

UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA INGENIERIA INDUSTRIAL



**REDISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE Y EMPAQUE EN LA LÍNEA DE
FABRICACIÓN DE TUBERÍA EN ACERO APLICANDO AUTODESK
INVENTOR**

Presentado por:

TSU. ESP. ELENA IVETTE LOGAN ALFARO

TRUJILLO, 2022

UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA INGENIERIA INDUSTRIAL



**REDISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE Y EMPAQUE EN LA LÍNEA DE
FABRICACIÓN DE TUBERÍA EN ACERO APLICANDO AUTODESK
INVENTOR**

Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Presentado por:

TSU. ESP. ELENA IVETTE LOGAN ALFARO

Tutor

Dr. WILMER MÉNDEZ

TRUJILLO, 2022



**VICERRECTORADO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍA**

VEREDICTO

Nosotros, **Prof. María T. Bravo, Prof. Gilberto Rojas, y Prof. Wilmer Méndez**, designados como miembros del Jurado Examinador del Trabajo de Grado titulado **"REDISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE Y EMPAQUE EN LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE TUBERÍA EN ACERO APLICANDO AUTODESK INVENTOR "** que presenta la T.S.U: **Logan Alfaro Elena Ivette**, portadora de la C.I. N° **13.904.337**, nos hemos reunido para revisar dicho trabajo y después de la presentación, defensa e interrogatorio correspondiente lo hemos calificado con: veinte **(20)** puntos, de acuerdo con las normas vigentes dictadas por el Consejo Universitario de la Universidad Valle del Momboy, referente a la evaluación de los Trabajos de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial

En fe de lo cual firmamos en Valera a los dieciocho (18) días del mes de noviembre del dos mil veintidós (2022).

Prof. Gilberto Rojas
C.I. 19.285.228
JURADO

Prof. Wilmer Méndez
C.I. 5.501.239
TUTOR

Prof. María T. Bravo
C.I. 9.016.405

PRESIDENTE DEL JURADO



Prof. Marilyn Briceño
C.I. 13.205.436
DECANO



Prof. Ana Linares
C.I. 9.013.217
VICERRECTORA



UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL



ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Carvajal, 08 de agosto de 2022.

Ciudadano: Ing. Wilmer Méndez
Director del CIDIFI
Presente.-

Por medio de la presente, hago de su conocimiento, que ante la solicitud realizada por la ciudadana: **LOGAN ALFARO ELENA IVETTE**, portador de la **C.I. V-13.904.337**, acepto el compromiso de Tutorar el desarrollo de su trabajo de investigación titulado: **REDISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE Y EMPAQUE EN LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE TUBERÍA EN ACERO APLICANDO AUTODESK INVENTOR**, para optar al título universitario en **INGENIERIA INDUSTRIAL**; hasta su presentación y evaluación.

Atentamente,



Prof(a). Ing. Wilmer Méndez
C.I. N° 5.501.239

UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL



APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Prof. **Wilmer Méndez**, portador de la C.I.V.- **5.501.239**, en mi carácter de Tutor del Trabajo especial de Grado: **REDISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE Y EMPAQUE EN LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE TUBERÍA EN ACERO APLICANDO AUTODESK INVENTOR**, presentado por la TSU: **Elena Ivette Logan Alfaro**, portadora de la C.I: **13.904.337** respectivamente, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la Presentación Pública Y Evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En Valera, a los 27 días, del mes de septiembre de 2022.



Prof. Wilmer Méndez
C.I: 5.501239
TUTOR

DEDICATORIA

A mis amados hijos, Eliezer y Carlén.

A mis Padres, Manuel y María.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios en Quien confío y Quien todo lo puede hacer posible.

A quienes fueron soporte y estímulo para lograr esta meta, especialmente a Alexander.

A los Profesores de la Universidad Valle del Momboy, por su amplio apoyo en este proceso de mejora personal y profesional.

A todo el personal de la Empresa Perfiles en Frío Perfrica, C.A., quienes una vez más, brindaron todo su valioso aporte y apoyo para el feliz término de esta investigación.

A todos, mi reconocimiento y agradecimiento.

**UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA INGENIERIA INDUSTRIAL**

REDISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE Y EMPAQUE EN LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE TUBERÍA EN ACERO APLICANDO AUTODESK INVENTOR

Autor(es): TSU. ESP. Elena Ivette Logan Alfaro
Tutor(A): Dr. Wilmer Méndez
Año: 2022

RESUMEN

La manufactura de tubos en la empresa Perfiles en Frío PERFRICA, C.A., representa el proceso medular de la organización, por lo que mantener la calidad de sus productos y procesos es un factor esencial para la continuidad del negocio. Sin embargo, se han evidenciado una serie de fallas en una de sus líneas de producción de tubos, presentando muy baja confiabilidad en sus dos últimas etapas del proceso, específicamente en el sistema de corte y empaque, generando una serie de consecuencias que inciden directamente en los objetivos de la empresa. Es por ello que, manteniendo un enfoque en la mejora continua del sistema de gestión de la calidad de la organización, mediante este proyecto de investigación, basado en una metodología de diseño documental de campo no experimental, aplicando mediante la observación directa, sobre el sistema de corte y empaque de la línea de producción de tubos, con el uso de listas de chequeo desarrolladas para realizar el diagnóstico de las condiciones estructurales y funcionales actuales, así como determinar los requisitos de diseño para el cumplimiento con las especificaciones del producto y del proceso, se plantea un rediseño al sistema de corte y empaque aplicando Autodesk Inventor, como herramienta CAD, para generar los planos de los equipos y componentes que se requieren para presentar un diseño como propuesta que permita la mejora de la operatividad, productividad así como de las condiciones de operación de las últimas dos etapas del proceso.

Palabras clave: sistema productivo, diseño industrial, Inventor.

**UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA INGENIERIA INDUSTRIAL**

**REDESIGN OF THE CUTTING AND PACKING SYSTEM IN THE
STEEL PIPE MANUFACTURING LINE USING AUTODESK INVENTOR**

Autor(es): TSU. ESP. Elena Ivette Logan Alfaro.
Tutor(A): Dr. Wilmer Méndez
Año: 2022

ABSTRACT

The manufacture of tubes in the company Perfiles en Frío PERFRICA, C.A., represents the core process of the organization, so maintaining the quality of its products and processes is an essential factor for business continuity. However, a series of failures have been evidenced in one of its tube production lines, presenting very low reliability in its last two stages of the process, specifically in the cutting and packaging system, generating a series of consequences that directly affect company goals. That is why, maintaining a focus on the continuous improvement of the organization's quality management system, through this research project, based on a non-experimental field documentary design methodology, applied through direct observation, on the system cutting and packaging of the tube production line, with the use of checklists developed to diagnose the current structural and functional conditions, as well as determine the design requirements for compliance with the product and process specifications , a redesign of the cutting and packaging system is proposed, applying Autodesk Inventor, as a CAD tool, to generate the plans of the equipment and components that are required to present a design as a proposal that allows the improvement of the operability, productivity as well as of the operating conditions of the last two stages of the process.

Keywords: production system, industrial design, Inventor.

INDICE

DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
RESUMEN	8
INDICE	10
INDICE DE TABLAS	13
INDICE DE FIGURAS	14
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I	18
EL PROBLEMA	18
Planteamiento del problema	18
Problema general	21
Objetivo general	22
Rediseñar el sistema de corte y de empaque en la línea de fabricación de tubería en acero aplicando Autodesk Inventor.	22
Objetivos específicos	22
Justificación de la Investigación	22

	11
Teórica	22
Práctica	23
Metodológica	23
Social	24
Alcances y Limitaciones	24
Alcances	24
Limitaciones	25
CAPÍTULO II	26
MARCO TEORICO	26
Antecedentes de la Investigación	26
Antecedentes Nacionales	26
Antecedentes Internacionales	28
Bases teóricas	31
Definición de términos básicos	40
Operacionalización de las Variables	42
CAPÍTULO III	43
MARCO METODOLOGICO	43
Tipo y Diseño de la investigación	43
Tipo de investigación	43

	12
Diseño de la investigación	44
Población y muestra	45
Técnicas e instrumento de recolección de datos	45
Procesamiento y análisis de datos	46
CAPÍTULO IV	50
ANALISIS DE RESULTADOS	50
CAPÍTULO V	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
Conclusiones	62
Recomendaciones	64
CAPÍTULO VI	65
LA PROPUESTA	65
REFERENCIAS	80
ANEXOS	84

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables	42
Tabla 2. Lista de chequeo del Sistema de Corte	48
Tabla 3. Lista de chequeo de la Mesa de Empaque	49
Tabla 4. Análisis de la situación actual del sistema de corte	51
Tabla 5. Análisis de la situación actual de la mesa de empaque	55
Tabla 6. Condiciones y necesidades requeridas para el diseño del sistema de corte	58
Tabla 7. Condiciones y necesidades requeridas para el diseño de la mesa de empaque	59

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Situación actual del sistema de corte	51
Figura 2. Sierra de corte actual	53
Figura 3. Situación actual de la mesa de empaque	55
Figura 4. Volquete de la mesa de empaque	56
Figura 5. Mesa de empaque actual	56
Figura 6. Requisitos de diseño del sistema de corte	58
Figura 7. Requisitos de diseño de la mesa de empaque	59
Figura 8. Mesa del Tallyrand	66
Figura 9. Bancada y carro de la sierra	67
Figura 10. Bancada y carro de la sierra (vista posterior)	67
Figura 11. Plano de la mesa del tallyrand	68
Figura 12. Plano de la bancada y carro de la sierra	69
Figura 13. Mesa de empaque	70
Figura 14. Mesa de empaque (sección de la vista principal)	71
Figura 15. Ensamblaje de chumacera con rodamiento de bola	72

	15
Figura 16. Polea de doble canal para transmisión de movimiento entre rodillos	72
Figura 17. Rodillo	73
Figura 18. Ensamblaje de rodillo	73
Figura 19. Plano del rodillo	74
Figura 20. Plano de la mesa de empaque	75
Figura 21. Plano de la mesa de empaque (vista superior)	76
Figura 22. Ensamblaje del sistema de corte y empaque (vista superior)	77
Figura 23. Ensamblaje del sistema de corte y de empaque	78
Figura 24. Plano del ensamblaje del sistema de corte y de empaque	79

INTRODUCCIÓN

Las organizaciones se mantienen en una evolución y cambios continuos, en la búsqueda de mejoras para sus procesos, productos o servicios. Las actividades de manufactura se ven enmarcadas en un dinamismo direccionado a la satisfacción de las diferentes partes interesadas de la empresa, siendo que la calidad de los productos es un factor determinante para la mantenibilidad en un mercado competitivo, siendo la forma como se elaboran estos productos, lo que define esa calidad. Es por ello, que contar con máquinas y equipos que estén de la mano con las nuevas tecnologías es imperativo para cualquier organización.

En este sentido, contar con herramientas tecnológicas que faciliten la búsqueda de alternativas de actualización de los equipos disponibles, implica una contribución importante para cualquier empresa. Tal es el caso de las herramientas CAD, específicamente, Autodesk Inventor, es una de las herramientas más versátiles que se emplean en la industria metalmecánica por sus funciones y su diseño dirigido a la creación de piezas o elementos mecánicos.

La presente investigación tiene como objetivo principal rediseñar el sistema de corte y empaque en la línea de fabricación de tubería en acero aplicando Autodesk Inventor. El tema seleccionado guarda especial interés para el investigador, ya que se relaciona de manera directa con las actividades laborales desempeñadas y la línea de fabricación representa un elemento diferenciador, así como un beneficio mutuo para la empresa y el investigador.

La estructura del proyecto está comprendida por seis capítulos, a saber: un primer capítulo, en el cual se describe la problemática detectada que da origen al proyecto de investigación, la definición de los objetivos, su justificación, alcance y limitaciones. Un segundo

capítulo, el cual comprende la información de las bases teóricas asociadas a la variable del estudio, así como la definición de la terminología básica necesaria para aclarar los conceptos empleados en la formulación del problema y la operacionalización de las variables. Un tercer capítulo, comprendido por el marco metodológico que incluye las técnicas, procedimientos y criterios empleados durante la investigación. El cuarto capítulo, contentivo del análisis de los resultados obtenidos mediante la recopilación de la información y alineado a cada una de las dimensiones del proyecto, el quinto capítulo con las conclusiones y recomendaciones pertinentes y por último, el capítulo seis donde se presenta la propuesta para el nuevo diseño del sistema de corte y de empaque.

Para la ejecución del proyecto de investigación, se han dispuesto de los recursos necesarios y de la disposición de la empresa para la realización del mismo, manteniendo el respeto y conservando un alto grado de confidencialidad para que no se divulgue información que pueda afectar los intereses de la organización.

Así mismo, se han definido como herramientas para la recopilación de la información, aplicadas de manera directa sobre el objeto de estudio, dos listas de chequeo, desarrolladas bajo las normas COVENIN aplicables, a los fines de obtener un diagnóstico específico sobre el objeto de estudio y realizar un planteamiento más asertivo hacia la propuesta.

Este proyecto, se presenta bajo una metodología de diseño documental de campo no experimental orientada a la revisión de información y observación directa al objeto de estudio, para el planteamiento de una mejora desde el punto de vista de diseño industrial para los equipos que conforman el sistema de corte y de empaque de la línea de producción de tubos de acero en la empresa Perfiles en frío PERFRICA, C.A.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del problema

Actualmente, existen muchas empresas de manufactura en el mundo, que han dado pasos agigantados para avanzar hacia la generación de procesos industrializados inteligentes, vislumbrando un futuro nada distante de máquinas automatizadas, con la incorporación cada vez más, de nuevas y mejores tecnologías que permitan la optimización de los procesos. Es posible que, para muchas empresas venezolanas del sector metalmeccánico, este sea un escenario ideal apenas proyectado o en el mejor de los casos, estén dando sus primeros pasos.

La industria metalmeccánica en Venezuela, de acuerdo con Clemenza y *col.* (1997), ha representado un soporte esencial para muchos otros sectores en cuanto a suplir la demanda y el suministro de materiales de transporte, para la construcción, los servicios petroleros, materiales de bienes y servicios, para trabajos de ingeniería, entre muchos otros. Siendo éste, un sector manufacturero, en el que durante mucho tiempo, logró aprovechar un desarrollo tecnológico importante, debido a políticas de importación. Un ejemplo notable, es el caso de la Empresa Perfiles en Frío PERFRICA, C.A.

La Empresa Perfiles en Frío PERFRICA, C.A., es una organización establecida con una trayectoria de negocios en el mercado venezolano, desde hace más de 40 años, tiempo, en el que ha evolucionado y ha incorporado a sus procesos de manufactura de tubería en acero, elementos requeridos para la mejora continua, no sólo para el producto sino también de los procesos. Contando con un Sistema de Gestión de la Calidad certificado, establecido y mantenido por más

de 10 años ininterrumpidos, logró generar estrategias para la continuidad del negocio, hasta que, por eventos desafortunados, en el año 2018, se ve en la obligación de cesar sus operaciones.

Actualmente, la empresa ha retomado las actividades comerciales y por ende la manufactura de sus productos. Según Logan (2012), la gama de tubería fabricada en acero de diferentes grados de calidad, son elaborados bajo estándares y especificaciones de normas nacionales e internacionales, tales como normas COVENIN Y ASTM. (p. 17) La empresa cuenta con una línea de corte para un producto semielaborado y con cuatro líneas de producción de tubos, en las que se fabrica la tubería, en diferentes geometrías.

A finales de los años setenta, se realizó la instalación de una de las primeras líneas de fabricación de tubería en acero, la denominada Línea 12. Es donde son procesados tubos en una gama media en relación a las dimensiones, cuyas geometrías son redondas, cuadradas, y rectangulares, los cuales son empleados para la construcción y herrería en general, es una de las más antiguas, instalada desde la fundación de la empresa.

Para ese entonces, se contaba con equipos robustos y de muy buena tecnología para la época. Sin embargo, con el pasar de los años y el desgaste por el uso, se fueron convirtiendo en equipos con componentes y tecnologías manuales y analógicas, generando, además, continuas y cada vez más frecuentes limitaciones para el cumplimiento del mantenimiento preventivo, cuyos repuestos requeridos para su ejecución, son escasos en el mercado.

Es por esto que, en las etapas del proceso de conformación de la tubería, consideradas esenciales bajo los requisitos de norma, y que están asociadas con los acabados del corte, longitud y además, por requerimientos especiales de los clientes, relacionados con el empaquetado, se han visto afectadas por la baja confiabilidad del equipo, lo cual, ha generado como

consecuencia, incumplimientos en las especificaciones del producto, limitaciones para el mantenimiento preventivo, imposibilidad del cambio de repuestos y componentes, así como un proceso productivo ineficiente, en el que, se evidencian un incremento en las paradas operativas incurriendo en incumplimiento de la productividad, la falta de confiabilidad en las mediciones, generan reclamos por parte de los clientes, el incremento en los reprocesos y desperdicios del producto así como en los costos de calidad, adicionalmente, las condiciones del proceso representan una fuente de riesgos para el personal que labora en el área de empaque, ocasionando un incremento en los índices de accidentes laborales.

En vista de la falta de confiabilidad en el sistema de corte y empaque de la tubería, debido, posiblemente, al estado general de obsolescencia, y a la falta de un área responsable exclusivamente de los proyectos, cuya responsabilidad hasta ahora, ha recaído sobre las áreas de Mantenimiento y de la Gerencia General de Operaciones, es necesario plantearse la interrogante si ¿con la elaboración de un diseño industrial del sistema de corte y empaque en la línea de fabricación de tubería en acero aplicando Autodesk Inventor, se propone una mejora en la Empresa Perfiles en Frío PERFRICA, C.A., como alternativa para incrementar la productividad y lograr la calidad del producto requerida?

Problemas de la investigación

Debido a lo planteado, se presentan partiendo desde lo general a lo específico, las siguientes interrogantes para la investigación:

Problema general

¿Cómo se puede mejorar el sistema de corte y empaque en la línea de fabricación de tubería en acero en la Empresa Perfiles en Frío PERFRICA, C.A.?

Problemas específicos

¿Cuál es el estado actual del sistema de corte y de empaque en la línea de fabricación de tubería en acero en la Empresa Perfiles en Frío PERFRICA, C.A.?

¿Cuáles son los requisitos de diseño de los equipos de corte y de empaque en la línea de fabricación de tubería en acero, para dar cumplimiento con las especificaciones del producto y del proceso?

¿Qué se propone para la mejora del sistema de corte y de empaque en la línea de fabricación de tubería en acero de la Empresa Perfiles en Frío PERFRICA, C.A.

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Rediseñar el sistema de corte y de empaque en la línea de fabricación de tubería en acero aplicando Autodesk Inventor.

Objetivos específicos

Diagnosticar el estado actual del sistema de corte y de empaque en la línea de fabricación de tubería en acero en la Empresa Perfiles en Frío PERFRICA, C.A.

Determinar los requisitos de diseño de los equipos de corte y de empaque en la línea de fabricación de tubería en acero, para el cumplimiento con las especificaciones del producto y del proceso.

Rediseñar el sistema de corte y de empaque para la mejora en la línea de fabricación de tubería en acero aplicando Autodesk Inventor para la Empresa Perfiles en Frío PERFRICA, C.A.

Justificación de la Investigación

Teórica

En vista de la alta data de la línea de fabricación de tubería en acero, este, carece de un manual original del proveedor, así como de planos industriales o de cualquier otro documento que facilite o apoye el servicio y mantenimiento de los equipos. Por medio del proyecto de

investigación, se pretende aportar información relacionada con la estructura de los equipos y componentes del sistema de corte y de empaque, con base en la aplicación de herramientas tecnológicas para la elaboración de un diseño acorde a las necesidades de la línea de producción, así como con el empleo de las bases normativas venezolanas aplicables a los procesos de mantenimiento y para la evaluación en la gestión tecnológica.

Práctica

Elaborar un rediseño con alcance industrial del sistema de corte y de empaque en la línea de producción de tubos, implica una mejora significativa desde el punto de vista operacional, no sólo para brindar beneficios a nivel económico para la organización, sino que implica mejoras en la ejecución de los procesos descritos para el personal que interviene en la fabricación de la tubería en acero. Se brinda además información práctica de valor para el personal que ejecuta las actividades de Mantenimiento de los equipos y componentes, así como buscar alternativas para facilitar las labores que se ejecutan en el área.

Metodológica

Actualmente, existen en el mercado venezolano, un número importante de empresas pertenecientes al sector metalmecánico. Sin embargo, desde el punto de vista académico, es poco común encontrar registros de investigaciones anteriores asociadas directamente al objeto de estudio, por lo cual, presentar información relacionada con el sistema de corte y empaque para una línea de fabricación de tubos de acero, permitirá generar las bases necesarias para futuros trabajos de investigación.

Brindar herramientas que permitan ampliar un abanico de opciones al momento realizar un proyecto de mejora o propuestas aplicadas al diseño, rediseño, instalación, cambios de componentes y equipos, con el fin de ofrecer a la organización alternativas factibles, para el análisis o evaluación de los diferentes aspectos que están implícitos en el trabajo de investigación, abordando, por ejemplo, datos económicos, de calidad, productividad y eficiencia.

Social

El presentar un proyecto de investigación, en la cual la mejora del equipo, es directamente proporcional a la mejora en la calidad del producto, mejora de las condiciones laborales, permite el cumplimiento de los requisitos del cliente o hasta superar sus expectativas, es un valor agregado que va más allá de los beneficios propios de la empresa. Adicionalmente, representa un marco de referencia para otros investigadores, que pretendan abordar aspectos relacionados con la industria metalmeccánica.

Alcances y Limitaciones

Alcances

El proyecto de investigación, aborda cuatro aspectos principales para desarrollar:

El diagnóstico, la determinación de condiciones y necesidades para la presentación de la propuesta y el rediseño del equipo objeto de estudio y sus componentes. Estos aplicados específicamente al sistema de corte y empaque de la línea de fabricación de tubería en acero en la Empresa Perfiles en Frío PERFRICA, C.A., la cual está ubicada en la población de Santa Lucía del Tuy, del Estado Miranda.

Limitaciones

Durante la evaluación inicial para presentar la propuesta, se han identificado, algunas limitaciones asociadas a la investigación, con lo cual, no se pretenden establecer éstas, como posibles únicas limitaciones existente para el desarrollo del proyecto de investigación. Sin embargo, se considera como un factor primordial para la organización y sujeto de estudio, mantener un alto grado de confidencialidad y discreción con la información que será presentada en el proyecto de investigación y/o que puedan afectar la susceptibilidad de los procesos de fabricación.

Adicionalmente, los antecedentes que puedan estar relacionados con las variables de la investigación, no son tan limitados como lo pueden ser, los relacionados propiamente dicho, con el objeto de estudio. Por lo que se busca la asociación con procesos similares y de data reciente. Este proyecto de investigación está planteado para ser desarrollado en la Empresa, durante un periodo aproximado de cuatro meses, a partir del mes de junio hasta octubre de 2022.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

Para este capítulo, se han determinado como fundamentos teóricos, una serie de antecedentes tanto nacionales como internacionales, que conservan alguna relación con la investigación y tienen relevancia para el desarrollo del proyecto, además de las bases teóricas y la definición de la terminología utilizada, que permiten abordar y clarificar cada uno de los aspectos relacionados con la propuesta de mejora para el sistema de corte y de empaque de la línea de fabricación de tubería en acero, estableciendo un marco referencial para facilitar en la línea de investigación asociada al diseño industrial, la presentación de una propuesta en concordancia y/o alineada a la resolución de la problemática planteada en el capítulo anterior.

Antecedentes de la Investigación

Antecedentes Nacionales

Torres (2021). “Diseño de cabezal para la transformación de una fresadora convencional a una máquina de control numérico computarizado en la Empresa SUSEIM, C.A.” Decanato de Ingeniería de la Universidad Valle del Momboy. Estado Trujillo. Para optar al título de Ingeniero Industrial, presenta una investigación descriptiva, de tipo documental y proyectiva, la cual tiene como objetivo, diseñar un cabezal para la transformación de una fresadora convencional a una máquina de control numérico computarizado en la empresa SUSEIM.

Para la metodología de la investigación, el autor, señala que la investigación, le permite determinar la realidad existente en la empresa, el cual conlleva a la transformación del equipo,

además de realizar una revisión documental, con énfasis en los planos, hasta la ejecución del diseño de la máquina de control numérico. En la aplicación de las herramientas para la recolección de información, se aplicó la observación directa sobre el objeto de estudio, además de la aplicación de entrevistas al Gerente de la empresa obtenida mediante un cuestionario con un total de cuatro preguntas abiertas, en las cuales, se indica la necesidad de un diseño detallado y preciso para la fresadora a fin de asegurar el buen funcionamiento del equipo partiendo del diseño en 2D al 3D, utilizando el software SolidWorks.

En sus conclusiones y recomendaciones, hace énfasis en la aplicación de un proceso de reingeniería de las medidas para el diseño de las piezas y la propuesta, con relevancia en seguir cada una de ellas para lograr el funcionamiento adecuado del equipo. Esta investigación está relacionada con el proyecto, dada la aplicación del software de diseño, para este caso fue empleado SolidWorks, como herramienta CAD, sobre equipos de uso industrial, con el que se pudo realizar de manera detallada el prototipo de la máquina en 2D y 3D, para la mejora del funcionamiento y optimización del equipo que se puede obtener con la aplicación de la propuesta de diseño.

Vielma (2021). “Manual de diseño y distribución de plantas industriales basado en CAD para la Universidad Valle del Momboy.” Escuela de Ingeniería Industrial. Estado Trujillo, Venezuela. Para optar al título de Ingeniero Industrial, el autor presenta una investigación proyectiva con un diseño de campo, con el objetivo de proponer un Manual de Diseño y distribución de plantas industriales, basado en CAD para la Universidad Valle del Momboy. El autor, dando cumplimiento a los objetivos establecidos para el proyecto de investigación, determinó, las capacidades de los laboratorios de computación de la sede Estovacuy, para la aplicación del manual de diseño y distribución de plantas propuesto, con contenido de

metodologías de diseño asistido por computador, las cuales, la principal herramienta, es el software AutoCAD. Para esto, y como parte de las conclusiones y recomendaciones a su investigación, fue necesaria la recopilación de las bases teóricas, principalmente, en cuanto al diseño industrial y las herramientas CAD, para el establecimiento de los lineamientos requeridos para la elaboración y estructuración del manual. Hace énfasis en el uso de las herramientas CAD, especialmente AutoCAD, para los procesos industriales que lo requieran como herramienta de diseño y además genera un marco de referencia para el aprendizaje en las áreas relacionadas.

El proyecto de investigación, está principalmente relacionado con el análisis que realiza el autor y la información suministrada en el Manual de Diseño y Distribución Industrial, el cual cuenta con una estructura que permite visualizar los conceptos e ilustraciones asociados a la distribución de plantas industriales, así como la aplicación y uso de las herramientas de diseño asistido por el computador, basándose en una serie de lineamientos requeridos para obtener la eficiencia en diversos procesos, y presenta además, información relacionada con el rediseño a proponer y una fundamentación teórica esencial para abordar las necesidades de diseño del sistema de corte y de empaque de la línea de fabricación de tubería en acero.

Antecedentes Internacionales

Morales (2020). “Propuesta para mejorar la eficiencia de producción de tubería redonda, en la línea Yoder 35-2, enfocado en la etapa de alimentación de materia prima, formado y corte, de la Industria de Tubos y Perfiles S.A.” Licenciatura thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala. Para optar al título de Ingeniero Mecánico, se presenta una investigación de tipo proyectiva, con el propósito de determinar, mediante un análisis técnico y financiero, la

propuesta para una mejora en eficiencia de producción de la línea Yoder 35-2 de cañería industrial en la empresa, Industria de Tubos y Perfiles S.A.

Como parte de los resultados y conclusiones relevantes para el proyecto de investigación, se encuentra el detalle de las mejoras que se pueden obtener con el cambio y la modificación en la tecnología aplicada al sistema de corte, se realiza un análisis comparativo de equipos y genera aspectos asociados a la calibración, el mantenimiento predictivo y preventivo, así como de la mejora continua del equipo de corte y en general de las diferentes etapas de conformado de tubos de acero. Aunque el proyecto tiene como finalidad de generar una propuesta desde el punto de vista financiero, el proyecto de investigación, está orientado a la propuesta de mejora en las diferentes etapas de conformación de tubos, especialmente, contiene información relacionada con el sistema de corte de una línea de fabricación de tubos, por lo que su relación es directa con el objeto de investigación, sí mismo, es relevante para la elaboración del nuevo diseño, por el contenido acerca de los componentes y la descripción realizada de cada uno de ellos y la posibles mejora aplicables desde el punto de vista estructural y funcional.

Posadas (2019). “Análisis y mejora en el rendimiento del corte de acero al carbono, utilizando sierras circulares de fresa lenta en molinos industriales, en una empresa que fabrica tubería estructural, industrial y cañería.” Licenciatura thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala. Para optar al título de Ingeniero Mecánico Industrial, se presenta una investigación de tipo proyectiva, con el objetivo de analizar y mejorar el rendimiento del corte de acero al carbono, utilizando sierras circulares de fresa lenta en molinos industriales en una empresa que fabrica tubería estructural, industrial y cañería.

Se realiza un análisis a ocho tipos de sierras circulares, las cuales son implementadas en un sistema de corte de acuerdo a los espesores de la tubería a cortar, a los fines de reducir los desperdicios, mejorar los acabados en el corte y mejorar el rendimiento del proceso de cambio de las sierras durante la fabricación de la tubería. Se realiza una descripción detallada de los diferentes tipos de sierras circulares de alta velocidad, las cuales son mayormente empleadas en los sistemas de corte para tuberías en acero, y guarda relación con el proyecto de investigación ya que parte de los equipos y componentes del sistema de corte de la línea de fabricación de tubos, para el caso en estudio, son las sierras de corte y forman parte esencial del utillaje del sistema y son uno de los elementos más empleados por los fabricantes de tubos en acero, para lograr un mejor acabado en los cortes de los tubos, consiguiendo cortes más limpios y con rebabas o filos de menores dimensiones, en contraste con las guillotinas.

Prieto (2020). “Diseño de una máquina para el corte de láminas de empaque flexible para flores en la empresa CRISTAPACK S.A.S.” Fundación Universidad de América, Bogotá Colombia. Proyecto integral de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico, se presenta un trabajo de investigación de tipo descriptiva, proyectiva con un diseño de campo. Con el propósito de diseñar una máquina para realizar el corte de láminas para el empaque de flores y mejorar los niveles de productividad en la empresa, la mejora en la calidad de los productos y del proceso.

Para este proyecto, se realizó un análisis de los beneficios obtenidos con la aplicación de la mejora propuesta, abordando aspectos de diseño, operativos y financieros, generando conclusiones sobre la factibilidad de la puesta en marcha, tales como el aumento de la producción, el aumento los porcentajes de rentabilidad, disminución de costos operativos, disminución de accidentes o enfermedades de origen ocupacional, el cumplimiento con los requisitos de los clientes, las mejoras que ofrece la propuesta para el mantenimiento del equipo.

Este proyecto, presenta relación con la investigación asociada al sistema de corte, ya que aporta información sobre una serie de criterios planteados por Prieto, con el empleo de una metodología basada en el Método QFD (Quality Function Deployment), aplicados en este caso, para conocer de manera comparativa, las condiciones actuales vs los requerimientos del equipo, a los fines de establecer prioridades y lograr la optimización a través del diseño propuesto, los cuales pueden ser aplicados en cada componente del sistema de corte.

Bases teóricas

El sistema de corte y de empaque en la línea de producción de tubería en acero

La línea de fabricación de tubos, denominada en la Empresa Perfiles en Frío Perfrica, C.A., como línea de conformado N° 12, es una de las máquinas con mayor antigüedad en el proceso de fabricación de tubería en acero, la cual produce materiales en tres tipos de geometrías, las mismas clasificadas en redondas, cuadradas y rectangulares, con materias primas en calidades de acero laminados en caliente, mayormente empleados para usos estructurales, y en aceros de aleaciones o calidades laminados en frío, para carpintería metálica o herrería.

La línea 12, cuenta con una serie de etapas para el conformado de los tubos, partiendo desde la etapa del devanado, con el proceso de incorporación de las materias primas (flejes), como producto semielaborado y preparación previa para el ingreso en la línea de producción, pasando por una serie de etapas tales como acumulado, formación, soldadura, calibración, hasta el sistema de corte y empaque, con las cuales, se obtiene la conformación final del material en un producto terminado, tubos, según las especificaciones requeridas por las normas de fabricación y

las necesidades de los clientes. Estas diferentes etapas se describen a continuación, según la identificación del equipo y su respectiva operación y funcionamiento.

En primer lugar se encuentra el devanador, éste es un equipo conformado por una serie de componentes que permiten la incorporación del material semielaborado (flejes), para su disposición al inicio de la línea de fabricación. El rollo de fleje es movilizado por equipos de movimiento de materiales desde la zona de almacenaje, por ejemplo, puentes grúa, y dispuesto en un mandril que lo sujeta, por medio de un tablero de control, este es guiado y trasladado hasta una mesa especialmente diseñada para realizar la preparación de la punta del material, para alinear, aplanar, cortar, soldar (microwire), esmerilar, y además registrar el proceso ejecutado para dar paso a la siguiente etapa.

Posteriormente, es incorporado en un acumulador, como su nombre lo indica, acumula el materia (fleje), el cual, tiene como principal función, mantener la continuidad de operación de la máquina. Permite además, identificar cualquier desviación que se pueda presentar en el fleje. Genera un proceso de tensado y alineado del material para el ingreso a la etapa de formación. Una vez que el fleje ingresa a la etapa de formación, se realiza un proceso de conformado secuencial para dar la forma al tubo mediante una serie de rodillos (movilizados con un sistema de transmisión de potencia: cardanes y motores), dispuestos en forma sucesiva, con formas específicas en cada uno de los rodillos hasta obtener una forma cilíndrica en el fleje.

Según describe Morales (2020), mediante los rodillos y una soldadora por inducción, “aplicando una presión constante sobre las superficies a soldar, genera una soldadura con buenas propiedades mecánicas que permiten una alta resistencia a grandes deformaciones y fuerzas de tensión ocasionada por cargas y presiones de fluidos” (pág. 36). El material, al llegar a esta

etapa, debe cumplir con unas características y condiciones para que se realice el proceso de soldadura de forma eficiente; el tubo se junta mediante un campo electromagnético producido por inducción (con el uso de elementos que crean un arco a alta temperatura para fundir los extremos de la lámina y unirlos, empleando como material de aporte la misma lámina). Luego el tubo continúa el recorrido para pasar por una cuchilla que permite retirar el exceso del cordón de la soldadura de la parte externa del tubo e ingresa a una etapa de enfriamiento, para llegar a la etapa de calibración.

Esta etapa de calibración, de la misma manera está compuesta por una sucesión de rodillos (movilizados con un sistema de transmisión de potencia, similar al de la etapa de formación), que le dan la forma definitiva y requerida al tubo, así como las medidas especificadas en las fichas técnicas de cada tipo de producto, por ejemplo, circulares, cuadrados o rectangulares. Una vez que sale el tubo conformado, ingresa al sistema de corte, el cual es responsable de darle la longitud final, regularmente comercializadas a seis o doce metros, a menos que sea por una solicitud especial de un cliente, se programa en otras longitudes.

En esta etapa, se dispone de un sistema de marca Tallyrand para el movimiento de la sierra, el cual, se encarga del control de las longitudes mediante un servo-motor, una barra cremallera y una caja reductora, con la finalidad de alcanzar la velocidad del tubo simultáneamente con el acople a la línea para realizar el corte. Posee además, componentes, tales como, un encoder (sensor), el cual envía la señal, de tal manera que, cuando el tubo alcanza la longitud requerida, éste indica a la sierra, para que se ejecute el corte. Este proceso se realiza con el empleo de una sierra circular por medio de un conjunto de poleas y correas dentadas de transmisión positiva (movida por un motor de corriente alterna, un variador de frecuencia y un brazo mecánico), que corta el material a altas velocidades.

Por último, mediante la disposición de un grupo de mordazas accionadas por medio de un sistema hidráulico, las cuales se encargan de sujetar el tubo, éste es desplazado hasta la mesa de empaque, en la cual, los volquetes (por un temporizador programado para la apertura y cierre), se accionan mediante cilindros neumáticos y electroválvulas, que descienden el material hasta la mesa y es movilizado por un conjunto de cadenas y dispositivos de arrastre hasta una cuna para ser empacados, identificados con la marca en pintura, etiquetados y organizados para el traslado hasta el almacén de productos terminados.

Cada uno de los tubos es debidamente inspeccionado y por muestreo, es sometido a un conjunto de pruebas destructivas y no destructivas, para verificar el cumplimiento con las especificaciones y almacenar para su respectiva entrega a los clientes. De acuerdo a lo especificado por Logan, Pérez y Araujo (2016) en el Procedimiento para la manufactura de tubos de línea 12, formalizado en el sistema de gestión de la calidad de la empresa, se indica que:

Una vez fabricado el producto según lo indicado en la orden de fabricación, el operador de la línea se encarga de llenar el formulario, donde reporta las horas trabajadas, las paradas de la máquina para contabilizar el número de piezas producidas. El Analista de Control de Calidad registra los ensayos realizados, tomando en cuenta los criterios de aceptación y rechazo definidos y las especificaciones de cada producto. En caso de tubos no conformes, identificar y segregar el producto para su posterior tratamiento. El Supervisor de Producción, se encarga de revisar y verificar la información de los registros generados. (p. 15)

Condiciones y necesidades de diseño del sistema de corte y empaque

De acuerdo a los fundamentos descritos para la distribución de plantas industriales, un sistema de corte y empaque para una línea de fabricación de tubos, debe cumplir con unas condiciones de diseño específicas, las cuales deben permitir un óptimo funcionamiento de los equipos que la conforman y de la cual también forman parte. Por lo tanto, se inicia por definir los aspectos relacionados con la distribución de planta.

Según lo menciona Vielma (2021), “la distribución de plantas se caracteriza por ser el proceso en el que se movilizan objetos, materiales y elementos propios del proceso productivo” (p. 68). La ubicación de cada elemento dentro de una instalación o planta industrial, es un factor determinante en la optimización de un proceso, en el cual, se pueden ver afectadas positiva o negativamente las operaciones. Por lo que, es necesario para una línea de fabricación de tubos que está conformada por una sucesión de equipos, que estos sean instalados de manera acorde con las recomendaciones del fabricante para lograr un óptimo funcionamiento.

Además de esto, existe una variedad de fabricantes, particularmente de equipos de corte, los cuales han sido diseñados, para cumplir con requerimientos específicos, de acuerdo a las necesidades de cada industria y de la tubería que se pretender fabricar. Estos equipos se clasifican, según describe Barriuso (2021), por el tipo de energía (eléctrica, neumática o hidráulica), según el tipo de cuchilla que se requiera, entre ellas, sierra circular, sierra de cinta o sin fin, sierra de banco, sierra vaivén, sierra articulada, sierra de brazo radial, entre otras y según el dentado de la sierra (dentado norteamericano, dentado universal o dentado japonés), elaborado con compuestos de carburo de tungsteno de alta resistencia.

En cuanto al empaque, este comprende una mesa, elaborada con tubería estructural a una longitud acorde con los tubos a fabricar, un sistema rodillos, además de cadenas y/o bandas transportadoras, componentes neumáticos y área de descarga del material para el flejado y completar el empaque del producto. La altura de la mesa de empaque, debe ser consistente con la alineación del resto de la línea de producción para prevenir desviaciones a la salida del tubo e impactos con otras superficies o el personal operario.

La disposición y ubicación de la mesa de empaque juega un papel esencial para la descarga del material hacia procesos alternos, tales como reprocesos de corte o soldadura y el traslado de la línea de producción hasta los almacenes de producto terminado, a la que deben tener acceso, los equipos de movilización de cargas, tales como, el puente grúa o montacargas.

Condiciones funcionales del sistema de corte y empaque

Un sistema de corte se requiere, según Logan (2012), para “asegurar que el material, cumpla con las especificaciones” (p.72), en cuanto a su longitud, acabado en el corte (tener la menor cantidad de rebabas posible), asegure la alineación óptima de la velocidad programada con el equipo principal y permita un área segura para el personal que opera alrededor del equipo. Además de, generar poco desperdicio de material durante el corte, genere bajos niveles de ruido o contaminación sónica, a nivel de componentes y repuestos, que estos sean accesibles y de fácil mantenimiento y operación.

Este sistema de corte, está compuesto una serie de elementos que permiten el funcionamiento y acople del sistema con el mando principal de la línea de producción, entre los que se pueden desatacar de acuerdo a su clasificación por mantenibilidad:

- Componentes mecánicos: el tallyrand para el desplazamiento del carro de la sierra, el carro de la sierra, disco de corte, chumaceras, gatos mecánicos, acoples, correas, cadenas, piñones y rodamientos.
- Componentes eléctricos y electrónicos: un tablero de mando electrónico de la sierra, un servo motor.
- Componentes hidráulicos: una central hidráulica, cajas reductoras, electroválvulas.

Según comenta Morales (2020), “el funcionamiento del carro de corte es básicamente moverse a la misma velocidad y dirección a la que sale el tubo de las torres de formado y realizar un corte a presión lo más parejo posible para tener el mejor acabado superficial en la zona de corte” (p.41). Esto es un aspecto, que va a depender principalmente del tipo de sierra o disco de corte y del hecho de contar con un sistema de lubricación durante el proceso de corte, el cual produce un enfriamiento del tubo, contribuye a mejorar el acabado superficial de la tubería en el punto de corte y en la reducción de escorias o particulados producidos.

La mesa de empaque debe estar debidamente fijada por medio de anclajes a la superficie del suelo y contar con elementos que faciliten las actividades de los operarios, tales como, la clasificación, marcaje, flejado manual o automático, identificación e inspección. La incorporación de bandas transportadoras para una mesa de empaque, puede depender de la calidad del acero con el que se fabrican los tubos. Por ejemplo, para la tubería elaborada en aceros laminados en frío, las bandas transportadoras ayudan a proteger el material de rayas o

impactos. Caso contrario que la tubería fabricada en acero laminado en caliente, puede generar un desgaste a las bandas transportadoras, por lo que es más recomendable el uso de guías y cadenas de arrastre.

De acuerdo con lo indicado por Zabala (2008), “el ruido es inevitable en una fábrica de tubos, así que se debe de tratar de controlar” (p. 150), con el uso de equipos que dispongan de una tecnología más avanzada, que permitan una operación intuitiva y armónica para mantener un mayor control sobre el proceso productivo. Esto es aplicable para el sistema de corte y empaque en la línea de fabricación de tubos.

Herramientas CAD (Autodesk Inventor)

El Autodesk Inventor, es un software de diseño desarrollado especialmente para la construcción de piezas mecánicas. Sin embargo, su amplitud de uso como herramienta de diseño es extensa. Es empleado incluso, para la simulación del funcionamiento u operación de dispositivos diseñados con esta herramienta.

Se destaca la selección del Autodesk Inventor, para la elaboración de los planos del equipo, ya que, de acuerdo a lo especificado por el fabricante, Autodesk (2022):

Mejora el rendimiento del producto, debido a que usa las poderosas capacidades de modelado y simulación 3D para diseñar y optimizar el rendimiento. Reduce las tareas repetitivas, ya que crea rápidamente configuraciones personalizables de tus diseños y automatiza las tareas comunes. Impulsa la colaboración. Conecta tus diseños con datos entrantes del cliente y comparte ideas en un servicio basado en la nube seguro. (disponible en: <https://latinoamerica.autodesk.com/products/inventor/overview>).

Según explica Saldana (2012), “la aplicación de estándares creados desde el software CAD Autodesk Inventor 2012 se realiza desde el entorno de dibujo del programa, quien muestra una interface de fácil interacción, muy flexible, teniendo en consideración que la aplicación de estándares tiene el propósito de presentar los planos de fabricación con rapidez, claridad y precisión en la información adjunta en los formatos normalizados” (p.11).

El software Inventor 3D-CAD proporciona diseño mecánico, documentación y herramientas de simulación de productos de nivel profesional. Es una potente combinación de capacidades de diseño paramétrico, directo, de forma libre y basado en reglas, con herramientas integradas para chapa, diseño de marcos, tubos y tuberías, cables y arneses, presentaciones, renderizado, simulación, diseño de máquinas y más. (Autodesk, 2022, disponible en: <https://www.autodesk.com/products/inventor/overview>)

Bases Legales

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) Norma Venezolana 3049:1993. Mantenimiento. Definiciones. Empleada como parte de la fundamentación teórica que sustenta la definición de los términos asociados al mantenimiento de los equipos y sus componentes.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) Norma Venezolana 2500:1993. Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria (primera revisión). El cual contiene información relevante para el proyecto de investigación, dado su contenido relacionado con aspectos funcionales y criterios de ingeniería en las organizaciones, con respecto particularmente a la selección de equipos, y la distribución de plantas. Así mismo,

contiene información necesaria para la estructuración de las herramientas de recolección de datos.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) Norma Venezolana 2520:1989. Guía de evaluación de la gestión tecnológica en organizaciones industriales.

Definición de términos básicos

Acero: aleación de hierro y carbono, en diferentes proporciones, que, según su tratamiento, adquiere especial elasticidad, dureza o resistencia. (Logan, 2012, p. 56)

Autodesk Inventor: El software CAD 3D Inventor® brinda herramientas de diseño mecánico 3D, documentación y simulación de productos de calidad profesional. (Autodesk, 2022, disponible en <https://latinoamerica.autodesk.com/products/inventor/overview>)

Calibración: implica utilizar un estándar de medición, para determinar la relación entre el valor mostrado por el instrumento de medición y el valor verdadero. (Keyence, 2022)

Despliegue de la función de calidad (o QFD, por sus siglas inglesas): es un método de diseño de productos y servicios que recoge las demandas y expectativas de los clientes y las traduce, en pasos sucesivos, a características técnicas y operativas satisfactorias. (Yacuzzi, E., Martín, F., s.f.)

Diseño: es la representación visual que se genera sobre una idea o información preliminar de algo que se pretende realizar a futuro, aplicando la creatividad. Un collage, ideas para un proyecto y donde se destaca la búsqueda de soluciones a problemas reales. (Gómez, 2005, p. 78)

Diseño asistido por computador: es un proceso conocido por las siglas CAD, (Computer Aided Design), que mejora la fabricación, desarrollo y diseño de los productos con la ayuda de la computadora. Con este proceso se pretende la fabricación de los productos con mayor precisión, a un menor costo y mejorando tiempos estándares de producción. (Soldana, 2012, p. 13)

Fleje: tira, producto del corte de bobinas. Materia prima para el proceso de manufactura de tubos. (Logan, 2012, p. 55)

Operacionalización de las Variables

Explica Arias (2006), que el término Operacionalización, “se emplea en investigación científica para designar al proceso mediante el cual se transforma la variable de conceptos abstractos a términos concretos, observables y medibles, es decir, dimensiones e indicadores” (p. 63). Ante esto, y de acuerdo a los objetivos establecidos para el proyecto de investigación, se presenta en la tabla a continuación, la operacionalización de las variables, con el cual se desarrolla el ubican las dimensiones, indicadores e instrumentos aplicables.

Tabla 1. Operacionalización de las variables

Objetivos Específicos	Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Diagnosticar el estado actual del sistema de corte y de empaque en la línea de fabricación de tubería en acero en la Empresa Perfiles en Frío PERFRICA, C.A.	Rediseño del Sistema de Corte y Empaque	Estado actual	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones estructurales actuales. • Condiciones funcionales actuales del sistema de corte y de empaque. 	Check List o Lista de Verificación (ver Anexo I y Anexo II)
Determinar los requisitos de diseño de los equipos de corte y de empaque en la línea de fabricación de tubería en acero, para el cumplimiento con las especificaciones del producto y del proceso.		Requisitos de diseño	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones requeridas para el diseño. • Necesidades de diseño. • Mejoras aplicables al sistema de corte y de empaque. 	
Rediseñar el sistema de corte y de empaque para la mejora en la línea de fabricación de tubería en acero aplicando Autodesk Inventor.				
<i>Nota:</i> Esto se va a realizar una vez que se hayan cumplido los objetivos anteriores.				

Fuente: Logan (2022)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLOGICO

De acuerdo a lo indicado por Arias (2006), acerca de que “la metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación” (p.111). Para este tercer capítulo, se realiza una descripción en cuanto al tipo o alcance así como el diseño de la investigación. Así mismo, se identifica a la población, la muestra y el procedimiento que será aplicado para la recopilación de los datos necesarios, fundamentados en la información teórica para dar respuesta a la problemática identificada y dar cumplimiento a los objetivos planteados.

Tipo y Diseño de la investigación

Tipo de investigación

Señala Arias (2006) que “el nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (p. 24); y según el nivel, se genera una clasificación de los distintos tipos de investigaciones. De acuerdo al proyecto de investigación que se presenta, corresponde a una investigación con un alcance descriptivo, explicativo y proyectivo, dado que se va a realizar un estudio de la situación real, análisis de las características, condiciones estructurales y funcionales del sistema de corte y de empaque de la línea de fabricación de tubos, para presentar una modificación de la estructura mediante la propuesta de un nuevo diseño de tipo industrial o bien, un rediseño del equipo.

Diseño de la investigación

De acuerdo a lo descrito por Arias (2006), indica acerca del diseño de la investigación que, “es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental.” (p. 27). Así mismo, define Arias (2006), a la investigación de campo, como “aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental” (p.31).

Es una investigación de campo no experimental, en vista de que la información que se requiere para el diseño, se debe obtener de forma directa del equipo, es decir, las mediciones y la información de base para la propuesta, debe ser obtenida del sistema de corte y empaque de la línea de producción de tubos, sin pretender alterar las condiciones del proceso o del equipo durante la investigación. Sin embargo, tal y como menciona Sabino (1992), “es preciso acotar que los diseños de campo tampoco pueden basarse exclusivamente en datos primarios” (p. 55). Esto, debido a que existe información proveniente de fuentes bibliográficas, manuales, documentos, gráficos, planos de diseño, a los cuales se deberá acudir para ser consultados en el desarrollo del proyecto, considerados éstos, según Arias (2006), como “datos secundarios sobre todo los provenientes de fuentes bibliográficas” (p. 31). Por lo tanto, se hace necesario resaltar, según Sabino (1978), que los tipos de diseños “en la práctica ellos se combinan y complementan, según las necesidades que aparecen en el curso de cada trabajo” (p. 76).

Población y muestra

Define Arias (2006), que “la población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” (p.81), así mismo es la muestra, “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p.83). Es por ello que, tanto la población (por ser considerada una población finita), y la muestra, corresponden a la población objeto de estudio, la cual está determinada únicamente por el sistema de corte y empaque de la línea de fabricación de tubos en acero, ubicada en la empresa Perfiles en Frío Perfrica, C.A., como objeto a ser estudiado directamente por el investigador, es decir, por observación directa sobre el equipo, mediante la aplicación de las herramientas o lista de verificación, para la recolección de información sobre el comportamiento y las actividades del sistema de corte y de empaque, así como la recopilación, por parte exclusivamente del investigador, acerca de los datos y de la información requerida para generar la propuesta de diseño.

Técnicas e instrumento de recolección de datos

Una técnica de recolección de datos en una investigación, es según lo definido por Arias (2006), como “el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p. 67), y en cuanto a que “la observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (p. 68); se han determinado como las técnicas aplicables y de acuerdo al diseño de la investigación, la

observación estructurada y no estructurada para la recolección de los datos y de la información requerida en el proyecto de investigación.

Para esto, y según lo describe Arias (2006), “un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p. 68); se va a emplear un formulario para la recolección de los datos mediante una lista de cotejo o Check List, basado en la Norma Venezolana COVENIN 2520:89 - Guía de evaluación de la gestión tecnológica en organizaciones industriales. Así mismo, se requiere hacer uso de un diario de campo, cámara fotográfica y un computador con herramientas CAD, como parte de los instrumentos a emplear durante la observación no estructurada.

En cuanto a la validez y confiabilidad del instrumento seleccionado para la recolección de los datos, de acuerdo a lo definido por Hernández (2014), sobre la validez, “es el grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir” (p. 200), y con respecto a la confiabilidad, “se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales” (p. 200). Por lo cual, el mismo, será diseñado, en cuanto al contenido, sobre la base legal o normativa aplicable al diseño del equipo, bajo la orientación de las Normas Venezolanas COVENIN 2520:89 y 2500:93, además, siguiendo las fases para el diseño, de acuerdo a lo indicado por Hernández, R. (2014).

Procesamiento y análisis de datos

Balestrini (2002), hace referencia a esta sección del marco metodológico del proyecto, para “plantear el tipo de métodos y procedimientos técnicos, inherentes a la disciplina de procedencia, que se aplicarán para formular el sistema o modelo que se propone diseñar, como

una alternativa de transformación o cambio en situaciones reales” (p. 191). Por lo cual, a los fines dar cumplimiento a los objetivos establecidos para el proyecto de investigación, se debe seguir, según la variable, las dimensiones y los indicadores descritos, el procedimiento que se describe a continuación:

1. Generar un proceso de revisión a la información documental disponible y aplicable para el sistema de corte y de empaque, desde bibliografías, manuales del equipo, antecedentes, normas aplicables, planos de diseño anteriores, entre otros.
2. Determinar las condiciones y necesidades requeridas del diseño del sistema de corte y de empaque, así como las mejoras aplicables al sistema de corte y de empaque, como información de entrada para apoyar la estructuración de la lista de cotejo o check list y posteriormente, para realizar el comparativo con los datos recopilados del equipo.
3. Generar las herramientas indicadas para la recolección de los datos, es decir, un check list o lista de chequeo, basado en las Normas Venezolanas COVENIN 2520:89 y 2500:93, a los fines de consolidar la información relacionada al diseño y condiciones existentes del equipo.
4. Mediante la observación directa al sistema de corte y de empaque, recopilar los datos del equipo, en un lapso de veintiún días de operaciones de la línea de producción.
5. Una vez cumplidos los objetivos iniciales, generar el rediseño del sistema de corte y de empaque como propuesta para la mejora de la línea de producción de tubos.

A continuación se presentan las herramientas para la recolección de los datos:

Tabla 2. Lista de chequeo del Sistema de Corte

Lista de Chequeo					
Proceso:		Sistema de Corte	Ubicación:	Línea 12 de DPT	
Dimensión	Ítem	Descripción		SI	NO
Situación actual	1	La empresa cuenta con objetivos, metas y políticas para la línea de fabricación de tubos.			
	2	La empresa cuenta con un diagrama de flujo específico para el proceso de corte.			
	3	La empresa dispone de manuales de operación del sistema de corte.			
	4	La empresa dispone de manuales de diseño del sistema de corte.			
	5	Se dispone de hojas de especificaciones del sistema de corte.			
	6	Se dispone de las capacidades de operación del sistema de corte.			
	7	Se dispone de planos anteriores del sistema de corte.			
	8	Se dispone de planos vigentes del sistema de corte.			
	9	El diseño inicial del equipo ha sido modificado.			
	10	En caso afirmativo, se conservan registros documentados de dicha modificación.			
	11	Se dispone de registros que indiquen el tiempo de vida útil del equipo.			
Requisitos de diseño	12	El sistema de corte está incluido en un programa de mantenimiento preventivo.			
	13	Se cuenta con instrucciones para el mantenimiento preventivo del sistema de corte y sus componentes.			
	14	Se dispone de procedimientos para intervenciones correctivas durante la operación del sistema de corte.			
	15	Se encuentran inventariadas las partes y componentes del sistema de corte.			
	16	Se cuenta con una lista de fallas frecuentes del sistema de corte.			
	17	Se dispone del despiece completo de cada componente del sistema de corte.			
	18	Se dispone de los registros de las intervenciones correctivas al sistema de corte.			
	19	Se planifican las actividades de mantenimiento preventivo que requiera el sistema de corte y sus componentes.			
	20	Se dispone de los registros de las intervenciones preventivas al sistema de corte.			
	21	Se generan órdenes de trabajo para cada una de las actividades aplicadas al sistema de corte.			
	22	Se dispone de registros de los materiales requeridos para las distintas intervenciones aplicadas al sistema de corte.			
	23	Existen registros de los tiempos utilizados en las actividades de mantenimiento correctivo y preventivo del sistema de corte.			
	24	El sistema de corte o sus componentes requieren intervención por parte de proveedores externos, para reparación, mantenimiento o calibración.			
	25	Se cuenta con registros de las intervenciones de los proveedores externos.			
	26	Existen registros con recomendaciones para intervenciones futuras al sistema de corte o sus componentes.			

Nota: Instrumento para la recolección de datos. Fuente: Logan (2022)

Tabla 3. Lista de chequeo de la Mesa de Empaque

Lista de Chequeo					
Proceso:		Empaque	Ubicación:	Línea 12 de DPT	
Dimensión	Ítem	Descripción		SI	NO
Situación actual	1	La empresa cuenta con objetivos, metas y políticas para la línea de fabricación de tubos.			
	2	La empresa cuenta con un diagrama de flujo específico para el proceso de empaque.			
	3	La empresa dispone de manuales de operación de la mesa de empaque.			
	4	La empresa dispone de manuales de diseño de la mesa de empaque.			
	5	Se dispone de hojas de especificaciones de la mesa de empaque.			
	6	Se dispone de las capacidades de operación de la mesa de empaque.			
	7	Se dispone de planos anteriores de la mesa de empaque.			
	8	Se dispone de planos vigentes de la mesa de empaque.			
	9	El diseño inicial del equipo ha sido modificado.			
	10	En caso afirmativo, se conservan registros documentados de dicha modificación.			
	11	Se dispone de registros que indiquen el tiempo de vida útil del equipo.			
Requisitos de diseño	12	El sistema de corte está incluido en un programa de mantenimiento preventivo.			
	13	Se cuenta con instrucciones para el mantenimiento preventivo de la mesa de empaque y sus componentes.			
	14	Se dispone de procedimientos para intervenciones correctivas durante la operación de la mesa de empaque.			
	15	Se encuentran inventariadas las partes y componentes de la mesa de empaque.			
	16	Se cuenta con una lista de fallas frecuentes de la mesa de empaque.			
	17	Se dispone del despiece completo de cada componente de la mesa de empaque.			
	18	Se dispone de los registros de las intervenciones correctivas a la mesa de empaque.			
	19	Se planifican las actividades de mantenimiento preventivo que requiera la mesa de empaque y sus componentes.			
	20	Se dispone de los registros de las intervenciones preventivas a la mesa de empaque.			
	21	Se generan órdenes de trabajo para cada una de las actividades aplicadas a la mesa de empaque.			
	22	Se dispone de registros de los materiales requeridos para las distintas intervenciones aplicadas a la mesa de empaque.			
	23	Existen registros de los tiempos utilizados en las actividades de mantenimiento correctivo y preventivo de la mesa de empaque.			
	24	El sistema de corte o sus componentes requieren intervención por parte de proveedores externos, para reparación, mantenimiento o calibración.			
	25	Se cuenta con registros de las intervenciones de los proveedores externos.			
	26	Existen registros con recomendaciones para intervenciones futuras a la mesa de empaque o sus componentes.			

Nota: Instrumento para la recolección de datos. Fuente: Logan (2022)

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a las variables definidas para el proyecto de investigación, se genera para éste capítulo, el análisis de los resultados a los fines de presentar para la empresa Perfiles en Frío PERFRICA, C.A., la propuesta planteada y dar cumplimiento a los objetivos establecidos en la investigación, a saber, el diagnóstico al estado actual del sistema de corte y de empaque en la línea de fabricación de tubería en acero, determinar los requisitos de diseño de los equipos de corte y de empaque en la línea de fabricación de tubería en acero, para el cumplimiento con las especificaciones del producto y del proceso y con ello, proponer un rediseño para el sistema de corte y de empaque para la mejora en la línea de fabricación de tubería en acero aplicando Autodesk Inventor.

Estado actual del sistema de corte y de empaque en la línea de fabricación de tubería en acero en la Empresa Perfiles en Frío PERFRICA, C.A.

Es necesario acotar, de manera inicial, que para el caso del objeto sujeto de investigación, la distribución de la planta que se realizó en los años setenta, fue uno de los primeros factores determinantes de las actuales condiciones de diseño del equipo. De acuerdo a lo indicado por Vielma (2021), “la distribución de plantas se caracteriza por ser el proceso en el que se movilizan objetos, materiales y elementos propios del proceso productivo” (p. 68). Sin embargo, generar una modificación a la ubicación actual del equipo, implicaría plantear una reingeniería a toda la línea de fabricación. Por lo cual, el diagnóstico que se presenta, se basa en las

condiciones estructurales y funcionales actuales de los equipos y con ello los requisitos aplicables al sistema de corte y de empaque para la mejora del proceso productivo.

Análisis de las condiciones actuales estructurales y funcionales del sistema de corte y empaque

Con relación a la situación actual del sistema de corte, y de acuerdo a los datos recopilados en la lista de chequeo (ver Anexo I. *Lista de chequeo del sistema de corte*) y por la observación directa aplicada en el equipo durante su funcionamiento, se muestran los resultados obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 4. Análisis de la situación actual del sistema de corte

Proceso:	Sistema de corte		
	SI	NO	Total de Ítems
Dimensión			
Situación actual	6	5	11
(Valor Porcentual)	55%	45%	100%

Nota: Cuadro resumen de lista de chequeo del sistema de corte. Fuente Logan (2022)

Situación Actual del Sistema de Corte

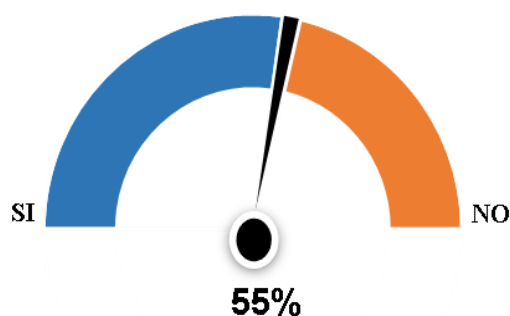


Figura 1. Representación gráfica de los resultados obtenidos de la lista de chequeo. Fuente: Logan (2022)

De acuerdo a los aspectos a evaluar en la lista de chequeo para realizar el diagnóstico de la situación actual en la que se encuentra el sistema de corte de la línea de fabricación de tubos, se consideraron un total de once (11) ítems basados en las Normas Venezolanas COVENIN 2520:89 y 2500:93, para analizar las condiciones desde el punto de vista del diseño, así como las condiciones estructurales y funcionales del sistema de corte, de los cuales, se evidenció que seis (6) aspectos, describen la existencia de información documentada relacionada con el sistema de corte, lo cual representa tan sólo el 55% de la documentación requerida según las normas.

Además, se pudo determinar que la empresa actualmente, cuenta con una serie de lineamientos establecidos para la línea de fabricación de tubos, tales como con una política enfocada en la calidad de los productos, metas y objetivos para el proceso de fabricación. Parte de su política, indica que “los productos son elaborados bajo estándares de calidad y procesos contralados, enfocados en la mejora continua del sistema de gestión de la calidad” y sus objetivos están orientados a mantener el nivel de productos de no primera, menor o igual al 2% de su producción mensual, el número de reclamos menor al 1% anual sobre las ventas realizadas, y un índice de rechazo (salidas no conformes) menor al 2% mensual.

Según se evidencia en los informes de gestión de los procesos de Producción, Control de Calidad, Ventas y Mantenimiento, para el último año, se obtuvieron entre los resultados de las producciones generadas, un promedio de un 6,5% de no primera, siendo que tales valores no cumplen con las metas de producción, además, existen un número de reclamos por parte de los Clientes con promedios del 1,8%, motivado a las fallas en el corte (excedente en la viruta producida durante el corte), el número de productos rechazados por Control de la Calidad debido a desviaciones con la longitud de los tubos se mantiene en un promedio del 3,4% mensual, todos estos, afectando la productividad de la línea de fabricación de tubos.

En un análisis de causas presentado ante la Dirección, se determinó que uno de los principales factores que inciden en la desviación de estos objetivos, es la condición de obsolescencia del sistema de corte y de la mesa de empaque ya que existe una baja confiabilidad en sus componentes, debido a que los mismos presentan una gran cantidad de limitaciones para la ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo, motivado a que las principales partes susceptibles a cambio y que componen al sistema de corte, ya no se consiguen en el mercado por la data de los equipos.

En las instalaciones, el área de Mantenimiento, ha reemplazado partes “hechas en casa”, con muy buenos resultados, tales como por ejemplo, los porta mordazas, ejes, sin embargo, existen otras que no se pueden modificar sino reemplazar por las originales, principalmente las relacionadas con los componentes eléctricos y/o electrónicos (sensores, encoder, tableros de mando, tarjetas electrónicas, entre otros).

Uno de los elementos que inciden en las variaciones de las longitudes es el encoder, el cual es un equipo principalmente electrónico que funge como interface entre el operador del equipo y los dispositivos electrónicos, el cual muestra toda la información que controla el funcionamiento de la sierra y convierte los movimientos de rotación sobre su eje principal en señales electrónicas que son utilizadas por distintos dispositivos, tales como variadores y PLC, para determinar la velocidad, posición de la tubería y los equipos de medición. Este encoder, es uno de los componentes del sistema de corte que presenta fallas continuas en su funcionamiento ya que las lecturas en relación a las longitudes de los tubos, mantiene variaciones constantes, generando tubería fuera de las especificaciones de fabricación y la rueda para seguimiento que soporta el encoder, presenta desgaste por fatiga y fricción con la tubería.

Adicionalmente, el carro de la sierra cuenta actualmente con un brazo fijado para acelerar o desacelerar y fijar el punto de corte, para el posterior accionamiento de la sierra de corte. Sin embargo, debido al desgaste que presenta en sus partes mecánicas, no realiza la operación completa, manteniéndose en un punto fijo sin generar el corte y el operario debe culminar de forma manual el proceso de corte, empujando el brazo y requiriendo además, una parada de la línea. Esta es una falla que se presenta con una intermitencia en aproximadamente cada hora de producción por un lapso de unos 35 segundos y en algunos casos genera una salida no conforme.

En convergencia con lo indicado por Zabala (2008), debido a que el actual proceso de corte es completamente en seco, en el paso del disco de corte sobre la tubería, se produce un nivel de ruido superior a los 85 decibeles máximos permisibles establecidos por norma, considerándose una condición de contaminación sónica así como el nivel de chispas que se desprenden del proceso, generan un mayor desperdicio de material, acumulación de residuos alrededor del equipo y riesgos en el personal que labora cerca del equipo. Adicionalmente, los discos de corte, son elementos que sufren un alto desgaste, debido a la fricción con el material, así como las mordazas que sujetan la tubería durante el corte.

Figura 2. Sierra de corte actual



Nota: Componente del sistema de corte.
Fuente: Logan (2022)

De acuerdo a los datos recopilados en la lista de chequeo (ver Anexo II. Lista de chequeo de la mesa de empaque) y por la observación directa aplicada en el equipo durante su funcionamiento, se evidenció un 55% de la información documentada requerida para la mesa de empaque, como soporte al diseño de la estructura y funcionamiento del equipo, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5. Análisis de la situación actual de la mesa de empaque

Proceso:	Mesa de Empaque		
	SI	NO	Total de Ítems
Dimensión			
Situación actual	6	5	11
(Valor Porcentual)	55%	45%	100%

Nota: Cuadro resumen de lista de chequeo de la mesa de empaque. Fuente Logan (2022)

Situación Actual de la Mesa de Empaque

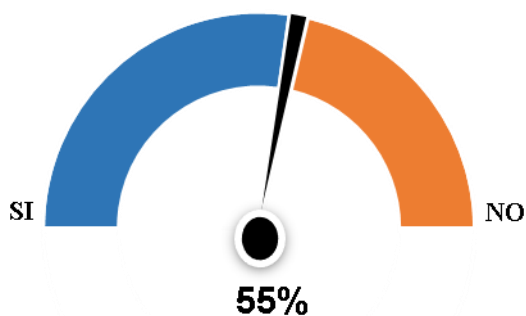


Figura 3. Representación gráfica de los resultados obtenidos de la lista de chequeo. Fuente: Logan (2022)

La estructura actual de la mesa de empaque, cuenta con una serie de láminas superpuestas en el carril principal, que reciben el tubo una vez cortado, el cual es descargado mediante un accionamiento neumático. Sin embargo, si se presentan fallas en el sistema de corte o en el suministro de aire comprimido (el compresor), la tubería no se descarga, ésta continúa el

recorrido o en otros casos no se desprende, generando dobles en el tubo que ocasiona daños a otros componentes de la línea y riesgos para el personal. En las figuras 4 y 5, se muestra el diseño actual de la mesa de empaque. Se puede observar el volquete actual el cual cuenta con un único rodillo a la entrada de la mesa de empaque y la estructura general de la mesa, dispone únicamente de un sistema de cadenas para el arrastre de los tubos, independientemente de la calidad de la materia prima con el que se fabrique.

Figura 4. Volquete de la mesa de empaque



Nota: Componente de la mesa de empaque. Fuente: Logan (2022)

Figura 5. Mesa de empaque actual



Nota: Componente de la mesa de empaque. Fuente: Logan (2022)

Según la revisión documental realizada, se evidenció que la empresa dispone de información documentada, necesaria para evidenciar la ejecución de las actividades productivas, tales como los diagramas de flujo de cada uno de los procesos, manuales de operación, de la programación del mantenimiento y de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo aplicadas al sistema de corte y de empaque de la línea de fabricación de tubos de acero. Sin embargo, también se evidenció en el instrumento (o en las listas de chequeo), que no existe documentación específica relacionada con los cambios aplicados al sistema de corte y de empaque ya que su diseño inicial ha sido modificado en los últimos años, tales como un manual de diseño y los planos iniciales ni vigentes de los equipos.

Requisitos de diseño de los equipos de corte y de empaque en la línea de fabricación de tubería en acero, para el cumplimiento con las especificaciones del producto y del proceso.

Análisis de las condiciones y necesidades requeridas para el diseño

La línea de producción está diseñada para fabricar tubería bajo una gama de laminados en frío y laminados en caliente, en sección cuadrada (desde medidas de 2" x 2" hasta 70mm x 70mm), rectangular (desde medidas de 3" x 1" hasta 100mm x 40mm) y redonda (desde medidas de 1" hasta 2 1/2" de diámetro).

Para lograr la fabricación de estos tubos, se requiere de un equipo de corte que cuente con porta-mordazas y un disco de corte de una capacidad mínima de 76,20mm de diámetro y para cortar espesores de 6mm. Así mismo, la mesa de empaque, debe contar con una longitud mayor a

12 metros (12.000mm), acorde con las longitudes estandarizadas por las normas de fabricación de los tubos en acero.

En la tabla 6, se presentan los resultados de los datos obtenidos, con la aplicación del instrumento diseñado (ver Anexo I. *Lista de chequeo del sistema de corte*), para evaluar los requisitos de diseño de los equipos de corte y de empaque en la línea de fabricación de tubería en acero, para el cumplimiento con las especificaciones del producto y del proceso. En el mismo se evidencia un 80% a favor de los requisitos de diseño del equipo, así como de la necesidad de contar con un despiece de los componentes del sistema de corte.

Tabla 6. Condiciones y necesidades requeridas para el diseño del sistema de corte

Proceso:	Sistema de corte		
	SI	NO	Total de Ítems
Dimensión			
Requisitos de diseño	12	3	15
(Valor Porcentual)	80%	20%	100%

Nota: Cuadro resumen de lista de chequeo de la mesa de empaque. Fuente Logan (2022)

Requisitos de Diseño del Sistema de Corte

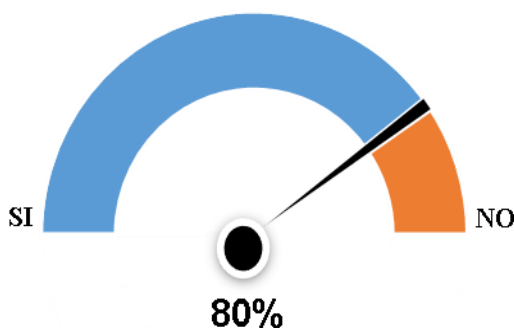


Figura 6. Representación gráfica de los resultados obtenidos de la lista de chequeo. Fuente: Logan (2022)

Sin embargo, los componentes intercambiables del sistema de corte, para un proceso de actualización tecnológica, deben estar disponibles en el mercado. Sí como el proceso de transmisión de potencia del equipo accionado mediante motores AC, preferiblemente, para obtener una mayor eficiencia de funcionamiento del sistema y uniformidad con el resto de los equipos disponibles en la planta. Se debe contar con dispositivos que aseguren una lectura confiable para que la longitud de cada tubo se mantenga acorde con las especificaciones requeridas según la norma de fabricación.

Para el caso de la mesa de empaque, se muestran a continuación los resultados obtenidos para evaluar los requisitos de diseño, y en el cual, se evidenció un 73% de los factores descritos en el instrumento para la recopilación de la información, según la tabla 7.

Tabla 7. Condiciones y necesidades requeridas para el diseño de la mesa de empaque

Proceso:	Mesa de Empaque		
	SI	NO	Total de Ítems
Requisitos de diseño	11	4	15
(Valor Porcentual)	73%	27%	100%

Nota: Cuadro resumen de lista de chequeo de la mesa de empaque. Fuente Logan (2022)

Requisitos de Diseño de la Mesa de Empaque

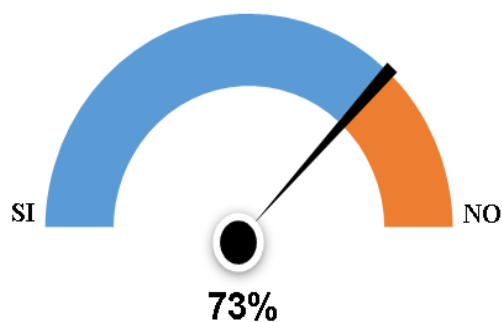


Figura 7. Representación gráfica de los resultados obtenidos de la lista de chequeo. Fuente: Logan (2022)

La mesa de empaque es un equipo robusto, cuyos componentes pueden ser intervenidos por el personal interno de la empresa y no requieren la intervención por parte de proveedores externos, para reparaciones, mantenimiento o calibración de sus partes. Sin embargo, es necesario contar con planos del despiece de los componentes, para facilitar las operaciones.

En concordancia con Morales (2020) y Barriuso (2021), es necesario contar con componentes mecánicos cuya fabricación y características físico químicas aseguren una mayor durabilidad y resistencia al desgaste, a la fatiga y al deterioro debido al contacto con la tubería, principalmente, para la tubería elaborada con materia prima laminada en caliente. Contar con un equipo de corte en el cual se pueda emplear la misma emulsión que en el resto de la línea, contribuye a minimizar el desgaste de los componentes mecánicos del sistema de corte, obtener una mayor lubricación en el producto. A su vez, tanto la emulsión como una estructura de diseño más amplia (carcasa) sobre el sistema de corte, permite minimizar el nivel de ruido actual.

Mejoras aplicables al sistema de corte y de empaque

El sistema de corte y de empaque actualmente, se puede mejorar mediante la aplicación de un rediseño que permita mejorar la operatividad del equipo y la productividad de la línea de fabricación de tubos. Este rediseño incluye la incorporación de una sierra diseñada con una actualización tecnológica más avanzada, que esté acorde a las necesidades actuales de la empresa, para la producción de la gama de tubos que se requieren, además de los diferentes elementos que comprenden el sistema de corte, tales como, el encoder, el tablero de control de la sierra, la incorporación de un equipo que realice el corte conjuntamente con una emulsión lubricante. Tal y como lo describe Vielma (2021), se puede evaluar la ubicación actual del

sistema de corte para disminuir la distancia de recorrido del material al momento del corte, factor que incide en la mejora del acabado del corte, en el rendimiento de los tiempos de trabajo de los equipos y en la distribución de la línea en sus últimas etapas de fabricación para la seguridad del personal que labora en el área.

Además, es necesario aplicar una modificación a la mesa de empaque mediante la incorporación de una serie de componentes (rodillos) que permitan un proceso de operación continua, minimizando las fallas que existen actualmente en la línea de producción.

Para ello, se presenta en el Capítulo VI de esta investigación, la propuesta del rediseño al sistema de corte y de empaque para la mejora en la línea de fabricación de tubería en acero aplicando Autodesk Inventor para la Empresa Perfiles en Frío PERFRICA, C.A.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La empresa Perfiles en Frío PERFRICA, C.A., ha sentado sus bases de negocio en la mejora continua de sus procesos, para el cumplimiento de las metas establecidas, lograr el incremento de la productividad y la calidad de los productos que ofrece. Por lo cual, con el propósito de presentar un rediseño del sistema de corte y empaque en la línea de fabricación de tubería en acero aplicando Autodesk Inventor, se abordaron y se alcanzaron cada uno de los objetivos definidos y propuestos en este proyecto de investigación.

Desde el diagnóstico del estado actual del sistema de corte y de empaque en la línea de fabricación de tubería en acero en la Empresa Perfiles en Frío PERFRICA, C.A., se evidenció mediante la aplicación de los instrumentos diseñados para la recolección de datos, la interacción directa con el proceso productivo y los equipos, que la línea actualmente no cumple con las metas establecidas ya que, sus condiciones de funcionamiento y estructura se encuentran en estado de obsolescencia por ser equipos instalados y en operaciones desde hace más de 40 años.

A fin de determinar los requisitos de diseño de los equipos de corte y de empaque en la línea de fabricación de tubería en acero, para el cumplimiento con las especificaciones del producto y del proceso, con base en la fundamentación teórica, en la revisión y análisis de la información documentada del proceso, diseño y condición de los equipos, se evaluaron los factores asociados a los diferentes requisitos, incluyendo las necesidades, elementos y dispositivos requeridos para la mejora del desempeño y operación de la línea, los cuales, son

necesarios para la propuesta del rediseño aplicable, el cual implica una mejora a nivel del proceso productivo, para el cumplimiento de los objetivos establecidos en la organización, incluyendo una mejora representativa para la calidad de los productos suministrados a los clientes y su satisfacción.

Y como tercer y último objetivo, en cuanto a rediseñar el sistema de corte y de empaque para la mejora en la línea de fabricación de tubería en acero aplicando Autodesk Inventor para la Empresa Perfiles en Frío PERFRICA, C.A., para la propuesta del proyecto, se realizaron un conjunto de planos con el empleo de la herramienta CAD Autodesk Inventor, con el fin de aportar a la organización, una herramienta de base para mantener información documentada que ilustre los cambios planteados en los equipos. Esto, pudiendo ser una mejora extensiva al resto de las líneas de producción, las máquinas, equipos o sus componentes.

En vista de las limitaciones en cuanto a las políticas de confidencialidad de los procesos internos de la empresa, se elaboró un rediseño de manera general de los equipos, los cuales permiten obtener una visión global de los componentes principales del sistema de corte y empaque. Sin embargo, son la base para la aplicación de un futuro proyecto de mejora, en el caso de que la organización decida llevarlo a cabo para la línea de fabricación de tubería en acero, o emplearlos para cualquier modificación a bien en sus componentes.

Recomendaciones

Tomar en cuenta los diferentes requisitos del diseño planteados en la presente investigación, son necesarios para lograr la mejora del proceso de conformación de tubos en sus dos últimas etapas, el corte y empaqueo del material, así como para mejorar los objetivos establecidos en la organización, su productividad y para la mejora, desde el punto de vista de protección al personal que labora tanto en la sierra de corte como en la mesa de empaque.

Es necesario generar una base de datos que incluya los manuales de diseño, los cambios o modificaciones realizadas a los equipos y los planos requeridos con el despiece de cada una de las líneas de producción, las máquinas, equipos, componentes o dispositivos ya que esta información facilita las actividades e intervenciones de mantenimiento y en especial, en casos de futuros cambios o mejoras aplicables.

La herramienta CAD Autodesk Inventor, es una de las más recomendadas para la elaboración de los planos que se requieren en la empresa, ya que el programa, está diseñado especialmente para la creación de piezas mecánicas ofreciendo una amplia versatilidad y además permite generar la simulación del movimiento y funcionamiento de las mismas.

CAPÍTULO VI

LA PROPUESTA

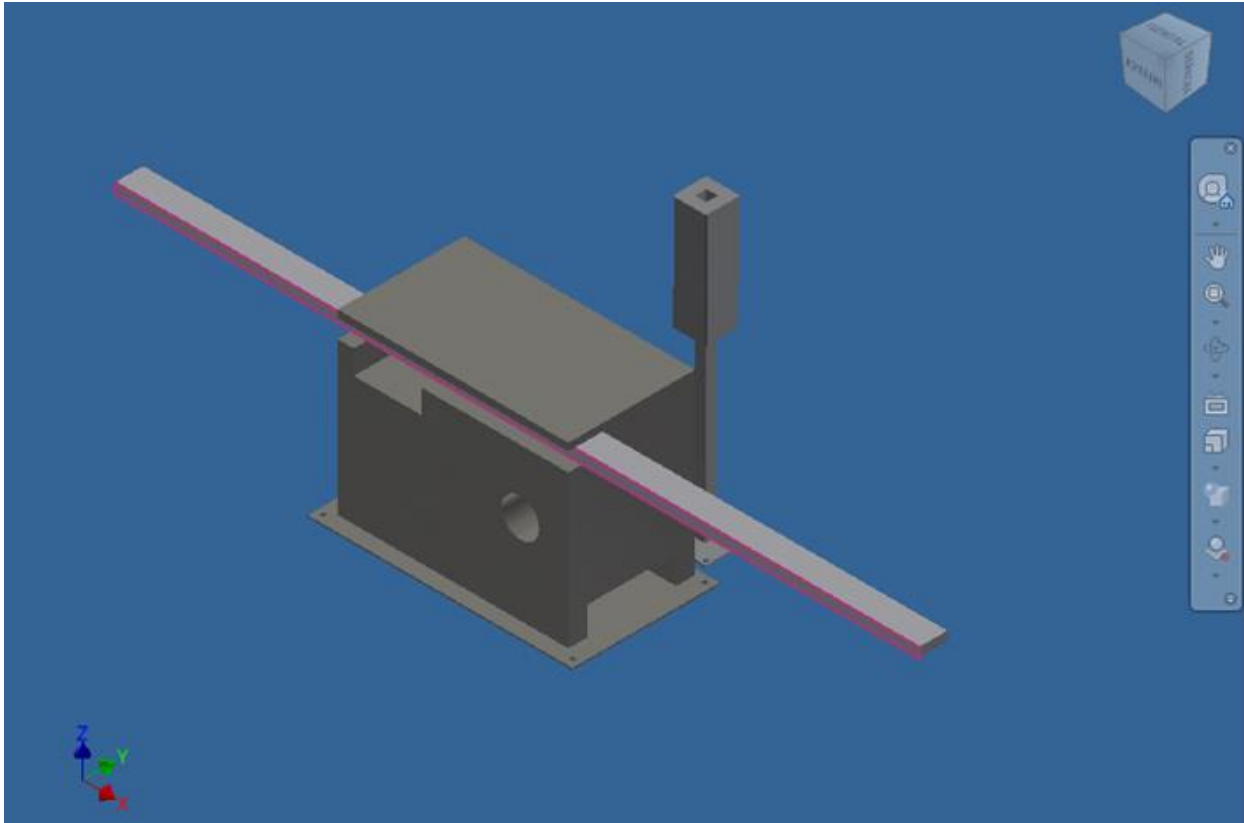
A continuación, se presenta la propuesta de “rediseño del sistema de corte y empaque en la línea de fabricación de tubería en acero aplicando Autodesk Inventor”, con el objetivo de mejorar el acabado en el corte de los tubos, cumplir con las especificaciones de calidad del producto terminado, principalmente en cuanto a la longitud requerida por las normas de fabricación y/o los clientes y mejorar el proceso de empaque del material conformado. Esto para generar un beneficio conjunto, tanto en un incremento en la rentabilidad de la empresa con la disminución de los índices de reclamo, para mejorar la ergonomía del puesto de trabajo con un beneficio para el personal del área de corte y empaque, así como mejorar la disponibilidad de información documentada, en este caso, presentar los planos de los equipos, que se requiere en las áreas de Producción y de Mantenimiento para su gestión.

El sistema de corte

Para el sistema de corte, se propone un diseño (según se muestran en las figuras a continuación Figura 8. *Mesa del Tallyrand* y Figura 9. *Bancada y carro de la sierra*), el cual está comprendido por:

- Una bancada con un servo motor
- Una barra cremallera para el empuje del carro de la sierra
- El Tallyrand (mesa de tallyrand)
- La bancada con el carro de la sierra

Figura 8. Mesa del Tallyrand

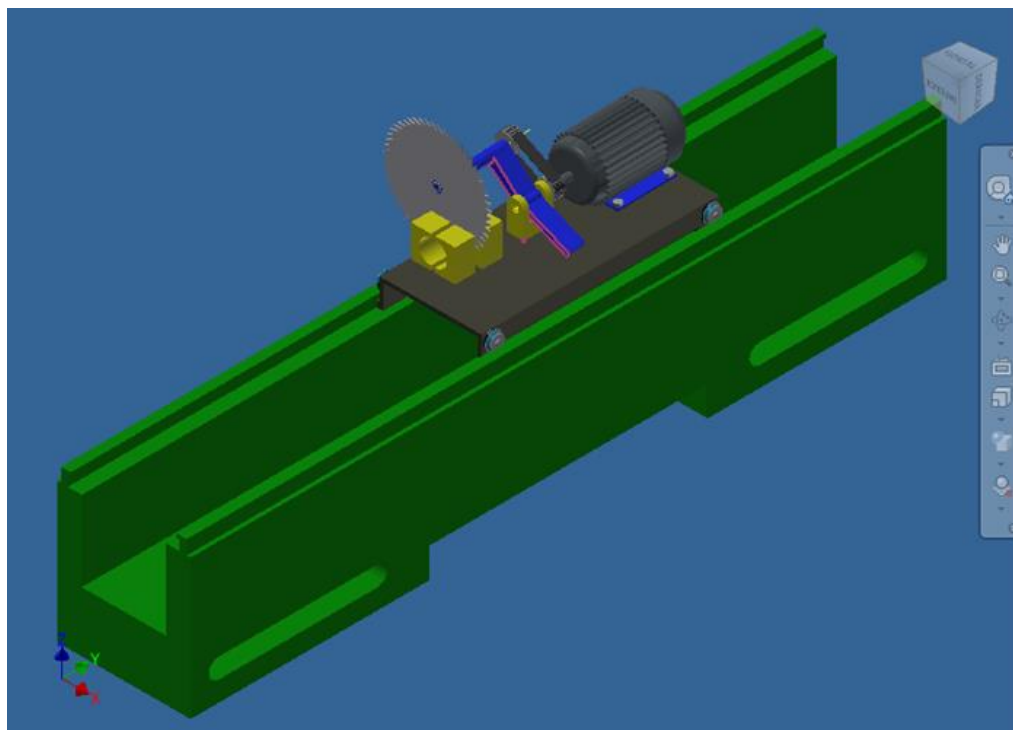


Nota: Componente del sistema de corte. Fuente: Logan (2022)

En la figura 9. *Bancada y carro de la sierra* y la figura 10. *Bancada y carro de la sierra (vista posterior)*, se muestra el diseño en una vista isométrica de la bancada y con el conjunto del carro de la sierra, incluyendo los elementos principales que componen el equipo de corte, tales como:

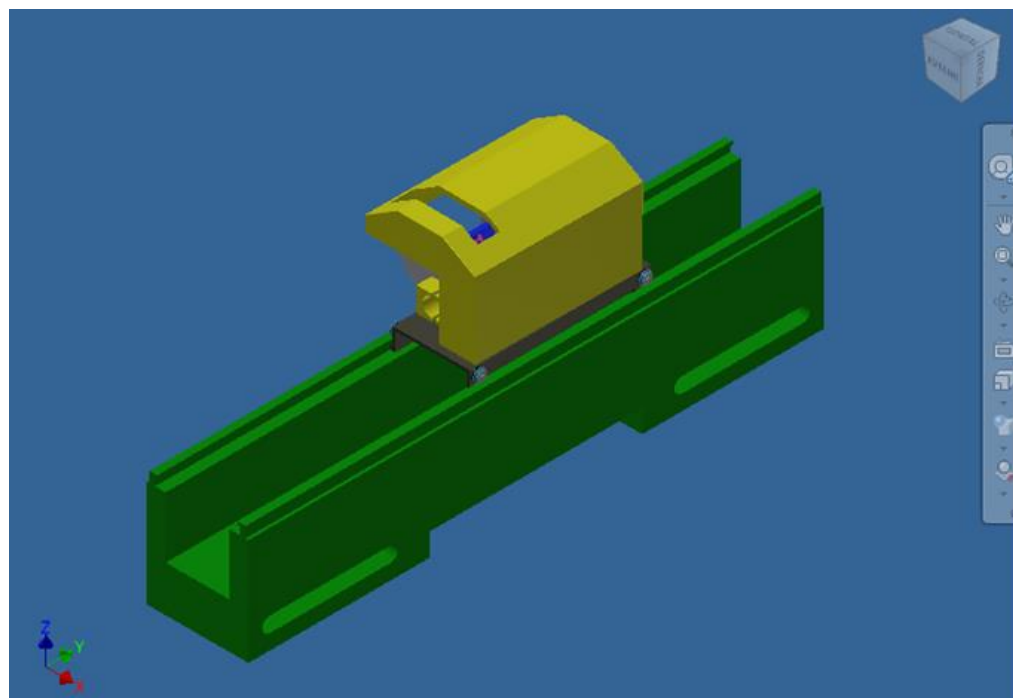
- El disco de corte
- El juego de mordazas
- El motor
- El brazo del disco
- La guarda de la sierra

Figura 9. Bancada y carro de la sierra



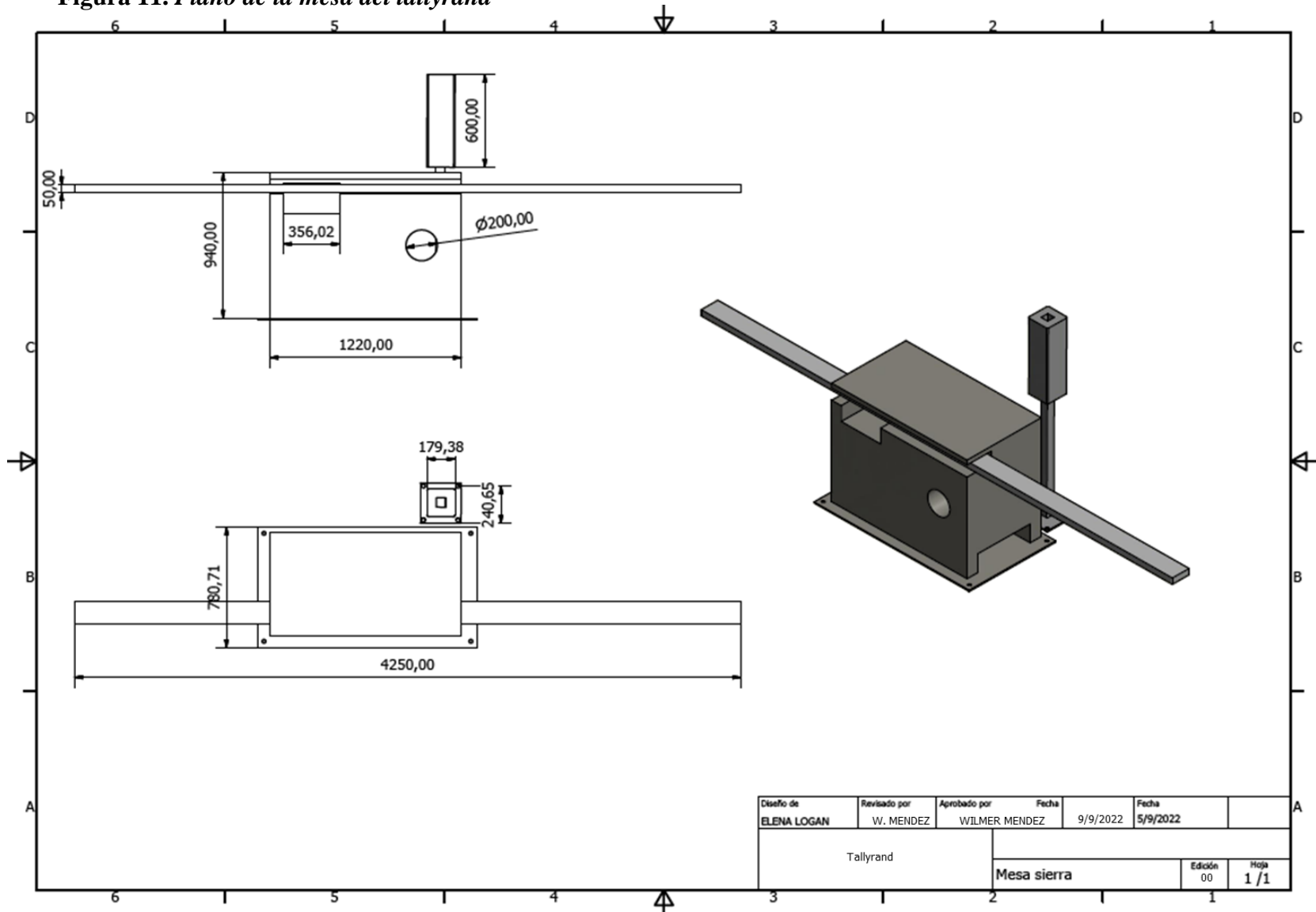
Nota: Componente del sistema de corte. Fuente: Logan (2022)

Figura 10. Bancada y carro de la sierra (vista posterior)



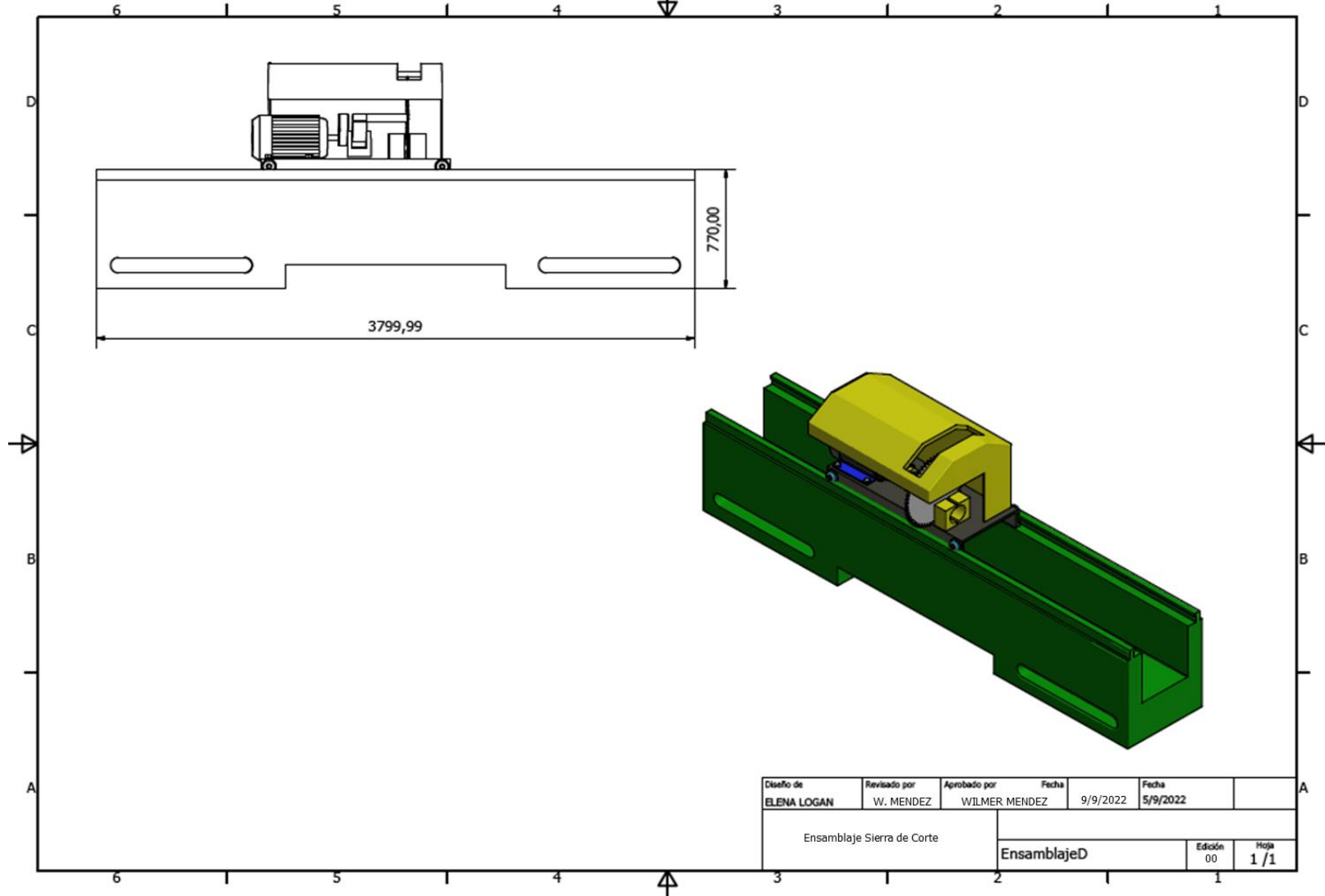
Nota: Componente del sistema de corte. Fuente: Logan (2022)

Figura 11. Plano de la mesa del tallyrand



Nota: Componente del sistema de corte. Fuente: Logan (2022)

Figura 12. Plano de la bancada y carro de la sierra



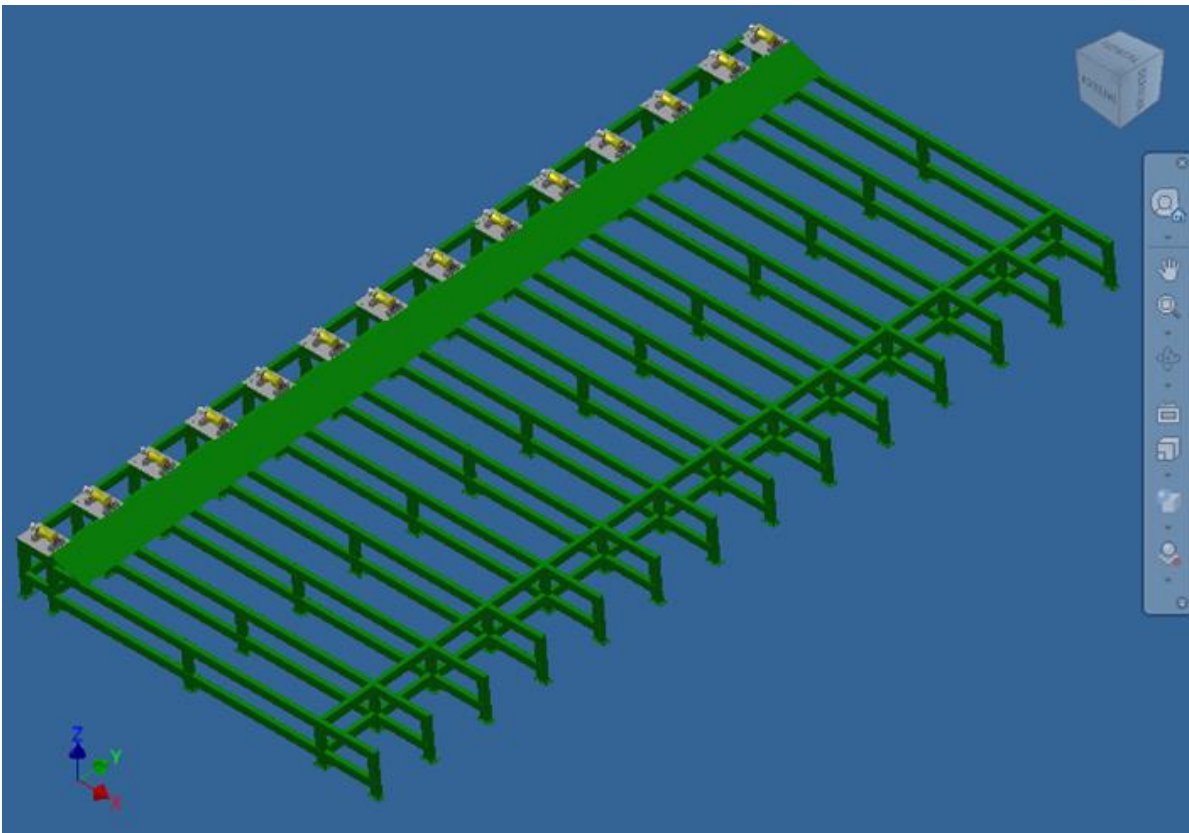
Nota: Componente del sistema de corte. Fuente: Logan (2022)

Mesa de empaque

Según se muestra en la figura 13. *Mesa de Empaque*, se propone un diseño elaborado y conformado principalmente por:

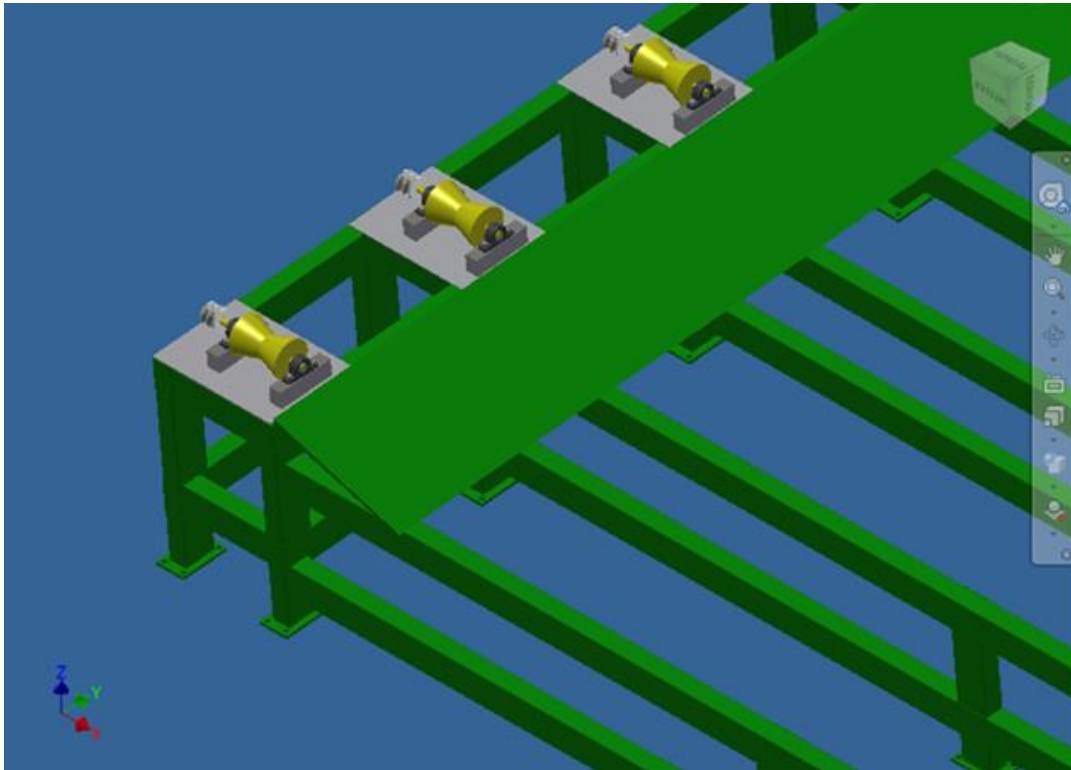
- Una estructura metálica diseñada con tubería en calidad estructural de medidas 140mm x 60mm x 4,00mm y el anclaje.
- Presenta una longitud total de 13 metros (13.000mm) por 6,195 metros (6.195 mm).
- Disposición de una serie de 14 rodillos alineados a la salida de la sierra de corte, para facilitar el desplazamiento de la tubería.

Figura 13. Mesa de empaque



Nota: Diseño y conjunto de la mesa de empaque. Fuente: Logan (2022)

Figura 14. Mesa de empaque (sección de la vista principal)

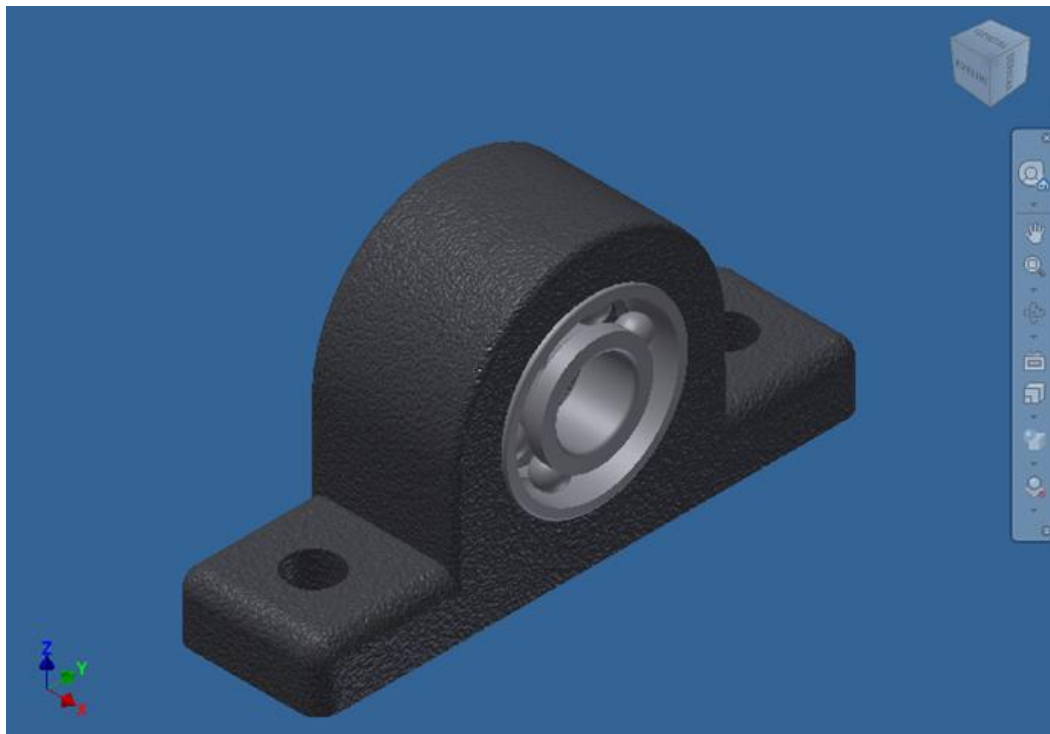


Nota: Diseño y conjunto de la mesa de empaque. Fuente: Logan (2022)

Se presenta un diseño para los rodillos de la mesa de empaque, los cuales deberán ser instalados para el desplazamiento de los tubos, de manera conjunta con:

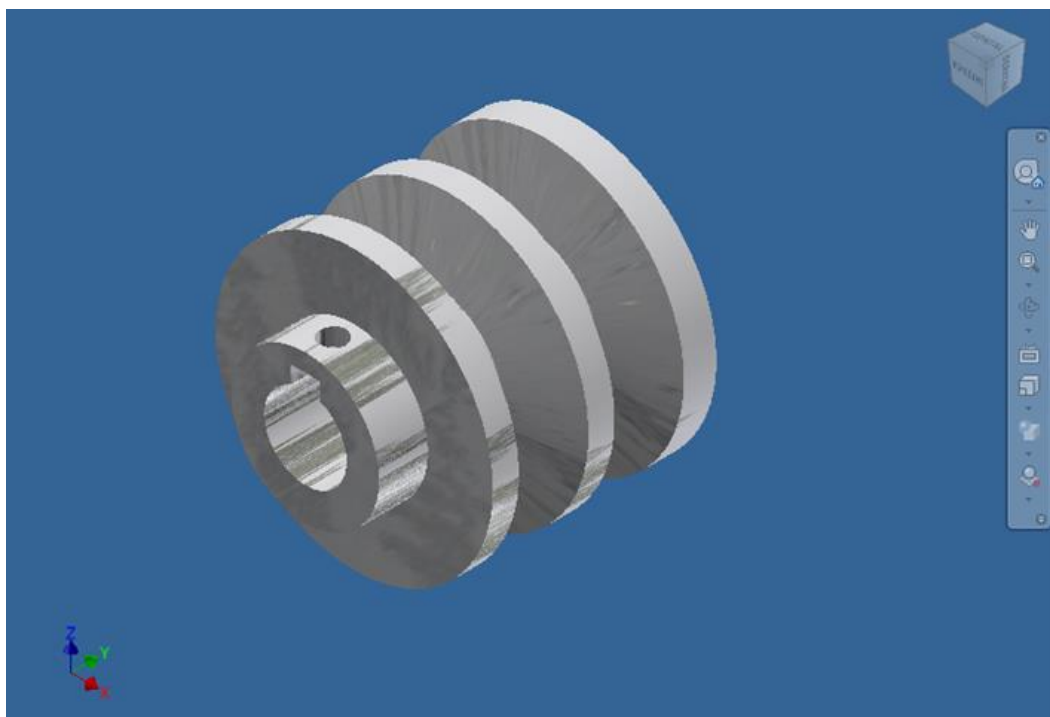
- Chumaceras con rodamientos.
- Poleas dobles para la incorporación de correas para la transmisión de potencia de los motores en el equipo.

Figura 15. Ensamblaje de chumacera con rodamiento de bola



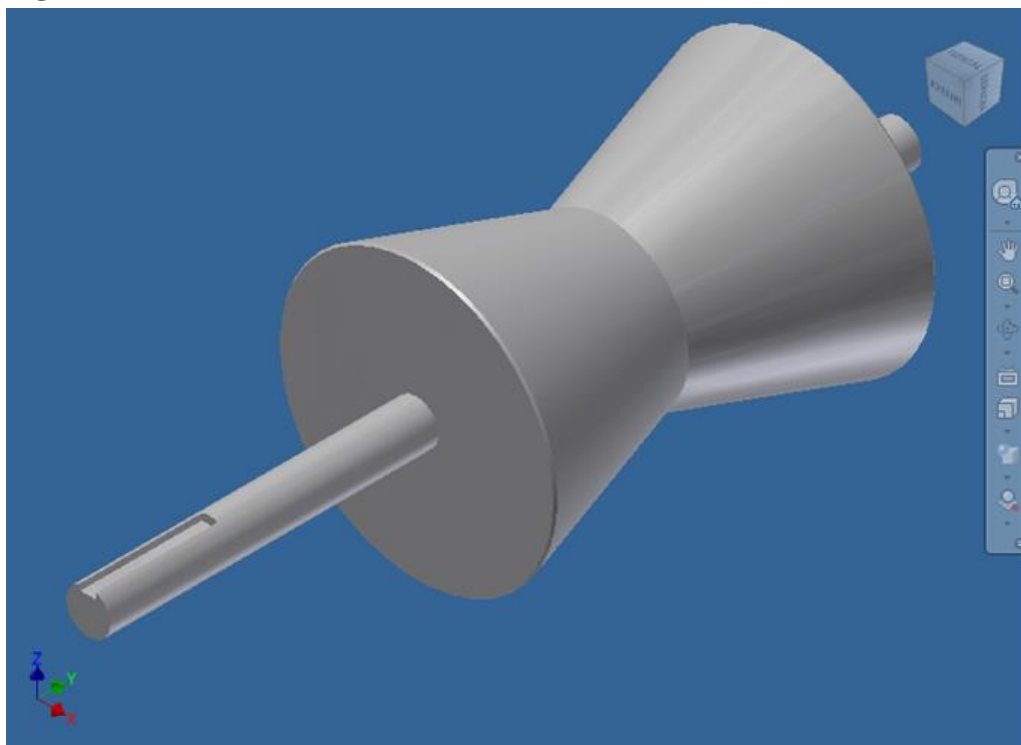
Nota: Componentes de la mesa de empaque. Fuente: Logan (2022)

Figura 16. Polea de doble canal para transmisión de movimiento entre rodillos



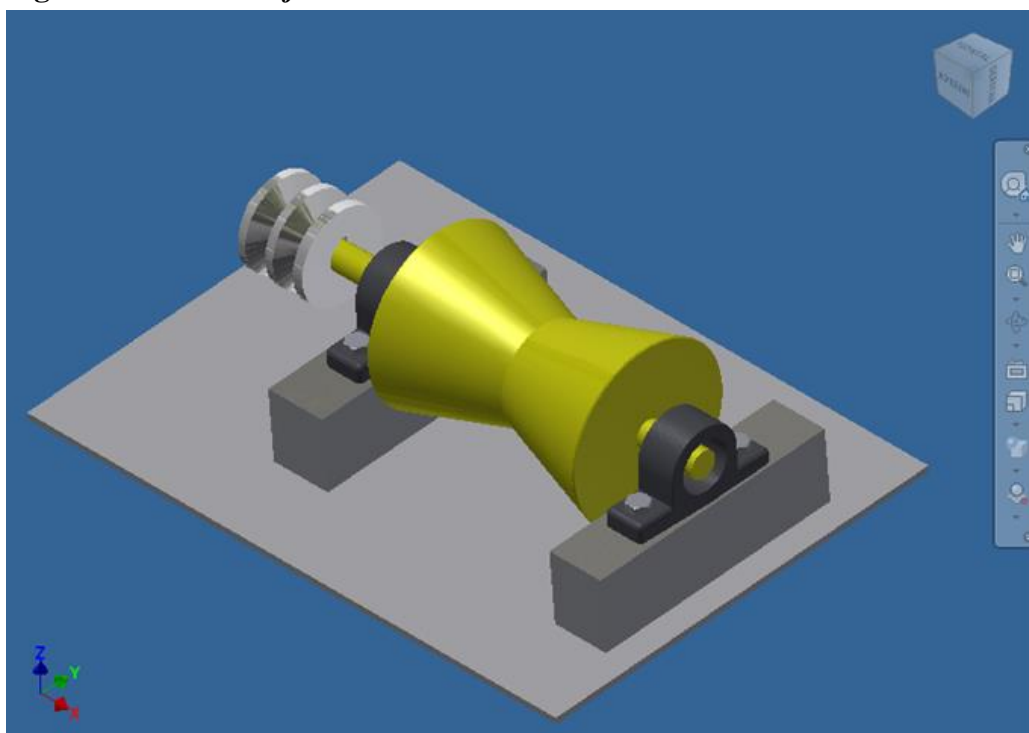
Nota: Componente de la mesa de empaque. Fuente: Logan (2022)

Figura 17. Rodillo



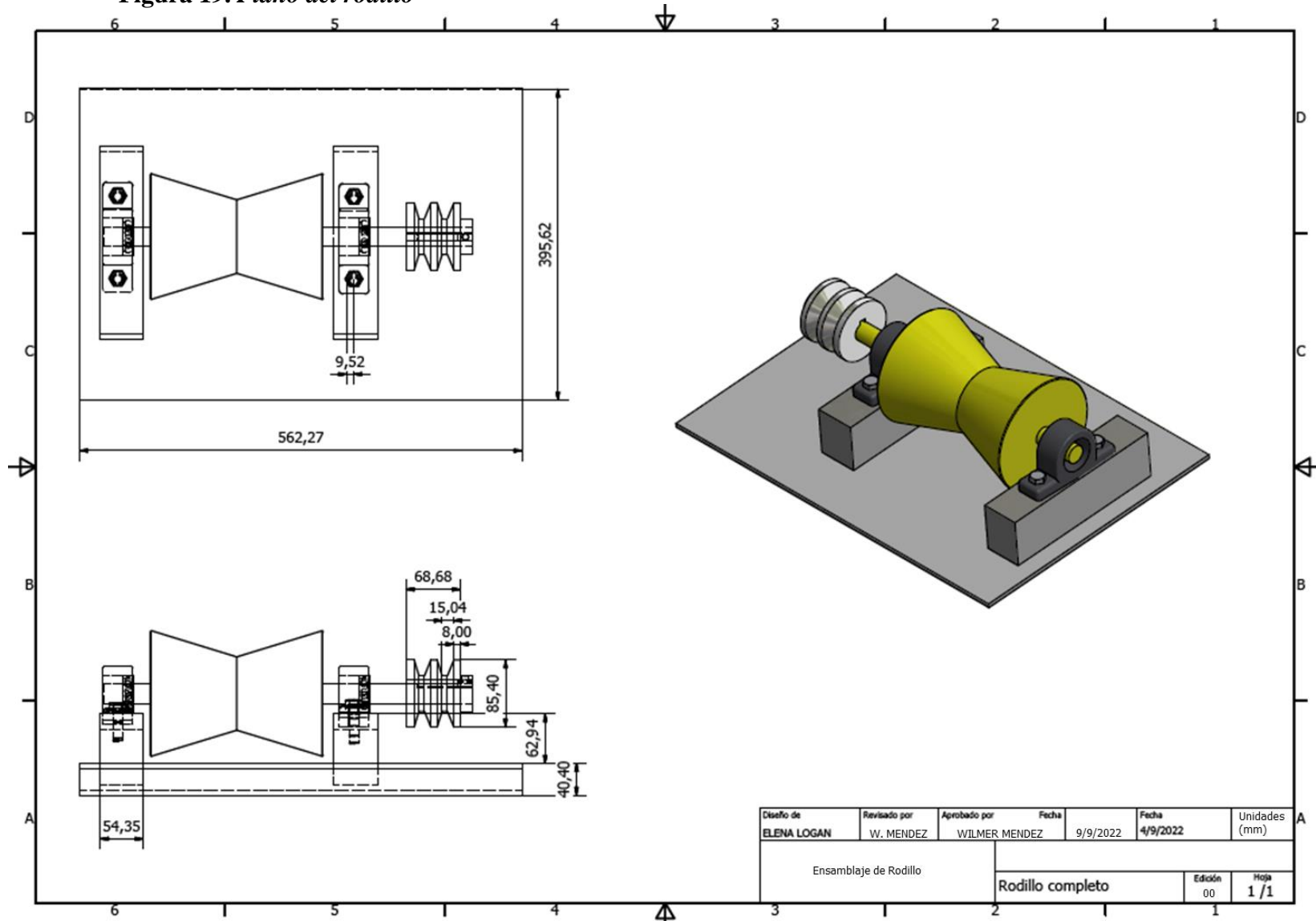
Nota: Componente de la mesa de empaque. Fuente: Logan (2022)

Figura 18. Ensamblaje de rodillo



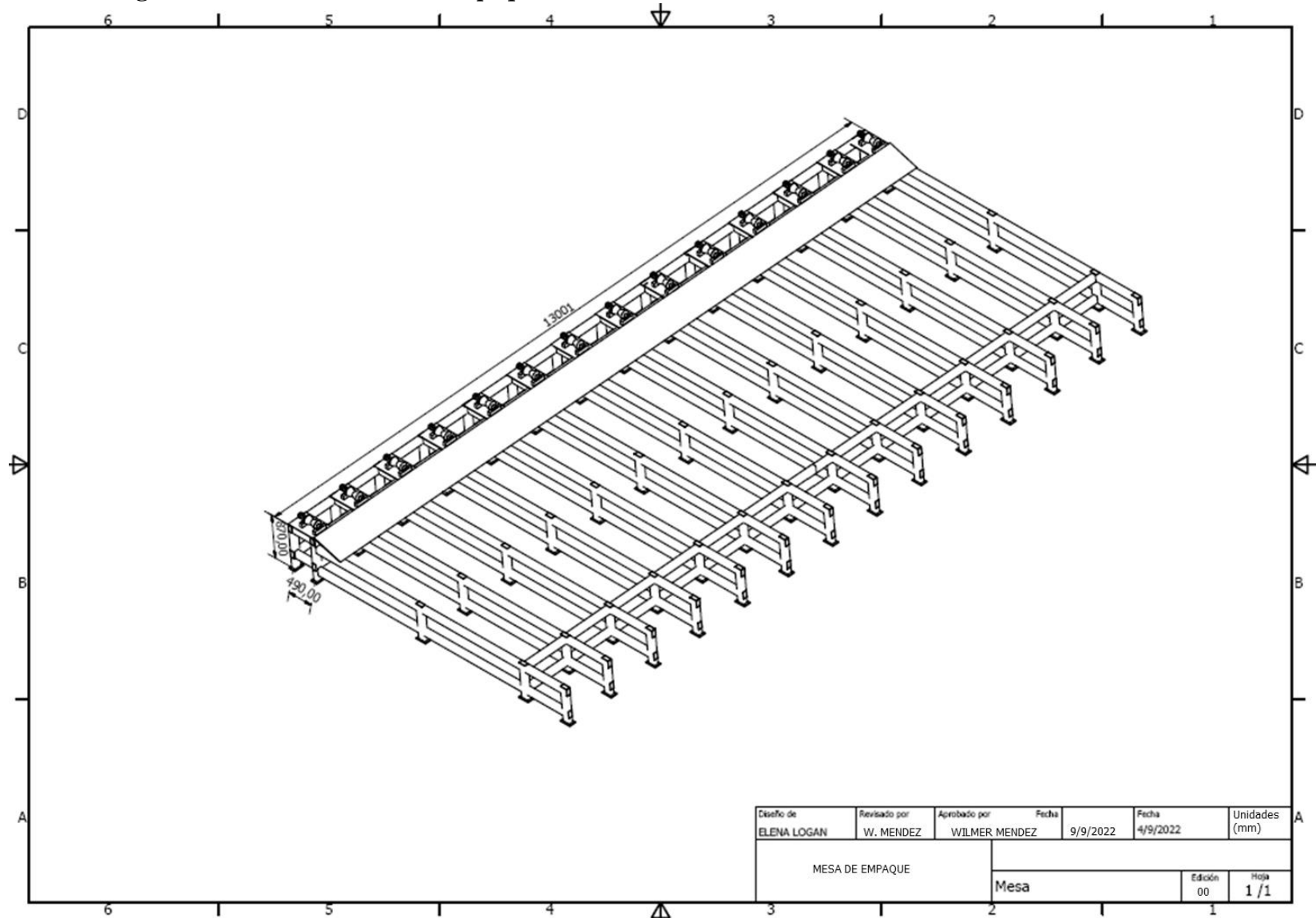
Nota: Componente de la mesa de empaque. Fuente: Logan (2022)

Figura 19. Plano del rodillo



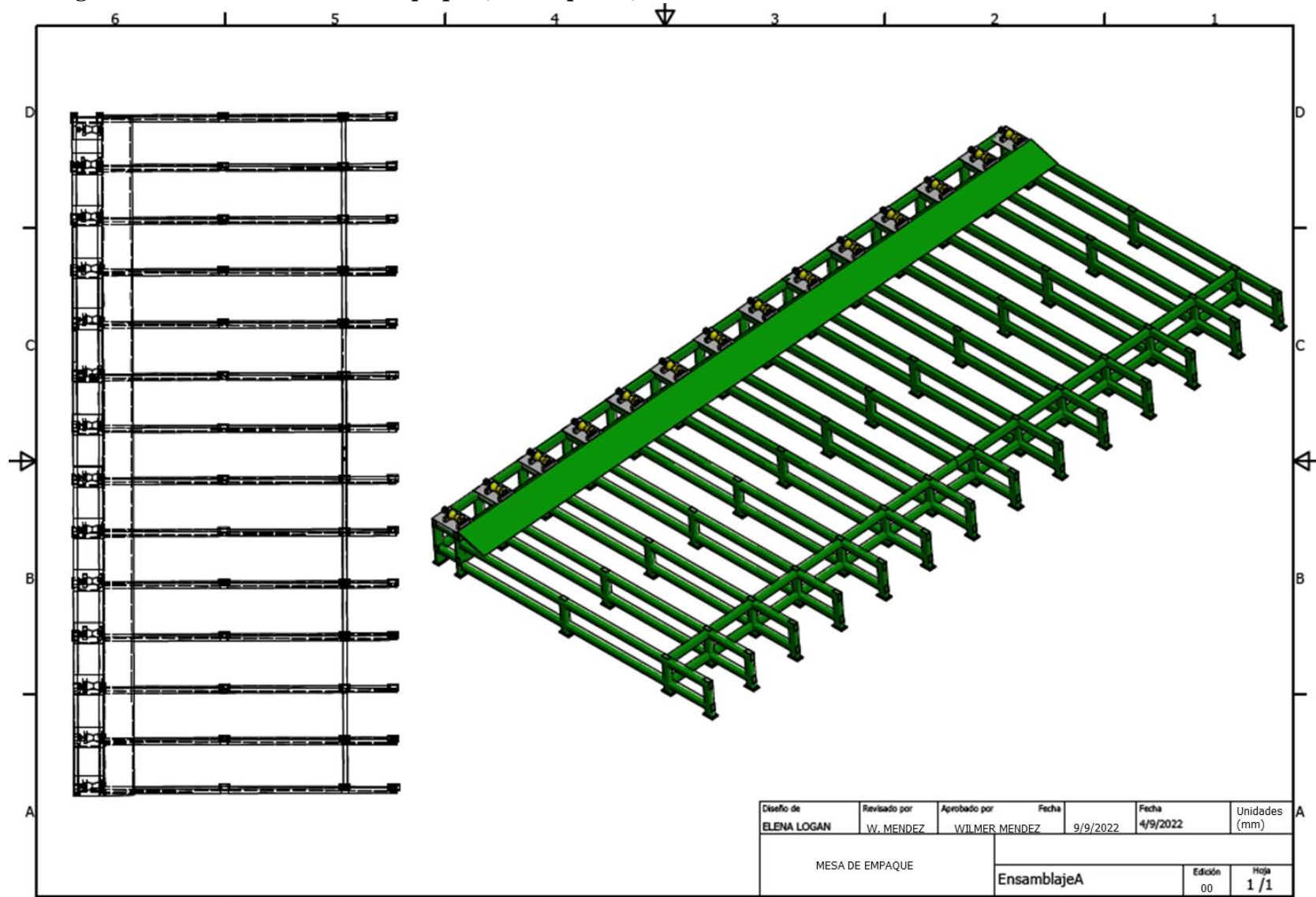
Nota: Componentes de la mesa de empaque. Fuente: Logan (2022)

Figura 20. Plano de la mesa de empaque



Nota: Conjunto completo de la mesa de empaque. Fuente: Logan (2022)

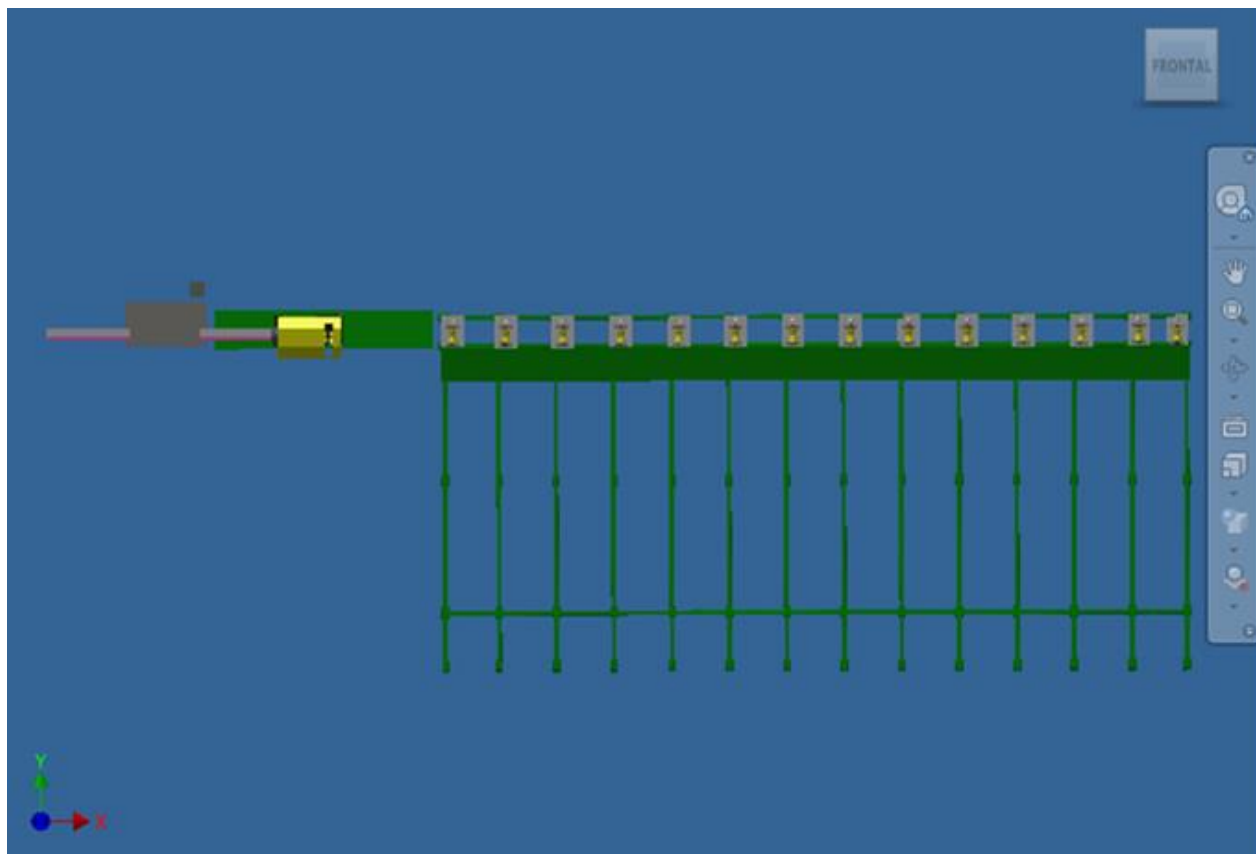
Figura 21. Plano de la mesa de empaque (vista superior)



Nota: Conjunto completo de la mesa de empaque. Fuente: Logan (2022)

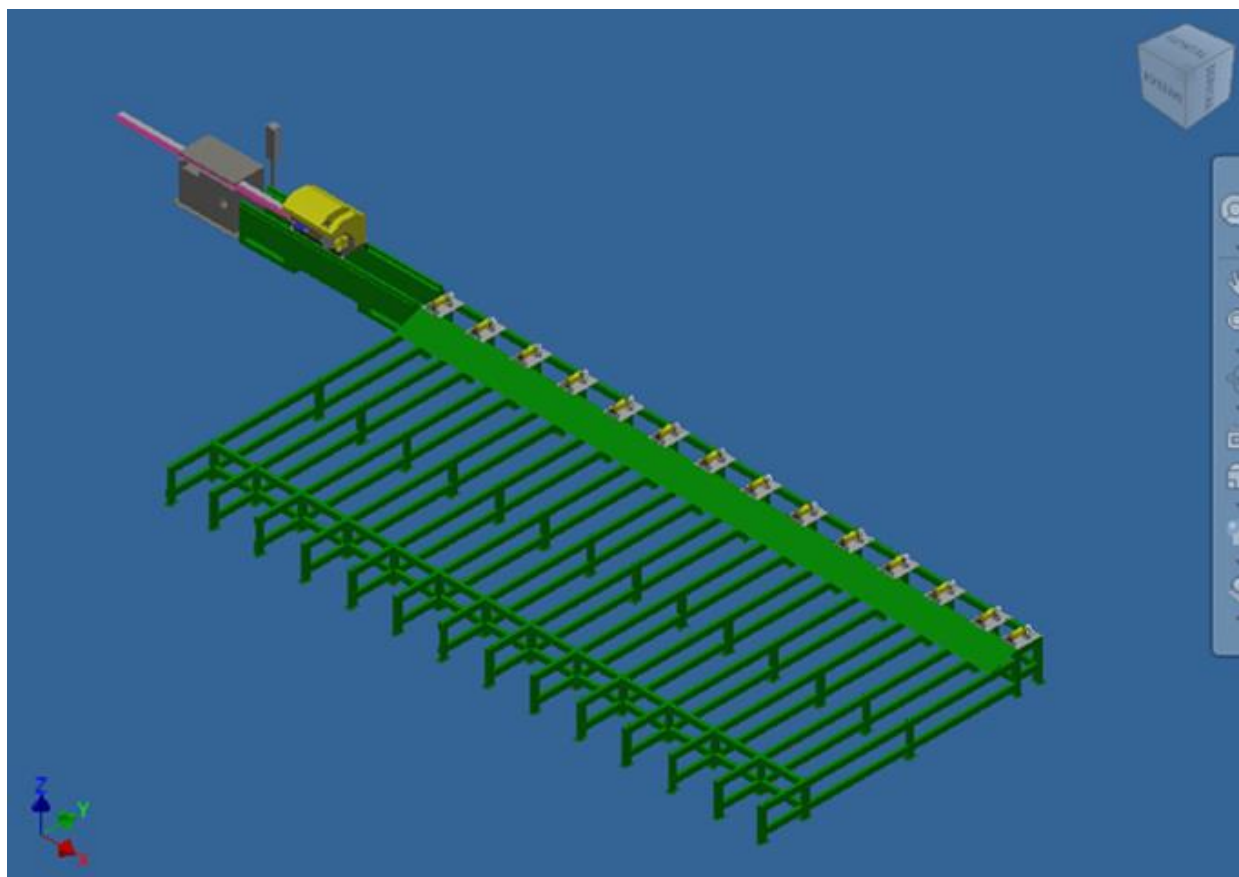
Se muestra en la figura 22, el ensamblaje del sistema de corte y de empaque de la línea de producción de tubos, con los diferentes equipos y componentes diseñados con la herramienta CAD Autodesk Inventor, para la presente propuesta.

Figura 22. *Ensamblaje del sistema de corte y empaque (vista superior)*



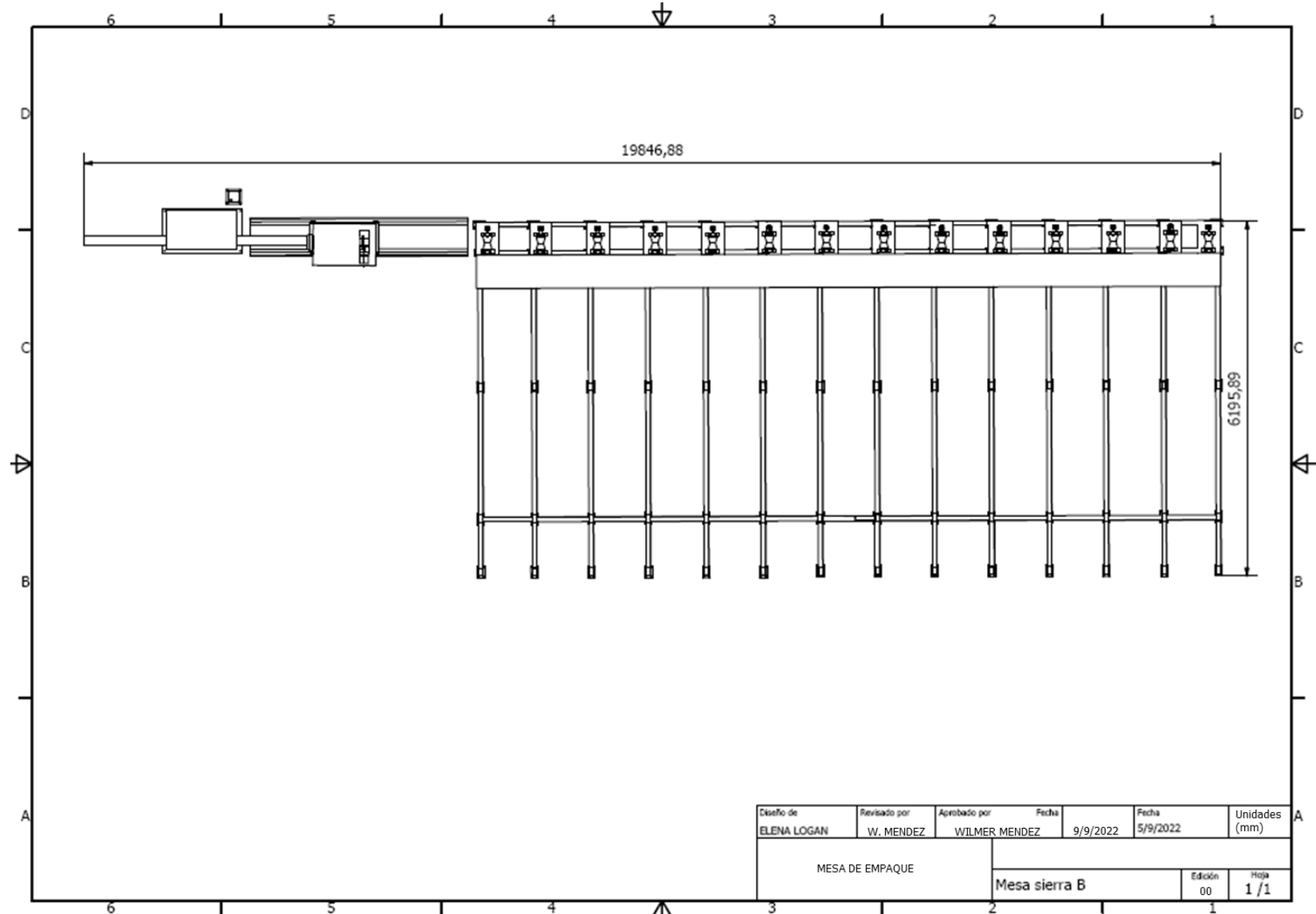
Nota: Propuesta de diseño industrial. Fuente: Logan (2022)

Figura 23. *Ensamblaje del sistema de corte y empaque*



Nota: Propuesta de diseño industrial. Fuente: Logan (2022)

Figura 24. Plano del ensamblaje del sistema de corte y de empaque



Nota: Propuesta de diseño industrial. Fuente: Logan (2022)

REFERENCIAS

- Arias, F. (2006). *El proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica* (6a. Ed.). Editorial Episteme.
https://www.academia.edu/23573985/El_proyecto_de_investigaci%C3%B3n_6ta_Edici%C3%B3n_Fidias_G_Arias_FREELIBROS_ORG
- Autodesk (2002) Autodesk Inventor. Recuperado el 15 de julio de 2022, en <https://latinoamerica.autodesk.com/products/inventor/overview>
- Balestrini, M. (2002). *Cómo se elabora el proyecto de investigación*. BL Consultores Asociados. Servicio Editorial. Sexta edición.
- Bermúdez, S. (2013) *Sistema para empacar productos metálicos con énfasis en el factor humano en empresas fabricantes de mobiliario. Programa de Diseño Industrial, Pereira* (tesis para optar al título de diseñadora Industrial). Universidad Católica de Pereira.
<https://repositorio.ucp.edu.co/handle/10785/1689>
- Clemenza, C., Urbina, A., Rodríguez, R., Roncancio, A., Roncancio L. (1997). La pequeña y mediana industria metalmeccánica ante el proceso de apertura petrolera. *Revista Venezolana de Gerencia, Vicerrectorado Académico - Luz*, 2 (4), 193-211,
https://www.google.com/url?esrc=s&q=&rct=j&sa=U&url=https://produccioncientificalu.z.org/index.php/rvg/article/download/8816/8806/&ved=2ahUKEwjNmJP8qPb6AhVbTDABHQLtAV8QFnoECACQAg&usg=AOvVaw1n_XUqt-kWnPFdHuk5c6nh
- Gómez, J. (2005). *Desarrollo de la creatividad*. Fondo Editorial Fachse, Lambayeque.
<https://www.aacademica.org/jose.wilson.gomezcumpa/5.pdf>

- Hernández, R. (2014). Metodología de la Investigación. (6ta ed.). México: McGraw Hill.
- Logan, E., Pérez P. Araujo, J. (2016). *Procedimiento para la manufactura de tubos de línea 12*. Empresa Perfiles en Frío Perfrica, C.A. Versión 00.
- Logan, E. (2012). *Propuesta de mejora en la planeación y control de la producción para la línea de corte de bobinas de acero laminado en frío Slitter (Caso: Empresa Perfiles en Frío Perfrica, C.A.)* (tesis para optar al título de Técnico Superior Especialista en Calidad y Productividad). Universidad de Carabobo - Convenio IUTI – UC. Caracas. <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/4814/elogan.pdf?sequence=1>
- Logan, E. (2006). *Diseño de un banco de pruebas para bombas de superficie (reciprocantes) marca Gardner Denver 6" x 4" x 6" en la Empresa PDVSA, Distrito Sur San Tomé* (informe de pasantía para optar al título de Técnico Superior en Mecánica). Instituto Universitario de Tecnología José Antonio Anzoátegui, El Tigre.
- Maquinaria Barriuso. (diciembre 2021). *Tipos de sierra industrial y sus distintos usos*. Recuperado el 15 de julio de 2022, en: <https://www.maquinariabarriuso.com/magazine/tipos-de-sierra-industrial>
- Morales, A. (2020) *Propuesta para mejorar la eficiencia de producción de tubería redonda, en la línea Yoder 35-2, enfocado en la etapa de alimentación de materia prima, formado y corte, de la Industria de Tubos y Perfiles S.A.* Licenciatura thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>
- Norma Venezolana COVENIN 2500 (1993). Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria. Comisión Venezolana de Normas Industriales. 1° revisión.

Norma Venezolana COVENIN 2520 (1989). Guía de evaluación de la gestión tecnológica en organizaciones industriales. Comisión Venezolana de Normas Industriales.

Posadas, M. (2019) *Análisis y mejora en el rendimiento del corte de acero al carbono, utilizando sierras circulares de fresa lenta en molinos industriales, en una empresa que fabrica tubería estructural, industrial y cañería*. Licenciatura thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala. <https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUSAC13706/Details>

Prieto (2020) *Diseño de una máquina para el corte de láminas de empaque flexible para flores en la empresa CRISTAPACK S.A.S.* (proyecto integral de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico). Fundación Universidad de América, Bogotá. Colombia. https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7894/1/4142851-2020-1-IM.pdf&ved=2ahUKEwjTsrj4_vr4AhVXcDABHdU7DssQFnoECAYQAg&usg=AOvVaw1OAGrQFTIArv3vadBXUEvZ

Quispe, E. (2018) *Diseño de un sistema automatizado para un equipo de sellado al vacío en una empresa de fabricación de maquinarias en acero* (tesis para optar al título de Ingeniero Mecatrónico). Universidad Tecnológica del Perú. <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/1578>

Sabino, C. (1992). *El Proceso de Investigación*. Ed. Panapo, Caracas. <https://hormigonuno.files.wordpress.com/2010/10/el-proceso-de-investigacion-carlos-sabino.pdf>

Sabino, C. (1978). *Metodología de Investigación. Una introducción teórico-práctica*. El CID Editor.

Sánchez, E., & Jiménez, J. (2017). *Diseño y construcción de un prototipo de máquina de pultrusión y estudio experimental de las variables para la obtención de perfiles “O” de material compuesto con matriz termoestable* (tesis para optar al título de Magíster en Diseño, Producción y Automatización Industrial). Escuela Politécnica Nacional de Quito, Ecuador. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17384>

Torres, M. (2021). *Diseño de cabezal para la transformación de una fresadora convencional a una máquina de control numérico computarizado en la Empresa SUSEIM, C.A.* (tesis para optar al título de Ingeniero Industrial). Decanato de Ingeniería de la Universidad Valle del Momboy. Estado Trujillo, Venezuela.

Vielma, R. (2021). *Manual de diseño y distribución de plantas industriales basado en CAD para la Universidad Valle del Momboy* (tesis para optar al título de Ingeniero Industrial). Escuela de Ingeniería Industrial. Estado Trujillo, Venezuela.

Yacuzzi, E., Martín, F. (s.f.). QFD: Conceptos, Aplicaciones y Nuevos Desarrollos. Universidad del Cema y Aventis Pharma. <https://ucema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/234.pdf>


Zavala, G. (2008). *Optimización y mejora de la eficiencia en la manufactura de Tubos de ½” a 4” pulgadas, en una fábrica de tubos de acero* (tesis para optar al título de Ingeniero industrial). Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4095/1/T-ESPEL-0448.pdf>

ANEXOS

ANEXO I. Lista de chequeo del sistema de corte

Lista de Chequeo					
Proceso:		Sistema de Corte	Ubicación:	Línea 12 de DPT	
Dimensión	Ítem	Descripción		SI	NO
Situación actual	1	La empresa cuenta con objetivos, metas y políticas para la línea de fabricación de tubos.		✓	
	2	La empresa cuenta con un diagrama de flujo específico para el proceso de corte.		✓	
	3	La empresa dispone de manuales de operación del sistema de corte.		✓	
	4	La empresa dispone de manuales de diseño del sistema de corte.			✓
	5	Se dispone de hojas de especificaciones del sistema de corte.		✓	
	6	Se dispone de las capacidades de operación del sistema de corte.		✓	
	7	Se dispone de planos anteriores del sistema de corte.			✓
	8	Se dispone de planos vigentes del sistema de corte.			✓
	9	El diseño inicial del equipo ha sido modificado.		✓	
	10	En caso afirmativo, se conservan registros documentados de dicha modificación.			✓
	11	Se dispone de registros que indiquen el tiempo de vida útil del equipo.			✓
Requisitos de diseño	12	El sistema de corte está incluido en un programa de mantenimiento preventivo.		✓	
	13	Se cuenta con instrucciones para el mantenimiento preventivo del sistema de corte y sus componentes.		✓	
	14	Se dispone de procedimientos para intervenciones correctivas durante la operación del sistema de corte.		✓	
	15	Se encuentran inventariadas las partes y componentes del sistema de corte.		✓	
	16	Se cuenta con una lista de fallas frecuentes del sistema de corte.		✓	
	17	Se dispone del despiece completo de cada componente del sistema de corte.			✓
	18	Se dispone de los registros de las intervenciones correctivas al sistema de corte.		✓	
	19	Se planifican las actividades de mantenimiento preventivo que requiera el sistema de corte y sus componentes.		✓	
	20	Se dispone de los registros de las intervenciones preventivas al sistema de corte.		✓	
	21	Se generan órdenes de trabajo para cada una de las actividades aplicadas al sistema de corte.		✓	
	22	Se dispone de registros de los materiales requeridos para las distintas intervenciones aplicadas al sistema de corte.		✓	
	23	Existen registros de los tiempos utilizados en las actividades de mantenimiento correctivo y preventivo del sistema de corte.		✓	
	24	El sistema de corte o sus componentes requieren intervención por parte de proveedores externos, para reparación, mantenimiento o calibración.		✓	
	25	Se cuenta con registros de las intervenciones de los proveedores externos.			✓
	26	Existen registros con recomendaciones para intervenciones futuras al sistema de corte o sus componentes.			✓

Fuente: Elaboración propia (2022)

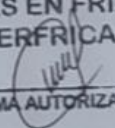
PERFILES EN FRÍO, C.A.
"PERFRICA"

 FIRMA AUTORIZADA

Nota: Instrumento para la recopilación de datos. Fuente: Logan (2022)

Anexo II. Lista de chequeo de la mesa de empaque

Lista de Chequeo					
Proceso:		Empaque	Ubicación:	Línea 12 de DPT	
Dimensión	Ítem	Descripción	SI	NO	
Situación actual	1	La empresa cuenta con objetivos, metas y políticas para la línea de fabricación de tubos.	✓		
	2	La empresa cuenta con un diagrama de flujo específico para el proceso de empaque.	✓		
	3	La empresa dispone de manuales de operación de la mesa de empaque.	✓		
	4	La empresa dispone de manuales de diseño de la mesa de empaque.		✓	
	5	Se dispone de hojas de especificaciones de la mesa de empaque.	✓		
	6	Se dispone de las capacidades de operación de la mesa de empaque.	✓		
	7	Se dispone de planos anteriores de la mesa de empaque.		✓	
	8	Se dispone de planos vigentes de la mesa de empaque.		✓	
	9	El diseño inicial del equipo ha sido modificado.	✓		
	10	En caso afirmativo, se conservan registros documentados de dicha modificación.		✓	
	11	Se dispone de registros que indiquen el tiempo de vida útil del equipo.		✓	
Requisitos de diseño	12	El sistema de corte está incluido en un programa de mantenimiento preventivo.	✓		
	13	Se cuenta con instrucciones para el mantenimiento preventivo de la mesa de empaque y sus componentes.	✓		
	14	Se dispone de procedimientos para intervenciones correctivas durante la operación de la mesa de empaque.	✓		
	15	Se encuentran inventariadas las partes y componentes de la mesa de empaque.	✓		
	16	Se cuenta con una lista de fallas frecuentes de la mesa de empaque.	✓		
	17	Se dispone del despiece completo de cada componente de la mesa de empaque.		✓	
	18	Se dispone de los registros de las intervenciones correctivas a la mesa de empaque.	✓		
	19	Se planifican las actividades de mantenimiento preventivo que requiera la mesa de empaque y sus componentes.	✓		
	20	Se dispone de los registros de las intervenciones preventivas a la mesa de empaque.	✓		
	21	Se generan órdenes de trabajo para cada una de las actividades aplicadas a la mesa de empaque.	✓		
	22	Se dispone de registros de los materiales requeridos para las distintas intervenciones aplicadas a la mesa de empaque.	✓		
	23	Existen registros de los tiempos utilizados en las actividades de mantenimiento correctivo y preventivo de la mesa de empaque.	✓		
	24	El sistema de corte o sus componentes requieren intervención por parte de proveedores externos, para reparación, mantenimiento o calibración.		✓	
	25	Se cuenta con registros de las intervenciones de los proveedores externos.		✓	
	26	Existen registros con recomendaciones para intervenciones futuras a la mesa de empaque o sus componentes.		✓	

Fuente: Elaboración propia (2022)

PERFILES EN FRÍO, C.A.
"PERFRICA"

 FIRMA AUTORIZADA

Nota: Instrumento para la recopilación de datos. Fuente: Logan (2022)