left(\frac{1410}{2} - 730\right)^2} \quad (1)$$

$$R_2 = 1560,2 \text{ mm}$$

Puesto que $W < 2B$, el ancho del pasillo se determinará a través de la siguiente ecuación:

$$A = R_1 + D + L + C \quad (2)$$

$$A = (1900 + 440 + 1120 + 152,4) \text{ mm}$$

$$A = 3612,4 \text{ mm} = 3,612 \text{ m}$$

Se tiene una holgura de 0,988 m con respecto al ancho de los pasillos establecidos actualmente en VenVidrio, pero debe resaltarse que como por éstos transita además de los montacargas, personal de la planta, y no se encuentra señalizado el paso peatonal, se tomará dicha holgura del mismo para este paso, marcando igualmente las debidas caminerías, y de esta forma se estaría reduciendo el ancho del pasillo de los montacargas y cumpliéndose con el reglamento de las condiciones de Higiene y Seguridad Laboral establecido en el artículo 150 donde exige un mínimo de 0,8 m de ancho de pasillo para la circulación peatonal en INPSASEL.

PROPUESTA N°2. LOGÍSTICA DE TRABAJO PARA LA REDISTRIBUCIÓN DE LINEAS DE EMPAQUE

Para garantizar el éxito de la redistribución de las líneas, es necesario tener un plan de acción o logística a considerar. Estos aspectos son de gran importancia debido a que, VenVidrio es una empresa de trabajo continuo y se debe garantizar el empaque diario de todas las paletas que se produzcan.

El primer paso para realizar la redistribución es evaluar cuál de las líneas es la que debe moverse primero. En el capítulo anterior se describió cuál era la distribución que deberían tener estas líneas de empaque, y por esto la primera línea a movilizarse es la B, debido a que luego de haber realizado las actividades necesarias para su movimiento se puede proceder a la reubicación de la línea A, ya que no podría ejecutarse primero el movimiento de la línea A porque la ubicación de B lo impediría. Adicionalmente para dejar operando únicamente a la línea A es necesario que la misma cuente con sus dos flejadoras, ya que como se mencionó en el Planteamiento del Problema, una de éstas no estaba operativa por la espera de un repuesto, por lo que dicha reparación es de suma importancia debido a que una no sería suficiente para flejar toda la producción paletizada.

De igual manera para poder ejecutarse el movimiento de la línea B, se debe realizar un estudio de la capacidad de empaque que tiene la línea A con sus dos flejadoras funcionando, el cual arrojó un resultado de 480 paletas/día, esto con el fin de garantizar el flejado y forrado de todas las paletas que salen de los paletizadores mientras se realicen las actividades correspondientes para el movimiento de la B, la cual quedaría inactiva. Con la reparación de esta máquina se incrementó la capacidad de empaque a 960 paletas/día aproximadamente, quedando aún por debajo en un 31% de la producción deseada por la gerencia.

Estas actividades se realizarían cuando el flujo o producción de paletas sea relativamente bajo pues de la dos líneas instaladas solo quedaría una operando, mientras se realiza el movimiento de la otra, y es importante resaltar que la línea A cuenta con menos transportadores de cadenas que la B, teniendo así menor volumen para almacenar paletas en su inicio, por lo que el movimiento debe ejecutarse en la menor duración posible.

Por esto, se propuso realizar estas actividades los días comprendidos del 15 de enero de 2013 al 07 de febrero, trabajando una jornada de 12 horas diarias, debido a que en este lapso de tiempo la empresa realizará la parada del Horno C el cual comprende tres líneas de producción (C1, C2 y C3). Se estima una producción promedio de 530 paletas por día.

Para el movimiento de la línea A deben seguirse los siguientes pasos:

- a. **Reubicación de paletas del Almacén:** Esta actividad consiste en reubicar todas las paletas que se necesitan mover para la ubicación de las líneas luego de ser redistribuidas. Como se señaló en la propuesta anterior las paletas se moverán hacia el área destinada para su reubicación mediante la ayuda de montacargas.
- b. **Desconexión de todo el cableado:** luego de movilizar todas las paletas del almacén se procede a la desconexión del cableado de todos los equipos. Consiste en desconectar a todos los equipos de las fuentes de energía y al mismo tiempo desmontar todas las tuberías y canales de las instalaciones eléctricas.
- c. **Desunión de transportadores, flejadora y forradora:** esta actividad radica en la desunión de las bases de cada equipo del piso debido a que estos se encuentran soldados. Debe

resaltarse que de esta línea sólo se moverán la segunda flejadora, la forradora y todos los transportadores pertenecientes al tramo desde esa flejadora hasta el final de la línea.

Figura 5.4. Alineamiento de la línea B

Figura 5.4.A.

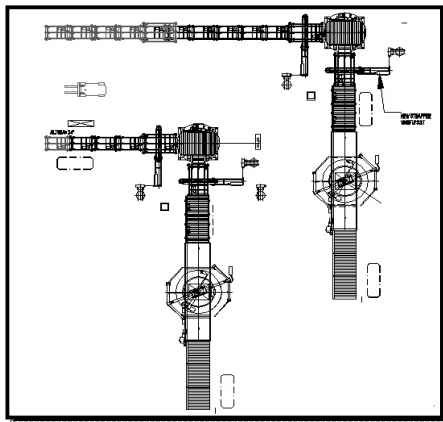
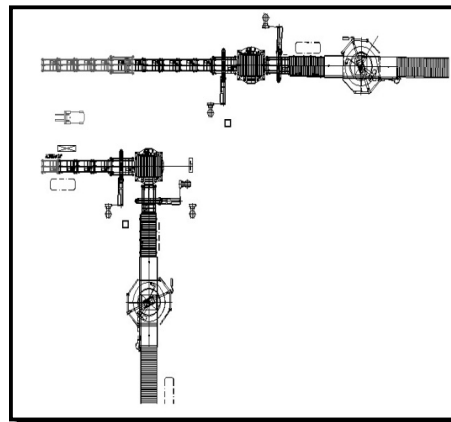


Figura 5.4.B.



- d. **Movimiento de equipos:** después de haber separado todos los equipos (flejadora, forradora y transportadores), se procede a desplazarlos hasta su nueva ubicación. Para esto es necesario la presencia de dos montacargas que movilicen estos equipos. Adicional a esto debe sustituirse el primer transportador de rodillos ubicado después de la segunda flejadora por el elevador que comunicara a las dos líneas (A y B).
- e. **Fijación y alineación de los equipos:** Luego de desplazar los equipos, se alinean y se fijan en su nueva posición. Este paso es suma importancia debido a que estos equipos deben quedar bien alineados para que la paleta pueda trasladarse por medio de estos sin ningún inconveniente.

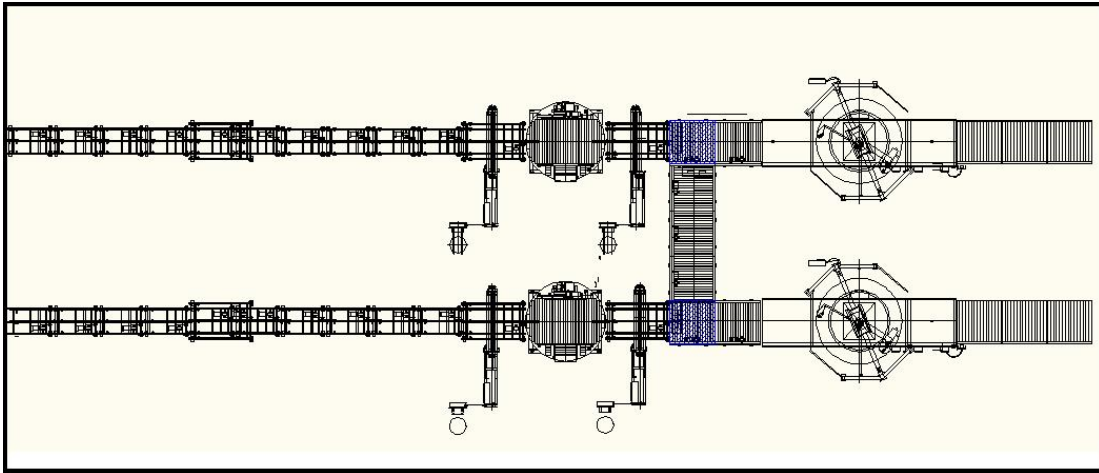
- f. **Instalación de suministros:** Consiste en la instalación de todo el cableado para los equipos, por medio de canales y tuberías de las instalaciones eléctricas.
- g. **Prueba de equipos de forma individual:** Inmediatamente se le realizan pruebas a todos los equipos de forma individual de manera que se asegure su perfecto funcionamiento para su posterior programación,
- h. **Programación electrónica:** se programan todos los equipos pertenecientes a esta línea ya que algunos fueron cambiados de posición y se deben establecer las nuevas rutas en el programa.
- i. **Pruebas:** Se realizan pruebas procesando paletas a esta línea de manera tal que se pueda verificar que no haya ningún desperfecto y funcione a la perfección toda la programación previamente realizada a los equipos.

Al finalizar todas las actividades correspondientes para el movimiento de la línea B se procede a realizar el movimiento de la línea A, incluyendo los transportadores necesarios para alargar la misma como fue descrito en la propuesta anterior.

Para realizar la redistribución de A se siguen los mismos pasos que en la redistribución anterior, pero comenzando desde el segundo ya que las paletas ya fueron movilizadas del almacén. Al momento de llegar al cuarto paso se debe tomar en cuenta que los movimientos deben realizarse de manera tal de que los seis transportadores de cadenas se puedan colocar entre los que ya estaban y la primera flejadora. Al igual sustituir unos de los transportadores de rodillos ubicados después de la segunda flejadora para colocar el elevador que permitirá comunicar las dos líneas en caso de

cualquier inconveniente, adicional a esto también se deben ubicar los tres transportadores de cadena que irán desde la línea A hasta la B por medio de los elevadores de cada línea.

Figura 5.5. Líneas completamente rectas.



Por último se continúa con los pasos 5, 6, 7, 8 y 9 para culminar con toda la redistribución de la línea A.

En las siguientes tablas se resumen las actividades con sus respectivas precedencias, tanto para la redistribución de la línea B como de la A.

Tabla 5.2. Tiempo requerido para la redistribución de la línea B

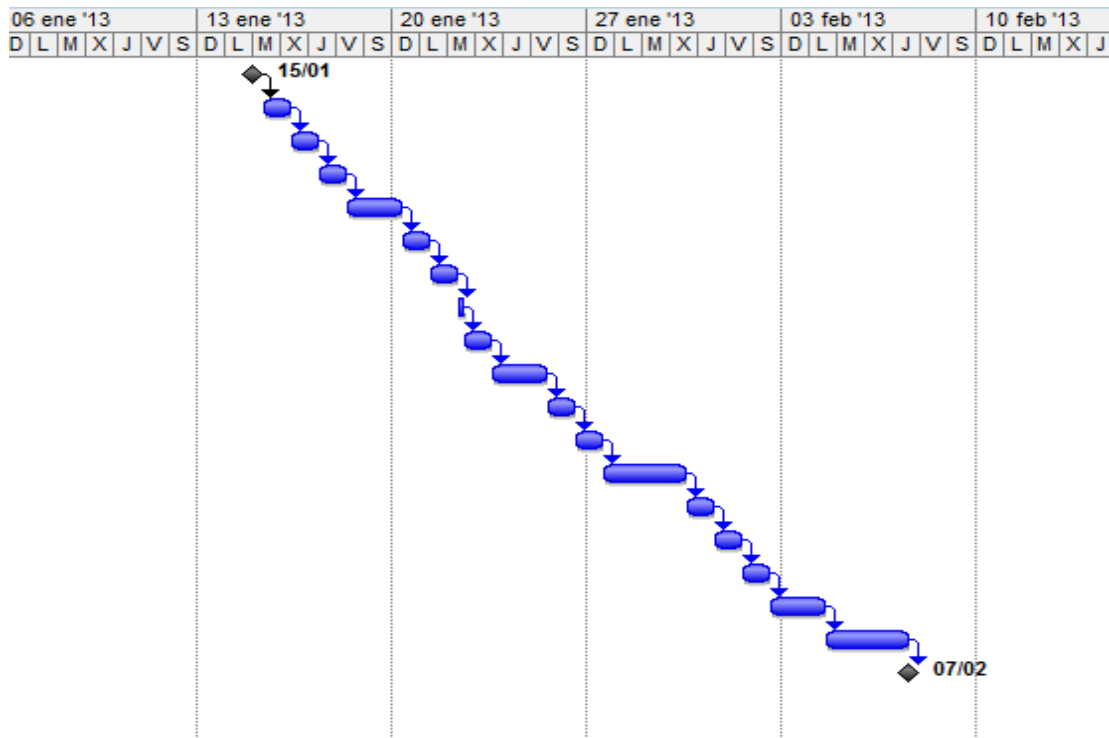
N°	Redistribución de la Línea B	Tiempo requerido (día)	Precedencia
1	Reubicación de paletas del Almacén	1	-
2	Desconexión de todo el cableado	1	1
3	Desunión de transportadores, flejadora y forradora	1	2
4	Movimiento de equipos	2	3
5	Fijación y alineación de los equipos	1	4
6	Instalación de suministros	1	5
7	Prueba de equipos de forma individual	0,5	6
8	Programación electrónica	1	7
9	Pruebas	2	8

Tabla 5.3. Tiempo requerido para la redistribución de la línea A

N°	Redistribución de la Línea A	Tiempo requerido (día)	Precedencia
1	Desconexión de todo el cableado	1	-
2	Desunión de transportadores, flejadora y forradora	1	3
3	Movimiento de equipos	3	4
4	Fijación y alineación de los equipos	1	5
5	Instalación de suministros	1	6
6	Prueba de equipos de forma individual	1	7
7	Programación electrónica	2	8
8	Pruebas	3	9

En el siguiente diagrama de Gantt se puede apreciar la secuencia de las actividades planteadas para la redistribución de las líneas.

Figura 5.6. Diagrama de las actividades de la redistribución de las líneas



PROPUESTA N°3. DISEÑO DE LA NUEVA LÍNEA DE FLEJADO Y FORRADO

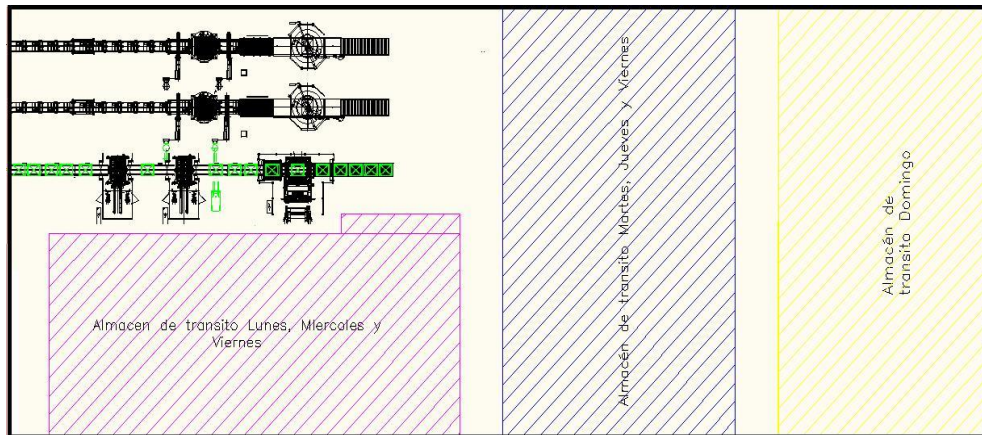
Para el diseño de la nueva línea se analizaron los siguientes criterios:

- **Ubicación de la línea:** ya que el área de empaque se encuentra delimitada por las zonas de Decoración - Etiquetado y Despacho, y como se mencionó con anterioridad no se puede desplazar ninguna de estas áreas, se procede a ubicar la nueva línea de flejado y forrado seguida de la línea A, exactamente a 5 m a su derecha, donde recibirá las paletas a empaquetar directamente del transfercar.

- **Paralela a las líneas A y B:** el hecho de que se ubique en la misma dirección y completamente lineal como se encontrarán A y B luego de la redistribución, permitirá que se puedan conectar las tres líneas, a través de la mesa elevadora de rodillo, lo que hará posible que se transfieran paletas entre esta nueva línea y el área A. Esto es importante ya que VenVidrio está brindando a sus clientes nacionales la oportunidad de llevarle su producto con un empaque diferente (termo-encogible), y además dicha conexión permitirá que si se presenta alguna eventualidad en la línea de exportación, las paletas del producto internacional podrán llevarse con el Transfercar para su flejado por la línea A o B y luego se pasarían por la mesa elevadora (ubicada después de la segunda flejadora) a la nueva línea para realizar el empaque termo-encogible.
- **Longitud de la línea:** deberá tener 8 transportadores de cadenas en su inicio para que de este modo pueda almacenar mayor número de paletas, se propone este número de transportadores en vista que las flejadoras de esta línea ocupan mayor área y es importante que quede el espacio justo para colocar la mesa elevadora de rodillos luego de la segunda flejadora de manera que se puedan transferir las paletas a la línea vecina. En el caso de que alguna de las líneas nacionales se encuentren completamente llenas y el transfercar no tenga donde descargar las paletas, bien podría hacerlo en esta nueva línea para realizar el flejado de las mismas y posteriormente sean trasladadas por la mesa elevadora hacia A o B para llevar a cabo el proceso de forrado. Si algunos clientes de la planta deciden incursionar en el forrado termo-encogible se pasarían directamente a la envolvedora para su posterior almacén.

La nueva línea estará conformada por los siguientes equipos y se puede observar su layout en la figura 5.7 y algunas de las rutas que realizarán los montacarguistas en las líneas de color negro.

Figura 5.7. Diseño de la nueva línea de flejado y forrado



A continuación se nombrarán los equipos necesarios para la nueva línea de exportación. Debe resaltarse que es necesario este número de equipos de manera de que se puedan disponer de las líneas en paralelo y se puedan comunicar por medio de los elevadores después de las máquinas flejadoras.

- 9 Transportadores de cadena distribuidos de la siguiente manera: 8 a su inicio hasta la primera flejadora y 1 después de ésta. Para que así la línea pueda alinearse en paralelo en la parte de la mesa elevadora de rodillos y poder comunicarse entre sí. De igual manera se coloca esta cantidad ya que las flejadoras son de mayor dimensión que las flejadoras actuales, por lo que debe disponerse de este número de transportadores.
- 2 máquinas flejadoras. Se propone dos máquinas flejadoras para la nueva línea de manera que puedan ofrecer un mayor manejo de paletas empacadas por días en la empresa y que cumpla con las

necesidades establecidas por la gerencia que es llegar a 1400 paletas por día.

- 1 mesa elevadora de rodillos:
- 9 Transportadores de rodillos, de los cuales 3 se ubicarán entre la segunda flejadora y envolvedora, otros 3 se colocarán después de esta última máquina. Las restantes entre la mesa elevadora de esta línea y de la otra.
- Máquina envolvedora termo-encogible: la colocación de esta máquina viene por la necesidad de ofrecer un forrado más seguro e higiénico para las paletas requerido por las empresas demandantes de exportación.

Igualmente para esta línea debe planearse una logística de trabajo que permita instalar todos sus equipos a la brevedad posible y garantizando una labor exitosa, para esto se plantean los siguientes pasos.

- Búsqueda de equipos:** una vez que los equipos hayan llegado al puerto destino y se realicen todos los requisitos para su traslado a la planta, se procederá a realizar la descarga de los mismos con los montacargas para que sean llevados al espacio de la línea de acuerdo al orden de su instalación.
- Ubicación de canales y tuberías:** esto será realizado por los electrónicos con la ayuda de los mecánicos para poder transportar por ellos el cableado eléctrico que requieren las diferentes máquinas de la línea.
- Fijación y alineación:** se procederá a marcar el punto exacto de los primeros transportadores para asegurar la alineación de los equipos y

de la línea en general para que la misma sea completamente paralela a la línea A y B. Luego se trasladarán los transportadores de cadena desde el área de despacho para armarlos, realizar la soldadura de los mismos al piso y otras actividades indispensables para su instalación. Este proceso se llevará a cabo igualmente para los demás equipos que conforman la línea de exportación.

- d. **Conexión y pruebas de equipos:** una vez que los equipos se encuentren completamente instalados físicamente, el personal del departamento de sistemas electrónicos procederán a realizar las diferentes conexiones de los cables a través de los canales y tuberías de manera que se pruebe el funcionamiento de los mismos individualmente.
- e. **Programación de equipos:** cada equipo requiere de una programación diferente de acuerdo a las actividades que ejecutará, por lo que los electrónicos necesitan dedicar tiempo a cada uno de ellos garantizando así el correcto funcionamiento de los mismos. Adicionalmente se debe configurar el transfercar para que trabaje en conjunto con esta nueva línea.
- f. **Pruebas finales:** luego de que se tenga todo instalado y configurado se transferirán las paletas a través del transfercar para probar el funcionamiento en conjunto de todos los equipos

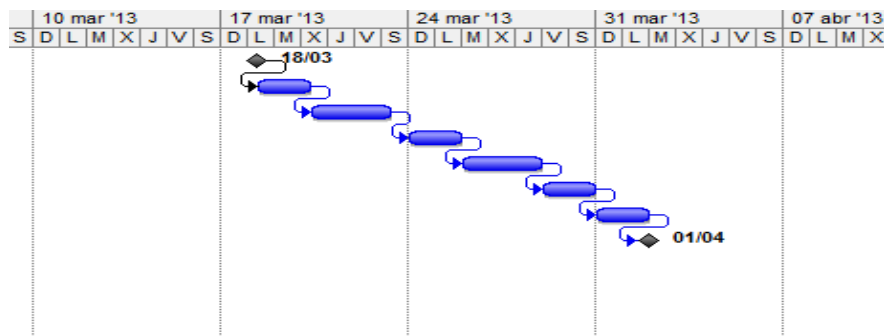
Lo anterior mencionado se puede apreciar en la siguiente tabla con la duración respectiva de cada una de las actividades.

Tabla 5.4. Tiempo requerido para la instalación de la nueva línea

N°	Actividad	Duración (días)	Precedencia
1	Búsqueda de equipos	2	-
2	Ubicación de canales y tuberías	3	-
3	Fijación y alineación	2	1,2
4	Conexión y pruebas de equipos	3	3
5	Programación de equipos	3	4
6	Pruebas finales	2	5

A continuación se muestra la secuencia de las actividades para la instalación de la línea a través de un Diagrama de Gantt, teniendo como fecha de inicio para el 18 de marzo de 2013 y culminando el 01 de abril de ese año, trabajando 12 horas diárias en un horario de 7 am a 7 pm.

Figura 5.8. Diagrama de las actividades para la instalación de la nueva línea



La implantación de la nueva línea de exportación aumentará aproximadamente la capacidad de empaque de Venezolana del Vidrio en un 78% es decir a 1710 paletas/día, lo que le permitirá responder ante un aumento de su capacidad de producción, el cual está siendo estudiado por la empresa con la finalidad de construir un horno nuevo para el año entrante. A

continuación se refleja el cálculo del aumento de producción descrito anteriormente.

Capacidad de producción actual de las líneas A y B = 960 paletas/día.

Capacidad de producción de la línea de exportación = 750 paletas / día.

Capacidad Total = $(960 + 750)$ paletas/día = 1710 paletas/ día.

Descripción del proceso propuesto

El proceso comienza de manera muy similar al descrito anteriormente en el capítulo 4, cuando el Transfer-car recibe las paletas de los paletizadores y las traslada hacia los inicios de las líneas de flejado y forrado. En este caso se explicará el proceso solo de la nueva línea.

Una vez que el transfer-car deja la paleta en los andenes de esta línea comienza su recorrido a lo largo de los 10 transportadores de cadenas ubicados antes de la primera flejadora. Dado a la particularidad de estas máquinas propuestas, esta nueva línea podrá flejar dos paletas simultáneamente, ya que cada flejadora cuenta con una mesa giratoria en su interior por lo que hace que se pueda flejar la paleta en su totalidad en una sola estación (todas las caras). De manera que al momento de que en esta línea se reciban dos paletas, la primera que entre pasará por la primera flejadora sin ser flejada hasta la segunda, mientras que la segunda paleta llegará hasta la primera flejadora y en ese instante, ya ubicadas las dos paletas en sus respectivas flejadoras comenzará el proceso de flejado.

Este proceso consta primeramente en la ubicación de la paleta en el centro de la máquina, el cual es similar al de la máquina actual, en el que mediante fotoceldas de presencia dan la indicación de que la paleta está centrada y puede proceder al flejado.

Luego que está posicionada la paleta, baja un pisador o plancha donde se encuentran dos cabezales que sellan y cortan el fleje. Dichos flejes vienen de dos portabobinas y pasan por los cabezales de la plancha, unas guías que recorren los laterales de la paleta y dos ballestas que pasan por debajo de esta para realizar el flejado en toda la superficie o caras de la paleta.

Al haber hecho el recorrido el fleje sobre toda la superficie de la paleta se tensa y se corta, al igual que las máquinas actuales en las líneas A y B. La flejadora realiza dos veces este ciclo para colocar un total de 4 flejes en uno de los lados de la paleta. De esta manera la máquina al finalizar estos dos ciclos, rota la paleta 90° por medio de una mesa giratoria que se encuentra en el interior de la misma, para así realizar los dos ciclos restantes flejando el lado de la paleta que falta.

Luego de terminar con el proceso de flejado la paleta se traslada hacia la forradora, la cual se posiciona en el centro de la máquina mediante fotoceldas para evitar cualquier colisión con el arca de termoretracción, en el caso de que se encuentre fuera de posición. El proceso de forrado consiste primeramente en la preparación de la bolsa o funda en la parte posterior de la maquina. Un bastidor transversal móvil en vertical está equipado con un sistema de pinzas que toma la bolsa, la cual una vez preparada se transporta desde el sistema mecánico de toma hasta la parte superior de la paleta. Seguidamente el arca de termo-retracción baja para que se pueda colocar la bolsa sobre el paquete.

Con la paleta preparada se procede a la fase de termo-retracción con el encendido de los calentadores de aire alimentados con gas. La característica principal de los calentadores es de generar un flujo de aire

caliente para la termo-retracción de la funda, la cual comienza desde la base de la paleta hasta la parte superior de la misma. Para completar el ciclo, el arca se para unos segundos la parte superior de la paleta para terminar toda la termo-retracción de la funda.

Una vez terminado el proceso de forrado la paleta se traslada hasta el final de la línea donde un montacargas se la lleva hacia el almacén. Es importante destacar que esta línea de exportación sirve de apoyo a las líneas A y B de producto nacional, debido a que cuenta con el mismo proceso de flejado solo que el forrado de la paleta es distinto. Por esto, se coloca un elevador antes de la fase del forradora de manera tal que si alguna de las flejadoras de las líneas A o B este parada por algún mantenimiento o una falla, las flejadoras de exportación puedan servir de apoyo y se desvíe la paleta flejada desde esta línea hacia los nacionales.

PROPUESTA N° 4. OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL ÁREA DE EMPAQUETADO

La reducción de tiempos improductivos es de suma importancia en cualquier proceso de producción que se desarrolle para así generar mejoras en los puestos de trabajo buscando optimizar el desempeño de las actividades que se lleven a cabo o bien sea para aumentar su capacidad productiva. Tal es el caso que se plantea en esta propuesta con el objetivo de incrementar el número de paletas que se flejan y forran en un día en las líneas de empaque A y B de la empresa Venezolana del Vidrio, para esto se llevó a cabo un estudio continuo de producción mediante la técnica de cronometrado, el cual se realizó por un período de 23 días con el objetivo de determinar el tiempo promedio de fallas que se tienen en cada una de las líneas,

Igualmente se realizó un estudio de muestreo por los autores de este Trabajo Especial de Grado (ver formato en el Anexo E) por 23 días en las 6 diferentes máquinas recolectando un total de 2070 observaciones para estimar una frecuencia de ocurrencia y poder plantear mejoras, estableciendo un nivel de confianza del 95% y precisión del 7%, y obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5.5. Resultados del estudio de muestreo

	Máquina	Obs. Máquina Parada (veces)	Obs. Máquina Trabajando (veces)	Prob. de Tiempo Improductivo	Precisión (%)
Línea A	Flejadora 1	782	1108	0,3777	5,641
	Flejadora 2	624	1266	0,3014	6,691
	Forradora 1	367	1523	0,1772	9,469
Línea B	Flejadora 3	658	1232	0,3178	6,439
	Flejadora 4	609	1281	0,2942	6,808
	Forradora 2	362	1528	0,1748	9,548

La forradora 1 y 2 presentaron menor número de fallas en comparación con la de las máquinas flejadoras, teniendo menor influencia de tiempos improductivos en las líneas A y B de forrado y flejado.

En la tabla que se muestra a continuación se observa la frecuencia que tiene cada falla estudiada y el tiempo promedio de duración de las mismas para el período en estudio.

Tabla 5.6. Tiempo promedio y frecuencia de ocurrencia de las fallas en las líneas de empaque

	Ocurrencias de las fallas para los 23 días de estudio	Frecuencia	Tiempo promedio improductivo (min)
Flejadora 1	A01-Tiempo máximo de lanzamiento cabezal	315	495
	A11- Tiempo máximo movimiento ballesta 1	129	237
	A24-Fotocélula ballesta 1 obstruida en fase de salida	194	421
	A33-Final fleje de bobina 1	102	612
Flejadora 2	A01-Tiempo máximo de lanzamiento cabezal	154	242
	A11- Tiempo máximo movimiento ballesta 1	166	305
	A24-Fotocélula ballesta 1 obstruida en fase de salida	181	393
	A33-Final fleje de bobina 1	57	342
Flejadora 3	A01-Tiempo máximo de lanzamiento cabezal	259	407
	A11- Tiempo máximo movimiento ballesta 1	111	204
	A24-Fotocélula ballesta 1 obstruida en fase de salida	169	367
	A33-Final fleje de bobina 1	91	546
Flejadora 4	A01-Tiempo máximo de lanzamiento cabezal	259	407
	A11- Tiempo máximo movimiento ballesta 1	81	149
	A24-Fotocélula ballesta 1 obstruida en fase de salida	171	371
	A33-Final fleje de bobina 1	89	534
Forradora 1	Ruptura stretch	295	502
	Paleta en el radio de giro fotocelda de entrada	70	198
Forradora 2	Ruptura stretch	274	466
	Paleta en el radio de giro fotocelda de entrada	53	150

Una vez analizada toda la información anterior se obtiene que por día la línea A deja de producir aproximadamente 84 y 80 la B, para un total de 164 paletas por día. Para iniciar con la descripción de las oportunidades de mejora en esta área, se hará referencia a los resultados obtenidos y posibles acciones a realizarse del Análisis de Modo Efecto y Falla (AMEF) para todas las fallas que fueron descritas en el capítulo anterior en la descripción de la situación actual.

Tabla 5.7. AMEF al proceso de flejado y forrado.



AMEF PROCESO

(Análisis del Modo y Efecto de la Falla potencial del

Proceso: Flejado y Forrado de Paletas															
Responsable del Proceso: Operadores del área de empaque										Preparado por: Carola Venniro y David Primera					
Equipo de Trabajo: Carola Venniro, David Primera										Aprobado por:					
Función del Proceso / Requisito	Modo de Falla Potencial	Efecto(s) Potencial(es) de la Falla	Sev	Causa(s) Potencial(es) / Mecanismo(s) de Falla	Ocurr	Controles Actuales de Proceso		Dete	Z	Acción(es) Recomendadas	Sevr	Ocurr	Dete	Z	
						Prevención	Detección								
Flejado	Tiempo máximo de lanzamiento de cabezal (A01)	Reinicio del Ciclo de flejado/ Demora	4	Desalineamiento de la ballesta	6	Mantenimiento		1	24	Ejecutar acción de alineamiento de en los planes de mantenimiento	4	1	1	4	
	Tiempo máximo de movimiento de ballesta (A11):	Interrupcion en el inicio de Proceso de flejado en la paleta	4	Paleta no estandarizada	5		Ninguno	1	20	Elaborar un proceso de selección de paletas para el empaquetado de paletas	4	2	1	8	
	Fotocélula de ballesta obstruida en fase de salida (A24):	Interrupción en el inicio de Proceso de flejado en la paleta	4	Falta de limpieza de las guías de la Ballesta	6	Mantenimiento		1	24	Ejecutar acción de limpieza en los planes de mantenimiento	4	1	1	4	
	Final de fleje de la Bobina (A33):	Tiempo improductivo / Demora	4	La no unión del fleje de la bobina vieja con la nueva	4		Control Visual	1	16	Capacitacion y especializacion del operario en su area de trabajo	4	1	1	4	
Forradora	Ruptura Stretch:	Reinicio del ciclo de forrado en la paleta / Demora	4	Marco filoso/ Calidad del material / Tensión aplicada al stretch	6		Ninguno	1	24	Elaborar un proceso de selección de marcos sin filo y establecer un estandar (proveedor) de material de stretch	4	2	1	8	
	Paleta en el radio de giro fotocelda de entrada	Interrupcion en el inicio de Proceso de forrado en la paleta	4	Listones de la base de la paleta lisos	4		Ninguno	1	16						

En la tabla anterior se describen las fallas que perjudican el continuo proceso de las máquinas flejadoras y forradoras, a las cuales se le asignó mediante tablas relacionadas con el AMEF la severidad, ocurrencia y detección. Cada una de ellas consta de un valor numérico, y con su posterior multiplicación se obtiene el Número Prioritario de Riesgo (**NPR**) que indica cual de las fallas debe corregirse con mayor prontitud por el equipo de trabajo encargado. Ver Anexo E.

Por lo antes descrito se puede resaltar que independientemente de cuáles sean los valores de **NPR** obtenidos por este AMEF, se procederá a la obtención de alternativas para cada una de las fallas antes descritas.

Propuestas para las fallas de la Flejadora:

- **Tiempo máximo de lanzamiento de cabezal:** Como fue descrito en las causas potenciales del AMEF, lo que ocasiona esta falla es el desalineamiento de la ballesta con respecto a la base donde calza luego de haber salido para realizar el flejado. Esto se origina por la constante repetición de movimientos de las mismas, sin embargo esto también se debe por algún roce que sufre la ballesta con algún listón de la paleta que hace que pierda su dirección inicial y quede desnivelada. Debe destacarse que la ballesta no sufre una desviación notable, pero de igual forma repercute en el proceso de flejando generando tiempos improductivos. De tal manera que para corregir y prevenir esta falla se implementará una modificación al plan de mantenimiento interdiario realizado a las máquinas flejadoras.

A continuación se describirá el Plan de Mantenimiento interdiario actual que maneja VenVídrio:

- 1) Notifique a la persona adecuada que usted realizara una inspección al equipo y que en determinado momento, será necesario detenerlo momentáneamente para realizar los trabajos, por razones de seguridad.
- 2) Ajuste los tornillos que sujetan la punta de la ballesta.
- 3) Limpie con aire y chequee detenidamente todo el canal de las guías del fleje de los laterales, el chutch y las compuertas de la ballesta por obstrucciones desajustes o desgaste, corrija de ser necesario.
- 4) Retire dos tornillos Allan y abra la compuerta de seguridad del cabezal.
- 5) Limpie con aire la rueda de tensión y alimentación del sistema.
- 6) Reajuste los prisioneros del clouht al eje, asegure su fijación.
- 7) Coloque la guarda de seguridad en su posición original con sus respectivos tornillos de fijación.
- 8) Chequee que el recorrido de la Ballesta se haga en un tiempo de unos 4 a 5 segundos con una presión de trabajo de 49 psi.
- 9) Limpie con un trapo limpio las fotoceldas y reflectores, asegúrese que el nivel del lubricador estén en el nivel recomendado y que la dosificación sea de una gota por ciclo de la máquina.
- 10) Verifique que la presión de alimentación de aire este en 80 psi, si es menor, informe al personal de ingeniería (Planta Fuerza).
- 11) Notifique al personal indicado que su trabajo de mantenimiento ha culminado.

- 12) Realice un chequeo de la tensión de cada uno de los flejes de una paleta alta y anote los valores de mediciones tomadas.
- 13) Ingrese día, mes y año del mantenimiento, indicando la hora de comienzo y fin de las actividades.

Como medida de preventiva a esta falla se adicionara a este Plan de Mantenimiento un paso extra, que disminuya las ocurrencias del desalineamiento de la ballesta, el cual se colocara luego del paso 3.

Quedando el paso 4 (Paso Propuesto) así:

4) Verifique con un nivel el perfecto alineamiento de las paletas, corrija de ser necesario.

De esta manera los pasos posteriores al 4 del Plan de Mantenimiento actual se correrán un número. Para la ocurrencia del AMEF luego de haber aplicado las acciones preventivas se coloca un valor de Ocurrencia igual a uno, ya que este mantenimiento se realiza un día y sí y otro no, por lo que se asegura el perfecto funcionamiento de las ballestas y que la maquina flejadora no tenga tiempos improductivos por esta falla.

- **Fotocelda de Ballesta obstruida en fase de salida:** De igual modo como en la falla anterior se aplicarán modificaciones en el Plan de Mantenimiento actual para disminuir las ocurrencias de las fallas. Esta falla se debe a la existencia de astillas de madera en el canal guía de la ballesta por donde pasa el fleje, al igual que la presencia de vidrio producto de botellas que se han caído o por residuos que trae el fleje de los cabezales debido a que cada vez que realiza la termo-

soldadura de un fleje deja una viruta, el cual al pasar una tira de fleje nueva arrastra ese residuo y llega hasta las guías de las ballestas.

Debe destacarse que es inevitable que las astillas de madera caigan dentro de las guías de las ballestas, dado a la particularidad de este material en el momento que se tensa el fleje (el fleje aprieta toda la superficie de la paleta incluyendo el contenido sobre ella).

La viruta generada por el proceso de termo-soldadura es natural por la temperatura a la cual es sometido el material, aunque la calidad que ofrece el proveedor actual ha sido mejor ante la ofrecida por otros proveedores.

De igual forma las botellas que se caen en el proceso de transporte se deben a las condiciones de su traslado, dado a que la paleta viene sin flejar y la carga no tiene la suficiente estabilidad para garantizar que no se caigan, incluyendo que la velocidad de los transportadores es la mínima es la adecuada para el proceso.

Por lo antes descrito, la solución única propuesta en este Trabajo Especial de Grado y viable es la modificación del Plan de mantenimiento la cual garantice la limpieza de estas guías y puedan generarse menos interrupciones en esta máquina por esta falla.

Quedando así los pasos posteriores al 4, (Pasos Propuestos: 5 y 7)

5) Limpie con aire el canal de la guía de fleje de las dos ballestas.

6) Retire dos tornillos Allan y abra la compuerta de seguridad del cabezal.

7) Limpie con aire la parte interna de los cabezales, la rueda de tensión, alimentación y demás partes del sistema. (Modificación del paso actual).

Como fue descrito en el AMEF se prevé una disminución de ocurrencias a 1 por el constante mantenimiento sobre estos equipos.

De lo antes escrito se propone este nuevo Plan de Mantenimiento:

- 1) Notifique a la persona adecuada que usted realizara una inspección al equipo y que en determinado momento, será necesario detenerlo momentáneamente para realizar los trabajos, por razones de seguridad.
- 2) Ajuste los tornillos que sujetan la punta de la ballesta.
- 3) Limpie con aire y chequee detenidamente todo el canal de las guías del fleje de los laterales, el chutch y las compuertas de la ballesta por obstrucciones desajustes o desgaste, corrija de ser necesario.
- 4) Verifique con un nivel el perfecto alineamiento de las ballestas, corrija de ser necesario.
- 5) Limpie con aire el canal de la guía de fleje de las dos ballestas.**
- 6) Retire dos tornillos Allan y abra la compuerta de seguridad del cabezal.
- 7) Limpie con aire la parte interna de los cabezales, la rueda de tensión, alimentación y demás partes del sistema.**
- 8) Reajuste los prisioneros del clouht al eje asegure su fijación.

- 9) Coloque la guarda de seguridad en su posición original con sus respectivos tornillos de fijación.
 - 10)Chequee que el recorrido de la Ballesta se haga en un tiempo de unos 4 a 5 segundos con una presión de trabajo de 49 psi.
 - 11)Limpie con un trapo limpio las fotoceldas y reflectores, asegúrese que el nivel del lubricador estén en el nivel recomendado y que la dosificación sea de una gota por ciclo de la máquina.
 - 12)Verifique que la presión de alimentación de aire este en 80 psi, si es menor, informe al personal de ingeniería (Planta Fuerza).
 - 13) Notifique al personal indicado que su trabajo de mantenimiento ha culminado.
 - 14) Realice un chequeo de la tensión de cada uno de los flejes de una paleta alta y anote los valores de mediciones tomadas.
 - 15) Ingrese día, mes y año del mantenimiento, indicando la hora de comienzo y fin de las actividades.
- **Tiempo máximo de movimiento de ballesta:** Para la reducción de la ocurrencia de esta falla se propone elaborar un proceso de selección de paletas que cumplan con los estándares establecidos por las maquinas flejadoras, ya que en ello repercute la constante interrupción del inicio del proceso de flejado. Debe resaltarse que todas las paletas cumplen con las dimensiones de largo y ancho, sin embargo las distancias que son relevantes para este proceso de selección son los comprendidos entre los tacos que hay en medio de los listones de madera de la base de la paleta y los de la parte superior de esta.

Generalmente el problema ocurre porque la separación entre dichos tacos debe estar comprendida entre los 50 y los 53 cm por la parte larga de la paleta, sin embargo existen algunas que no cumplen con ellas debido a que los tacos son mayores dimensiones y la separación suele ser de 48; por otra parte el lado ancho debería tener medidas estándares entre los 35 y 40cm, no obstante algunas tienen separaciones hasta de 33 cm, por ende se propone la estandarización de estas paletas mediante la compra, o principalmente en la selección de las que ya poseen, para que el operario no deba centrar la paleta de forma manual (por medio de la máquina) y no se generen tiempos improductivos.

Debe resaltarse que en la tabla del AMEF (Ver tabla 5.7) no se coloca el valor mínimo (1) de ocurrencias para esta falla debido a que VenVídrio maneja altos volúmenes de paletas por día por lo que la selección de las mismas conlleva tiempo y personal dedicado solo para esta actividad. Debido a las causas ya previamente mencionadas se define como propuesta la inspección de las paletas para minimizar la ocurrencia de esta falla dado que es un problema netamente de insumo en el proceso.

- **Final de Fleje de Bobina:** Para esta falla y como fue descrito en el AMEF solo se procederá a realizar la capacitación y especialización del operario para que pueda realizar las actividades concernientes en la máquina antes de que el fleje se acabe, y así este atento de unir el fleje viejo con el nuevo para que los tiempos de puesta a punto sean solo los necesarios (1,7 min).
- **Ruptura del Stretch:** para la máquina forradora se tiene que la falla con mayor ocurrencia es la de ruptura del material con el cual se

realiza el forrado de la paleta (stretch). Una de las razones por las cuales se rompe este material es debido a la presencia de materiales filosos en la paleta. Estos materiales son los marcos de las paletas y los separadores de las camadas de las paletas (separadores de cartón) los cuales poseen esquinas filosas y ocasionan la constante ruptura de este material y por ende la interrupción del ciclo de forrado de la máquina.

Las razones descritas anteriormente son las causa raíz de la ruptura del stretch, por lo que se propone exigir al proveedor del insumo la supervisión previa del mismo, a fin de garantizar que el producto que es recibido en la empresa se encuentre dentro de las especificaciones establecidas y no generen rupturas de stretch en el proceso de forrado. Dicha supervisión debe realizarse antes de enviar el pedido a VenVídrio.

CAPÍTULO VI

ESTUDIO ECONÓMICO

6.1 ESTIMACIÓN ECONÓMICA

Luego de haber realizado las diferentes propuestas para Venezolana del Vidrio es necesario determinar la rentabilidad y factibilidad del proyecto para que la empresa pueda tomar decisiones sobre la administración de sus recursos.

A continuación se presentarán los costos en que se incurrirá en cada una de las propuestas en forma general, los cuales han sido suministrados por la empresa dado que son de alta privacidad para la misma:

6.1.1 Costos asociados a la Redistribución de las líneas

Para llevar a cabo esta actividad es necesario contar con 5 mecánicos y 5 electricistas los cuales forman parte de VenVidrio y se llevará a cabo en una jornada de 12 horas en un horario comprendido entre 7am y 7pm por 23,5 días, incluyendo sábados y domingos. Esta información fue suministrada por la empresa incluyendo la adquisición de equipos y su transporte así como materiales indispensables. El costo de la mesa elevadora de rodillo abarca la conexión completa desde la línea B hasta la línea de exportación.

Tabla 6.1 Gastos asociados a la redistribución de las líneas

	Gastos (BsF.)
Instalación Mecánica	481.500
Instalación Eléctrica	292.550
Mesa elevadora de rodillos	581.489
6 Transportadores de cadenas para línea A	206.406
TOTAL	1.561.945

Fuente: Venezolana del Vidrio

6.1.2 Costos asociados al diseño de la nueva línea de flejado y forrado

Se incluyen los costos de los diferentes equipos que conforman la línea, su transporte, mano de obra e instalación mecánica y eléctrica.

Tabla 6.2. Gastos de equipos de la nueva línea de flejado y forrado

Cantidad	Equipo	Costo (BsF.)
9	Transportadores de cadena	309.609
2	Flejadoras	665.827
6	Transportadores de rodillos	136.494
1	Envolvedora automática	1.605.320
TOTAL		2.717.250

Fuente: Venezolana del Vidrio.

Para la instalación de estos equipos se necesitará contar con 5 electricistas y 5 mecánicos de la planta para la instalación de los mismos, se agregan otros gastos adicionales e indispensables para la línea, teniendo finalmente los siguientes:

Tabla 6.3. Otros gastos de la nueva línea.

	Costos(BsF.)
Instalación eléctrica	321.816
Instalación y pruebas	119.294
Embalaje y transporte	133.165
TOTAL	574.275

En total en esta propuesta del diseño de la nueva línea de flejado y forrado y su instalación se estima gastar por parte de la empresa un total de 3.291.525 BsF.

A estos costos debe adicionarse lo que es el costo de producción de una botella de exportación que en promedio será el siguiente para una demanda en un periodo de aproximadamente de 1 año. Se fabricarán alrededor de 200.000.000 botellas a un costo de 1,0642 Bs por unidad, incluyendo gastos de mano de obra, operacionales entre otros para obtener un costo total de 212.840.000 BsF (esto incluye mano de obra, mantenimiento y maquinaria) e ingresos brutos de 313.000.000 BsF anuales.

Por lo que en general para todo lo propuesto se tendrá la siguiente inversión inicial, la cual será cubierta con capital propio de la empresa:

$$I_{l_0} = 5.585.320 \text{ BsF.}$$

Para un periodo aproximadamente de un año por la venta de las botellas se tendrá un ingreso neto de 100.160.000 BsF. Por lo que se calculará el flujo monetario neto a través de la siguiente ecuación:

$$F_{\text{neto}} = I_{bt} - Cop \text{ (3)}$$

$$F_{\text{neto}} = 313.000.000 - 212.840.000$$

$$F_{\text{neto}} = 100.160.000 \text{ BsF}$$

Se determina el tiempo de pago para este proyecto por la siguiente ecuación:

$$t = 1, -I_0 - F_{\text{neto}} = 0 \text{ (4)}$$

$$t = 1, - 5.585.320 - 100.160.000 = 94.574.680 \text{ BsF.}$$

Obteniéndose que en el primer año de vida del proyecto los ingresos netos recuperan totalmente la inversión inicial del mismo

Seguidamente es necesario determinar la rentabilidad del proyecto a través del valor actual, para el cual se toma una tasa mínima de rendimiento de 16,14%, estableciendo como referencia la tasa de interés activa establecida por el Banco Central de Venezuela para la semana del 19 de octubre de 2012, fecha en la que se evalúa el proyecto y fijándose un tiempo de 4 años de estudio para el mismo, establecido por la Gerencia de Proyectos de Venezolana del Vidrio (Ver Anexo F). Además se toman de referencia los mismos ingresos y costos asociados dado que VenVidrio tiene esta información privada y para este análisis sugiere proyectarlos igual para los próximos periodos.

6.1.3 Valor Residual

Se considera un estimado de 10% que disminuye el valor residual del costo de las máquinas instaladas, esto en vista de que las mismas son de última generación y tienen una alta eficiencia.

$$VR_4 = 60\% \times \text{Costo de las máquinas}$$

$$VR_4 = 0,60 \times 4.236.995$$

$$VR_4 = 2.542.197 \text{ BsF.}$$

Ahora se calcularán los flujos monetarios para los cuatro períodos.

$$\text{Flujo Monetario año cero} = - I_0$$

$$\text{Flujo Monetario año cero} = - 5.585.320 \text{ BsF.}$$

$$\text{Flujo Monetario 1er año} = 100.160.000 \text{ BsF.}$$

$$\text{Flujo Monetario 2do año} = I_{bt} - Cop$$

$$\text{Flujo Monetario 2do año} = 313.000.000 - 212.840.000$$

$$\text{Flujo Monetario 2do año} = 100.160.000 \text{ BsF}$$

$$\text{Flujo Monetario 3er año} = I_{bt} - Cop$$

$$\text{Flujo Monetario 3er año} = 313.000.000 - 212.840.000$$

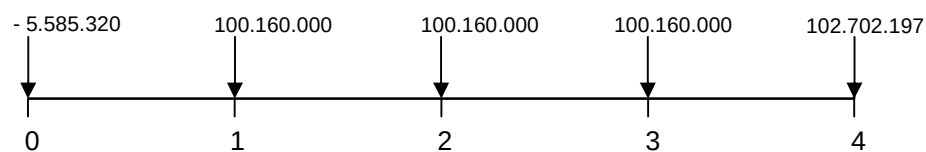
$$\text{Flujo Monetario 3er año} = 100.160.000 \text{ BsF}$$

$$\text{Flujo Monetario 4to año} = I_{bt} - C_t + VR_4$$

$$\text{Flujo Monetario 4to año} = 313.000.000 - 212.840.000 - 2.542.197$$

$$\text{Flujo Monetario 4to año} = 102.702.197 \text{ BsF}$$

Se procede luego a ubicarlos en la escala del tiempo (las cantidades se encuentran expresadas en BsF):



6.1.4 Valor Actual

Obteniéndose finalmente: $VA(16,41\%) = 275.296.408,537 \text{ BsF}$

El hecho de que este resultado sea mayor que cero quiere decir que el proyecto es rentable ya que sí se generan beneficios, incluso superiores a los mínimos requeridos para recuperar la inversión.

CONCLUSIONES

Como conclusiones de este Trabajo Especial de Grado se tienen:

- Los objetivos planteados en el siguiente Trabajo Especial de Grado fueron alcanzados, ya que se fue dando cumplimiento a cada uno de ellos durante el Diseño de una nueva Línea de flejado y forrado.
- Se recopiló y se evaluó información necesaria para el diseño de la línea, obteniendo como resultado los criterios de diseño para la elaboración de este proyecto,
- Luego de realizar los análisis pertinentes a todas las variables críticas del área seleccionada, se diseñó la 3ra línea de empaque de acuerdo a las necesidades de la empresa y del producto.
- Se utilizaron herramientas de Ingeniería Industrial como los estudios de tiempos, muestreos de trabajo, distribución de almacenes, AMEF, entre otros, los cuales permitieron evaluar, de una manera más fundamentada todos los problemas pertenecientes a esta área.
- Se evaluó económicamente el diseño de la nueva línea como las actividades de redistribución, obteniéndose un $VA(16,41\%) = 3.678.822.986,26$ BsF. lo cual indica la rentabilidad del proyecto por ser el Valor Actual mayor a cero. De igual manera se obtuvo un tiempo de recuperación de la inversión de 2,13 años.
- Según el estudio de muestreo de trabajo y el cronometrado realizado se concluye que hay un déficit de paletas sin flejar de 164 unidades. Al igual que para las forradoras se deben realizar más observaciones para obtener el número necesario de ellas según la precisión del estudio.

RECOMENDACIONES

Se consideran importantes las siguientes recomendaciones:

- Implantar la propuesta del diseño de la 3ra Línea de empaque para los paletas con envases de exportación, al igual para el apoyo de paletas con productos nacionales.
- Se recomienda realizar un muestreo de trabajo, por un tiempo aproximado de un mes, luego de haber realizado todas las actividades descritas en cada propuesta, de manera que se pueda evidenciar la disminución de fallas y tiempos improductivos de cada una de las líneas.
- Realizar por parte del personal de electronica de esta área, un programa que permita llevar un registro de fallas para todas las máquinas, actualmente cada máquina lleva solo un historial de fallas diario y solo puede revisarse por medio de los paneles de control respectivos, por lo que esto sería de gran ayuda para el personal de mantenimiento al evidenciar fallas repetitivas en alguna máquina, ya sea flejadora o forradora.
- Con respecto a los planes de mantenimiento, se propone realizar la limpieza de los paneles de control debido a que puede generar cortos en los circuitos de cada máquina por falta de limpieza.
- Realizar un estudio para determinar la cantidad de lámparas necesarias para esta área, ya que como fue descrito en el capítulo IV, ésta no cumple con los valores requeridos por la norma correspondiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

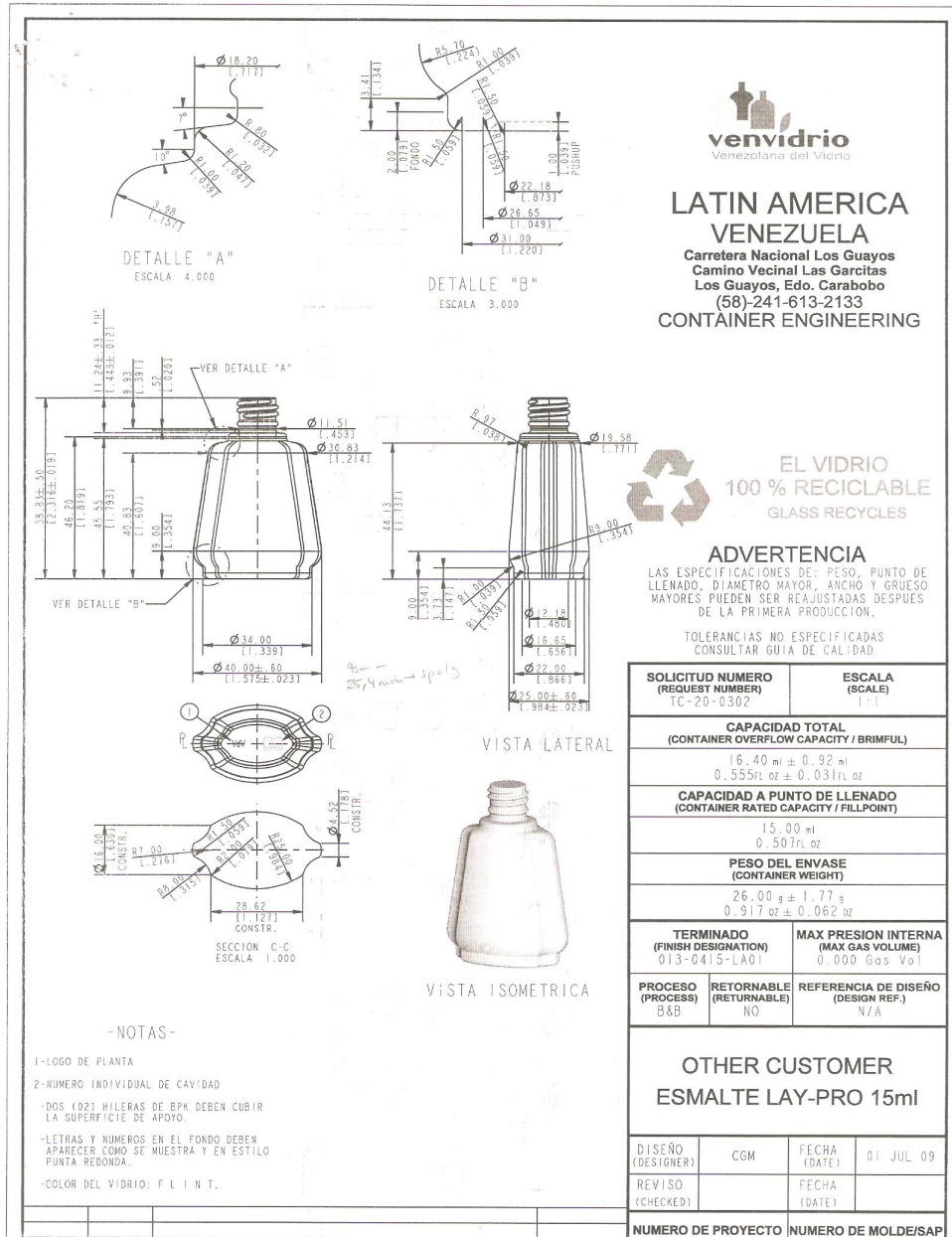
- Acuña, J (2005). *Mejoramiento de la calidad: un enfoque a los servicios*. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Primera Edición. Costa Rica.
- Arias, F (1999). *El Proyecto de Investigación*. Editorial Episteme. Tercera Edición. Caracas, Venezuela.
- Burgos, F (2005). *Ingeniería de Métodos: Calidad-Productividad*. Editado por Dirección de Medios y Publicaciones de la Universidad de Carabobo. Quinta Edición. Carabobo, Venezuela.
- Castillo y Villanueva (2008). *Diseño y Evaluación económica para una línea de envasado de alcohol medicinal y Biocida en la empresa BISCAY C.A.* Tesis de grado para optar al Título de Ingeniero Industrial. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Gómez, E y Núñez (2006). *Plantas Industriales*. Editado por Dirección de Medios y Publicaciones de la Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Gomez, E y Rachadell, F. (2005). *Manejo de Materiales*. Editado por Dirección de Medios y Publicaciones de la Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Olivares I y Rattia P, (2009). *Diseño de línea de ensamble de equipos de sonido para los vehículos Aveo/Spark. Caso: Audiovox Venezuela C.A.* Tesis de grado para optar al Título de Ingeniero Industrial. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

- Rodriguez L(2006). *Diseño de una línea de ensamble de pisos delanteros y traseros Grand Cherokee 2006 para la empresa OCI-Metalmecanica, C.A.* Tesis de grado para optar al Título de Ingeniero Industrial. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.
- UPEL (2006). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*. Edita por FEDUPEL de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Tercera Edición. Caracas, Venezuela.
- De Alvarado, C y De Betancourt, C y De Salama, I y Torrealba, V (2007). *Evaluación de Proyectos de Inversión*. Quinta Reimpresión. Editado por Dirección de Medios y Publicaciones de la Universidad de Carabobo. Quinta Edición. Carabobo, Venezuela.

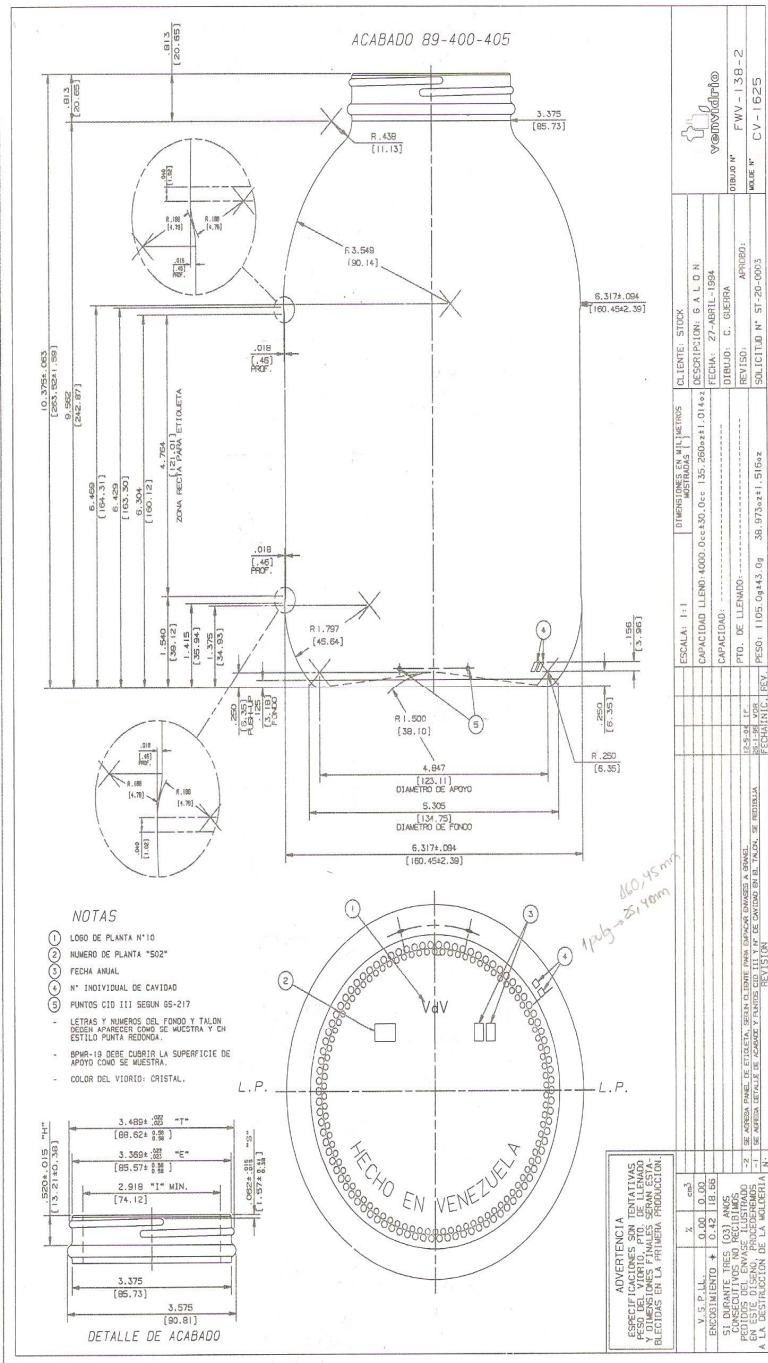
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- Scribd. (2010). [On-line] Mantenimiento Productivo Total por Carola Gómez Santos. Extraído el día 10 de junio de 2012 de <http://es.scribd.com/doc/6884750/MANTENIMIENTO-PRODUCTIVO-TOTAL-TPM>

ANEXO A. PRODUCTO NACIONAL

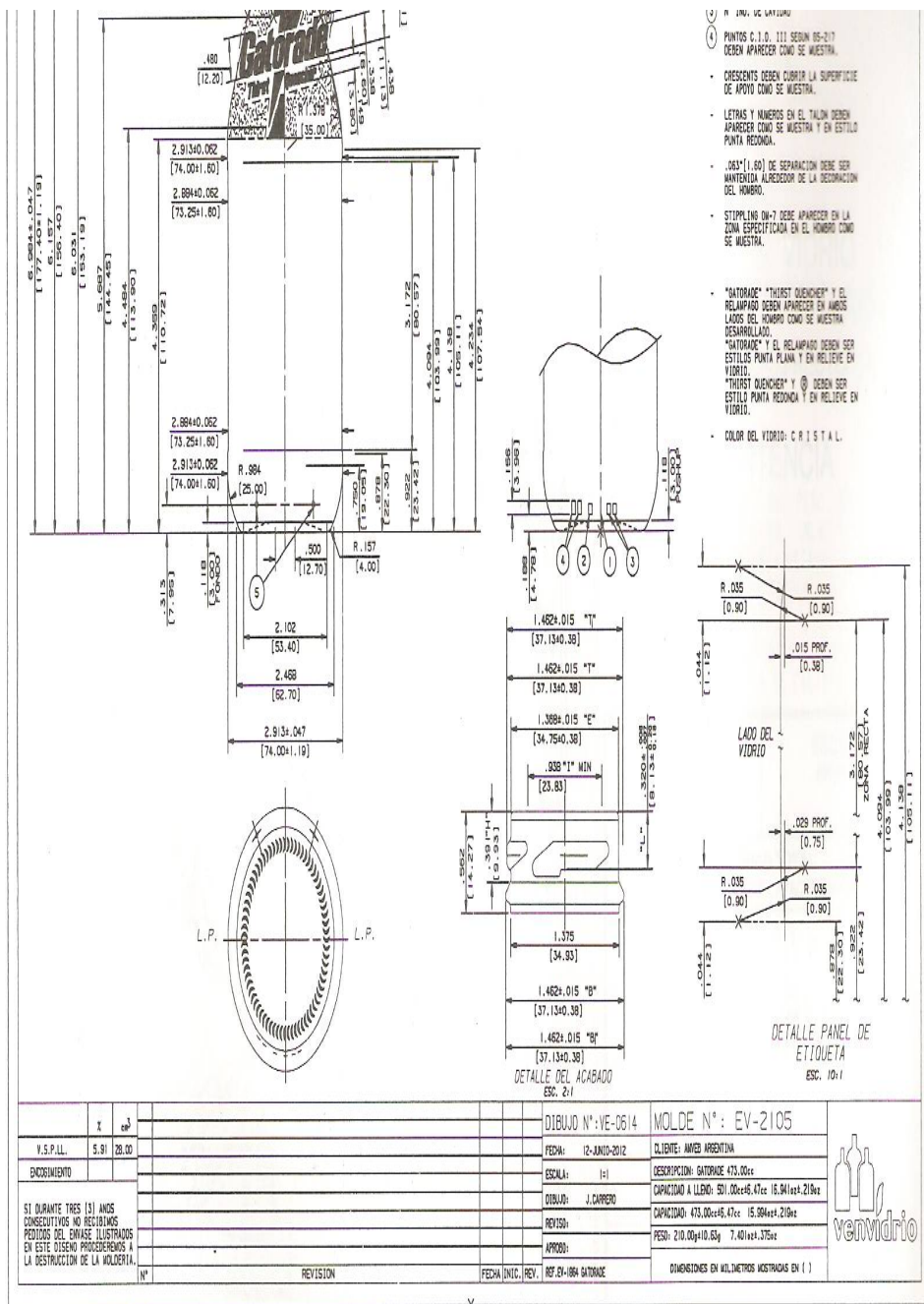


Fuente de elaboración: Venezolana del Vidrio

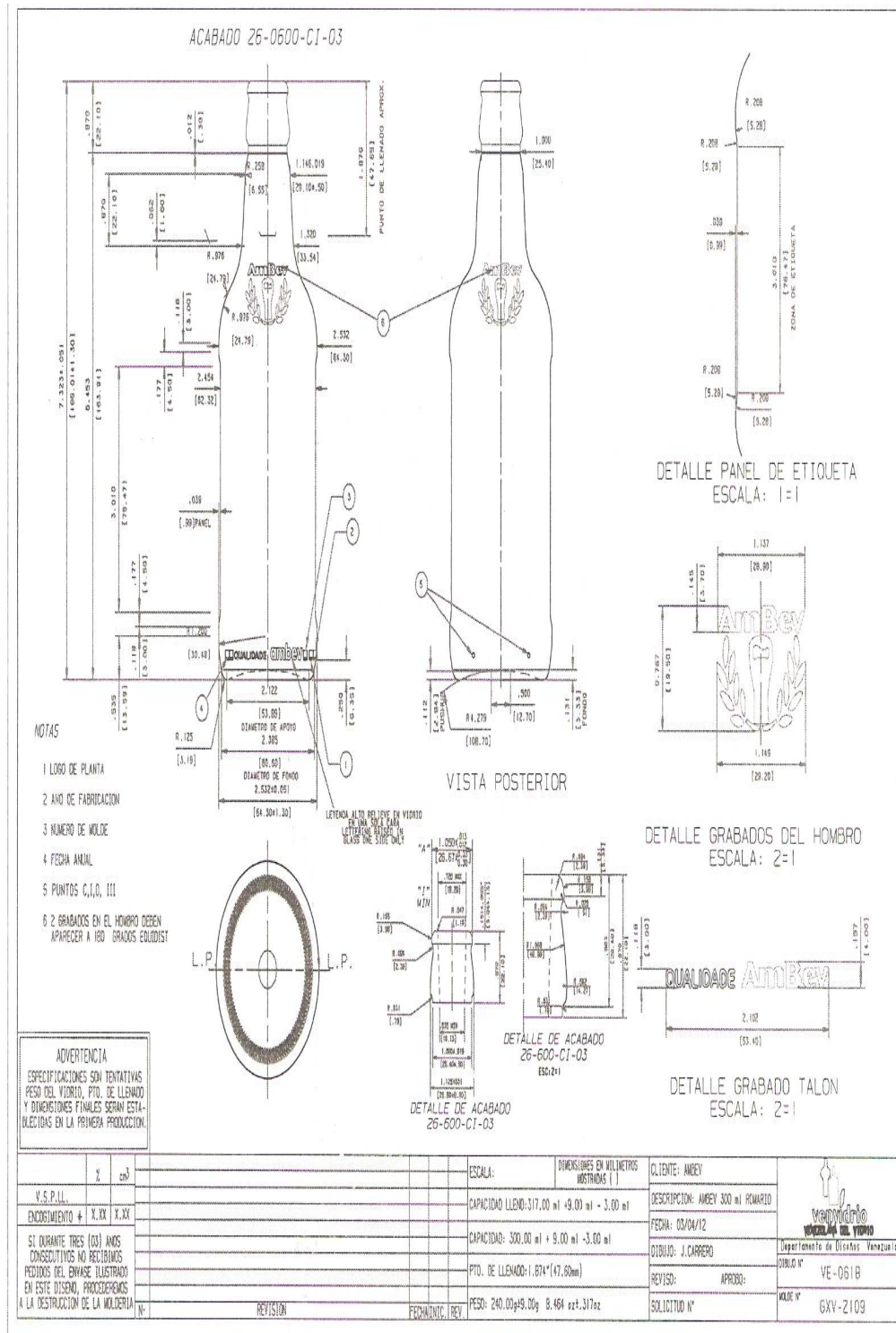


Fuente de elaboración: Venezolana del Vidrio

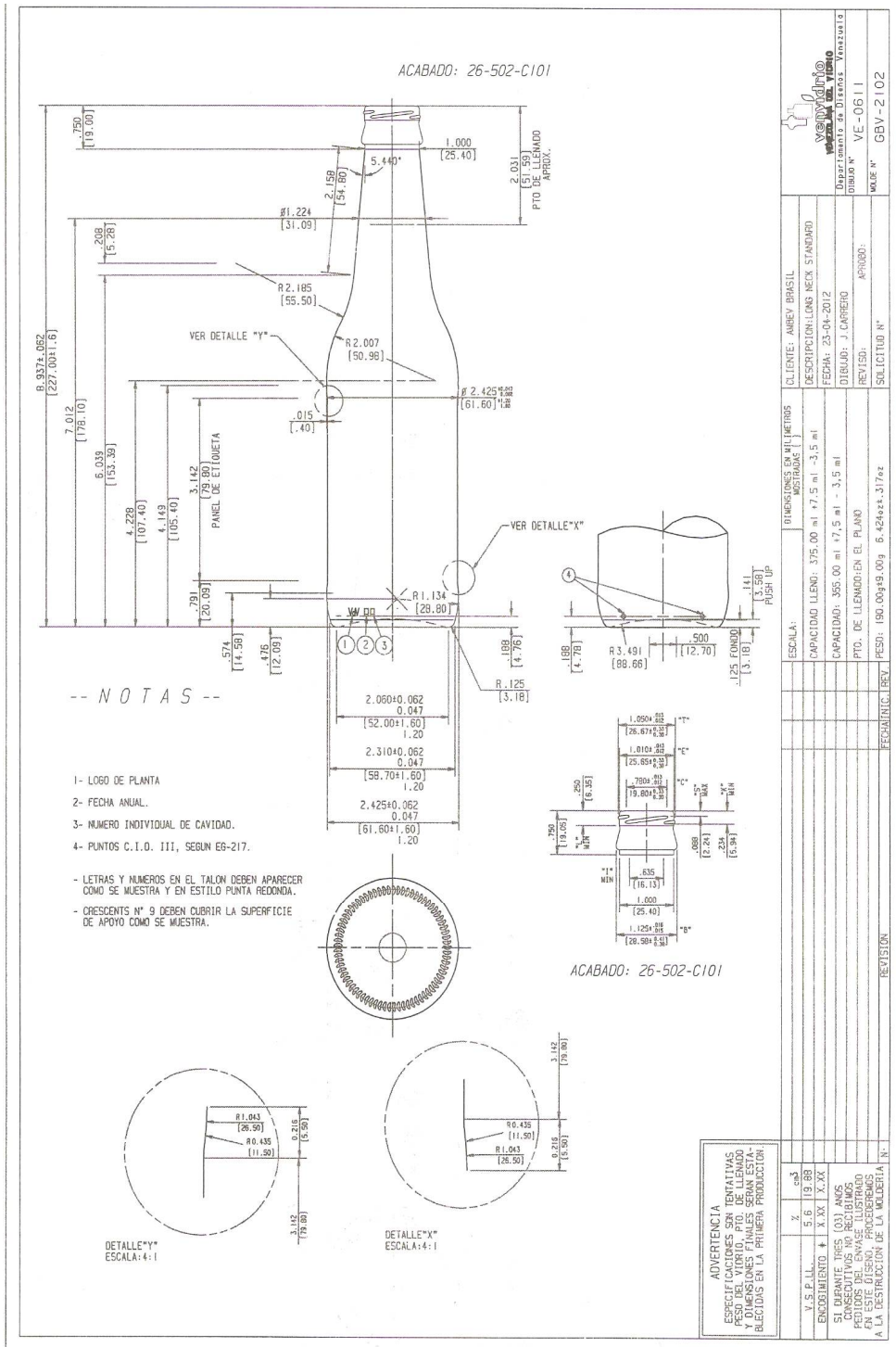
ANEXO B. PRODUCTO DE EXPORTACIÓN



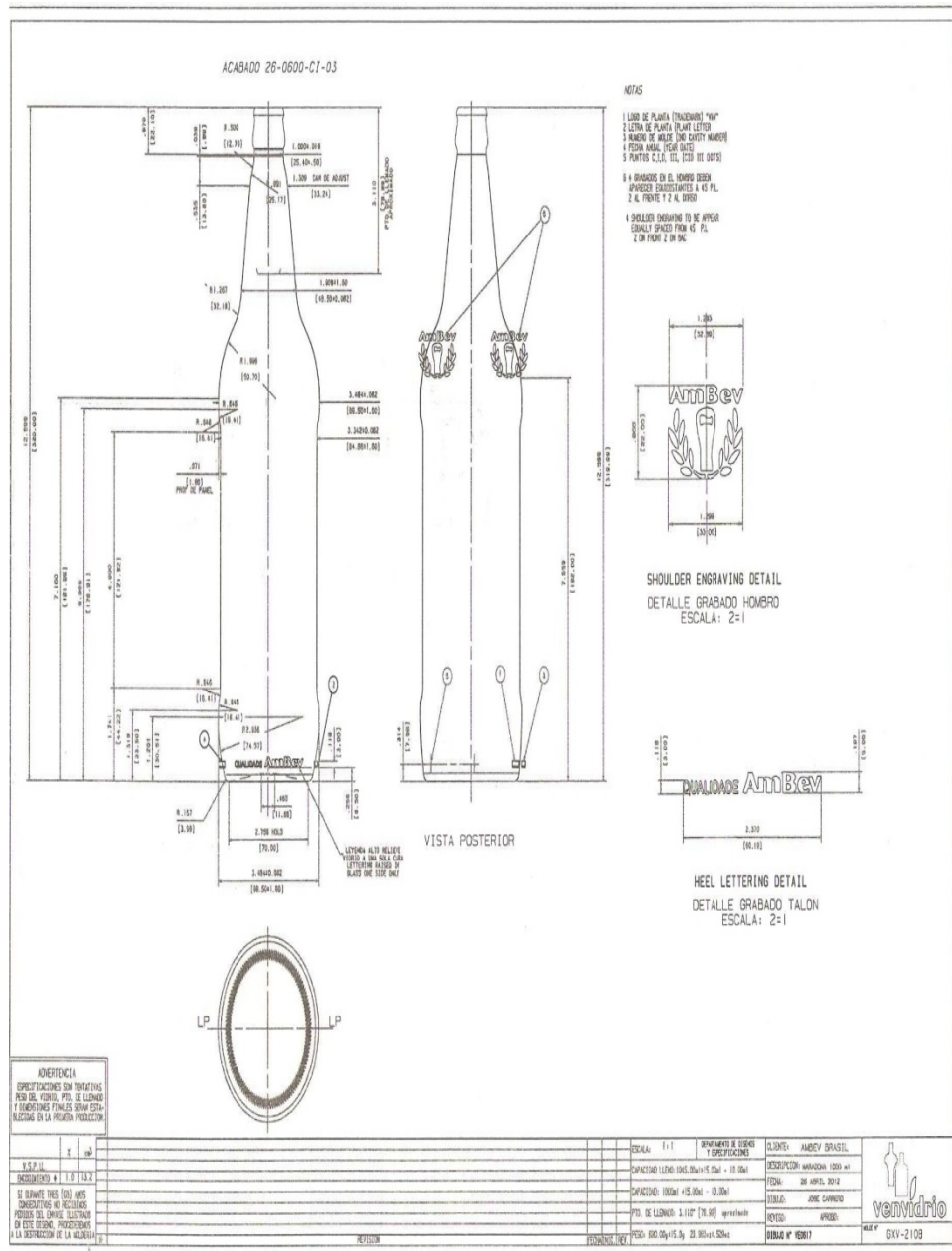
Fuente de elaboración: Venezolana del Vidrio



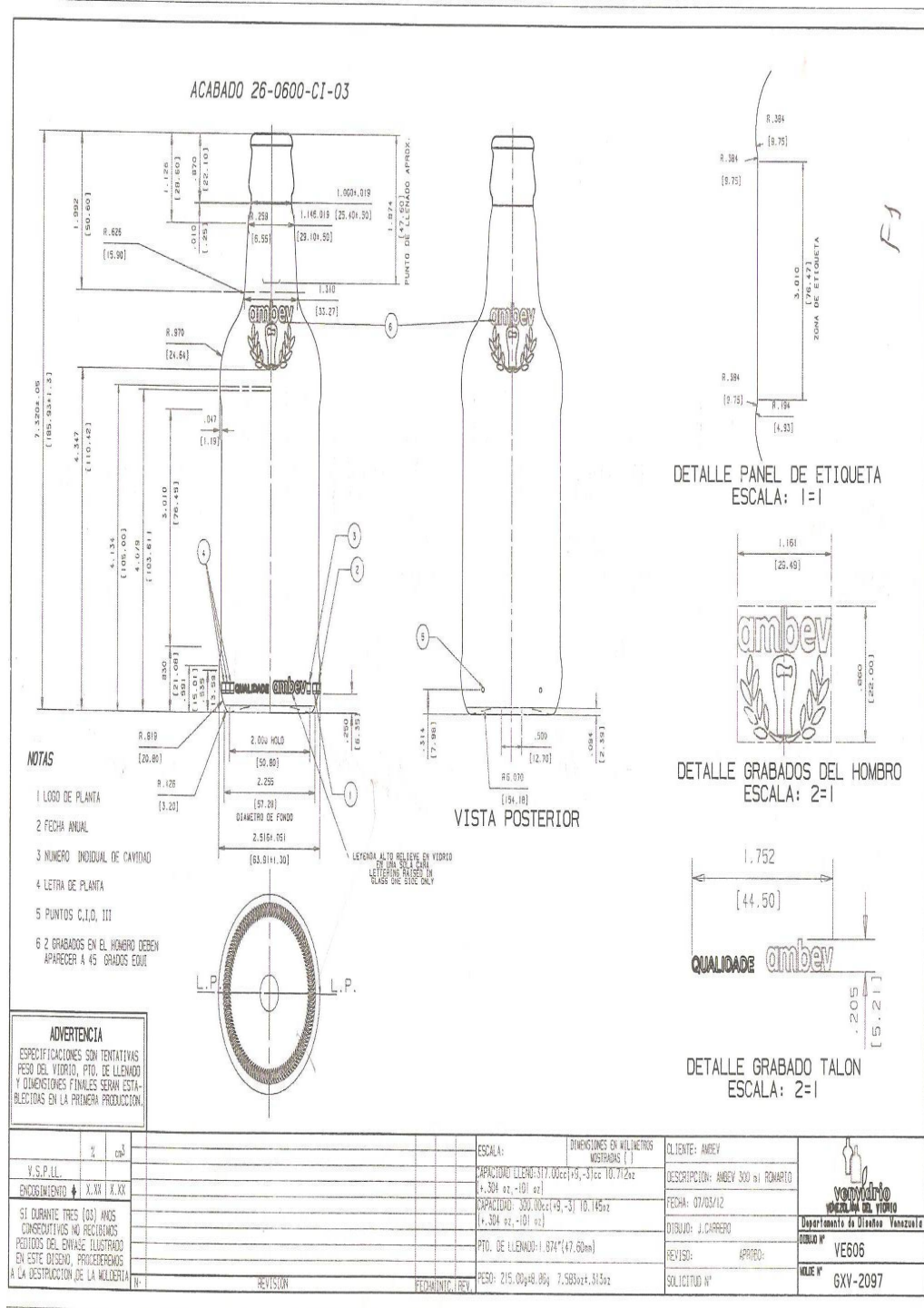
Fuente de elaboración: Venezolana del Vidrio



Fuente de elaboración: Venezolana del Vidrio

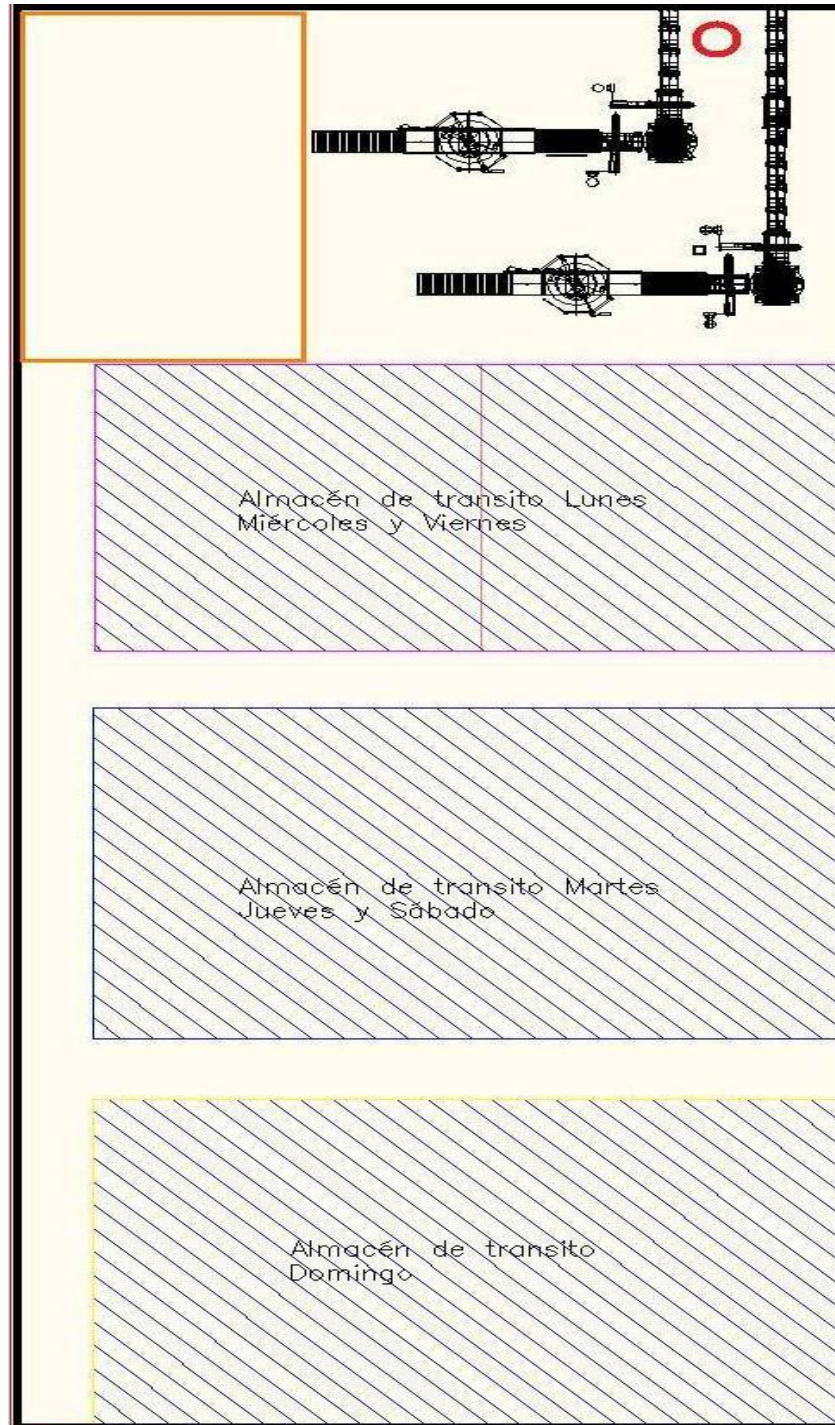


Fuente de elaboración: Venezolana del Vidrio



Fuente de elaboración: Venezolana del Vidrio

ANEXO C.



APENDICE D. FORMATOS PARA EL ESTUDIO DE MUESTREO

LUGAR DE LA FALLA		TIPO DE FALLA	1	2	3
ANDÉN A	FLEJADORA 1	A01-Tiempo máximo de lanzamiento cabezal	2	1	6
		A11- Tiempo máximo movimiento ballesta 1	1		1
		A24-Fotocélula ballesta 1 obstruida en fase de salida	1	2	2
		A33-Final fleje de bobina 1	1		
		TOTAL MÁQ PARADA/TURNO	5	3	9
		TOTAL MÁQ PARADA/DÍA	17		
	FLEJADORA 2	A01-Tiempo máximo de lanzamiento cabezal	5	1	4
		A11- Tiempo máximo movimiento ballesta 1	2	4	1
		A24-Fotocélula ballesta 1 obstruida en fase de salida	1	1	3
		A33-Final fleje de bobina 1	1		
		TOTAL MÁQ PARADA/TURNO	9	6	8
		TOTAL MÁQ PARADA/DÍA	23		
	FORRADORA 1	Ruptura stretch	8	2	9
		Paleta en el radio de giro fotocelda de entrada	3		
		TOTAL MÁQ PARADA/TURNO	11	2	9
		TOTAL MÁQ PARADA/DÍA	22		

Fuente de elaboración: Propia

LUGAR DE LA FALLA		TIPO DE FALLA	1	2	3
ANDÉN B	FLEJADORA 3	A01-Tiempo máximo de lanzamiento cabezal	4	1	3
		A11- Tiempo máximo movimiento ballesta 1		1	1
		A24-Fotocélula ballesta 1 obstruida en fase de salida	2	3	3
		A33-Final fleje de bobina 1	1		
		TOTAL MÁQ PARADA/TURNO	7	5	7
		TOTAL MÁQ PARADA/DÍA	19		
	FLEJADORA 4	A01-Tiempo máximo de lanzamiento cabezal	2	6	5
		A11- Tiempo máximo movimiento ballesta 1		1	1
		A24-Fotocélula ballesta 1 obstruida en fase de salida			4
		A33-Final fleje de bobina 1	1		1
		TOTAL MÁQ PARADA/TURNO	3	7	11
		TOTAL MÁQ PARADA/DÍA	21		
	FORRADORA 2	Ruptura stretch	12	7	6
		Paleta en el radio de giro fotocelda de entrada			
		TOTAL MÁQ PARADA/TURNO	12	7	6
		TOTAL MÁQ PARADA/DÍA	25		

Fuente de elaboración: Propia

ANEXO E. AMEF

EVALUACIÓN DE OCURRENCIA

Probabilidad de Falla	Proporción de Falla	Grado
Muy Alta: Fallas Persistentes	Mayor ó igual a 100 por cada mil	10
	50 por cada mil	9
Alta: Fallas frecuentes	20 por cada mil	8
	10 por cada mil	7
Moderada: Fallas ocasionales	5 por cada mil	6
	2 por cada mil	5
	1 por cada mil	4
Baja: Relativamente pocas fallas	0,5 por cada mil	3
	0,1 por cada mil	2
Remota: La falla es poco probable	Menor ó igual a 0,010 por cada mil	1

Fuente de elaboración: Dana Traction Technologies Venezuela

EVALUACIÓN DE DETECCIÓN

Detección	Criterio: Probabilidad de Detección por el Control de Diseño	Grado
Casi Imposible	Los controles de diseño no podrán detectar la causa potencial y el modo de falla subsecuente; ó no hay control de diseño.	10
Muy Remota	Probabilidad muy remota de los controles diseño para detectar la causa potencial y el modo de falla subsecuente.	9
Remota	Remota probabilidad de los controles diseño para detectar la causa potencial y el modo de falla subsecuente.	8
Muy Baja	Probabilidad muy baja de los controles diseño para detectar la causa potencial y el modo de falla subsecuente.	7
Baja	Baja probabilidad de los controles diseño para detectar la causa potencial y el modo de falla subsecuente.	6
Moderada	Moderada probabilidad de los controles diseño para detectar la causa potencial y el modo de falla subsecuente.	5
Moderada Alta	Probabilidad moderadamente alta de los controles diseño para detectar la causa potencial y el modo de falla subsecuente.	4
Alta	Alta probabilidad de los controles diseño para detectar la causa potencial y el modo de falla subsecuente.	3
Muy Alta	Probabilidad muy alta de los controles diseño para detectar la causa potencial y el modo de falla subsecuente.	2
Certeza Absoluta	Los controles de diseño detectarán, con certeza absoluta, la causa potencial y el modo de falla subsecuente.	1

Fuente de elaboración: Dana Traction Technologies Venezuela

EVALUACIÓN DE SEVERIDAD

Efecto	<i>Severidad del Efecto</i>	Grado
Peligro sin aviso	Muy alto valor de severidad cuando un modo de falla potencial afecta la seguridad de la operación del vehículo y/o involucra el no cumplimiento con Regulaciones Gubernamentales. La falla ocurrirá sin aviso.	10
Peligro con aviso	Alta valor de severidad cuando un modo de falla potencial afecta la seguridad de la operación del vehículo y/o involucra el no cumplimiento con Regulaciones Gubernamentales. La falla ocurrirá con aviso.	9
Muy Alto	Vehículo y/o item inoperable, con pérdida de la función principal.	8
Alto	Vehículo y/o item operable, pero con un nivel de desempeño reducido. Cliente muy insatisfecho.	7
Moderado	Vehículo y/o item, pero con algunos aspectos de confort y/o comodidad inoperables. Cliente insatisfecho.	6
Bajo	Vehículo y/o item operable, pero algunos aspectos de confort y/o comodidad operan a un nivel de desempeño reducido. El cliente experimenta cierta insatisfacción.	5
Muy Bajo	Aspectos de ensamble, acabado, chirrido y/o ruido no están conformes. Defecto detectado por la mayoría de los clientes (mayor al 75%).	4
Menor	Aspectos de ensamblaje, acabado, chirrido y/o ruido no están conformes. Defecto detectado por el 50% de los clientes.	3
Mínimo	Aspectos de ensamblaje, acabado, chirrido y/o ruido no están conformes. Defecto detectado por los clientes observadores (menos del 25%).	2
Ninguno	No hay efecto.	1

Fuente de elaboración: Dana Traction Technologies Venezuela

**ANEXO F. TASA DE INTERÉS ACTIVA DEL BANCO CENTRAL DE
VENEZUELA**

	A	B	C	D	E	F
1	SEIS PRINCIPALES BANCOS COMERCIALES Y UNIVERSALES					
2	TASAS DE INTERÉS ANUALES NOMINALES PROMEDIO PONDERADAS					
3	COBERTURA NACIONAL					
4	(Porcentajes)					
6		Base de		Operaciones	Depósitos a Plazo	Depósitos
7		Cálculo		Activas ^{1/}	a 90 días	de Ahorro
9	2012					
10	Octubre					
11	Semana al:					
13		19/10/12		16,14	14,50	12,50
14		11/10/12		17,66	14,50	12,50
15		05/10/12		15,71	14,50	12,50
17	Septiembre					
18	Semana al:					
19		28/09/12		16,44	14,50	12,50
20		21/09/12		17,50	14,50	12,50
21		14/09/12		17,01	14,50	12,50
22		07/09/12		16,59	14,50	12,50
24	Agosto					
25	Semana al:					
26		31/08/12		16,37	14,50	12,50
27		24/08/12		17,41	14,50	12,50
28		17/08/12		16,42	14,50	12,50
29		10/08/12		17,55	15,00	12,50
30		03/08/12		15,35	14,94	12,50
	Seis Principales Bancos					

Fuente de elaboración: Banco Central de Venezuela